

B L A C K C U B E S

AquaCube

Smart Water Monitoring Probe

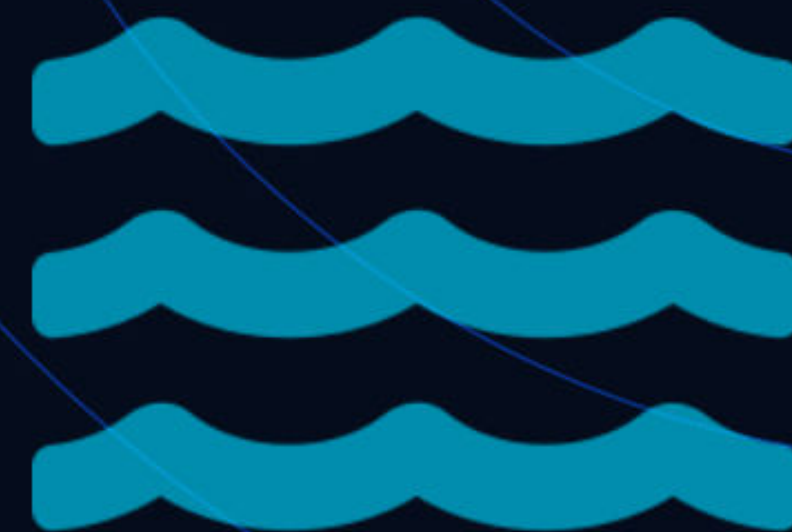
Federico Lombardi

Mariachiara Tarasco

Anais Larcher

Mattia Arlanch

Marconi Rovereto • GET4STREAM



Inhaltsverzeichnis

AquaCube · BlackCubes · Marconi Rovereto

- | | | | |
|----|-------------------------------|----|------------------------------|
| 01 | AquaCube – Titelfolie | 13 | Zwei ESP32 |
| 02 | Unser team | 14 | Das Bojen-Design |
| 03 | Cubeprobe und Acquacube | 15 | Das Energiesystem |
| 04 | Das Projektziel | 16 | MQTT |
| 05 | Ursprünglicher Schulvorschlag | 17 | Grafana |
| 06 | Schwachstellen | 18 | Das BlackCubes Dashboard |
| 07 | Unsere Lösung | 19 | Den Projektcode |
| 08 | Die Endarchitektur | 20 | Den Datenfluss |
| 09 | LoRa | 21 | Die Ergebnisse |
| 10 | Meshtastic | 22 | Die Zukünftige Entwicklungen |
| 11 | Das CubeProbe-Netzwerk | 23 | Das Fazit |
| 12 | Die AquaCube Hardware | 24 | Danke |

Chi siamo

BlackCubes è un gruppo nato con l'obiettivo di progettare sistemi intelligenti per il monitoraggio ambientale. Il nostro obiettivo è creare un ecosistema completo di dispositivi in grado di raccogliere, trasmettere e visualizzare dati in tempo reale.

Progetti sviluppati



AirCube

Monitoraggio qualità aria



AquaCube

Monitoraggio acquatico



Ecosistema CubeProbe

Rete distribuita di sonde IoT

Non sonde scolastiche, ma un ecosistema intelligente.

Da CubeProbe ad AquaCube

Idea iniziale

Realizzare una sonda ambientale in grado di raccogliere dati e mostrarli su una dashboard.



Evoluzione

- ✓ Sviluppare Sonde specializzate
- ✓ Comunicazione wireless
- ✓ Database remoto
- ✓ Dashboard avanzate
- ✓ Integrazione tra più sonde

Nasce così il progetto BlackCubes.

Project objective

Build a smart aquatic probe that can:



Measure the water temperature



Transmit data remotely



Entering a distributed sensor network



Automatically save information



View results in real time

La proposta iniziale della scuola

Architettura prevista:



Schema originale

La soluzione proposta dalla scuola prevede una catena seriale di componenti: un ESP32 per la sensoristica, un secondo per la trasmissione LoRa, un gateway Raspberry Pi, un database locale e Grafana per la visualizzazione.

Caratteristiche principali:

- ✓ Due ESP32 separati
- ✓ Trasmissione LoRa point-to-point
- ✓ Raspberry Pi come gateway centrale
- ✓ Database e dashboard in locale

Criticità individuate

Limiti dell'architettura proposta:



Maggiore complessità hardware



Dipendenza dal Raspberry Pi



Database accessibile solo localmente



Minore scalabilità

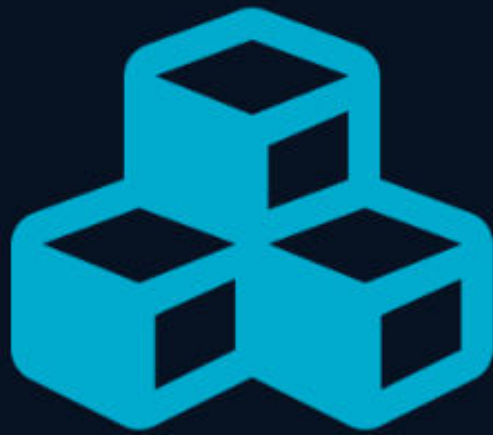


Difficoltà nell'integrazione futura di nuove sonde

La nostra soluzione

Struttura mantenuta, resa più moderna e scalabile.

La struttura originale è stata mantenuta come base, evolvendola con tecnologie IoT moderne.



Mesh Network

Rete decentralizzata self-healing



MQTT

Protocollo IoT leggero e veloce



Cloud

Database remoto scalabile



Integrazione AirCube

Ecosistema multi-sensore



Ecosistema BlackCubes

Piattaforma intelligente unificata

Cos'è LoRa

Long Range – tecnologia wireless a lunga distanza e bassi consumi



10+ km

Copertura estesa



<50 mW

Parsimonia energetica



868 MHz

Frequenza LoRa



AFFIDABILITÀ

Segnale robusto

Vantaggi:



Consumi ridottissimi



Ottima copertura



Alta affidabilità



Perfetta per IoT



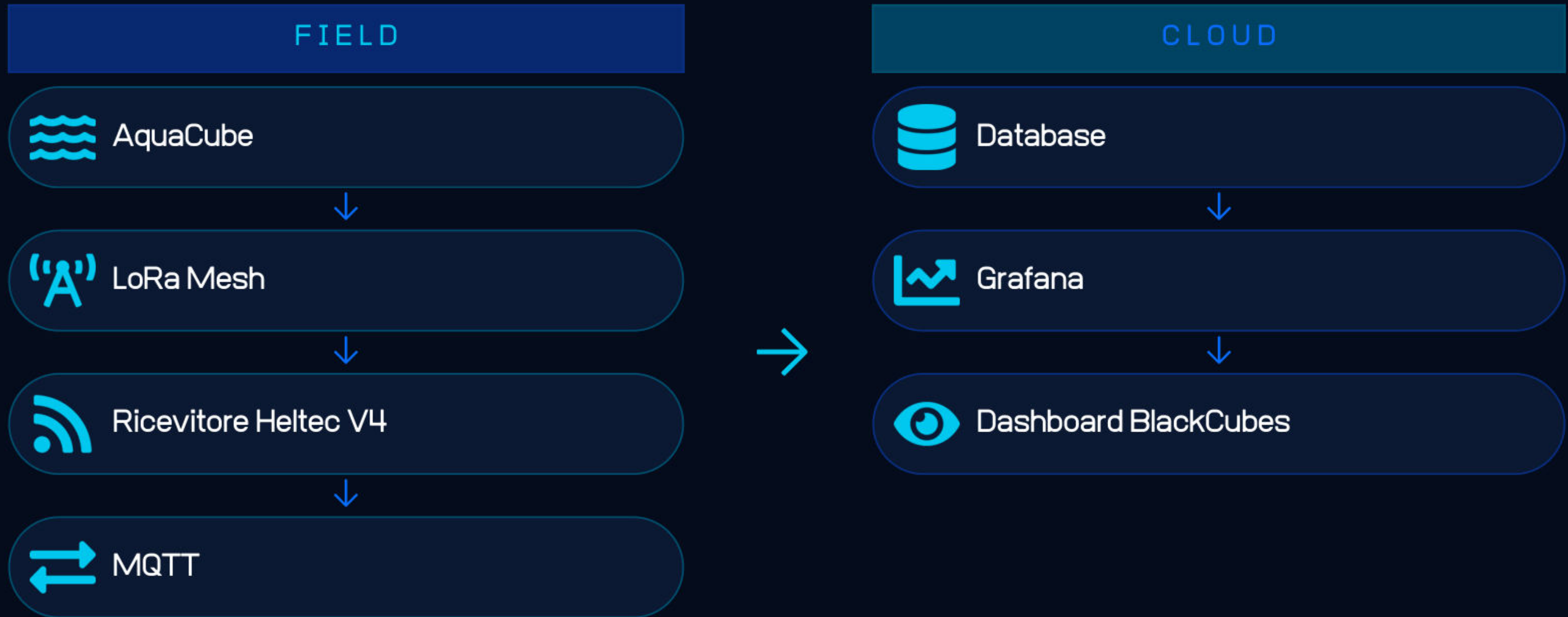
LoRa vs altre tecnologie:

LoRa: km di distanza, mW di potenza

WiFi: decine di metri, alta velocità

4G/5G: globale, alto costo

Architettura finale



Ogni sonda si integra nell'ecosistema BlackCubes tramite la rete Meshtastic.

La rete CubeProbe

La rete non è composta da una singola sonda ma da più nodi collaborativi.



Ogni nodo AirCube e AquaCube può ricevere, trasmettere e instradare i dati verso il server. La rete è decentralizzata: se un nodo cade, gli altri continuano a funzionare.

Hardware di AquaCube

Componenti principali:



ESP32

Microcontrollore principale



Sensore temperatura

Misura acqua in immersione



Modulo LoRa

Comunicazione a lungo raggio



Batteria Li-Ion

Alimentazione autonoma



Circuito protezione

Protezione da sovraccarico



Pannelli solari

Ricarica energetica



ESP-32

Cuore del progetto

Progettazione della boa

Struttura fisica per resistenza e durabilità in ambiente acquatico.



Corpo galleggiante

Materiale ad alta resistenza



Parte superiore stagna

Protezione IP68 per elettronica



Elettronica protetta

Compartimento sigillato ermetico



Piombi stabilizzatori

Mantengono la verticalità



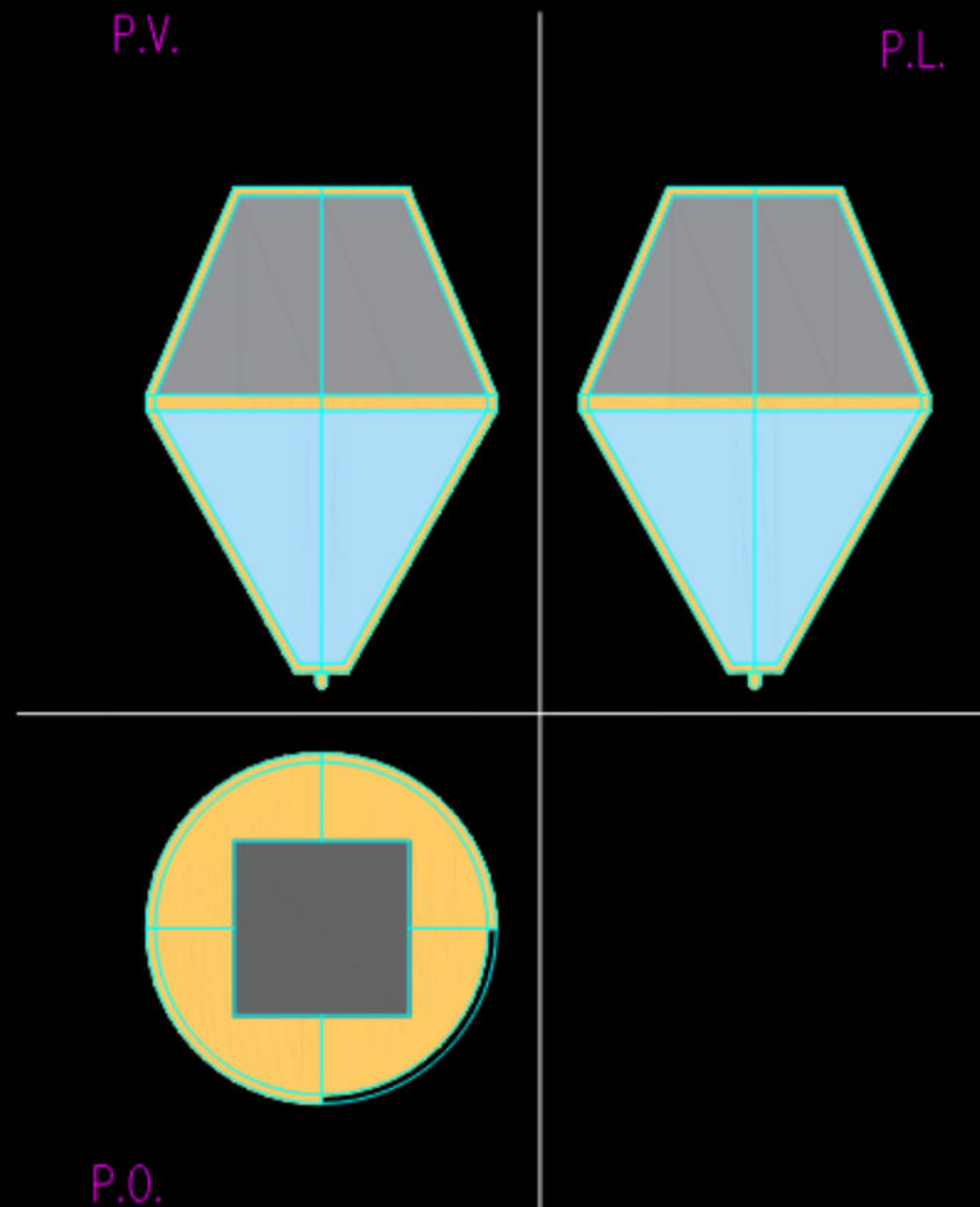
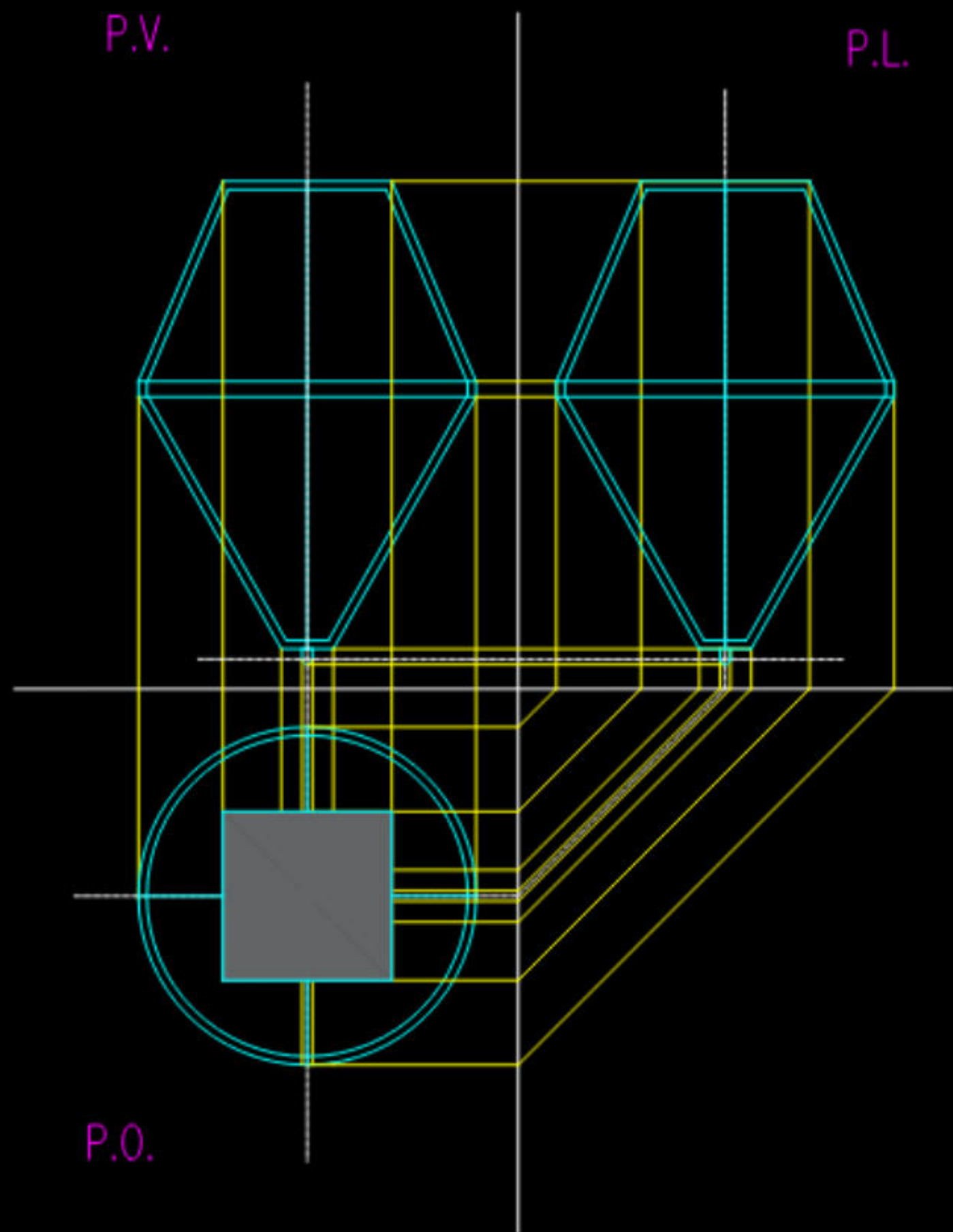
Sensore immerso

Contatto diretto con l'acqua



Resistenza agli urti

Design robusto e modulare



Cos'è Meshtastic

Firmware open source basato su LoRa per reti Mesh decentralizzate

Meshtastic è un firmware open source che permette di creare reti Mesh decentralizzate su LoRa. Ogni nodo può ricevere, trasmettere e instradare i dati, rendendo la rete resiliente e scalabile.



Ricevere

Ogni nodo riceve pacchetti
LoRa dal vicinato



Inoltrare

Ritrasmette automaticamente
verso altri nodi



Espandere

Amplia la copertura geografica
della rete

In questo modo ogni sonda diventa un nodo attivo della rete BlackCubes.

Perché due ESP32

Struttura a doppio microcontrollore per affidabilità e modularità.

ESP32 #1



Acquisizione sensori

- ✓ Lettura sensore temperatura
- ✓ Elaborazione locale dei dati
- ✓ Invio dati via seriale a ESP32 #2



ESP32 #2



Gestione rete & trasmissione

- ✓ Firmware Meshtastic
- ✓ Trasmissione LoRa dei dati
- ✓ Routing nella rete Mesh

Vantaggi: Maggiore affidabilità • Modularità • Facilità di manutenzione

Message Queuing Telemetry Transport – IoT standard protocol

MQTT is a lightweight messaging protocol for IoT devices. It enables asynchronous communication between probes and servers via a central broker.



Light

Minimal data overhead



Fast

Reduced latency



Reliable

Configurable QoS 0-2

Publish / Subscribe Scheme

AquaCube
(Publisher)

PUBLISH

MQTT
Broker

SUBSCRIBE

Database

SUBSCRIBE

Grafana

blackcubes/aquacube/temperature

Dashboard BlackCubes

Interfaccia unificata per l'ecosistema di sensori.



Monitora AquaCube

Temperatura, profondità, qualità acqua



Monitora AirCube

CO₂, umidità, temperatura aria



Confronta dati

Analisi comparativa tra sonde diverse



Analizza trend

Pattern storici e previsioni future

La dashboard integra tutti i nodi della rete CubeProbe in un'unica interfaccia centralizzata.

Sistema energetico

Funzionamento prolungato senza interventi frequenti.



Pannelli solari

4 pannelli fotovoltaici



Caricabatterie

Gestione intelligente carica



Batteria Li-Ion

Alta autonomia



ESP32 + Sensori

Deep sleep ottimizzato

Obiettivo energetico

I pannelli solari ricaricano la batteria durante le ore di luce, mentre i circuiti di gestione ottimizzano i consumi attivando la modalità deep sleep dell'ESP32. Questo garantisce un'autonomia continua senza necessità di intervento.

Open source data visualization platform

Grafana transforms raw data into interactive dashboards and readable graphs in real time.



Graphs

Line, bar, gauge, heatmap



Dashboard

Customizable panels



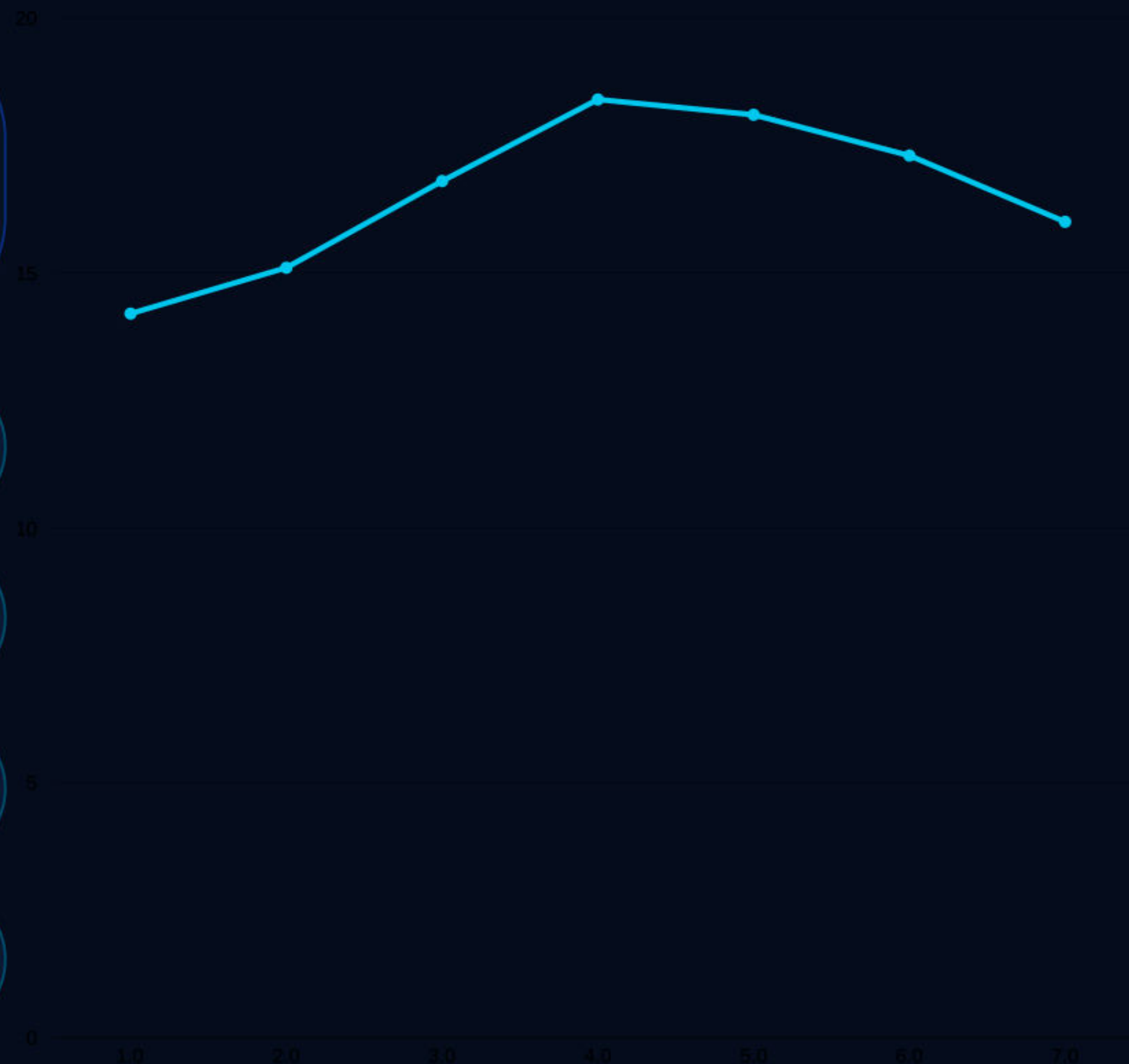
Historical

Query on historical data



Real-time

Automatic update



Risultati ottenuti

Il progetto ha dimostrato la possibilità di:



Acquisizione dati

Lettura temperatura acqua in tempo reale



Trasmissione a lunga dist.

Comunicazione stabile via LoRa Mesh



Gestione automatica

Salvataggio su database remoto cloud



Visualizzazione in RT

Dashboard Grafana aggiornata in tempo reale

Codice del progetto



```
<table>
<tr>
<td>
Fiume<br/>
  <select id="fiume">
    <option value="Adige">Adige</option>
    <option value="Leno">Leno</option>
    <option value="Danubio">Danubio</option>
    <option value="Inn">Inn</option>
    <option value="Ilz">Ilz</option>
  </select><br/>
</td>
<td>
data di inizio<br/><input type="date" id="dataInizio"><br/>
</td>
<td>
data di fine<br/><input type="date" id="dataFine"><br/>
</td>
</tr>
<tr>
<td>
<p>Valore scelto</p>
ph:<input type="radio" name="qualità" id="ph"><br/>
temperatura:<input type="radio" name="qualità" id="temperatura">
```

Flusso completo dei dati



Evoluzioni future

Possibili sviluppi del progetto BlackCubes:



Sensore pH

Qualità chimica dell'acqua



Sensore profondità

Monitoraggio batimetrico



GPS

Localizzazione sonde



Qualità acqua

Torbidità, salinità, ossigeno



Nuove sonde

Espansione ecosistema BlackCubes



Rete Mesh estesa

Copertura geografica ampliata

Conclusioni

AquaCube rappresenta un'evoluzione concreta del progetto CubeProbe.

Non si tratta semplicemente di una sonda scolastica, ma di un nodo di un ecosistema intelligente progettato per il monitoraggio ambientale distribuito.

BlackCubes dimostra come tecnologie IoT, reti Mesh e piattaforme cloud possano essere integrate in una soluzione moderna, scalabile e vicina a sistemi professionali.

2

Tipologie sonde

LoRa

Mesh Network

Cloud

Database remoto

RT

Dashboard live

B L A C K C U B E S

Grazie per l'attenzione

"From Data to Discovery"

Federico Lombardi · Mariachiara Tarasco · Anais Larcher · Mattia Arlanch

BlackCubes.it

Marconi Rovereto · GET4STREAM