



## MEDUSA

**Mini boa MEDUSA per il monitoraggio ambientale acqua**

### **Deliverable D1.a**

**Report comprensivo di tutte le specifiche tecniche della mini-boa e dei sotto-  
assiemi**

**Distribuzione riservata ai soli partner del progetto MEDUSA**



## Executive summary

Il presente documento descrive in dettaglio le specifiche tecniche: sensori; elettronica; meccanica; trasmissione dati.

Il documento è stato diviso in capitoli ognuno dedicato alle differenti specifiche tecniche.

Nella definizione delle specifiche tecniche si è deciso di utilizzare un approccio prudente selezionando differenti soluzioni tecnologiche e non limitandosi ad una sola, quindi nel proseguo del progetto di ricerca si effettueranno dei test funzionali sulle differenti soluzioni proposte al fine di determinare univocamente la migliore soluzione tecnologica che verrà implementata

Questo Deliverable racchiude pertanto tutte le attività di ricerca svolte dai partner di progetto nel work package 1.

# Sommario

Executive summary.....	2
Sommario .....	3
1. Introduzione .....	4
2. Architettura .....	5
3. Specifiche meccaniche della BOA.....	7
4. Specifiche costruttive dei sensori custom .....	9
5. Specifiche dei sensori commerciali a corredo della boa .....	9
6. Elettronica di acquisizione dati.....	10
7. Protocollo di comunicazione dati .....	12
8. Descrizione della Piattaforma Software per la Consultazione dei Dati.....	13
9. Conclusioni .....	15

## 1. Introduzione

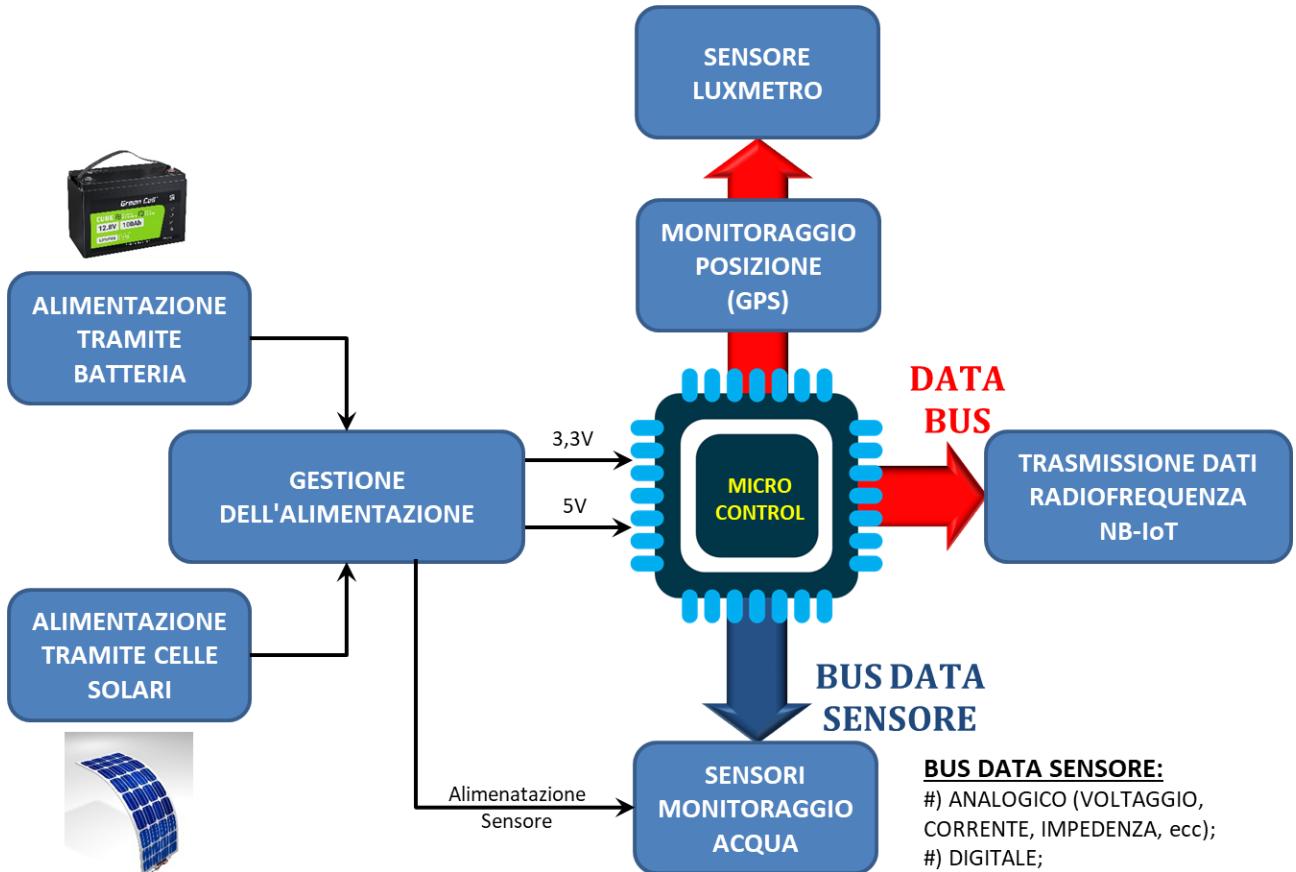
Il presente documento descrive dettagliatamente l'architettura di tutte le componenti necessarie alla realizzazione della BOA per il monitoraggio delle acque da sviluppare all'interno del progetto MEDUSA: i moduli che lo compongono; le specifiche tecniche necessarie per lo sviluppo degli stessi moduli e la loro progettazione.

Questo documento, per semplicità di lettura, è stato suddiviso nei seguenti capitoli:

- Capitolo 2: breve descrizione introduttiva che descrive in generale l'architettura della BOA e i moduli che la compongono;
- Capitolo 3: dedicato alle specifiche tecniche meccaniche e i processi costruttivi;
- Capitolo 4: dedicato alle specifiche tecniche dei sensori innovativi (luxmetro e impedanziometro AC);
- Capitolo 5: dedicato alla selezione e alle specifiche tecniche dei sensori commerciali che verranno integrati nella boa;
- Capitolo 6: dedicato alle specifiche tecniche dell'elettronica;
- Capitolo 7: dedicato alle specifiche tecniche del protocollo di comunicazione dati;
- Capitolo 8: dedicato ai requisiti funzionali e di sicurezza che devono essere soddisfatti dalla Piattaforma Software “Medusa”;
- Capitolo 9: dedicato alle conclusioni della presente attività.

## 2. Architettura

L'architettura a blocchi della BOA viene riportata nella seguente immagine:



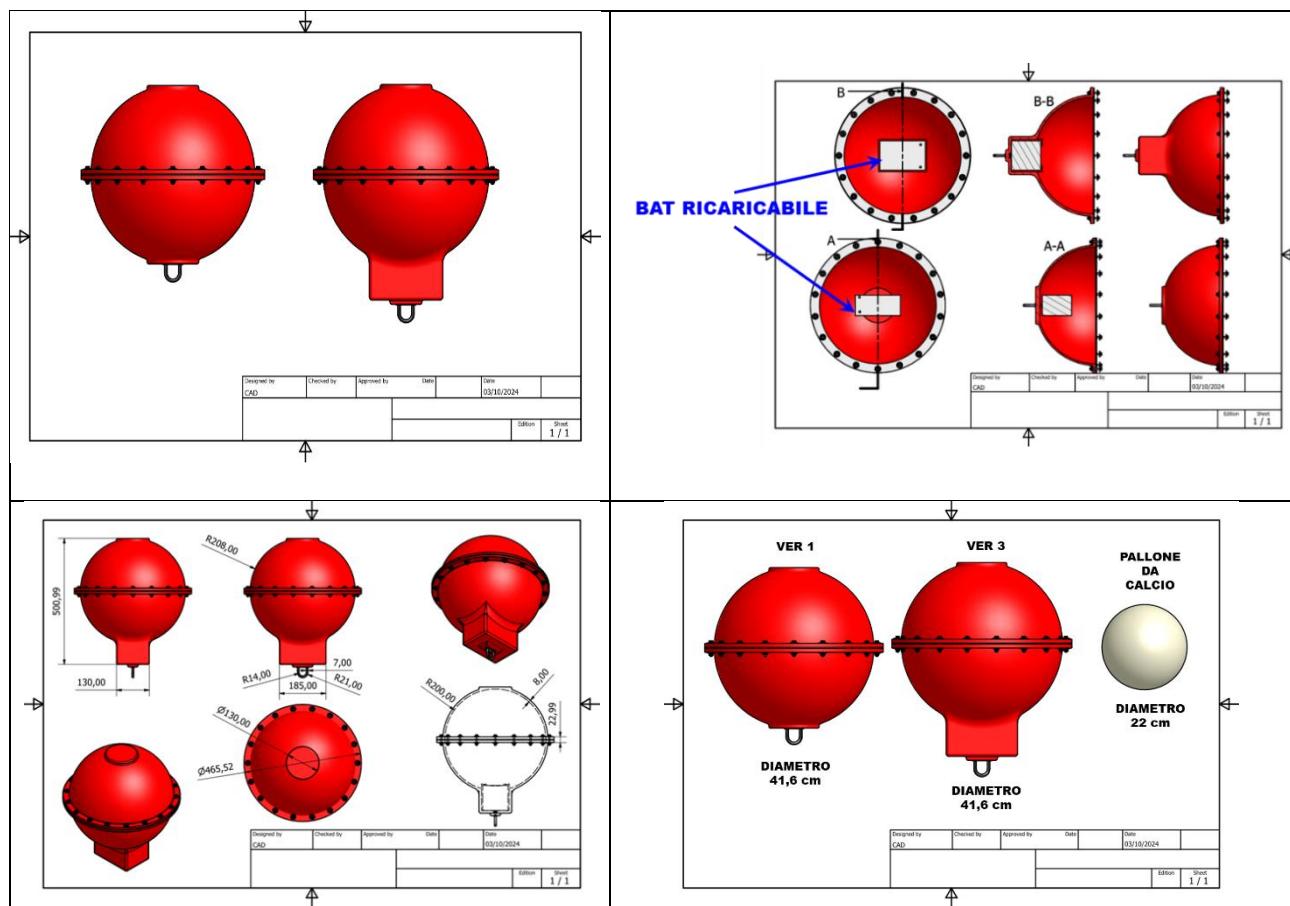
I diversi blocchi di cui la BOA è composta verranno descritti brevemente in questo capitolo per poi essere descritti in modalità più dettagliata all'interno di questo deliverable:

- **ALIMENTAZIONE A BATTERIA:** Comprende l'alimentazione tramite batteria a 12 Volt; un sistema di accensione senza contatto diretto (per esempio si può usare un'ampolla reed o altro); un sistema di monitoraggio della corrente consumata da tutto il sistema, utilizzando degli integrati che misurano in modo molto efficiente le correnti assorbite dall'elettronica e dai sensori;
- **SISTEMA DI RICARICA DELLA BATTERIA:** pannelli fotovoltaici (rigidi o flessibili) piccoli e leggeri che provvedono alla ricarica della batteria durante le ore diurne; sistema di monitoraggio della corrente generata dai pannelli solari;
- **GESTIONE DELL'ALIMENTAZIONE:** moduli di conversione della tensione della batteria (12 Volt) in grado di generare tutte le tensioni (regolate, stabilizzate, e a basso rumore) utilizzate per l'alimentazione dei vari sottosistemi (ad esempio 3.3 Volt e 5 volt);
- **MICROPROCESSORE:** Dedicato all'acquisizione ed al controllo di tutti i sotto sistemi, verrà descritto in modo dettagliato nel capitolo riguardante l'elettronica di acquisizione dati.
- **MONITORAGGIO POSIZIONE MEDIANTE GPS:** è stato selezionato un modulo GPS NEO-7M della uBLOX. Questo offre: alta sensibilità; tempi di acquisizione minimi; bassi consumi energetici. Il NEO-7M è un dispositivo a basso costo che offre ottime prestazioni e una facile integrazione RF. È basato su una sofisticata architettura RF per la soppressione delle interferenze a radiofrequenza che garantisce le massime prestazioni anche in ambienti GNSS-ostile.

- SENSORI CUSTOM: Impedenziometro AC per l'analisi di conducibilità e luxmetro, questi verranno sviluppati appositamente per il progetto in questione, verranno descritti in modo dettagliato nel capitolo dedicato.
- SENSORI COMMERCIALI: sono i sensori commerciali per il monitoraggio dei parametri chimico/fisici delle acque, scelti dopo una analisi preliminare, e sono interfacciati con il microprocessore attraverso due modalità di comunicazione: analogica (lettura del voltaggio, impedenza, corrente, ecc) o digitale (bus I2C, RS232, RS485, SPI, ecc).
- TRASMISSIONE DATI: mediante protocollo di comunicazione MQTT su rete cellulare NB-IoT, descritto più in dettaglio nel capitolo dedicato.

### 3. Specifiche meccaniche della BOA

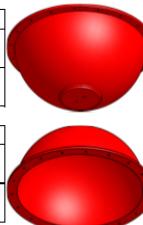
In questo capitolo verranno descritte le specifiche dimensionali e strutturali di costruzione della boa tenendo conto di un'ipotesi di ingombro in modo tale da avere spazio a sufficienza per l'installazione dei vari sistemi di analisi, quali sonde, sensori, elettronica, batteria, ecc. ma soprattutto si ipotizza di realizzare una struttura molto compatta, leggera e a basso costo che possa essere facilmente installabile in diversi siti di analisi delle acque (siti marini, fiumi, laghi, siti di depurazione acque ecc.) e che per l'installazione non si necessiti di speciali attrezzi quali: chiatte; pontoni; gru; carrelli semoventi a braccio telescopico; ecc. i quali, in alcuni casi, richiedono permessi speciali sia per il trasporto che per la messa in opera della stessa BOA. La progettazione della boa verrà realizzata tenendo presente che il materiale con la quale si fabbricherà la stessa BOA sarà in vetroresina con un peso specifico medio di circa  $1.5 \text{ g/cm}^3$ . Utilizzando un software di progettazione 3D sono state progettate le parti che compongono la boa. In particolare la boa è composta da due semisfere, unite insieme con una serie di bulloni. Per il progetto MEDUSA in questione sono state realizzate due versioni di BOA, ver1 e ver3.



Dai file di progettazione sono visibili tutte misure della boa e le varie quotazioni di tutte le parti che la compongono. Inoltre dai calcoli mostrati di seguito, considerando la linea di galleggiamento posta sulla mezzeria della boa (in corrispondenza dell'unione delle due semisfere), risulta che la spinta di galleggiamento utile per la versione 1 è di 12,22 kg mentre per la versione 3 è di 13,06 kg considerando solo la struttura in vetroresina senza nessun equipaggiamento aggiuntivo. Di seguito vengono riportati tutti i calcoli effettuati per le due versioni: ver1 e ver3.

## BOA VER 01

DIAMETRO BOA	41,2	[cm]
DENSITA ACQUA	1	[gr/cm <sup>3</sup> ]
SEMIBOA PARTE INFERIORE		
VOLUME	1.817E+07	[mm <sup>3</sup> ] [cm <sup>3</sup> ]
SPINTA GALLEGGIAMENTO	18170	[gr] [Kg]
SPINTA GALLEGGIAMENTO	18,17	
SEMIBOA PARTE SUPERIORE		
VOLUME	1.871E+07	[mm <sup>3</sup> ] [cm <sup>3</sup> ]
SPINTA GALLEGGIAMENTO	18710	[gr] [Kg]
SPINTA GALLEGGIAMENTO	18,71	
BOA - TOTALE		
VOLUME	36880	[cm <sup>3</sup> ] [lt]
SPINTA GALLEGGIAMENTO	36,88	[Kg]
PAYOUT MAX LIMITE BOA	30,93	[kg]
PAYOUT UTILE BOA	12,22	[kg]
BATTERIA	1,2	[Kg]
BULLONI E GANCI	0,8	[Kg]
SENSORI - ELETTRONICA - MECCAN	10,22	[Kg]
		(stimato)



DENSITA VETRORESINA	1,5	[gr/cm <sup>3</sup> ]
SEMIBOA PARTE INFERIORE		
VOLUME	2.008E+06	[mm <sup>3</sup> ] [cm <sup>3</sup> ]
PESO VETRORESINA	3012	[gr] [Kg]
SEMIBOA PARTE SUPERIORE		
VOLUME	1.958E+06	[mm <sup>3</sup> ] [cm <sup>3</sup> ]
PESO VETRORESINA	2937	[gr] [Kg]
BOA - TOTALE		
VOLUME	3966	[cm <sup>3</sup> ] [lt]
PESO VETRORESINA	5,95	[Kg]

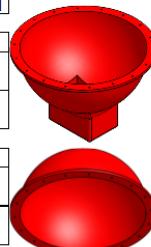


BATTERIA	12.8	[V]
TENSIONE	12.8	[V]
CAPACITA	7	[Ah] [Wh]
ENERGIA	89.6	[Wh]
CORRENTE MAX DI SCARICA	7	[A]
CORRENTE MAX PICCO	12	[A]
PESO	1.2	[Kg]
CHIMICA	LiFePO4	
PRODUTTORE	GREEN CELL	

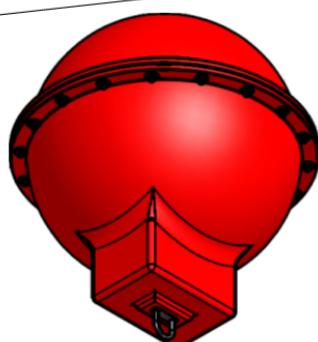
Leggera  
Durata (> 10 Anni)  
70% Capacità dopo 3000 scariche  
Protezione IP54

## BOA VER 03

DIAMETRO BOA	41,6	[cm]
DENSITA ACQUA	1	[gr/cm <sup>3</sup> ]
SEMIBOA PARTE INFERIORE		
VOLUME	2.147E+07	[mm <sup>3</sup> ] [cm <sup>3</sup> ]
SPINTA GALLEGGIAMENTO	21470	[gr] [Kg]
SPINTA GALLEGGIAMENTO	21,47	
SEMIBOA PARTE SUPERIORE		
VOLUME	1.871E+07	[mm <sup>3</sup> ] [cm <sup>3</sup> ]
SPINTA GALLEGGIAMENTO	18710	[gr] [Kg]
SPINTA GALLEGGIAMENTO	18,71	
BOA - TOTALE		
VOLUME	40180	[cm <sup>3</sup> ] [lt]
SPINTA GALLEGGIAMENTO	40,18	[Kg]
PAYOUT MAX LIMITE BOA	31,77	[kg]
PAYOUT UTILE BOA	13,06	[kg]
BATTERIA	2	[Kg]
BULLONI E GANCI	0,8	[Kg]
SENSORI - ELETTRONICA - MECCAN	10,26	[Kg]
		(stimato)



DENSITA VETRORESINA	1,5	[gr/cm <sup>3</sup> ]
SEMIBOA PARTE INFERIORE		
VOLUME	3.109E+06	[mm <sup>3</sup> ] [cm <sup>3</sup> ]
PESO VETRORESINA	4664	[gr] [Kg]
SEMIBOA PARTE SUPERIORE		
VOLUME	2.499E+06	[mm <sup>3</sup> ] [cm <sup>3</sup> ]
PESO VETRORESINA	3749	[gr] [Kg]
BOA - TOTALE		
VOLUME	5608	[cm <sup>3</sup> ] [lt]
PESO VETRORESINA	8,41	[Kg]



BATTERIA	12.8	[V]
TENSIONE	12.8	[V]
CAPACITA	10	[Ah] [Wh]
ENERGIA	128	[Wh]
CORRENTE MAX DI SCARICA	10	[A]
CORRENTE MAX PICCO	15	[A]
PESO	2	[Kg]
CHIMICA	LiFePO4	
PRODUTTORE	GREEN CELL	

Leggera  
Durata (> 10 Anni)  
70% Capacità dopo 3000 scariche  
Protezione IP54

42,9% ENERGIA IN PIU

## 4. Specifiche costruttive dei sensori custom

I dispositivi custom da sviluppare all'interno del progetto sono due: sensore di conducibilità/salinità basato su impedenzometria AC; sensore di intensità luminosa; questi verranno alloggiati sulla boa. Di seguito si riportano i principi di funzionamento e delle brevi descrizioni funzionali di questi sensori innovativi:

- Sensore di impedenzometria AC: utilizzato per misurare un segnale elettrico correlato al livello di salinità/conducibilità delle acque. L'impedenziometro applica un segnale sinusoidale AC in tensione, che viene variato in un intervallo di frequenza prestabilito, e contemporaneamente legge il segnale (sinusoidale) in corrente che è proporzionale alla conducibilità/salinità. Dai segnali sinusoidali di corrente e tensione vengono calcolati modulo e fase, che sono correlati alla conducibilità e al grado di salinità;
- Luxmetro: utilizzato per misurare il livello d'intensità luminosa, si basa su un trasduttore con due fotodiodi sensibili rispettivamente alla luce visibile ed alla luce infrarossa, i quali forniscono un segnale di uscita in corrente correlato all'intensità luminosa (segnaletica in corrente convertito in informazione digitale da un convertitore interno). Si selezioneranno fotodiodi: di piccole dimensioni; di peso ridotto; accurato; a basso costo; si prevede di posizionare questo sensore al di sotto di un diffusore ottico (colore bianco) e di un'apposita finestra di materiale trasparente, che verrà realizzata utilizzando del policarbonato: materiale leggero; resistente ai raggi UV; robusto; a basso costo. Questo dispositivo verrà integrato in maniera ottimale sulla superficie emersa della boa. La misura di questo parametro risulta molto importante in quanto è strettamente legato alla proliferazione delle micro-alghe marine

Nelle successive tabelle si riportano le principali specifiche tecniche richieste da questi sensori, i sensori che verranno sviluppati dovranno garantire almeno la soddisfazione di queste specifiche riportate:

### Specifiche tecniche Sensore di impedenzometria AC

<b>Alimentazione</b>	Da 3V a 5V
<b>BUS di comunicazione</b>	Digitale
<b>Range di frequenza di uscita</b>	Da 10kHz a 90kHz
<b>Range di impedenza</b>	Da 10kΩ a 0.5MΩ
<b>Numero di range di valori di Tensione di uscita</b>	Almeno 3
<b>Rapporto segnale rumore</b>	<5 dB
<b>Accuratezza</b>	< 1%

### Specifiche tecniche Sensore Luxmetro

<b>Alimentazione</b>	Da 2.5V a 3.5V
<b>BUS di comunicazione</b>	Digitale
<b>Consumo in sleep mode</b>	< 10uA
<b>Range di frequenza di comunicazione</b>	Da 10Hz a 200kHz

## 5. Specifiche dei sensori commerciali a corredo della boa

Oltre all'utilizzo dei sensori custom realizzati appositamente per la boa in questione e mirati all'analisi delle proprietà chimico/fisiche specifiche, è prevista l'installazione di ulteriori sensori commerciali a bordo della boa: sensore redox, sensore ossigeno dissolto, sensore di PH, sensore di torbidità. Da una prima analisi di mercato sono stati selezionati dei sensori che vengono riportati di seguito

SOSTANZA SENSIBILE	RANGE	RISOLUZIONE	RIPETIBILITÀ <sup>1</sup>	ACCURATEZZA	TEMPO RISP	PRINCIPIO	USCITA	IP	CROSS SENSITIVITY	DIMENSIONI	PESO
redox e temperatura	pH: da 0 a 14; Redox: da -1000 a + 1000 mV; T °C: da -10 °C a + 50 °C	pH: 0,01; Redox: 0,1 mV; T: 0,01 °C	#	pH: ±0,1; Redox: ±2 mV; T: ±0,5 °C	#	#	Modbus RS485	IP68	#	diametro 27-21 mm lunghezza 207 mm	350 g
ossigeno disciolto	0,00 – 20,00 mg/L (0-200%)	0,01	#	± 0,1 mg/L // ±1%	60 secondi	ottico per luminescenza	Modbus RS485	IP68	#	diametro 25 mm lunghezza 146 mm	450 g
conducibilità e salinità	0-200,0 $\mu$ S / cm 0-2000 $\mu$ S / cm 0,00-20,0 mS / cm 0,0-200,0 mS / cm	da 0,01 a 1	#	± 1%	<5 secondi	tecnologia a 4 elettrodi	Modbus RS485	IP68	#	diametro 27 mm lunghezza 157 mm	300g
torbidità	0 to 4000 NTU or 0-4500 mg/L	0,01 to 1 NTU – mg/L	#	<5% of the reading	<1 second	IR nephelometry	Modbus RS485	IP68	#	diametro 27 mm lunghezza 170 mm	300g

Questa ricerca di mercato è stata effettuata in una fase preliminare all'inizio del progetto, e quindi è possibile che durante lo svolgimento del progetto stesso, si possano reperire sul mercato altri sensori di migliore qualità, prezzo e accuratezza. Nulla vieta che con lo svolgimento del progetto si possano cambiare i sensori che sono stati selezionati in questa fase con sensori migliori di più recente immissione sul mercato.

I processi biotici e abiotici che si sviluppano in mare sono condizionati da numerosi parametri alcuni dei quali di fondamentale importanza e che sono oggetto di previsione nello sviluppo della boa. La rilevazione in situ attraverso la boa Medusa vanta due valenze fondamentali: fornire dati affidabili direttamente rilevati in situ e fornire riferimento per la taratura delle immagini satellitari, di più immediata e diffusa disponibilità a costi contenuti. Inoltre, per i dispositivi custom da sviluppare all'interno del progetto si concretizza la doppia possibilità di confronto con i valori dei medesimi parametri rilevati dal sensore sperimentale e dal sensore commerciale ed entrambi potranno essere confrontati con rilevazioni satellitari. Nel contesto delle acque marine, l'utilizzo di sensori per la misurazione di luminosità, salinità, conducibilità, ossigeno disciolto, potenziale redox, temperatura, pH, clorofilla e torbidità è di fondamentale importanza per monitorare la salute degli ecosistemi marini, supportare la gestione sostenibile delle risorse e rilevare potenziali minacce ambientali. La misura della **Temperatura** ha un impatto diretto sulla valutazione della stratificazione delle acque, sulla solubilità dei gas (come l'ossigeno) e sulla biologia delle specie marine. Variazioni di temperatura possono influenzare la riproduzione, la crescita e la distribuzione degli organismi marini; il **pH**, indicatore della acidità dell'acqua, consente valutazioni sull'incremento dei processi di acidificazione in atto per aumento della CO<sub>2</sub> atmosferica.

In particolare, la **Luminosità** influenza la fotosintesi delle piante marine e delle alghe (fitoplancton). Il monitoraggio della luminosità è importante per capire la distribuzione e l'attività del fitoplancton, che costituisce la base della catena alimentare marina, e per valutare l'effetto della torbidità e dei sedimenti sulla penetrazione della luce; la **Salinità** consente di comprendere i processi oceanografici, come la circolazione delle correnti marine, la distribuzione delle specie marine e la chimica dell'acqua. Il monitoraggio della salinità permette di identificare anomalie, come intrusioni di acqua dolce o eventi legati al cambiamento climatico; strettamente collegata alla salinità la **Conducibilità** viene utilizzata per valutare la presenza e la concentrazione di ioni disciolti, fondamentale per identificare cambiamenti nella qualità dell'acqua causati da eventi come l'inquinamento da sali o minerali e il confronto con l'**Ossigeno disciolto** consente di effettuare valutazioni sulla sopravvivenza della vita marina. Il monitoraggio di questo parametro aiuta a rilevare zone ipossiche o anossiche (aree con bassi o nulli livelli di ossigeno), che possono verificarsi a causa di fioriture algali nocive o dell'accumulo di materia organica; quest'ultimo trova utile riscontro nel **Potenziale Redox (ORP)**, mediante misura la capacità ossidativa dell'acqua, fornendo informazioni sullo stato di ossidazione o riduzione dell'ambiente marino e consente di valutare processi biologici e chimici, come la decomposizione della materia organica e le reazioni redox che influenzano la disponibilità di nutrienti e contaminanti.

Nel complesso, questi sensori forniscono dati critici per il monitoraggio della qualità e della dinamica degli ecosistemi marini, supportano la gestione della pesca, la conservazione della biodiversità, e offrono

indicazioni precoci di eventi potenzialmente dannosi, come l'inquinamento, il riscaldamento delle acque o le fioriture algali tossiche.

In seguito, si valuterà la possibilità di monitorare la **Clorofilla**, indicatore diretto della presenza di fitoplancton, che è cruciale per la produttività marina. Il monitoraggio della clorofilla aiuta a valutare la biomassa algale e a rilevare fioriture algali, che possono essere un segno di eutrofizzazione o di squilibri ecologici. Queste fioriture possono avere effetti devastanti sulla qualità dell'acqua e sulla fauna marina. Inoltre, la clorofilla mostra una specifica qualità di essere un parametro con coincidenza dei dati rilevati in situ e da satellite su cui tarare la rilevazione dei parametri ad essa correlata.

## 6. Elettronica di acquisizione dati

Per quanto riguarda la progettazione dell'elettronica di acquisizione e controllo, le principali specifiche tecniche riportate in questo documento riguardano le caratteristiche fondamentali presenti nei sistemi di monitoraggio e supervisione delle acque. Una corretta progettazione dell'elettronica di acquisizione permette di avere un controllo accurato delle grandezze chimico/fisiche che caratterizzano la qualità del sito in cui viene effettuata la misurazione. La scheda elettronica perciò verrà sviluppata in modo tale da poter essere interfacciata con diverse tipologie di sensori (impedenzometria a 3 elettrodi; thermal conductivity; pyroelectric Infrared; ottico infrared; ecc) attraverso connessioni digitali (I2C, Rs232, ecc) o analogiche (impedenzometria a 3 elettrodi: reference, sensing, working), per come è stata concepita la scheda elettronica risulta essere estremamente versatile in quanto riesce a leggere i dati sia da sensori analogici che digitali, e di conseguenza può essere utilizzata in diversi ambiti applicativi, andando solo a sostituire la tipologia dei sensori utilizzati senza che l'elettronica di lettura debba essere modificata, tutto ciò garantisce che una sola scheda elettronica possa essere utilizzata per differenti contesti applicativi, andando a cambiare solo i sensori utilizzati.

La scheda elettronica sarà progettata in modo tale da richiedere un bassissimo consumo di energia in modo tale da ottimizzare la durata della batteria così da minimizzare le dimensioni e il peso della batteria selezionata e installata nella boa. Si prevedono, a tal proposito, diverse sezioni per il monitoraggio dell'assorbimento in corrente di tutto il sistema, sia che esso sia alimentato a batteria sia che l'alimentazione provenga dai pannelli fotovoltaici. Per effettuare questa misura si utilizzeranno componenti elettronici SMD che sono molto piccoli a basso costo e al tempo stesso di elevata precisione.

Sulla scheda elettronica saranno previste varie sezioni di condizionamento della tensione di alimentazione in modo tale da regolare la stessa per una corretta alimentazione dei sottosistemi presenti sulla scheda, per assicurare un elevato rendimento energetico si utilizzeranno architetture di conversione a segnali commutati (regolatori switching).

La scheda elettronica alloggerà un microprocessore: questo è il cuore di tutto il sistema in quanto acquisisce, controlla e gestisce tutti gli altri sottosistemi e ha la funzione di arbitro sulle comunicazioni dei I bus dati digitali ed è in carico dell'acquisizione di tutti i segnali analogici (ADC). Il microprocessore è utilizzato per la gestione di tutti i sottosistemi e per la gestione di tutti i dati sia analogici che digitali provenienti dai vari sensori. Si selezionerà un microprocessore ad alte performance con una CPU di tipo ARM basata su architettura RISC, in grado di fornire alte prestazioni con bassissimi consumi energetici.

La scheda elettronica alloggerà anche un modulo GPS per la geolocalizzazione della stessa boa, questo dispositivo è molto utile per gestire un allarme in caso di disancoraggio della boa (ad esempio per la rottura della cima di ormeggio). Si utilizzerà un modulo GPS NEO-7. La serie NEO-7 di moduli GNSS autonomi beneficiano delle eccezionali prestazioni della u-blox 7 GNSS (GPS, GLONASS, SBAS QZSS e). Questo modulo GPS offre: alte sensibilità; basso consumo energetico; tempi ridotti di acquisizione dei satelliti; basso costo; una facile integrazione della sezione a RF in grado di sopprimere interferenze RF anche in ambienti GNSS-

ostile. La serie NEO-7 combina un alto livello di capacità di integrazione con alta flessibilità di connessione, ciò lo rende perfettamente adatto per applicazioni industriali. L'interfaccia DDC compatibile con il protocollo I2C fornisce elevate sinergie con moduli cellulari u-blox SARA, LEON e Lisa. I moduli 2 u-blox 7 utilizzano chip GNSS qualificati secondo AEC-Q100 e sono prodotti in 16.949 siti certificati ISO / TS. Prove di qualificazione vengono eseguite come previsto dalla norma ISO16750: "Veicoli stradali - Condizioni ambientali e prove per le apparecchiature elettriche ed elettroniche".

## 7. Protocollo di comunicazione dati

A seguito dell'esame effettuato sui possibili scenari di utilizzo del sistema, e tenendo conto delle caratteristiche della boa e della strumentazione installata su di essa, è stato selezionato il protocollo MQTT, tra tutti i possibili protocolli di comunicazione dati dalla boa verso un cloud, questa scelta garantisce: banda passante ridotta; dati fruibili i dati in qualsiasi momento sul web. Per quanto riguarda la connettività è stata selezionata la tecnologia NB-IoT in quanto è quella che più si adatta alle esigenze del progetto e di conseguenza verrà implementata nella realizzazione del prototipo.

La tecnologia NB-IoT (Narrowband Internet of Things) identifica un protocollo standard radio LPWAN (Low Power Wide Area Network) ideato per comunicazioni ad un'ampia gamma di dispositivi interconnessi. Considerando l'incredibile crescita dell'IoT, la tecnologia NB-IoT ha subito di riflesso un grande sviluppo; la mutata situazione globale a causa della pandemia ha infatti accelerato nuove prospettive per l'IoT. Grazie a questa tecnologia a bassa potenza è infatti possibile connettere un ampio numero di dispositivi IoT utilizzando le reti di telefonia mobile esistenti. Grazie al basso consumo e alla gestione ottimale della banda utilizzata, NB-IoT offre la possibilità di trasmettere dati in modalità bidirezionali con: alta efficienza; elevata sicurezza; eccellente affidabilità.

L'IoT a banda stretta è stato progettato per funzionare utilizzando bande a spettro ristretto (180 kHz o 200 kHz). Tra i punti di forza di questa tecnologia non è prevista un'elevata velocità di trasferimento dati, ma ciò è irrilevante in quanto questa peculiarità non è essenziale per le finalità di progetto, però viene garantita un'eccellente stabilità della connessione, che è importante per questa applicazione: lo standard NB-IoT consente infatti trasferimenti fino a 250 kbit con una latenza da 1,6 a 10 secondi, che è più che sufficiente per tutti gli scenari applicativi previsti. NB-IoT è una tecnologia cellulare che per garantire un'affidabilità della comunicazione può funzionare in ben tre differenti modalità:

- utilizzando la banda GSM (standalone);
- utilizzando e condividendo la banda LTE (in-band);
- utilizzando la spaziatura tra la banda LTE massimizzando così lo spettro di comunicazione (guard-band).

La boa, utilizzando questa tecnologia, acquisisce tutti i valori dei sensori ad intervalli di tempo regolari prestabiliti e selezionabili dall'elettronica di controllo. I dati vengono accumulati in un data logger (memoria di massa) all'interno della boa, quindi questi sono inviati, mediante rete cellulare con protocollo NB-IoT, ad una apposita piattaforma cloud che li rende accessibili da remoto via web browser. NB-IoT (Narrowband Internet of Things) è una tecnologia di accesso radio LPWA (low-power, wide area) progettata per applicazioni IoT di massa. Vantaggi di NB-IoT sono: riduzione dei costi di connettività; lunga durata della batteria; copertura estesa a livello mondiale (in quanto ha stabilito accordi commerciali con i principali gestori delle reti di telefonia cellulare).

Nelle tabelle seguente vengono riportate le specifiche del modulo NB-IoT:

Specifiche tecniche modulo NB-IoT:

<b>Alimentazione</b>	Da 3.3V a 5V
<b>BUS di comunicazione</b>	Digitale
<b>LTE Range di frequenza</b>	Da 800MHz a 2GHz
<b>Potenza - Uscita</b>	Fino a 20dBm
<b>Dimensioni memoria</b>	Almeno 500kB Flash, 128kB RAM
<b>Throughput (DL/UL)</b>	LTE-M: 350 kbps NB-IoT: 50 kbps
<b>RX sensitivity</b>	LTE-M < -108 dBm NB-IoT < -114 dBm GPS: < -155 dBm

## 8. Descrizione della Piattaforma Software per la Consultazione dei Dati

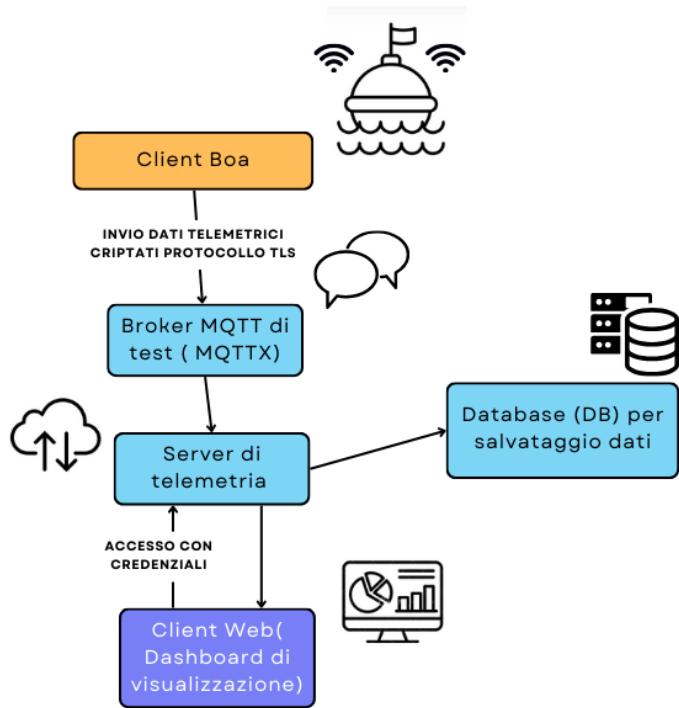
Il presente paragrafo riporta i principali requisiti funzionali e di sicurezza che devono essere soddisfatti dalla Piattaforma Software “Medusa”.

Lo scopo della piattaforma è rendere disponibile all’utente finale i dati rilevati dalla boa “Medusa”. In particolare, la Piattaforma Software “Medusa” deve ricevere i dati inviati dalla boa (equipaggiata con il chip Nordic nRF9160 dotato di modulo NB-IoT integrato per la comunicazione dei dati) e presentarli all’utente attraverso un’interfaccia di tipo GUI dotata di un cruscotto (dashboard) per l’osservazione dei dati di telemetria. Tale dashboard deve essere costituita da un insieme di elementi grafici che permetteranno all’utente della Piattaforma Software “Medusa” di consultare i dati relativi ai parametri ambientali rilevati dalla boa (es: conducibilità, torbidità, ossigeno dissolto, ecc...).

L’architettura della Piattaforma Software “Medusa” deve essere costituita dai seguenti moduli software principali:

- Server di Comunicazione: broker MQTT per la comunicazione dei dati basata sul protocollo MQTT;
- Motore di Telemetria: server per la gestione dei dati;
- Client di visualizzazione dei dati;

Il modulo Client di visualizzazione dei dati deve essere implementato da un’applicazione o servizio web-based compatibile con tutti i web browser più diffusi. Dal punto di vista applicativo la boa Medusa è integrata nel sistema attraverso un applicativo client (installato sul microcontrollore a bordo della boa) che invia i dati al Server di Comunicazione. L’applicazione client per l’invio dei dati tramite protocollo MQTT è installata e dovrà essere integrata all’interno della piattaforma;



Riguardo i requisiti di sicurezza, al fine di assicurare integrità e riservatezza dei dati e delle informazioni, la piattaforma dovrà utilizzare le seguenti soluzioni:

- Certificato TLS (Transport Layer Security): per proteggere la trasmissione dei dati. Il certificato deve essere generato attraverso tool open source (es: OpenSSL). Lo scopo del certificato è criptare la comunicazione tra i moduli della piattaforma.
- Autenticazione sensore mediante identificativo univoco: la piattaforma utilizza un sistema di autenticazione basato su identificativo univoco (es:token) associato ad ogni sensore di acquisizione dati. Il client di trasmissione (sw client boa) deve inviare questo token associato al relativo parametro rilevato, ciò garantisce che solo i dati provenienti da dispositivi con token validi possano essere visualizzati.
- Accesso utente con credenziali: l'accesso dell'utente all'area riservata della dashboard per la visualizzazione dei dati avviene attraverso credenziali (username e password). Questo permette di gestire diversi ruoli:
  - Amministratore: Ha accesso completo alla configurazione e alla visualizzazione dei dati.
  - Ricercatore: può accedere in lettura ai dati, ma non modificare la configurazione della dashboard.

Riguardo il Monitoraggio del funzionamento, la piattaforma medusa dovrà supportare il monitoraggio delle attività di connessione, permettendo di identificare eventuali anomalie di funzionamento al fine di correggerle e garantire l'affidabilità della piattaforma.

Riguardo i Test di connessione, al fine di simulare il comportamento del client boa e verificare la corretta ricezione dei dati da parte del server, sarà utilizzato il software MQTTX. Si tratta di un client free e open source che implementa il protocollo MQTTX. Tale applicativo permette di inviare dei dati di test al fine di testare la comunicazione tra i moduli della piattaforma e la visualizzazione degli stessi attraverso la dashboard.

## 9. Conclusioni

Con questo documento si completano le attività relative al work package 1 sulla descrizione delle specifiche tecniche in merito a tutti gli elementi che compongono la mini-boa marina di monitoraggio delle acque da sviluppare all'interno del progetto MEDUSA, concentrandosi sugli aspetti di progettazione e giustificando le scelte fatte rispetto alle opzioni mostrate nel Deliverable prodotto al mese2. La progettazione dei vari sistemi (sensori innovativi; meccanica; elettronica; applicativi per trasmissione dati) verrà affrontata nei successivi task dedicati allo sviluppo di queste attività.