

LK-29

Monitor radiácie & meteostanica

Používateľská dokumentácia

Verzia 1.4.3 • Oktober 2026

© 2026 dedeideas.eu — Lubomír Karlík sr.

1. Úvod

LK-29 je inteligentná meteostanica s monitorom ionizujúceho žiarenia a indikátorom kvality ovzdušia, webovým rozhraním a podporou ukladania nameraných hodnôt do InfluxDB. Beží na mikrokontroléri ESP32-S3 s firmvérom napísaným v MicroPythone. Systém je navrhnutý pre nepretržitú prevádzku s minimálnou spotrebou energie, vzdialenou konfiguráciou cez webové rozhranie a OTA aktualizáciami firmvéru.

Zariadenie kombinuje detekciu ionizujúceho žiarenia (GM trubica + vysokonapäťový regulátor) s prostredím (BME688 — teplota, vlhkosť, tlak, kvalita ovzdušia) a poskytuje viacero spôsobov vizualizácie: 2.9" e-Paper displej, responzívny web dashboard, real-time konzolu, integráciu so službami počasia (OpenWeatherMap, Open-Meteo) a logovanie do InfluxDB.

1.1 Nové a dôležité vo verzii 1.3.5

Administratívne stránky /config, /wifi, /ota a /console zdieľajú jednotnú modrú farebnú paletu pri zachovaní pôvodného layoutu a prepínania svetlej/tmavej témy.

Tlak z BME688 sa po načítaní prepočítava na hladinu mora podľa nadmorskej výšky stanice.

Pridaná konfiguračná hodnota STATION_ELEVATION_M; pre súradnice 48.66690000, 17.53474600 je predvolená hodnota 268 m n. m.

Nadmorská výška sa pri uložení konfigurácie automaticky aktualizuje z OpenTopoData SRTM90m, ak sa zmenia súradnice polohy alebo výška ešte nie je nastavená.

config.PRESSURE_RAW uchováva absolútny tlak zo senzora, zatiaľ čo config.PRESSURE používaný dlaždicou, grafom, históriou a InfluxDB obsahuje tlak prepočítaný na hladinu mora.

- Plne funkčný IAQ index z BME688 plynového senzora s riadenou normalizáciou baseline a dlhodobým sledovaním clean-air trendu
- Mierna kompenzácia vplyvu teploty a vlhkosti na meranie IAQ (prispôsobená pre outdoor podmienky)
- Presnejšie meranie odporu plynu (Bosch kompenzácia) a plynulejší priebeh IAQ bez skokových výkyvov („zubý“) - pozri Doplnok na konci dokumentu

Dôležité obmedzenie IAQ: plynový senzor BME688 je určený hlavne na orientačné hodnotenie kvality vzduchu v interiéri. Nemeria prachové častice PM1, PM2.5 ani PM10, ani koncentráciu prachu, peľu alebo aerosólov. Pri vonkajšom použití môžu vlhkosť, teplota, prúdenie vzduchu a starnutie senzora výrazne ovplyvniť odpor plynového senzora, preto treba zobrazený údaj IAQ brať iba ako orientačný trend.

- Farebné pozadia dlaždíc dashboardu podľa nameraných hodnôt (intenzita 20%)
- Drag & drop konfigurácia grafov: ťahanie dlaždíc priamo na ľavú alebo pravú os grafu
- Per-browser uloženie konfigurácie grafov (každý klient si pamätá svoje vlastné nastavenie)
- JS-driven font sizing — jednotná veľkosť písma vo všetkých metrických dlaždiciach
- Akustická signalizácia GM impulzov (pasívny buzzer na GPIO10)
- OTA firmware upgrade cez web rozhranie /ota s atomickým rozbalením ZIP
- Streaming progress upgradeu v reálnom čase (chunked transfer encoding)
- Web konzola na /console — live výpisy ESP32 s timestampmi YYYY-MM-DD HH:MM:SS
- Predpoveď počasia s fázami Mesiaca (SVG, plynulé)

Ikony predpovede počasia a text teplôt sa automaticky prispôbujú po zmene portrait/landscape režimu a po zmene veľkosti okna prehliadača.

Kliknutím alebo ťuknutím na metrickú dlaždicu sa na 7 sekúnd zobrazí minimálna a maximálna hodnota za posledných 24 hodín vrátane jednotky.

Drag & drop grafov používa pointer súradnice s podporou dlhšieho podržania, čo zlepšuje spoľahlivosť na Android tabletoch a prehliadačoch s vlastným touch handlingom.

- Dvojica zdrojov počasia: OpenWeatherMap a Open-Meteo — prepínateľné cez web
- InfluxDB záznamy obsahujú tagy id (MAC adresa) a ip (aktuálna IP)

- E-paper displej rotácia 180° + glyph μ na pozícii 128, lokalizácia SK/EN

1.2 Hardvérové parametre

Komponent	Špecifikácia
MCU	ESP32-S3 Zero (240 MHz dual-core, 8 MB PSRAM, 4 MB Flash)
Displej	Waveshare 2.9" e-Paper (B), revízia V3 (IL0373) alebo V4 (SSD1680) — 128×296 px, čierna/červená/biela; revízia sa nastavuje v /config → Displej
GM trubica	XERAM 3G8B (impulzy na GPIO1) — širokorozsahová priemyselná trubica, prah 445 V
BME688	I ² C 0x77 (teplota, vlhkosť, tlak, IAQ plynový senzor)
Vysokonapäťový regulátor	PWM-riadený boost converter, cieľové U _{out} = 400-450 V
Buzzer	Pasívny, PWM 3 kHz na GPIO10 (tick pri každom GM impulze)
Napájanie	USB-C 5V alebo Li-Ion akumulátor + boost (3.7V → 5V)
Spotreba	~150 mA priemerne, ~250 mA pri Wi-Fi prenose
Wi-Fi	802.11 b/g/n (2.4 GHz, jediná podporovaná frekvencia)
Pracovná teplota	0 °C až +50 °C
Rozmery	~80 × 50 × 25 mm

1.3 Pinout ESP32-S3 Zero

GPIO	Funkcia
1	GM trubica vstup
2	Battery voltage divider (ADC)
3	SPI MOSI (e-paper)
4	SPI CLK (e-paper)
5	Displej RST
6	HV ADC (spätná väzba na vysoké napätie)
7	PWM výstup pre HV regulátor
8	I ² C SCL (BME688)
9	I ² C SDA (BME688)
10	Buzzer PWM výstup
11	Displej BUSY (vstup)
12	Displej DC (Data/Command)
13	Displej CS (Chip Select)
16	SPI MISO (nepoužitý)

2. Obrazovka (Dashboard)

Dashboard je hlavná používateľská obrazovka prístupná na adrese `http://<ip>/` alebo `http://<ip>/dashboard`. Je optimalizovaná pre mobilné zariadenia aj počítače (responzívny dizajn). Nevyžaduje prihlásenie a aktualizuje sa každých ~15 sekúnd (pull cez `/api/data`).

2.1 Horný panel

V hornej časti obrazovky sa zobrazujú časové informácie a kompas vetra:

Položka	Popis
Čas (veľký)	Aktuálny čas v 24h formáte (hh:mm), synchronizovaný cez NTP
Deň	Názov dňa v týždni (Pondelok / Monday) podľa LANG
Dátum	Kompletný dátum v lokálnom formáte
Kompas vetra	Šípka indikujúca smer vetra (sever hore), pod ňou veľkosť v m/s
Téma	Tlačidlo  /  — prepína tmavý/svetlý režim (localStorage)

2.2 Metrické dlaždice (6 ks)

Šesť dlaždíc s aktuálnymi hodnotami parametrov. Veľkosť písma je dynamicky vypočítaná pomocou JS funkcie `fitMetricTiles()`.

Dlaždica	Jednotka	Zdroj dát	Draggable
Teplota	°C	BME688 / SHT30 (I²C)	Áno
Vlhkosť	% RH	BME688 / SHT30 (I²C)	Áno
Tlak	hPa	BME688 (I²C), prepočet na hladinu mora	Áno
Vietor	m/s	OpenWeatherMap / Open-Meteo	Nie
Radiácia	μSv/h (auto)	GM trubica + výpočet z CPM	Áno
Ovzdušie (IAQ)	0–500	BME688 plynový senzor	Áno

2.2.1 Farebné pozadia dlaždíc

Pozadie každej dlaždice sa dynamicky mení podľa aktuálnej hodnoty (intenzita 20% = alpha 0.2).

2.2.2 Teplota (tempColor)

Rozsah	Farba pozadia
pod -10 °C	tmavomodrá (mráz)
-10 až 0 °C	svetlomodrá (chladno)
0 až 15 °C	tmavozelená (jar/jeseň)
15 až 24 °C	svetlozelená (príjemné)
24 až 33 °C	oranžová (teplo)
nad 33 °C	červená (horúčava)

2.2.3 Vlhkosť (humColor)

Rozsah	Farba pozadia
pod 50 %	zelená (suchý vzduch)
≥ 50 %	modrá (vlhký vzduch)

2.2.4 Vietor (windColor)

Rozsah m/s	Farba pozadia
0 – 3	bledozelená (bezvetrie)
3 – 6	zelená (mierny vánok)
6 – 15	bledomodrá (čerstvý vietor)
15 – 30	oranžová (silný vietor)
nad 30	červená (víchrica)

2.2.5 Tlak (presColor)

Od verzie 1.3.5 sa v dlaždici a v grafe zobrazuje tlak prepočítaný na hladinu mora. Lokálny absolútny tlak zo senzora BME688 ostáva dostupný interne ako PRESSURE_RAW, kým hodnota PRESSURE používaná webom, históriou a InfluxDB je prepočítaná podľa STATION_ELEVATION_M.

Kliknutím alebo ťuknutím na metrickú dlaždicu sa aktuálna hodnota dočasne nahradí dvomi riadkami: min hodnota jednotka a max hodnota jednotka. Overlay používa rovnaký 24-hodinový interval ako grafy a po 7 sekundách automaticky zmizne.

Podporované dlaždice sú Teplota, Vlhkosť, Tlak, Radiácia a Ovzdušie. Vietor nemá historický buffer, preto min/max overlay nezobrazuje.

Rozsah hPa	Farba pozadia
pod 1000	modrá (nizky tlak — búrkové počasie)
1000 – 1020	zelená (normálny tlak)
nad 1020	oranžová (vysoký tlak — anticyklóna)

2.2.6 Radiácia (radColor)

Rozsah	Farba pozadia
--------	---------------

pod 1 $\mu\text{Sv/h}$	zelená (bezpečné prirodzené pozadie)
1 – 10 $\mu\text{Sv/h}$	oranžová (zvýšené)
nad 10 $\mu\text{Sv/h}$	červená (vysoké)

2.2.7 Kvalita ovzdušia (iaqColor)

Plynulý gradient cez tri farby — zelená → modrá → červená — interpolovaný podľa IAQ hodnoty:

IAQ je orientačná hodnota odvodená z plynového senzora BME688. Nie je to meranie prachu ani prachových častíc a nesmie sa interpretovať ako PM2.5, PM10 alebo kalibrovaný verejný index kvality ovzdušia.

IAQ	Farba pozadia
0 (Výborné)	sýta zelená (čistý vzduch)
150 (Mierne znečistené)	modrá (priemerný vzduch)
300+ (Nebezpečné)	červená (silné znečistenie)

2.3 Konfigurovateľné grafy

Dashboard zobrazuje dva grafy, každý s dvomi metrikami (ľavá a pravá os). Verzia 1.3.5 zachováva flexibilný spôsob konfigurácie — drag & drop priamo z dlaždíc:

2.3.1 Ako zmeniť metriky v grafe

1. Uchop ktorúkoľvek metrickú dlaždicu (Teplota, Vlhkosť, Tlak, Radiácia, Ovzdušie) — kurzor sa zmení na "grab"
 2. Ťahajte myšou, alebo na dotykovej obrazovke podržte metrickú dlaždicu a potom ju potiahnite. Malý prah pohybu zabráni tomu, aby sa obyčajné ťuknutie vyhodnotilo ako drag operácia.
 3. Nad grafmi sa zobrazia dve drop zóny — ľavá polovica (ľavá os) a pravá polovica (pravá os)
- Na dotykových zariadeniach sa používa long-press handling a blokovanie browser context menu, aby bol drag & drop spoľahlivejší v Chrome, Adblock Browseri a starších tabletových prehliadačoch.
4. Pusti dlaždicu na vybranú polovicu vybraného grafu
 5. Graf sa okamžite prekreslí s novou metrikou, legenda sa aktualizuje

2.3.2 Auto-swap pri duplicitě

Ak natiahneš metriku ktorá je už zobrazená v inom grafe, systém automaticky vykoná ****swap****: pôvodná metrika na cieľovom mieste sa presunie na uvoľnené miesto, takže každá metrika je vždy zobrazená iba raz.

Príklad: Graf 1 = Teplota + Vlhkosť, Graf 2 = Tlak + Radiácia. Ak natiahnete Tlak na ľavú os Grafu 1, výsledok bude: Graf 1 = Tlak + Vlhkosť, Graf 2 = Teplota + Radiácia.

2.3.3 Per-browser konfigurácia

Konfigurácia grafov sa ukladá do localStorage prehliadača (kľúč lk29-chart-cfg):

- Každé zariadenie / každý prehliadač má vlastnú konfiguráciu
- Mobilný telefón môže zobraziť napr. Teplota + IAQ, kým PC ukáže Tlak + Radiácia — nezávisle
- Server (ESP32) konfiguráciu nepozná — žiadny disk I/O, žiadne riziko pri OTA
- Reset: v Dev Tools (F12) napíš localStorage.removeItem('lk29-chart-cfg') a refresh
- Po refreshi sa použijú predvolené hodnoty: Graf 1 = Teplota + Vlhkosť, Graf 2 = Tlak + Radiácia

2.3.4 Vlastnosti grafov

- Zobrazujú posledných 24 hodín (1 bod za minútu, max 1440 bodov)
- Hladké vykreslenie (Bézier spline, tension 0.2)
- Dynamické škálovanie osí (auto-fit min/max s rezervou 5%)
- Dvojitá Y-os: ľavá pre prvú metriku, pravá pre druhú

- Y-axis labels majú farby zhodné s čiarami
- História uložená v RAM ESP32 (history.py — kruhový buffer 1440 vzoriek)
- Po reštarte ESP32 sa história stratí (nie je perzistovaná)

2.4 Predpoveď počasia s fázou Mesiaca

V spodnej časti dashboardu sa zobrazuje 5-dňová predpoveď počasia z OpenWeatherMap alebo Open-Meteo:

- Deň v týždni (skrátene, podľa LANG)
- Mesiac a deň (napr. 17. máj)
- SVG ikona fázy Mesiaca (plynulé vykreslenie, nie emoji)
- Ikona počasia (☀️, ☁️, 🌧️, 🌨️, 🌩️, 🌪️)

Veľkosť ikon počasia sa počíta z reálnej geometrie forecast dlaždice a prepočítava sa po zmene veľkosti alebo orientácie. Tým sa zabráni príliš veľkým alebo zastaraným veľkostiam ikon.

- Maximálna teplota (jasná) a minimálna teplota (tlmená)

Fáza Mesiaca sa vypočíta z dátumu (synodická perióda 29.53 dňa) a zobrazí sa ako plynulé SVG — nie diskretná emoji.

2.5 Režimy zobrazenia

Režim	Charakteristika
Portrait (mobil)	Vertikálny stack: top-left → metrics 2×3 → grafy → predpoveď
Landscape (tablet)	50/50 split: vľavo hodiny+kompas, vpravo 3×2 dlaždice
Desktop (širokohlý)	Plné rozloženie s veľkými dlaždiciami a širokou predpoveďou
Telefón landscape (21:9)	Hodiny úzkym fontom, optimalizované pre extrémne široké displeje

3. Konfiguračný panel

Prístupný na adrese `http://<ip>/config`. Vyžaduje prihlásenie (HTTP Basic Auth):

- Meno: admin (pevné)
- Heslo: 1423 (predvolené — odporúčame okamžite zmeniť cez Change PWD)

Panel zobrazuje 6 sekcií. Konfigurácia grafov sa v paneli NENACHÁDZA — je riešená drag & drop priamo z dashboardu (pozri kapitolu 2.3).

3.1 Live Measurements

Aktuálne namerané hodnoty (read-only, aktualizujú sa každých 5 s):

- Battery Voltage, HV Voltage, Duty Cycle
- GM Pulses, CPM, Dose Rate
- Temperature, Humidity, Pressure (sea level)
- IAQ + IAQ text

3.2 Wi-Fi Status

- SSID + sila signálu (dBm)
- IP, MAC adresa, hostname
- NTP synchronizácia, DNS servery

3.3 I2C Bus

- Adresy I²C zariadení (hex)
- Identifikovaná značka (BME688, SHT30, atď.)
- Re-scan tlačidlo

3.4 Read-Only Configuration

- Firmware verzia, Uptime
- Čas a dátum (timezone + DST)
- Umiestnenie (GeoIP)
- RAM/Flash využitie, CPU frekvencia

3.5 OpenMeteo / OpenWeatherMap

Aktuálne počasie z aktívneho zdroja, prepínateľné checkboxmi v Editable Configuration.

3.6 Editable Configuration

Konfiguračné parametre rozdelené do skupín s farebnými dividermi:

Skupina	Farba	Parametre
Firmware	Oranžová	OTA upgrade link
OpenMeteo / OpenWeatherMap	Modrá	OWM/OM checkbox, API kľúč, GPS
BAT divider	Oranžová	VBAT_DIVIDER_RATIO
HV Regulator	Sivá	TARGET_VOLTAGE, DEADBAND, PID koef., MAX_DUTY
Buzzer	Fialová	BUZZER_ENABLED, ACOUSTIC_TICK
Radiation	Hnedá	CPM_PER_USV, CPM_ALARM_THRESHOLD, CPM_PERIOD_MS
I2C / Sensors	Sivá	I2C_INTERVAL
Displej	Zelená	e-Paper V3 / V4 (výber revízie, test ) , REFRESH_DISP
Time	Modrá	TIMEZONE_DEV, DST_DEV, SYNC_INTERVAL, LANG
InfluxDB	Fialová	INFLUX_ENABLED, URL, BUCKET, ORG, TOKEN, INTERVAL
Debug	Sivá	DEBUG, DEBUG_LEVEL bitmask

3.6.1 Prepínanie zdroja počasia

Sekcia OpenMeteo / OpenWeatherMap obsahuje dva checkboxy s vzájomnou exkluzivitou:

- Zaškrtnutie jedného automaticky odškrtnie druhý
- Zmena sa okamžite uloží do config.py (iba tieto 2 hodnoty, nie celý config)
- Tlačidlo Reštart sčervenie — signalizuje potrebu reštartu
- Oba checkboxy sa dajú odškrtnúť — počasie sa nebude sťahovať

3.6.2 Maskovanie citlivých polí

API Key OWM a InfluxDB Token sú v konfiguračnom paneli maskované:

- Zobrazí sa placeholder "*** (token is set)" namiesto skutočnej hodnoty
- Pri uložení prázdne pole zachová existujúcu hodnotu (neprepíše sa)
- Pre zmenu: vymažte placeholder, zadajte novú hodnotu, kliknite ✓ alebo Save

3.6.3 Výber revízie e-Paper displeja a test displeja

Sekcia Displej v Editovateľnej konfigurácii obsahuje dva checkboxy s vzájomnou exkluzivitou, rovnako ako pri výbere zdroja počasia:

- "e-Paper V3 panel (IL0373)" a "e-Paper V4 panel (SSD1680)" — zaškrtnutie jedného automaticky odškrtnie druhý
- Vyberte checkbox zodpovedajúci fyzicky osadenému displeju vo vašom zariadení — obe revízie vyzerajú a pripájajú sa rovnako, líšia sa iba vnútorným radičom, takže zariadenie samo nedokáže rozpoznať, ktorá je osadená

- Zmena tohto nastavenia sa prejaví až po reštarte zariadenia (tlačidlo Reštart sčervenie rovnako ako pri iných hardvérových nastaveniach)
- Ak je zvolená nesprávna revízia, displej ostane prázdny

Vedľa každého checkboxu je malé tlačidlo s ikonou . Jeho kliknutím sa na fyzickom displeji na 15 sekúnd spustí testovací vzor (orámovaná obrazovka s nápisom "TEST V3" alebo "TEST V4") — užitočné na zistenie, ktorá revízia je v zariadení skutočne osadená, bez nutnosti najprv zmeniť nastavenie a reštartovať. Počas behu testu (spolu asi 15–35 sekúnd) môže byť webové rozhranie chvíľu pomalšie pri odpovedaní na ostatné požiadavky — ide o očakávané správanie.

Nastavenie "ePaper display refresh [s]" (ako často displej vykoná úplné prekreslenie, predvolene 900 s / 15 min) sa od tejto verzie nachádza v tej istej sekcii Displej.

3.7 Tlačidlá

Tlačidlo	Funkcia
Reštart	Reštart ESP32 (potvrdenie dialógom)
Change PWD	Zmena hesla (2× potvrdenie)
Save config.	Atomic zápis všetkých zmenených editovateľných premenných do config.py
Download config.	Stiahnutie aktuálneho config.py zo zariadenia (záloha)
↑ Upgrade	Naviguje na /ota stránku pre firmware upgrade

3.8 Téma

Tlačidlo  /  v pravom hornom rohu prepína tmavý/svetlý režim (ukladá sa do localStorage).

4. Správanie programu

4.1 Spustenie (boot)

6. Boot ESP32-S3 (~1 s) — inicializácia MicroPython runtime
7. main.py — bootstrap, načítanie config.py
8. Wi-Fi pripojenie (~2-5 s)
9. Pri zlyhaní: AP fallback (SSID GeigerCounter), captive portal
10. NTP sync (~1 s)
11. GeoIP lookup (~1 s)
12. HTTP server start (~1 s)
13. E-paper init (~3 s)
14. I²C scan (~1 s)
15. Hlavná slučka — meranie + rendering

4.2 Regulácia vysokého napätia

HV regulátor používa PI controller na udržanie cieľového napätia:

- ADC číta napäťovú spätnú väzbu (delič 1:1000)
- Cieľová hodnota TARGET_VOLTAGE (typ. 450 V)
- Deadband: zabraňuje chveniu duty
- PWM duty sa upravuje proporcionálne k chybe
- Frekvencia PWM: 100 kHz
- Max duty: MAX_DUTY (typ. 70%) — bezpečnostná limita

4.3 Výpočet CPM a dávkového príkonu

- IRQ handler na GPIO1 (rising edge) zvýši counter pri každom impulze
- Z IRQ kontextu sa volá micropython.schedule() pre buzzer tick
- CPM = rolling count za posledných 60 sekúnd
- Dose rate ($\mu\text{Sv/h}$) = CPM / CPM_PER_USV
- Pri prekročení CPM_ALARM_THRESHOLD sa spustí akustický alarm
- Pocas dažďa moze davkovy prikon docasne stupnut - dažďove kvapky vymývajú rozpadové produkty atmosferického radonu (najmä Pb-214 a Bi-214) z veľkeho objemu vzduchu a usadzujú ich pri zemi (tzv. radon washout), dobre zdokumentovaný a bežný jav, nie chyba senzora. Zvýšenie zvyčajne postupne odoznie v priebehu hodín po daždi.

4.4 I²C senzory

BME688 / BME280 / SHT30 sa čítajú každých I2C_INTERVAL sekúnd:

- Auto-detekcia cez I²C scan pri štarte
- Forced mode meranie (oneshot) pre úsporu energie
- BME688 gas measurement: vlastné triggrovanie (run_gas bit 5)

4.4.1 IAQ algoritmus

Index kvality ovzdušia sa počíta v 4 krokoch:

16. BME688 gas resistance (Ω) sa získa z registrov 0x2A-0x2B
17. Práca s baseline: IAQ_GAS_BASELINE sa upravuje iba cez pokojné okno normalizácie po stabilných dôveryhodných vzorkách plynu a pri vyhovujúcich podmienkach vlhkosti
18. Výpočet IAQ: $\text{ratio} = \log_{10}(\text{baseline} / \text{gas})$, $\text{IAQ} = 10..500$ podľa ratio
19. Mierna kompenzácia s clip-nutými hodnotami T a H

4.4.2 Prečo nie originálne Bosch koeficienty

Originálne Bosch koeficienty (2.50 pre vlhkosť, 0.52 pre teplotu) sú navrhnuté pre uzavretý BSEC algoritmus a kalibrované pre VNÚTORNÉ PROSTREDIE s vlhkosťou 30-60 % RH. Pre outdoor použitie s vlhkosťou 80-95 % spôsobujú vážny problém:

- Pri H = 87 % je korekcia $2.50 \times (87-40) = 117.5$ IAQ
- Pri čistom vzduchu (IAQ_raw ≈ 14) výsledok je $14 - 117.5 = -103 \rightarrow$ clamp na 5
- Senzor sa zasekne na falošnej hodnote IAQ = 5 (false-clean)

LK-29 preto používa modifikovaný vzorec s tromi opatreniami:

- Clipping rozsahov: H sa orezáva na 30-85 %, T na 5-35 °C
- Koeficienty 5× zmenšené: 2.50 $\rightarrow$ 0.50 a 0.52 $\rightarrow$ 0.10
- Vyšší prah: kompenzácia sa aplikuje len keď ratio > 0.10

Reálny prípad: pri stúpajúcej outdoor vlhkosti z 81 % na 87 % v noci pôvodný vzorec spôsobil prepád IAQ z 11 $\rightarrow$ 14 $\rightarrow$ 5 (false-clean). Po fixe nový vzorec dáva pri rovnakých podmienkach IAQ = 15 (realistická hodnota).

4.5 Počasie (OpenWeatherMap / Open-Meteo)

Zdroj	Protokol	API kľúč	Predpoveď
OpenWeatherMap	HTTP	Vyžadovaný	5 dní / 3h
Open-Meteo	HTTPS (TLS)	Nepotrebný	16 dní / 1h

Fetch interval: OWM_INTERVAL (default 1800s = 30 min).

4.6 InfluxDB

- Measurement: lk29
- Tagy: device_id (MAC adresa), ip (aktuálna IP)
- Fields: temperature, humidity, pressure, iaq, cpm, usv_per_hour, hv_voltage, battery_voltage
- Podpora InfluxDB 1.x aj 2.x

4.7 ePaper displej

Waveshare 2.9" e-Paper (B) (128×296 px) sa obnovuje každých REFRESH_DISP sekúnd. Podporované sú dve hardvérové revízie panela — V3 (radič IL0373) a V4 (radič SSD1680); zvolená revízia sa nastavuje na stránke /config v sekcii Displej (pozri 3.6.3) a musí zodpovedať fyzicky osadenému displeju, inak displej zostane prázdny.

- 3-stupňová inicializácia
- Rotácia 180° (panel je fyzicky upside-down)
- Vstavaný font 5×7 ASCII + ° + μ
- Lokalizácia z lang_sk.json / lang_en.json
- 3 farby: čierna, červená, biela
- Hodnota radiácie (μSv/h) zobrazená na displeji sa počíta z reálne uplynutého času od predchádzajúceho merania, takže je presná už od úplne prvého zobrazenia po štarte zariadenia
- Refresh trvá ~3 s — displej bliká pri full update

4.7.1 Screenshot

Na adrese <http://<ip>/screenshot> sa vygeneruje BMP obrázok aktuálneho obsahu ePaper displeja (128×296 px, 3-farebný, ~111 KB). Nevyžaduje prihlásenie.

4.8 OTA Firmware Upgrade

Webová stránka /ota umožňuje nahrať ZIP archív s firmwarom bez fyzického prístupu:

Od verzie 1.4.2 aktualizčný proces efektívnejšie využíva flash pamäť počas priebehu upgradu, čím sa výrazne znižuje riziko chyby "FAILED: 28" (nedostatok voľného miesta), ktorá sa mohla vyskytnúť najmä pri úplne prvej OTA aktualizácii zariadenia (hneď po počiatočnom nastavení cez USB). Ak by k chybe napriek tomu došlo, zariadenie zostáva bezpečne spustené na predchádzajúcom funkčnom firmvéri.

4.8.1 Fáza 1: Upload

20. Klient vyberie .zip súbor
21. Klient vypočíta CRC32
22. POST /api/ota/upload s hlavičkou X-CRC32
23. Server uloží súbor a verifikuje CRC32

4.8.2 Fáza 2: Extract & Run

24. GET /api/ota/run — Server začne extrakciu ZIP archívu
25. Response je chunked text/plain stream
26. Po skončení: 'RESTART' → zariadenie sa reštartuje

4.8.3 Aktualizácia priamo z internetu

Stránka /ota má dve sekcie. Sekcia 1 nahrá ZIP z disku (Fáza 1 a 2 vyššie). Sekcia 2 s tlačidlom „↓ Aktualizovať“ súbor nepotrebuje: zariadenie si najnovší firmvér stiahne samo z adresy v premennej FIRMWARE_URL v súbore config.py (predvolene stránka výrobcu dedeideas.eu) a potom ho nainštaluje rovnakým postupom ako po nahrať zo súboru (Fáza 2).

27. Zariadenie musí mať prístup na internet a približne 580 KB voľnej flash pamäte; inak stiahnutie odmietne s vysvetlením.
28. Voľba „Diferenčná aktualizácia“ platí aj tu: nezmenené súbory sa preskočia.
29. Vaše nastavenia (Wi-Fi, kalibrácia, IAQ základne, InfluxDB/OpenWeatherMap, heslo) sa vždy zachovávajú.
30. Adresu zdroja zobrazuje stránka pod nadpisom sekcie 2 (riadok „Zdroj:“). Mení sa len úpravou FIRMWARE_URL v config.py.

4.8.4 Priebeh, log a jazyk stránky

31. Ukazovateľ priebehu sa hýbe aj počas sťahovania z internetu. Server neposiela veľkosť súboru, preto je miera odhad podľa veľkosti posledného stiahnutia a ukazovateľ nedosiahne 100 % pred koncom prenosu.
32. Log uvádza len súbory, ktoré sa skutočne zapísali; nezmenené súbory sa nevypisujú. Na konci je súhrn „Done: N written, M skipped, K deleted“.
33. Stránka /ota je preložená do slovenčiny a angličtiny podľa jazyka nastaveného v zariadení. Riadky, ktoré posiela samotné zariadenie počas upgradu (napr. „Parsing ZIP...“), ostávajú v angličtine.
34. Ak je pamäť zariadenia po dlhšom behu príliš fragmentovaná (chýba súvislý voľný blok), upgrade sa nespustí: zariadenie uloží históriu a samo sa reštartuje. Po približne 30 s balík nahrajte alebo stiahnite znova.

4.9 Web Console

Endpoint /console zobrazuje live výpisy ESP32 pravidelným pollovaním (/api/console/recent, každú 1 s):

- Timestamp YYYY-MM-DD HH:MM:SS pre každý riadok

- Farba podľa typu: info biela, warn žltá, err červená, dbg sivá
- Filtering tlačidiel pre jednotlivé moduly
- Max 1000 riadkov v bufferi

4.10 Webové rozhranie

Adresa	Auth	Popis
/ alebo /dashboard	Nie	Hlavný dashboard
/config	Áno	Konfiguračný panel
/ota	Áno	OTA firmware upgrade
/console	Áno	Live console log stream
/wifi	Nie	Wi-Fi setup (captive portal)
/screenshot	Nie	BMP screenshot displeja
/api/data	Nie	JSON s aktuálnymi meraniami a config
/api/history	Nie	JSON s 24h históriou
/api/lang/sk	Nie	JSON s SK prekladmi
/api/lang/en	Nie	JSON s EN prekladmi
/api/set?key=val	Áno	Update jednej premennej v RAM
/api/save	Áno	Atomic zápis config.py
/api/restart	Áno	Reštart zariadenia
/api/password	Áno	Zmena hesla
/api/ota/upload	Áno	POST firmware ZIP
/api/ota/run	Áno	Streaming extrakcie
/api/console	Áno	SSE stream log riadkov

4.11 HTTP autentizácia

Systém používa HTTP Basic Auth (RFC 7617):

- Predvolene bez hesla (AUTH_PASSWORD = "") — všetko prístupné
- Po nastavení hesla cez "Change PWD" — chránené endpointy vyžadujú prihlásenie
- Meno: admin (pevné), heslo: nastavené používateľom
- Prehliadač si zapamätá prihlásenie počas session
- Zabudnuté heslo: spustiť reset_pwd.py cez sériový port (Thonny)

5. Konceptia programu

5.1 Modulárna architektúra

Modul	Funkcia
main.py	Hlavný riadiaci cyklus
config.py	Globálne premenné, perzistencia (atomic write)
reg.py	Regulácia HV, ADC, GM impulzy IRQ, CPM výpočet
buzzer.py	Akustická signalizácia
bme680.py	Knižnica robert-hh pre BME688 (forked, modified)
i2c.py	I ² C scan + driver + IAQ algoritmus
display.py	E-paper rendering
epaper2in9bv3.py	Low-level Waveshare driver
wifi_manager.py	Wi-Fi scan, AP fallback, captive portal
http_server.py	HTTP server router + _hw_map builder
http_api.py	REST API endpointy (/api/*)
http_cfg.py	Editovateľné premenné s prefixom r_
ota.py	OTA upgrade engine
history.py	24h kruhový buffer
influx.py	InfluxDB klient
openweather.py / openmeteo.py	API klienti počasia
geoip.py	GeoIP lookup
console.py	SSE real-time log stream

5.2 Správa konfigurácie

- config.py — hlavný konfiguračný súbor (atomický zápis cez .tmp + rename)
- http_cfg.py — premenné s prefixom r_ sú editovateľné cez web
- http_server.json — definuje štruktúru webového rozhrania
- wifi_config.json — SSID, heslo, hostname, statická IP

Konfigurácia grafov NIE JE v config.py — uložená v localStorage prehliadača (per-browser).

5.3 Debugovanie

Bit	Hodnota	Modul
0	0x01	main.py
1	0x02	reg.py
2	0x04	wifi_manager.py
3	0x08	http_*.py
4	0x10	i2c.py + bme680.py
5	0x20	display.py
6	0x40	geoip.py
7	0x80	openweather/openmeteo.py
8	0x100	influx.py

6. Konfiguračné parametre (význam)

6.1 HV regulátor

Parameter	Význam	Typický rozsah
TARGET_VOLTAGE	Cieľové napätie (V)	100 – 600
DEADBAND	Pásmo necitlivosti (V)	0.005 – 0.02
KP	Proporcionálny zisk	0.05 – 0.5
KI	Integračný zisk	0.01 – 0.1
KD	Derivačný zisk	0 – 50
MAX_DUTY	Maximálny PWM duty (%)	50 – 80
REGULATOR_PERIOD_MS	Periódna PI regulátora (ms)	50 – 500

6.2 Batéria

Parameter	Význam
VBAT_DIVIDER_RATIO	Pomer napäťového deliča (R1+R2)/R2

6.3 Radiácia

Parameter	Význam
CPM_PER_USV	Počet impulzov na 1 $\mu\text{Sv/h}$ — závisí od typu trubice (aktuálne XERAM 3G8B: 6.85, odvodené z datasheetu: "1 stroke/sec per mR/h")
CPM_ALARM_THRESHOLD	Prah alarmu ($\mu\text{Sv/h}$)
CPM_PERIOD_MS	Interval CPM výpočtu (ms)

6.4 Buzzer

Parameter	Význam
BUZZER_ENABLED	Hlavný vypínač akustiky
ACOUSTIC_TICK	Tick pri každom GM impulze

6.5 I2C / Senzory

Parameter	Význam
I2C_INTERVAL	Interval čítania senzorov (s)
REFRESH_DISP	Interval refreshu displeja (s)

6.6 Čas

Parameter	Význam
TIMEZONE_DEV	UTC offset (-12 až +12)
DST_DEV	Letný čas (True/False)
SYNC_INTERVAL_DEV	Interval NTP synchronizácie (h)
LANG	Jazyk UI (sk/en)

6.7 Zdroj počasia

Parameter	Význam
OWM_ENABLED	Použiť OpenWeatherMap
OM_ENABLED	Použiť Open-Meteo (vzájomne exkluzívne s OWM)
OWM_API_KEY	API kľúč pre OpenWeatherMap
OWM_LAT, OWM_LON	GPS súradnice pre počasie a zistenie nadmorskej výšky
OWM_INTERVAL	Fetch interval (s)
STATION_ELEVATION_M	Nadmorská výška stanice v metroch; používa sa na prepočet tlaku na hladinu mora, automaticky z OpenTopoData SRTM90m pri zmene polohy/uložení konfigurácie

6.8 IAQ (Kvalita ovzdušia)

Hodnota IAQ z BME688 je vhodná na sledovanie relatívnych zmien a trendu, najmä po kalibrácii baseline. Senzor je určený primárne do interiéru a nedetekuje prachové častice, preto treba vonkajšie hodnoty IAQ považovať len za približné a informatívne.

Preco sa IAQ často zhorsi počas dažda: čiastočne za to môže vlhkosť, ktorú senzor kompenzuje len čiastočne, ale nie je to jediný dôvod. Dážď dopadajúci na suchú podu, chodník alebo rastliny uvoľňuje skutočne prchavé látky nahromadené počas sucha (tzv. petrichor) - reálny chemický signál, nie chyba merania. Často k tomu prístupuje aj nižší atmosférický tlak a slabšie premiešavanie vzduchu typické pre daždivé počasie, takže sa plyny pri zemi menej riedia a hromadia sa bližšie k senzoru. Pri veľmi vysokej vlhkosti alebo hmle sa navyše môže na ochrannej membráne senzora vytvoriť tenký vodný film, ktorý dočasne obmedzí prienik plynu k snímaciemu prvku. Pokles IAQ po daždi zvyčajne postupne odoznie.

Parameter	Význam
IAQ_GAS_BASELINE	Auto-kalibračná referencia (Ω), default 50000

6.9 InfluxDB

Parameter	Význam
INFLUX_ENABLED	Zapnutie InfluxDB
INFLUX_URL	Database URL
INFLUX_ORG, BUCKET, TOKEN	InfluxDB 2.x autentifikácia
INFLUX_POINT	Measurement názov
INFLUX_LOCATION	Tag location

INFLUX_INTERVAL	Interval zápisu (s)
INFLUX_BUF_SIZE	Veľkosť ring buffera pre pending records

6.10 Debug

Parameter	Význam
DEBUG_LEVEL	Bitmaska modulov (pozri 5.3)

6.11 HTTP autentizácia

Parameter	Význam
AUTH_PASSWORD	Heslo pre Basic Auth (prázdny string = no auth)

7. Riešenie problémov

Wi-Fi setup hlási 'Failed to fetch' alebo zostane na 'Connecting'

Konfiguračný portál používa asynchrónny connect flow. Po stlačení Connect stránka odošle /api/connect a následne polluje /api/connect_status. Ak prehliadač krátkodobo stratí AP spojenie počas prepínania ESP32 do STA režimu, nechajte stránku otvorenú a počkajte na aktualizáciu statusu.

Ak pripojenie stále zlyhá, overte, že vybraná SSID je 2.4 GHz sieť a zadajte heslo znova. Chýbajúci wifi_config.json nie je kritický: zariadenie spustí AP GeigerCounter a otvorí setup portál.

Uložené heslo sa znovu použije iba pre rovnakú uloženú SSID. Pri výbere inej SSID portál vyžaduje nové heslo, aby sa staré heslo neskúšalo na nesprávnej sieti.

Problém	Možné riešenie
Dashboard neukazuje hodnoty	Skontrolujte Wi-Fi. Reštartujte. /api/data musí vrátiť JSON.
Drag & drop nefunguje na mobile	HTML5 drag-and-drop má slabú podporu na touch. Skúste z PC.
Graf zobrazuje zlé metriky po refreshi	Reset: localStorage.removeItem('lk29-chart-cfg') a refresh.
Grafy sú prázdne	Počkajte 1–2 min na akumuláciu. Po reštarte história zaniká.
Wi-Fi sa nepripája	LEN 2.4 GHz! Skontrolujte SSID/heslo (case-sensitive).
Displej zostáva prázdny	Skontrolujte USB-C napájanie (min 500 mA).
BME688 nedeteguje	I ² C wiring (SCL=GPIO8, SDA=GPIO9). Re-scan v config paneli.
IAQ stále ukazuje 5	Pri prvom spustení 4-6h kalibrácia. Reset baseline na 50000.
Buzzer nepípe	BUZZER_ENABLED=True. Skontrolujte GPIO10 + GND.
OWM nefunguje	Skontrolujte API kľúč. Free tier má limity.
InfluxDB nezapisuje	Skontrolujte URL, BUCKET, ORG, TOKEN.
OTA upgrade zlyhá	ZIP musí mať platný CRC32. Min 200 KB voľne.
Zabudnuté heslo	Spustite reset_pwd.py cez Thonny IDE.

8. Nasadenie

8.1 Súborý na nahratie

Root adresár (/):

```
config.py, main.py, reg.py, buzzer.py, bme680.py, wifi_manager.py, http_server.py,
http_api.py, http_cfg.py, i2c.py, geoip.py, openweather.py, openmeteo.py, history.py,
influx.py, ota.py, console.py, display.py, epaper2in9bv3.py
```

Adresár html/:

```
dashboard.html, dashboard.css, main.html, wifi.html, ota.html, console.html,
http_server.json, http_server.css, manifest.json, favicon.svg, wind.svg, lang_sk.json,
lang_en.json, dashboard1.html, dashboard1.css, dashboard2.html, dashboard2.css,
dashboard3.html, dashboard3.css
```

8.2 Prvé spustenie

35. Pripojte ESP32 cez USB
36. Použite Thonny IDE alebo ampy na upload všetkých súborov
37. Reštartujte ESP32 (Ctrl+D v Thonny)
38. Zariadenie spustí Wi-Fi AP "GeigerCounter"
39. Pripojte sa k tomuto AP
40. Captive portal sa otvorí automaticky alebo `http://192.168.4.1`
41. Vyberte domácu Wi-Fi a zadajte heslo

ESP32-S3 podporuje iba 2.4 GHz Wi-Fi siete. Ak vyberiete 5 GHz SSID, pripojenie zlyhá aj pri správnom hesle.

Wi-Fi portál odošle požiadavku na pripojenie okamžite a následne polluje `/api/connect_status` až do úspechu alebo zlyhania. Tým sa predchádza timeoutu fetch požiadavky počas prepínania zariadenia z AP režimu do STA režimu.

42. Po uložení sa zariadenie reštartuje a pripojí
43. IP adresa sa zobrazí na e-paper displeji
44. Otvorte `http://<ip>/config` — nastavte heslo, API kľúč

8.3 Dôležité poznámky

- Pred nahratím nových .py súborov zmažte staré .mpy súborý
- CSS súborý sú cachované — vyčistite cache po zmene (Ctrl+Shift+R)
- OTA zachováva lokálne perzistentné nastavenia aj naučené IAQ kalibračné hodnoty; diferenciálne aktualizácie používajú uložený OTA manifest po prvom full upload
- Balík firmvéru (`make_LK29_zip.bat`) obsahuje Python moduly ako predkompilované .mpy súborý (3× menšie na flash, rýchlejšie načítanie). Ako zdrojové .py ostávajú `main.py`, `config.py` a `ota.py`. Kompilátor `tools\mpy-cross.exe` musí zodpovedať verzii MicroPythonu v zariadení (teraz v1.28.0); zariadenie odmietne balík určený pre inú verziu formátu .mpy. Pri prvej aktualizácii po tejto zmene sa .py súborý nahradia .mpy automaticky.
- Pri zmene LANG treba reštart pre prejavenie na displeji
- Pri presune zariadenia indoor↔outdoor zresetujte `IAQ_GAS_BASELINE` na 50000
- E-paper displej má obmedzenú životnosť (~1M refreshov) — ~2 roky pri 60s intervale
- Konfigurácia grafov v `localStorage` — pri zmene prehliadača sa resetuje na default

8.4 Inštalácia ako PWA

Android (Chrome)

45. Otvorte `http://<ip>` v Chrome
46. Menu (⋮) → "Inštalovať aplikáciu"

iOS (Safari)

- 47. Otvorte `http://<ip>` v Safari
- 48. Zdieľať (□↑) → "Pridať na plochu"

Desktop (Chrome/Edge)

- 49. Ikona inštalácie (⊕) v adresnom riadku
- 50. Klik → "Inštalovať"

9. Záver

LK-29 je komplexný monitorovací systém vhodný pre domáce aj profesionálne použitie. Verzia 1.3.5 pridáva korektné spracovanie atmosférického tlaku a zachováva flexibilitu v používateľskom rozhraní — drag & drop konfigurácia grafov priamo z dlaždíc, per-browser nastavenie umožňujúce rôznym klientom (mobil, tablet, PC) zobrazovať rôzne metriky podľa potreby.

Modulárna architektúra umožňuje jednoduché rozšírenie o ďalšie senzory alebo funkcie. Open-source charakter projektu (MicroPython + dokumentovaný kód) umožňuje úpravy podľa špecifických potrieb.

Vďaka OTA upgrade systému je možné aktualizovať firmware bez fyzického prístupu — ideálne pre nasadené zariadenia.

9.1 Kontakt a podpora

Položka	Hodnota
Autor	Ľubomír Karlik sr.
Web	www.dedeideas.eu
Verzia softvéru	1.4.2
Dátum vydania	September 2026
Platforma	ESP32-S3 + MicroPython 1.21+

Doplnok v1.3.5 - IAQ normalizacia plynu a 24 h trend

BME688 moduly mozu v rovnakom cistom vzduchu davat absolutne rozdielne hodnoty plynoveho odporu. Firmware preto pouziva normalizovany plyn GAS_NORMALIZED, aby sa merania dali porovnavat aj po vymene senzora alebo medzi zariadeniami LK-29 a LK-30.

Vzorec normalizacie je: $GAS_NORMALIZED = GAS_RESISTANCE * GAS_NORM_TARGET / IAQ_CLEAN_BASELINE$. Predvolena referencna hodnota GAS_NORM_TARGET je 250000 ohm. IAQ_CLEAN_BASELINE sa po 24 hodinach stabilneho cisteho vzduchu povazuje za referenciu daneho senzora.

Plynové meranie je doveryhodné iba vtedy, keď BME688 hlási gas_valid=True, heat_stab=True a odpor je v rozsahu 1000 až 500000000 ohm. Neplatné alebo nestabilné merania nesmú meniť IAQ baseline, clean-air vektor ani trend.

Po zmene IAQ_CLEAN_BASELINE sa automaticky zbiera nový samostatný 24 h clean-air vektor do suboru iaq_clean_vector.json. Aktuálne 24 h okno normalizovaného plynu sa potom porovnáva s referenčným vektorom cez zmenu úrovne a tvar krivky.

Pokles normalizovaného plynu nad 10 % sa považuje za pomalé zhoršenie kvality ovzdušia. Menší pokles so vhodným tvarom krivky môže byť označený ako pravdepodobný drift senzora. Stav je dostupný cez IAQ_TREND_STATUS, IAQ_TREND_DELTA_PCT, IAQ_TREND_LEVEL_RATIO a IAQ_TREND_SHAPE_ERROR_PCT.

Historia meraní a diagnostika obsahujú aj gas_normalized, gas_adc, gas_range, gas_valid, heat_stab a gas_history_trusted. Tieto hodnoty pomáhajú odlíšiť skutočnú zmenu plynu od nestabilného alebo nesprávne nainštalovaného BME688 merania. Clean-air vektor a IAQ trend môžu aktualizovať iba doveryhodné gas_normalized vzorky.

BME688 je primárne senzor pre vnútorné prostredie, nemeria prachové častice PM1/PM2.5/PM10 a jeho IAQ treba brať ako orientačný údaj, nie ako certifikované meranie kvality ovzdušia alebo bezpečnostný detektor plynu.

Doplnok v1.3.5 - Bosch kompenzacia odporu plynu a vyhladenie IAQ krivky

Výpočet plynového odporu z registrov gas_adc/gas_range používal zjednodušený odhad var1 = 262144 >> gas_range, ktorý ignoroval kalibračný bajt range_switching_error (register 0x04, číta sa už do sensor._sw_err v bme688.py) a Bosch kalibrované lookup tabuľky pre jednotlivých 16 rozsahov. Pri niektorých hodnotách gas_range sa tento zjednodušený odhad výrazne odchyľoval od skutočnej kalibrácie konkrétneho čipu, čo sa pri každom prepnutí rozsahu senzorom (bez náhody automatického autorangingu BME688) prejavovalo ako pravidelný, opakovateľný skok vo výpočítanom odpore - viditeľne ako "zuby" na IAQ/Gas grafe. Nešlo o súm senzora, ale o algoritmickú chybu.

Oprava: výpočet plynového odporu teraz používa oficiálny Bosch vzorec s tabuľkami LOOKUP_TABLE_1/LOOKUP_TABLE_2 a hodnotou sensor._sw_err, teda identicky vzorec, aký už obsahovala (ale nikdy nevolala kvôli blokujúcemu citaniu) vlastnosť gas v bme688.py. Suvisiaca druhá oprava: interpolácia krivky IAQ teraz naozaj beží nad log10(pomeru baseline/gas), presne ako už predtým popisovala kapitola 4.4.1 tohto dokumentu - predtým však samotný výpočet interpoloval nad surovým pomerom, nie nad jeho log10. Prvý úsek krivky (pomer 1.0 až IAQ_RATIO_100, predvolené 2.0) mal preto niekoľkonásobne strmší sklon než neskôršie úseky, čím sa bezný súm senzora v tejto časti zosilňoval do viditeľných "zubov" a nerovnomerného poklesu IAQ. Hodnoty IAQ v konfigurovaných bodoch zlomu (IAQ_RATIO_100..500) ostávajú rovnaké ako predtým, mení sa iba tvar krivky medzi nimi.

Dosledok pre existujúce zariadenia: uložené hodnoty IAQ_GAS_BASELINE aj IAQ_CLEAN_BASELINE boli nakalibrované podľa starého vzorca, takže po tejto oprave dočasne nezodpovedajú novej

(spravnejšej) skale odporu, kým sa nedorovnajú automatickou normalizáciou alebo rúcnou servisnou kalibráciou baseline.

Obe opravy boli pôvodne identifikované a nasadené na paralelnom projekte LK-30 airQ (rovnaký BME688 fingerprint/IAQ základ) a následne prenesené aj do LK-29.

Doplnok v1.3.5 - OTA manifest a doveryhodná história plynu

Diferenciálna OTA aktualizácia teraz používa model z LK-30. Po úspešnej aktualizácii firmwaru uloží /ota_manifest.json s kompletným zoznamom súborov nainštalovanej verzie. Endpoint /api/ota/manifest vracia tento uložený manifest namiesto toho, aby ESP pred každým uploadom prechádzalo celú flash a počítalo CRC32 každého súboru. Ak manifest ešte neexistuje, prehliadač automaticky použije full upload; ďalšie aktualizácie už môžu nahrávať iba zmenené súbory. Prehliadač pri /api/ota/upload posiela hlavičku X-OTA-Mode: diff alebo full a zvolený režim sa uchová v OTA stave pre /api/ota/run. OTA_CLIENT_IDLE_TIMEOUT_MS a OTA_RUN_TIMEOUT_MS určujú toleranciu nečinnosti na strane prehliadača a timeout behu na strane servera. Lokálne perzistentné súbory, Wi-Fi nastavenia, heslo, konfigurácia InfluxDB/OpenWeatherMap a IAQ kalibračné hodnoty zostávajú po OTA zachované.

Sprísnila sa aj ochrana IAQ trendu. Runtime príznak GAS_HISTORY_TRUSTED určuje, či aktuálna vzorka plynu z BME688 môže vstupovať do gas_normalized, clean-air vektora a dlhodobej detekcie trendu. Vzorky z clean pulse, vzorky počas post-pulse settling, ADC saturácia a merania s neplatným gas_valid/heat_stab stavom ostávajú viditeľné v diagnostike, ale neaktualizujú IAQ baseline, clean-air vektor ani trend. /api/data pre diagnostiku vracia aj gas_history_trusted.

Praktická poznámka: prvá OTA aktualizácia po nahratí tejto verzie môže byť full upload, pretože uložený manifest ešte neexistuje. Je to očakávané. Následne diferenciálne aktualizácie už použijú uložený manifest.

Doplnok v1.3.6 — reaktívny clean-pulse, kalibrácia trubice XERAM 3G8B a UI úpravy

Periodický clean-pulse (pevný rozvrh každých N cyklov) bol nahradený reaktívnym: senzor beží stále na jednej konštantnej teplote ohrievača (BME688_IAQ_HEATER_TEMP_C) a vyšší 400°C pulz sa spustí až po BME688_CLEAN_PULSE_SATURATION_STREAK (predvolené 3) po sebe idúcich satureovaných meraniach ($\text{gas_adc} \geq 1023$), nie na časovač. Dôvod: pevný rozvrh spôsoboval periodický „zub“ v IAQ grafe pri každom pulze aj napriek vylúčeniu z histórie, pretože senzor po pulze potrebuje niekoľko cyklov na tepelné/chemické ustálenie.

Okno vylúčenia po pulze (BME688_CLEAN_PULSE_SETTLE_CYCLES) bolo zväčšené zo 4 na 8 cyklov — reálne dáta z prevádzky ukázali, že ustálenie senzora po pulze trvá premenlivo 4 až 7 cyklov, takže 4-cyklové okno nechávalo cez okraj preniknúť menší zvyškový zub. Keďže je pulz teraz vzácny (len pri skutočnej saturácii, nie každých ~20 minút), širšie okno stojí oveľa menej v porovnaní s pôvodným pevným rozvrhom.

Textová klasifikácia IAQ_TEXT bola zmenená na: ≤ 100 Excellent, ≤ 200 Good, ≤ 250 Fair, ≤ 300 Poor, ≤ 400 Bad, > 400 Very bad.

Farebné prahy dlaždice aj grafu Radiácia boli prepočítané na reálnejšie hodnoty pre nasadenú trubicu: zelená (bezpečné) do 1 $\mu\text{Sv/h}$, oranžová (zvýšené) do 10 $\mu\text{Sv/h}$, červená (vysoké) od 10 $\mu\text{Sv/h}$ vyššie.

Identifikovaná bola skutočne osadená GM trubica XERAM 3G8B (predtým dokument aj config.py predpokladali J305/STS-5/SBM-20). Z datasheetu trubice („1 stroke/sec per mR/h“, teda 60 CPM na 1 mR/h) bola dopočítaná správna kalibračná konštanta $\text{CPM_PER_USV} = 60 / 8,76 \approx 6,85$ (1 R = 8,76 mSv), namiesto pôvodnej hodnoty 114 prevzatej z J305. Editovateľný rozsah poľa CPM per 1 uSv/h na konfiguračnej stránke bol rozšírený z 50–200 na 1–200, aby novú hodnotu neorezal.

Web konzola (/console) mala chybu, pri ktorej sa počas krátkeho zaneprázdnenia zariadenia (napr. počas čítania senzora) rovnaké riadky logu zobrazili duplicitne, keď sa prekrylo viac súbežných

dopytov na /api/console/recent. Pridaná bola poistka proti prekrývajúcim sa požiadavkám (klient nespustí ďalší dopyt, kým predchádzajúci neskončí).

V logu OTA aktualizácie (/ota) bolo slovo „mtime“ nahradené slovom „timestamp“ v hláseniach o dôvode zmeny súboru — ide iba o kozmetickú úpravu textu, porovnávacia logika (veľkosť + CRC32, s mtime ako historický fallback) sa nezmenila.

Doplnok v1.3.7 — zlepšenia odozvy a spoľahlivosti

Vnútorňý softvér zariadenia bol prestavaný tak, aby pomalšie operácie (čítanie senzorov, refresh e-papierového displeja, odosielanie dát do InfluxDB) už nezamrzali webové rozhranie počas ich behu - dashboard, konfiguračná stránka aj screenshot zostávajú stále odozvoschopné, aj počas refreshu displeja či čítania senzora.

Dashboard stránky teraz načítavajú živé dáta cez menšiu a rýchlejšiu požiadavku, oddelenú od oveľa väčšej požiadavky konfiguračnej stránky.

Wi-Fi si teraz pamätá a prednostne sa opätovne pripája k rovnakému prístupovému bodu naprieč reštartmi, ale automaticky prepne na blízky prístupový bod tej istej siete, ak ponúka jednoznačne silnejší signál.

Úsporný režim Wi-Fi je teraz vypnutý, čo zlepšuje odozvu siete za cenu mierne vyššej spotreby energie.

Opravené prípadné zobrazovanie času v prehliadači a času "ďalšieho refreshu" približne o dve hodiny dopredu.

Jednorazový zohrievací impulz senzora po štarte sa teraz preskočí pri softvérovom reštarte alebo aktualizácii firmvéru, ak zariadenie nebolo skutočne odpojené od napájania, pretože senzor je už zohriaty.

Displej teraz po zapnutí počká približne dve minúty, kým zobrazí prvú reálnu hodnotu zo senzora - tým sa vyhne krátkemu obdobiu, počas ktorého prvé čítanie senzora kvality vzduchu BME688 ešte nie je reprezentatívne.

Verzia firmvéru aktualizovaná na v1.3.7.

Doplnok v1.3.8 — ochrana pred nahratím nesprávneho firmvéru

Zariadenie teraz pred každou OTA aktualizáciou overí, že nahrávaný balík skutočne patrí k tomuto produktu (LK-29 meteo/Geiger stanica), a nie napríklad k súbežnému produktu LK-30 airQ.

Ak sa omylom nahrá nesprávny balík, aktualizácia sa bezpečne zastaví ešte pred zápisom akéhokoľvek súboru a na stránke /ota sa zobrazí jasná chybová hláška o nesúlade cieľového zariadenia.

Táto zmena nevyžaduje žiadny zásah používateľa pri bežnom používaní - prejaví sa iba vtedy, ak by došlo k omylu pri výbere správneho inštalačného balíka.

Vnútorňá neblokujúca architektúra zariadenia (viď Doplnok v1.3.7) bola touto verziou dokončená v plnom rozsahu.

Verzia firmvéru: v1.3.8.

Doplnok v1.3.9 — hladké grafy a presnejšie meranie teploty

Krivky v grafoch dashboardu sú teraz vykreslené hladko bez umelého "prestrelenia" pri ostrých zmenách nameraných hodnôt (napr. pri rádioacii) - grafy už nevyzerajú špicato.

Y os všetkých grafov má teraz vždy 5 rovnakých častí a graf rádioacie zobrazuje najmenej rozsah 0-5 $\mu\text{Sv/h}$, aby bežné malé výkyvy nevyzerali zveličené.

Meranie teploty, tlaku a vlhkosti senzorom BME688 sa teraz robí ešte predtým, než sa senzor zohreje pre meranie kvality vzduchu (plynu) - tým sa odstránilo malé skreslenie teploty spôsobované vlastným ohrevom čipu.

Verzia firmvéru: v1.3.9.

Doplnok v1.4.0 — priemery v grafoch a ochrana historie pri restarte

Pod nadpisom kazdeho grafu na dashboarde sa teraz zobrazuje priemerna hodnota za poslednych 24 hodin ("x: ...").

Pri restarte zariadenia (tlacidlo, OTA aktualizacia alebo zmena Wi-Fi) sa historia merani ulozi a po nabehu sa automaticky obnovi - grafy tak po restarte nezostanu prazdne.

Na stranke /config pribudlo tlacidlo na trvale vymazanie ulozenej historie, ak by ste ju chceli zacat cistym listom.

Verzia firmveru: v1.4.0.

Doplnok v1.4.2 — výber revízie e-Paper displeja, presnejšia radiácia na displeji a spoľahlivejšia OTA aktualizácia

Na stránke /config pribudla nová sekcia Displej. Obsahuje dva vzájomne exkluzívne checkboxy pre výber hardvérovej revízie fyzického e-Paper panela — "e-Paper V3 panel (IL0373)" a "e-Paper V4 panel (SSD1680)". Obe revízie vyzerajú a pripájajú sa rovnako, líšia sa iba vnútorným radičom, takže zariadenie samo nedokáže rozpoznať, ktorá je osadená; nesprávne zvolená revízia spôsobí, že displej ostane prázdny. Zmena sa prejaví po reštarte zariadenia.

Vedľa každého checkboxu pribudlo malé tlačidlo , ktoré spustí 15-sekundový testovací vzor priamo na fyzickom displeji (orámovaná obrazovka s nápisom "TEST V3" alebo "TEST V4") — užitočné pri zisťovaní, ktorá revízia je v zariadení skutočne osadená, bez nutnosti meniť nastavenie a reštartovať. Počas testu (spolu asi 15–35 sekúnd) môže byť webové rozhranie chvíľu pomalšie. Nastavenie "ePaper display refresh [s]" (interval úplného prekreslenia displeja, predvolene 900 s) sa presunulo do tejto novej sekcie Displej.

Opravená bola chyba, pri ktorej e-Paper displej po čerstvej inštalácii firmvéru niekedy krátko ukazoval 0.00 $\mu\text{Sv/h}$, hoci počítadlo impulzov GM trubice zjavne počítalo. Príčinou bol výpočet dávkového príkonu na displeji, ktorý namiesto reálne uplynutého času od predchádzajúceho merania používal pevne predpokladaný interval. Chyba sa týkala výhradne vlastného výpočtu na fyzickom displeji — hodnota radiácie na webovom dashboarde ňou nebola ovplyvnená. Po oprave je hodnota na displeji presná už od úplne prvého zobrazenia po štarte.

Opravená bola tiež chyba, pri ktorej mohla OTA aktualizácia firmvéru zlyhať s hláškou "FAILED: 28" (nedostatok voľného miesta) uprostred priebehu, najmä pri úplne prvej OTA aktualizácii zariadenia (hneď po počiatočnom nastavení cez USB). Proces aktualizácie teraz využíva flash pamäť efektívnejšie, takže by k tomuto zlyhaniu už nemalo dochádzať. Ak by sa napriek tomu vyskytlo, zariadenie zostáva bezpečne spustené na predchádzajúcom funkčnom firmvéri — toto zlyhanie bolo bezpečné aj predtým, teraz je už len oveľa menej pravdepodobné.

Verzia firmvéru: v1.4.2.

Doplnok v1.4.3 — rýchlejší dashboard, oprava predpovede a spoľahlivejšia historia

Dashboard sa teraz naitava výrazne rýchlejšie. Hlavnou príčinou predchádzajúceho 10-30 sekundového čakania bolo subezne prednaitavanie vsetkych ostatnych dashboardov (pre okamzite prelistovanie) hned pri kazdom otvorení stranky - teraz bezi oneskorene a jeden po druhom, nie vsetko naraz.

Predpoved pocasia sa uz nezasekava na hlaske "Naitavam predpoved...". Bola opravena chyba, ktora bez ohladu na uspesne naitavanie aktualnej teploty/vetra bránila doplneniu 5-dnovej predpovede pri pouzítí Open-Meteo ako zdroja pocasia.

Na stranke /config (sekcia I2C/Sensors) pribudlo nove pole "History samples (applies after restart)" - umoznuje nastavit, kolko vzoriek historie si zariadenie pamata (predvolene 1440 = 24 hodin, az do 20160 = 2 tyzdne), bez potreby upravovat subory priamo na zariadení. Zmena sa prejavi az po restarte zariadenia.

Zobrazenie dlhsej historie (napríklad priamym dopytom na /api/history za 1,5 dna a viac) uz nespobuje chybu "memory allocation failed" na zariadení.

Zariadenie teraz pravidelne (raz za hodinu) uklada historiú meraní na flash pamäť na pozadí. Pri neočakávanom výpadku napájania alebo páde tak stratíte najviac hodinu dát namiesto všetkeho od posledného reštartu tlačidlom.

Rádiový alarm sa už nespúšťa falošne hneď po zapnutí zariadenia počas nabehu vysokého napätia na regulovanú hodnotu.

Opravená chyba, pri ktorej mohol pri zapnutí zariadenia znie zaseknutý úvodný akustický tón.

AP (nastavovací) režim: webová konzola je teraz dostupná aj pred dokončením Wi-Fi sprievodcu (predtým presmerovaná na /wifi); e-paper displej v tomto režime zobrazuje priamo názov Wi-Fi siete a IP adresu na pripojenie namiesto všeobecnej hlásky.

OTA aktualizácia firmveru je teraz spoľahlivejšia na zariadeniach s malou voľnou pamäťou flash (2 MB) - predchádza opakovanému zlyhaniu s chybou nedostatku miesta počas nahrávania.

Opravená kompenzácia kvality ovzdušia (IAQ): vplyv vlhkosti a teploty na odpor plynu sa predtým kompenzoval príliš silno, takže IAQ zostávalo na minime počas studeného/vlhkeho obdobia a po oteplení falošne vyskocilo. Teraz sa kompenzuje len vlhkosť (overené na 48 hodinách meraní). Po nahraní tejto verzie odporúčame na /config prekalibrovať referencie IAQ (IAQ clean baseline, IAQ gas baseline) v čistom vzduchu.

Dashboard sa už nezasekáva pri načítaní histórie grafov: odpoveď zariadenia je výrazne rýchlejšia a počas nej už nestoja ostatné požiadavky (hodnoty sa neprestávajú aktualizovať na 15-20 sekúnd).

OTA aktualizácia firmveru je rýchlejšia (kontrola integrity nahraného balíka už nebeží bit po bite) a dashboard už nezahŕca zariadenie opakovanými požiadavkami, keď odpovedá pomaly.

Dashboard a stránka /config reagujú výrazne rýchlejšie aj pri viacerých otvorených prehliadacoch; prepínanie medzi dashboardmi swipe-om už na tablete neukončí celooobrazovkový režim a dashboard sa obnoví len po skutocnom reštarte zariadenia.

Stránka Firmware Upgrade (/ota) má novú sekciu 2 s tlačidlom "Aktualizovať": zariadenie samo stiahne najnovší firmware z internetu (adresa je FIRMWARE_URL v config.py) a nainštaluje ho; nastavenia (Wi-Fi, kalibrácia, heslo...) sa zachovávajú. Priebeh je vidieť aj v ukazovateli, log uvádza len zmenené súbory a celá stránka je preložená (SK/EN). Nahratie ZIPu zo suboru funguje naďalej. Predpoveď počasia zobrazuje len dni od dnešného. Ak sa predpoveď prestane obnovovať, už sa nezobrazujú staré dni (napr. "zajtra" ako streda). Dôvod zlyhania stiahnutia počasia sa teraz zapisuje do konzoly (/console) ako riadok "[meteo] fetch failed: ..." a tlačidlo na okamžité stiahnutie počasia používa aktívny zdroj (Open-Meteo).

História: odporúčaná veľkosť je 1440 vzoriek (24 h). Veľké hodnoty (napr. 5770) zabera pri ukladaní príliš veľa flash pamäte (súbor + dočasný súbor) a pri 2 MB flash to vedie k zlyhaniu ukládania histórie aj OTA aktualizácie. História je teraz uložená v predalokovaných poliach a poškodený uložený súbor sa pri štarte zahodí.

Predvolená frekvencia CPU je 240 MHz (predtým 160 MHz): zariadenie reaguje rýchlejšie, spotreba je o ~15 mA vyššia. Pri napájaní z batérie ju možno vrátiť na 160 v config.py (CPU_FREQ_MHZ).

Tlak na hladine mora sa počíta z nameraného tlaku, teploty senzora a nadmorskej výšky stanice (STATION_ELEVATION_M). Ak sa tlak trvalo líši od oficiálnej stanice o niekoľko hPa, doladíte nadmorskú výšku (približne 0,12 hPa na meter).

Verzia firmveru: v1.4.3.