



LINEE GUIDA E MANUALE WHALESAFE

ANNO 2020

This document is the deliverable of Action E.11. It is the complete manual that describe the system and how to operate it

SOMMARIO

Sommario

Introduzione	1
Descrizione del progetto	2
Il protocollo di condotta	3
Area del progetto	10
Il capodoglio	12
Il segnale sonoro	14
Descrizione del sistema di rivelazione	16
Il principio di funzionamento	19
Il sistema di alimentazione	21
Gli idrofoni	22
Il sistema di acquisizione	24
Descrizione del programma di analisi	31
Il computer sulla boa	32
Il computer a Bergeggi	41
Il trasferimento dati	49
Il salvataggio dei dati	50
Utilizzo del programma di analisi	52
La configurazione del sistema	53
La ricerca dei click	57
La ricostruzione della direzione del suono	58
La traccia del capodoglio	60
Il portale web	64
La generazione dell'allarme	66
Il sistema in funzione	69
Sistemi di sicurezza	72
Informazioni di contatto	77

Introduzione

Questo documento riporta la descrizione del progetto WHALESAFE e le istruzioni di uso.

Parti di questo documento sono state utilizzate per preparare il materiale del corso di formazione del personale UNIGE preposto al mantenimento in funzione del sistema.

Descrizione del progetto

Il progetto ha sviluppato un sistema di prevenzione di interferenze volto a individuare e seguire i capodogli, ad identificare le minacce ed a prevenire collisioni e altri rischi emettendo messaggi di avviso in tempo reale alle navi nella zona. Un protocollo per la riduzione dei rischi di disturbo e impatto è stato redatto in collaborazione con la Guardia Costiera locale e concordato da tutte le parti interessate. Dopo aver ricevuto il messaggio di avviso, le navi saranno invitate ad applicare questo protocollo e la Guardia Costiera supervisionerà la sua applicazione. Il sistema è innovativo perché impedisce l'impatto delle navi con le balene monitorando le navi e tracciando gli animali sott'acqua con mezzi acustici. Questo aspetto è di vitale importanza considerando che i capodogli passano tre quarti del loro tempo sott'acqua.

RISULTATI ATTESI:

Realizzazione di uno strumento di conservazione attiva, adatto per la replica in altre zone del Mediterraneo;

Riduzione dei rischi di collisione delle navi e lo stress derivanti da inquinamento acustico da traffico marittimo per capodogli nell'area selezionata;

Definizione di norme e strategie per prevenire le collisioni di navi specifiche;

Un aumento di consapevolezza del pubblico per quanto riguarda le minacce che colpiscono i cetacei nel Santuario Pelagos;

Realizzazione di un database di avvistamenti di cetacei che possono essere facilmente consultati e utilizzati ai fini della gestione, conservazione e diffusione pubblica.



WhaleSafe



Il protocollo di condotta

In questo capitolo è riprodotta la versione più recente del Protocollo di Condotta che descrive il comportamento da adottare in presenza di capodogli.



**PROTOCOL OF CONDUCT FOR DISTURBANCE AND COLLISION RISK
MITIGATION OF SPERM WHALES IN THE WHALESAFE PROJECT AREA.**

Edited by:

Dr.ssa Jessica Alessi, PhD (DISTAV - Genoa University)
Prof. Mauro Taiuti (DIFI - Genoa University)
Capitaneria di Porto di Savona



IL PROTOCOLLO DI CONDOTTA

-BACKGROUND-

The sperm whale (*Physeter macrocephalus*) is one of the largest and most widely distributed of all marine mammals. It is one of the eight frequently cetacean species sighted in the Mediterranean Sea. The Mediterranean sperm whale population is present in the IUCN Red List where it is recognized as Endangered.

Sperm whale may be particularly sensitive to noise pollution, resulting in changes in behaviour and distribution in response to unnatural low-frequency sounds (i.e. underwater pulses made by projectors (pingers) or submarine sonar, seismic testing with air guns, close approaches by survey vessels and high-speed whale watching vessels). Sperm whale is a potentially affected species by increases in oceanic noise due to its long and deep dives. These noises can have a variety of harmful effects on this marine mammal, such as displacement to quieter areas for feeding and breeding and perturbation of communication. Sperm whales spend long periods (typically up to 10 minutes) "rafting" and socializing at the surface between deep dives. This behaviour makes them more vulnerable to collision compared to other cetacean species. There were also instances in which sperm whales approached vessels too closely and were cut by the propellers. Species may be killed or injured by collisions with ships. This problem is likely to worsen as ships become more numerous, larger, and faster.

The disturbance from intense marine traffic (development of "highways of the sea") and collisions with vessels, especially hydrofoils and other passenger craft including high-speed ferries is a serious threat. More than 6% of sperm whales stranded in Italy had died after being struck by a vessel (Laist *et al.*, 2001), and 8% of photo-identified individuals in the Ligurian Sea have wounds or scars that were clearly caused by a collision (Alessi *et al.*, 2014).

The aim of this document is to define a protocol of conduct for disturbance and collision risk mitigation of sperm whales in the WHALESAFE project area.

Alessi, J., Aïssi, M., & Fiori, C. (2014). Photo-identification of sperm whales in the north-western Mediterranean Sea: an assessment of natural markings. *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems*, 24: 11–22. doi: 10.1002/aqc.2427

Laist, D. W., Knowlton, A. R., Mead, J. G., Collet, A. S., & Podesta, M. (2001). Collisions between ships and whales. *Marine Mammal Science*, 17(1), 35-75.

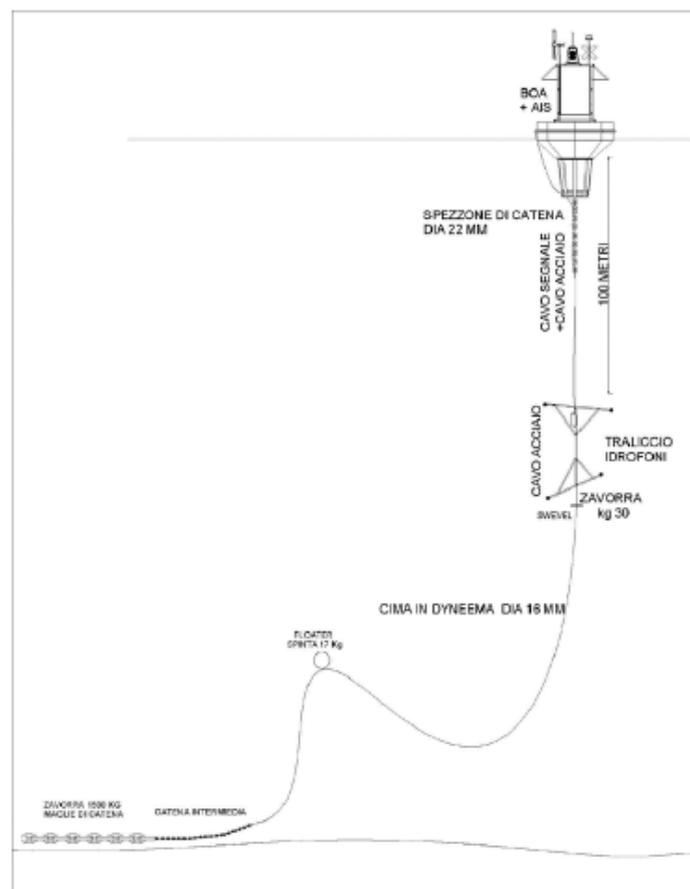
IL PROTOCOLLO DI CONDOTTA

-THE WHALESAFE ACOUSTIC SYSTEM-

The system is based on one detection unit capable to reconstruct the sperm whale acoustic signal. From the joint analysis of the direct signal and the signal reflected by the sea surface it is possible to localize the animal and to track it during its underwater activity, and eventually predict the emersion point.



The detection unit is based on a main buoy (shown in the picture) equipped with solar panels and a data transmission system. Suspended to the buoy at a depth of 100 m, four hydrophones detect the cetaceans sound.



WhaleSafe



IL PROTOCOLLO DI CONDOTTA

The buoy is moored in the point:

44.2120 N 8.4945 E

The buoy is free to move up to 100 m from the central position according to the sea and wind conditions.

IL PROTOCOLLO DI CONDOTTA

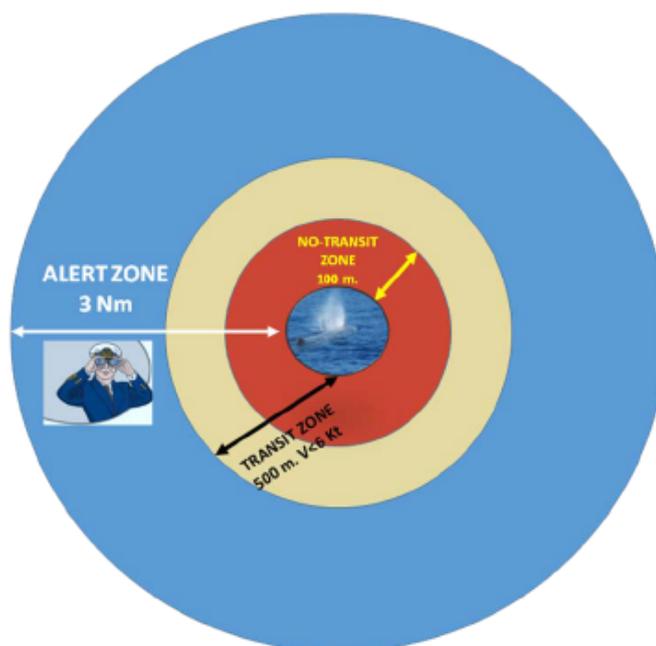
-PROTOCOL OF CONDUCT PROPOSAL-

Four levels of alarm are foreseen:

- **GREEN:** no sperm whale in the area;
- **YELLOW:** one or more sperm whales detected underwater;
- **ORANGE** (duration: 15 minutes): one or more sperm whales breathing at the surface, no ship on collision course (please follow the protocol of conduct);
- **RED:** one or more sperm whales breathing at the surface, ship/s on collision course (please follow the protocol of conduct).

When the sperm whale is breathing at the surface, three areas are defined around the animal (rules of the protocol of conduct):

- **NO-TRANSIT ZONE:** Transit is not recommended within 100 m from the sperm whale.
- **TRANSIT ZONE:** transit is recommended at distance lower than 500m from sperm whale at speed lower than 6Kt.
- **ALERT ZONE:** Within 3nm from the point foreseen for the surfacing of the sperm whale (reported as described in the next paragraph), ships have to keep particular attention by improving observation in order to localize visually the sperm whale.



WhaleSafe



IL PROTOCOLLO DI CONDOTTA

-INFORMATION TRANSFER-

Savona Coast Guard, through monitoring of Maritime Traffic in own responsibility area, will receive data entries from buoy system about the position and time of probable presence and emersion of cetaceans in the area. This information will be transmitted by radio (VHF channels), only in case of presence of naval activity in interested traffic areas. Therefore, Coast Guard's Operations Room will contact only ships involved during transit by providing information received. This Communication will be of informative character only, and will not foresee any kind of change or obligation in navigation elements for ships. It will be the discretion of EVERY single on-board Command to evaluate the information received and possibly take it into account for the purpose of navigation.

NOTICE TO MARINERS

Near the buoy, ships must maintain a distance of 100 meters. The buoy is yellow coloured, marked with a top "X" mark", at night with a flashing yellow light. See ordinance nr. 70/2016. The buoy is equipped with AIS system. It will automatically notify a message to all the ships at a distance of 300 meters or lower and it will send a collision alert to all the ships at a distance of 100 meters or lower. The buoy will be also connected through a wifi bridge to the AMP Bergeggi shore station.



WhaleSafe



Area del progetto

La boa denominata Adelina¹, è ancorata a traverso di Bergeggi nel punto di coordinate $44^{\circ} 12.802' N$, $8^{\circ} 29.625' E$. La posizione è indicata nella Figura 1 con il nome A1'. Sulla mappa sono riportati quattro punti, i punti A1 ed A2 si riferiscono alla localizzazione iniziale mentre i punti A1' e A2' rappresentano la localizzazione dopo l'accordo con le associazioni di pescatori che ha previsto lo spostamento della boa verso il limite del canale di atterraggio del porto di Vado. I punti sono due in quanto inizialmente erano previste due sistemi di ascolto

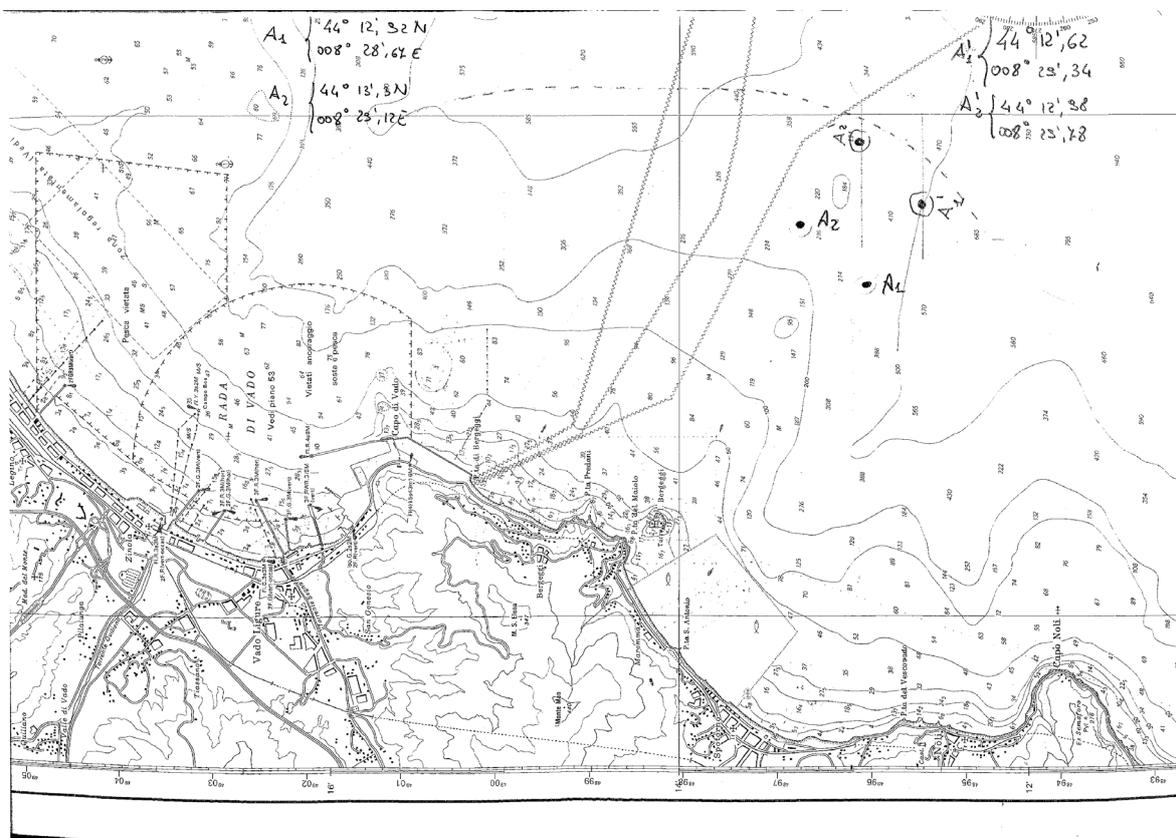


Figura 1 - Mappa dell'area del progetto

La boa è ancorata su un fondale scosceso con pendenza di circa il 20% ed una profondità di 400 m. La conformazione del fondale è riportata in Figura 2

¹ Inizialmente il progetto prevedeva due boe (Adelina e Guendalina); a seguito di vari incidenti ne è sopravvissuta una sola. Infine nell'autunno 2018 a seguito di una violenta mareggiata anche l'ultima boa è andata distrutta.

AREA DEL PROGETTO

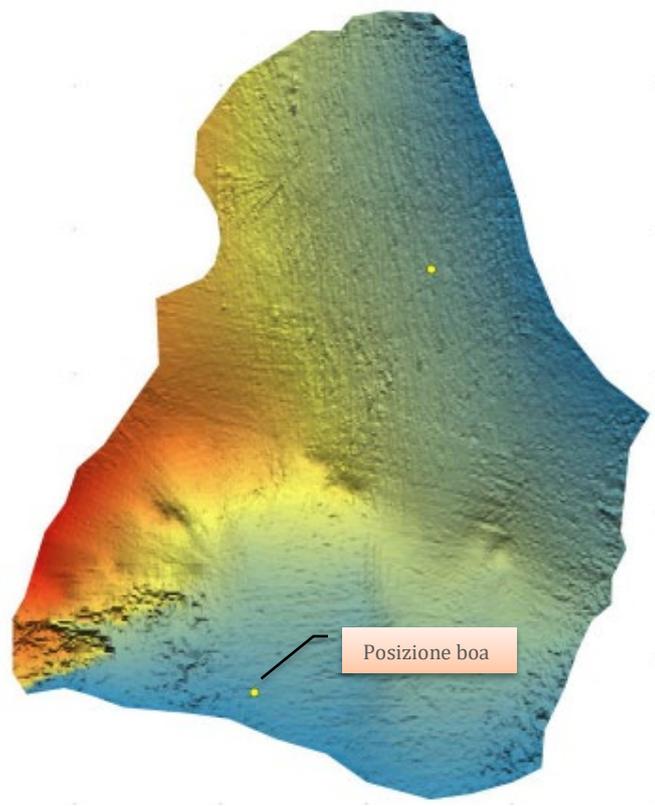


Figura 2 - Profilo del fondale

Il capodoglio



Figura 3 - *Physeter Catodon*

Il capodoglio (*Physeter Catodon*) di cui in Figura 3 è riportata l'immagine, è il più grande tra gli odontoceti. Le sue dimensioni sono ragguardevoli: le femmine possono raggiungere la lunghezza massima di 12.5 m, i maschi sono in genere ancora più grandi e possono crescere fino ad un massimo di 18.3 m. Per le femmine è stato registrato il peso massimo di 24 t che per i maschi aumenta a 57 t. Il capodoglio è una specie pelagica e come tale è difficile da studiare e da osservare nei comportamenti; inoltre, il fatto che passi buona parte della sua vita in immersione a grandi profondità lo rende ancora più inaccessibile. Il capodoglio è il cetaceo che in assoluto riesce ad arrivare alle profondità più elevate e la più grande immersione accertata è stata compiuta da un animale al largo della costa della Dominica nei Caraibi, nel 1991, raggiungendo una profondità di 2250 m e una durata di 1h e 13 min. Tra due immersioni consecutive ogni individuo trascorre in media 7-10 min in superficie a respirare. Una delle chiavi fondamentali per cercare di comprendere il mondo dei capodogli è lo studio della bioacustica. Questi animali raramente stanno in silenzio e il loro modo di nutrirsi e di comunicare passa attraverso emissioni acustiche. Whitehead (2003) descrive diversi tipi di emissioni che differiscono tra loro per intensità, direzionalità, frequenza, durata del click, durata dell'impulso e distanza a cui possono essere rilevate.

Il tipo di emissioni più comuni sono gli *usual clicks*, emessi in lunghe serie durante le immersioni per l'ecolocalizzazione dell'ambiente, regolarmente distanziati l'uno dall'altro (InterClickInterval, **ICI**: 0,5 s per femmine/maschi immaturi; 1,0 s per maschi).

Vi sono poi i *creaks*, emissioni con un ICI molto più breve rispetto agli *usual clicks*. Sono emessi sia in profondità sia in superficie e si pensa che vengano utilizzati dall'animale per scansioni più precise a breve raggio.

Infine ci sono i *codas*, un modello di click poco direzionali a scarsa potenza utilizzati a fini comunicativi tra i vari esemplari: si ritiene che essi varino da una regione geografica all'altra.



WhaleSafe



IL CAPODOGLIO

Il capodoglio è un cetaceo tipicamente amante delle acque che sovrastano la scarpata continentale, in genere particolarmente ricche dei calamari mesopelagici che costituiscono la quasi totalità della sua dieta. In Mediterraneo il capodoglio è stato osservato in acque con profondità media di circa 1400 m, alla distanza media dalla costa di 23 km. Teoricamente il capodoglio può essere presente dappertutto, tuttavia in pratica esistono delle zone soprannominate dai balenieri *grounds* dove la loro concentrazione è maggiore. Queste zone sono solitamente, ma con diverse eccezioni, aree di alta produzione primaria e secondaria (fitoplancton, zooplancton e organismi planctofagi).

Possono favorire la presenza di questi animali le caratteristiche morfologiche del fondale come, ad esempio, rotture del piano continentale o canyon sottomarini, quindi zone soggette ad alta circolazione d'acqua: tutti luoghi nei quali probabilmente si creano condizioni ambientali favorevoli alla presenza delle prede tipiche del capodoglio. Il capodoglio è un mammifero che caccia a grandi profondità: questo rende le osservazioni sulle sue tecniche di predazione pressoché impossibili ed infatti non è mai stato visto uno di questi animali nell'atto di cibarsi. Per quanto riguarda le abitudini alimentari di questa specie nel Mar Mediterraneo, non essendo mai stata soggetta a caccia intensiva, non si hanno dati provenienti dai contenuti stomacali raccolti come avviene in altre parti del mondo a seguito dell'industria baleniera.

La distribuzione dei capodogli nel Mar Mediterraneo è ampia: ne è stata rilevata la presenza nell'area dello Stretto di Gibilterra, nelle acque che circondano le Baleari, nel bacino algerino-ligure-provenzale, nel Mar Tirreno, nelle acque profonde a nord, est e sud-est della Sicilia, nel Mar Ionio e in diverse zone del Mar Egeo. Paiono essere rari o assenti nel Mar Adriatico. Non esiste una stima precisa della popolazione mediterranea. Si ipotizza sia dell'ordine delle centinaia di individui.

Il bacino nord occidentale, quello di nostro maggior interesse, ha complesse caratteristiche topografiche ed oceanografiche: sono presenti sia ripide scarpate continentali (Provenza, Mar Ligure, Nord Est Corsica) sia grandi e regolari piattaforme continentali (Golfo del Leone, costa occidentale sarda). La topografia della zona e il regime dei venti porta a una circolazione ciclonica di acque dal Mar Ligure verso le Baleari. Ci sono fronti termici permanenti come quello Ligure, quello del Nord delle Baleari e la presenza di venti come Maestrale e Tramontana contribuiscono alla formazione di fronti termici tra le acque della corrente Nord Mediterranea e le fredde acque in risalita del Golfo del Leone. In questa parte del bacino mediterraneo si trovano zone che sono risultate essere le più popolate per la specie. Il Golfo del Leone, la scarpata continentale provenzale e il Mar Ligure sono riconosciute come *feeding grounds*. In questa zona gli avvistamenti di animali solitari sono predominanti. In quest'ultimo studio si calcola che il 65% degli avvistamenti sia avvenuto nei pressi della linea di batimetria dei 2000 metri. La catena trofica (catena alimentare) di questa regione beneficerebbe della corrente che scorre verso Ovest (Corrente Ligure, Corrente Nord Mediterranea) lungo la scarpata continentale provenzale, attraverso il Golfo del Leone verso il mare delle Baleari. La corrente favorirebbe la dispersione verso ovest delle risorse alimentari a partire dal Fronte Ligure, conosciuto per essere una fonte permanente di produzione primaria, creando le condizioni ideali per organismi in alto nella catena trofica e, di conseguenza, per i capodogli. A questo fenomeno idrologico si aggiunge la conformazione topografica di queste zone, con canyon sottomarini e fenomeni di upwelling, risalita di acque profonde verso la superficie, che favoriscono la produzione primaria e la conseguente creazione della rete trofica.



Il segnale sonoro

Il click del capodoglio viene generato da un impulso sonoro emesso da una particolare zona della testa dell'animale detta *phonic lips*. Inizialmente si pensava che la maggior parte dell'energia venisse trasmessa direttamente in acqua (impulso P_0), in direzione uscente dal muso della balena. In seguito si comprese che del primo impulso P_0 solo una minima parte è trasmessa in acqua direttamente e in realtà la maggior parte dell'energia è diretta attraverso l'organo spermaceti verso la sacca d'aria frontale da dove, in seguito alla riflessione, attraversando il junk si trasmette in acqua (impulso P_1). Anche in questo caso una parte di energia è nuovamente riflessa all'interno della testa dell'animale e ripercorrendo più volte in entrambi i versi il cammino originale genera i successivi impulsi P_2 , P_3 , etc. come mostrato in Figura 5.

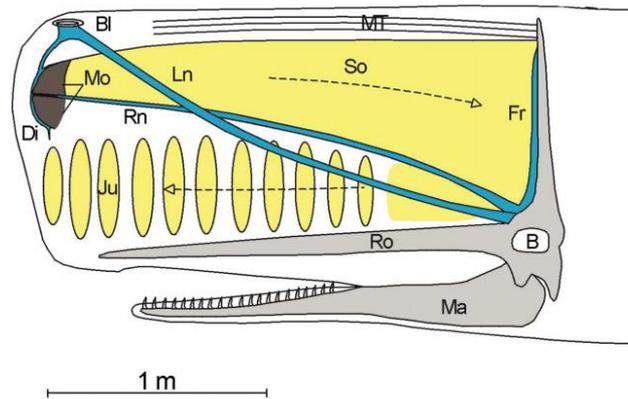


Figura 4 - Schema produzione sonora

L'impulso P_0 ha un source level massimo di 200 dB re 1 μ Pa @ 1 m e presenta una certa direzionalità verso la coda dell'animale. L'impulso P_1 ha un source level massimo di 230 dB re 1 μ Pa @ 1 metro con

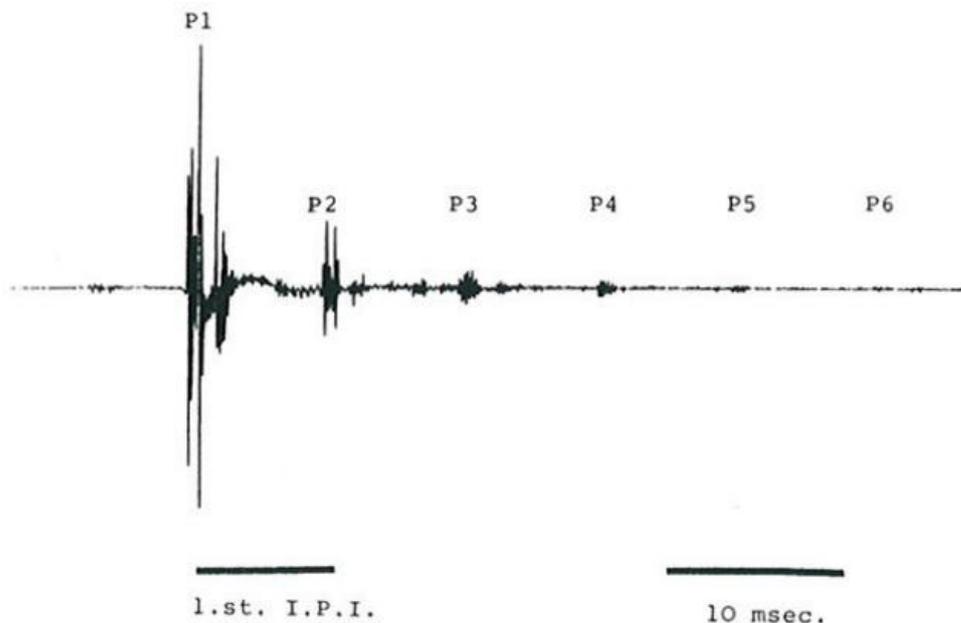


Figura 5 - Forma d'onda di un click di capodoglio

IL SEGNALE SONORO

una spiccata direzionalità (maggiore rispetto a P_0) verso il muso della balena. Si osservi che P_0 ha solamente lo 0.1% dell'energia di P_1 . La distanza temporale tra i picchi P_0 e P_1 , detta **IPI** (inter-pulse interval) è un'informazione molto importante per lo studio di questi animali. La conoscenza dell'IPI permette di stimare le dimensioni della testa del capodoglio.

Inoltre esiste un ulteriore impulso $P_{1/2}$, non citato precedentemente, generato dalla riflessione sulla sacca d'aria frontale nel cammino sonoro tra P_0 e P_1 , come si può osservare ritornando al modello bent-horn di Figura 4. Questo impulso gioca un ruolo fondamentale sulla forma del click in funzione della direzione della balena rispetto al sistema di idrofoni. $P_{1/2}$ si trova adiacente a P_1 se registrato dalla coda e in prossimità di P_1 invece se registrato frontalmente al capodoglio. In genere si ha a che fare con registrazioni fuori dall'asse longitudinale dell'animale dove $P_{1/2}$ assume una posizione intermedia alle due situazioni limite appena mostrate.

Descrizione del sistema di rivelazione

L'unità di ascolto è costituita da una boa corredata di pannelli fotovoltaici e sistema di trasmissione dati a terra come mostrato nella Figura 6. La boa sorregge ad una profondità di 85 metri il sistema di rilevazione acustico della presenza dei cetacei. La lunghezza della cima di ancoraggio è 330 m.

In Figura 7 è mostrato il traliccio che sostiene gli idrofoni, realizzato in vetroresina per ridurre al minimo le riflessioni dei suoni. È costituito da due bracci di lunghezza 4 metri, distanti fra loro 4 metri e ruotati di 90°, in modo da realizzare la struttura classica del tetraedro con gli idrofoni posti ai vertici.

Il traliccio sostiene anche un contenitore stagno che contiene l'elettronica di digitalizzazioni dei segnali acustici. Gli idrofoni sono collegati mediante connettori stagni nella parte inferiore del contenitore, mentre sulla parte superiore è posto l'ingresso del cavo ethernet e di alimentazione per il collegamento con la boa di superficie.



Figura 6 - Boa Whalesafe

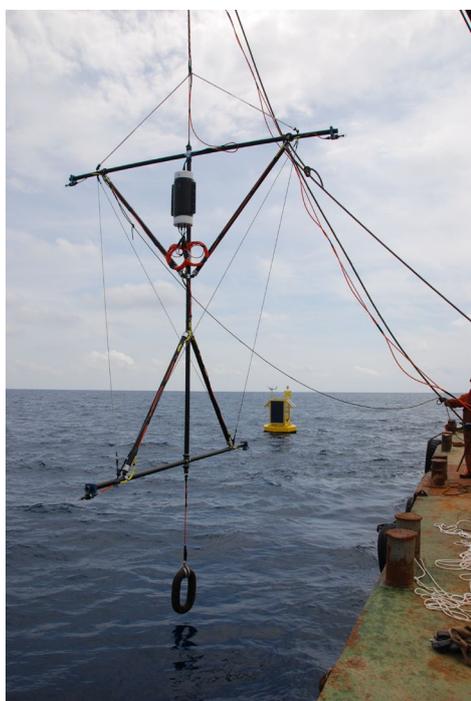


Figura 7 - Traliccio con idrofoni e dettaglio del contenitore stagno

DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI RIVELAZIONE

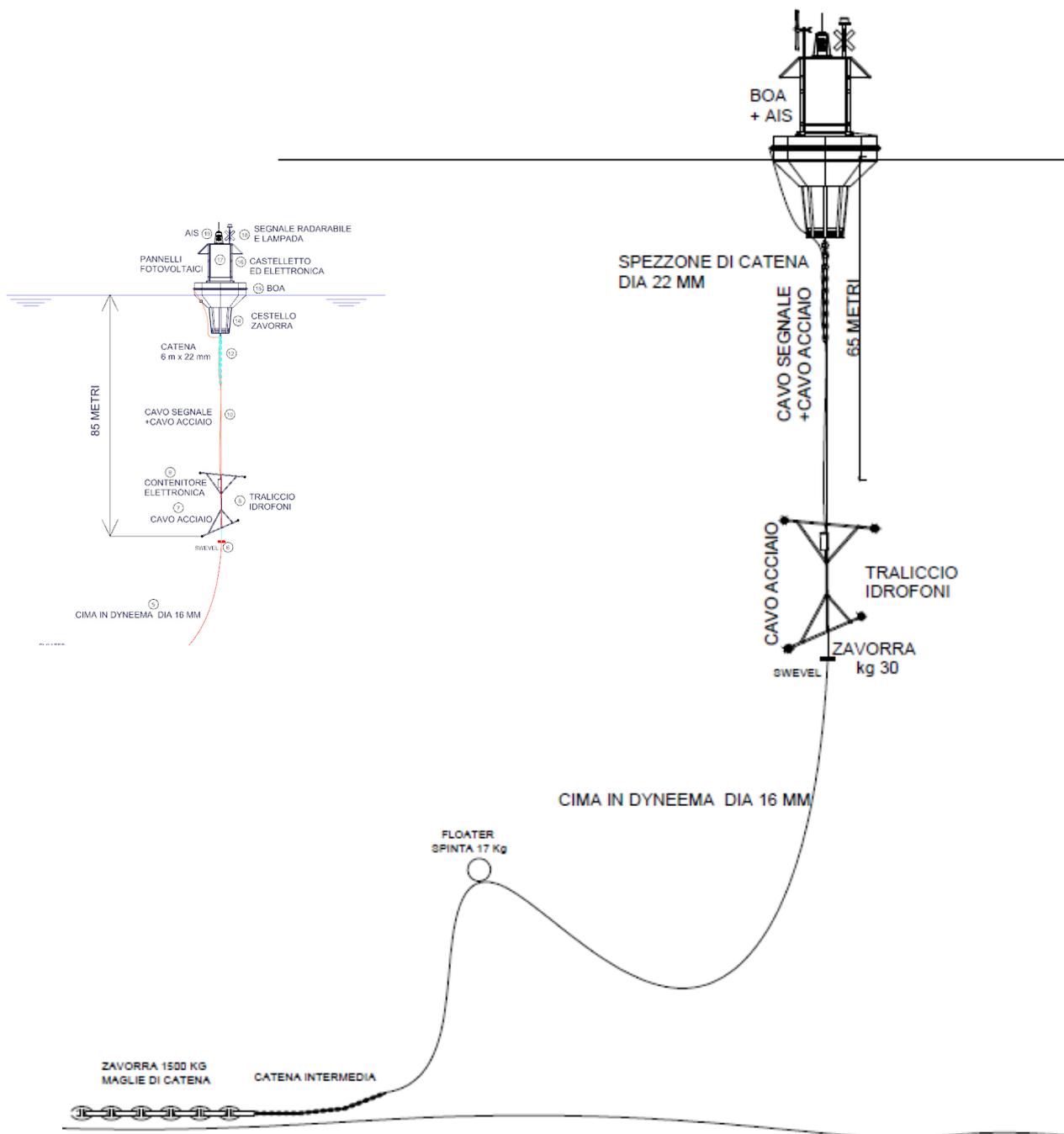


Figura 8 - Sistema di ascolto ed ancoraggio



WhaleSafe



DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI RIVELAZIONE

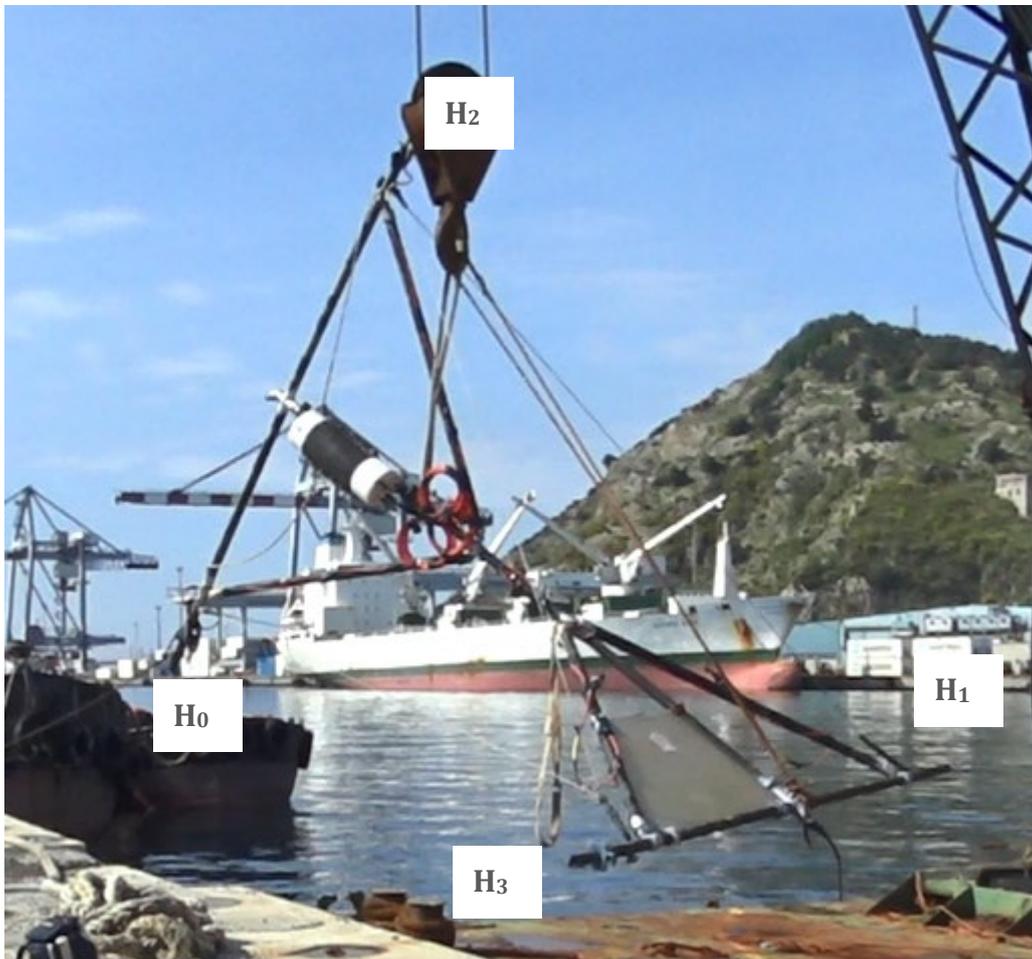


Figura 9 - versione finale del tetrafono

Nell'ultima versione del tetrafono è stata aggiunta una deriva visibile nella Figura 9 il cui scopo è di ridurre rotazioni del tetrafono attorno all'asse verticale come osservato nella prima versione del progetto.

IL PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Il principio di funzionamento

L'unità di ascolto riceve due segnali provenienti dal capodoglio, il primo è il suono diretto ed il secondo quello riflesso dalla superficie del mare come mostrato in Figura 10. Un computer posto sulla boa elabora i segnali digitalizzati e dall'analisi dei tempi di ritardo relativo fra coppie di idrofoni determina la direzione di arrivo del raggio sonoro.

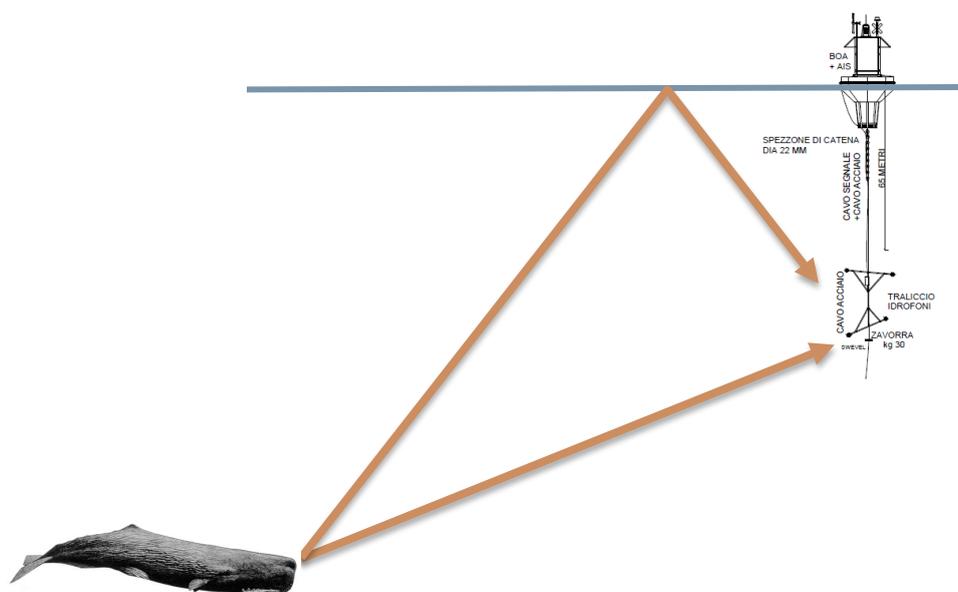


Figura 10 - direzione dei raggi sonori individuati dagli idrofoni

Nota la profondità degli idrofoni gli angoli di arrivo dei due raggi sonori misurati rispetto alla verticale possono essere utilizzati per costruire un triangolo dove essendo noto un lato (due volte la profondità degli idrofoni) ed i due angoli adiacenti (gli angoli di arrivo dei raggi sonori) è possibile determinare la lunghezza degli altri due lati e quindi la posizione del vertice dove si trova il capodoglio come mostrato in Figura 11. Grazie al GPS montato sulla boa è possibile infine determinare le coordinate dell'animale.

Per la misura delle direzioni viene utilizzato un sistema di riferimento assoluto che prevede l'asse Z rivolto verso l'alto e l'asse X lungo il parallelo e di conseguenza l'asse Y punta a Nord. Pertanto angoli zenitali maggiori di 90° (provenienti dal basso) rappresentano la direzione di arrivo del suono diretto mentre angoli minori di 90° (provenienti dall'alto) rappresentano segnali riflessi dalla superficie del mare.



WhaleSafe



IL PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

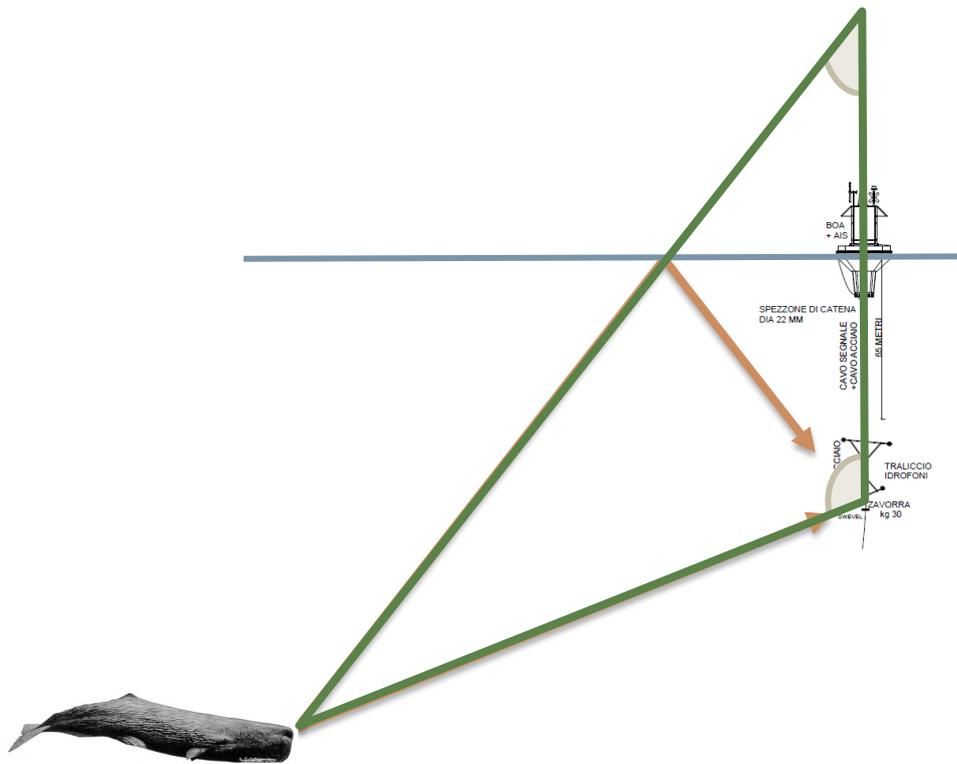


Figura 11 - relazione geometrica tra posizione del capodogli ed angoli misurati

IL SISTEMA DI ALIMENTAZIONE

Il sistema di alimentazione

Il sistema di alimentazione è basato su due pannelli fotovoltaici di potenza 250 W e due pannelli di potenza 75 W, tutti con tensione di uscita 24 V. Inizialmente era presente anche un generatore eolico ma le condizioni meteo dell'area sono risultate non idonee alla presenza di questo dispositivo e pertanto è stato rimosso.

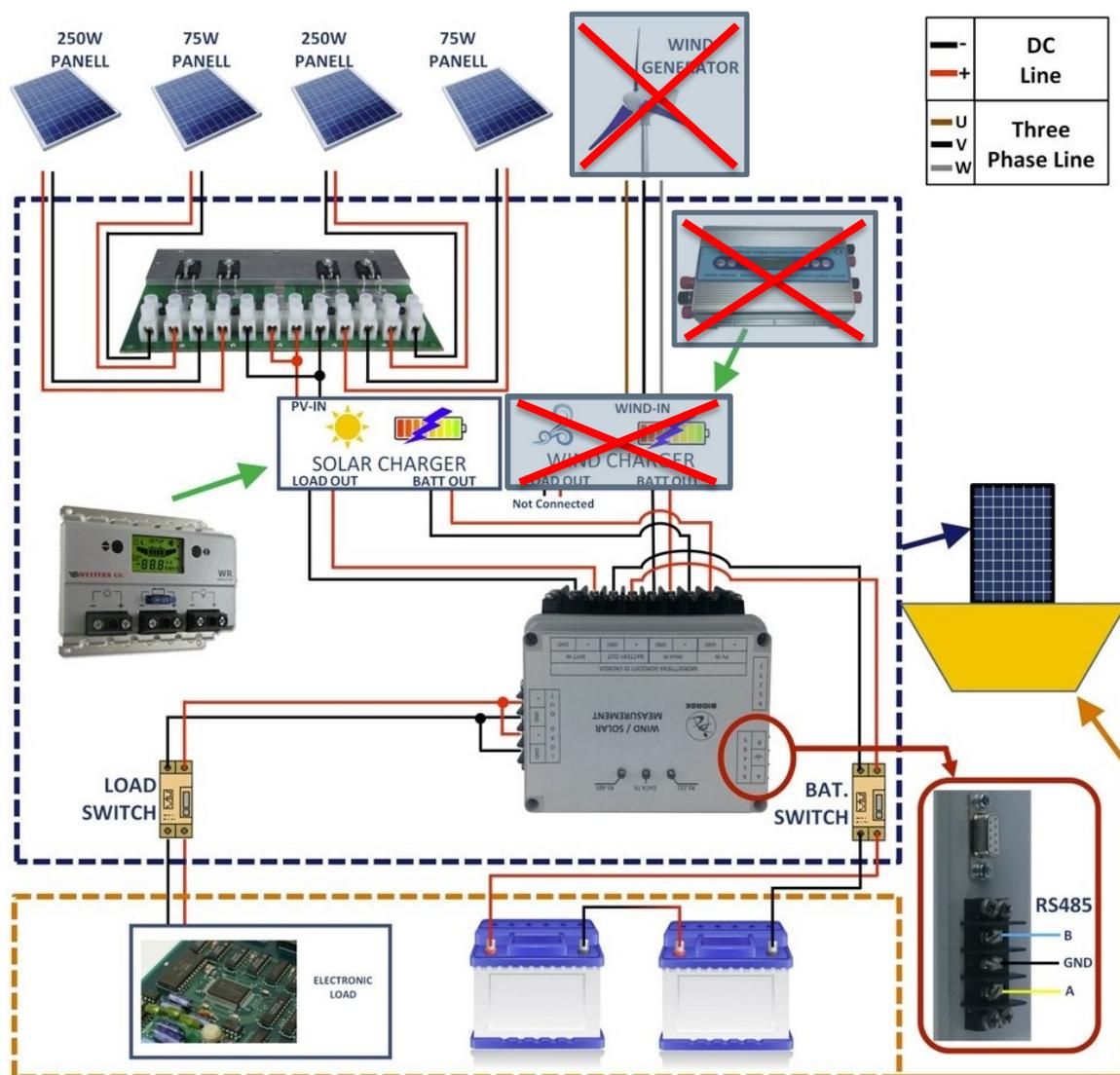


Figura 12 - Sistema di alimentazione

Il regolatore di carica utilizzato è il modello WR30 prodotto da Western CO. Controlla la corrente del pannello fotovoltaico con la tecnica chiamata PWM e la scarica della batteria distaccando il carico in caso di scarica profonda della batteria; è in grado di sostenere una corrente massima di pannello e di carico pari a 30 A.



WhaleSafe



Gli idrofoni

Gli idrofoni utilizzati sono il modello GP0280M prodotti da CO.L.MAR. Questi idrofoni sono sferici-omnidirezionali, possono lavorare fino ad una profondità di 1000 m e sono sensibili a frequenze comprese nell'intervallo 2.7 kHz – 90 kHz.

La sensibilità è -169 dB re $1V/\mu\text{Pa}$ on Single output @ 5 kHz ed il rumore (equivalent input acoustic noise) 31 dB re $\mu\text{Pa} / \sqrt{\text{Hz}}$ @ 5 kHz.

Un andamento tipico della sensibilità è riportato in Figura 14.



Figura 13 - Idrofono GP0280M

SRX P/N GP280M S/N 123

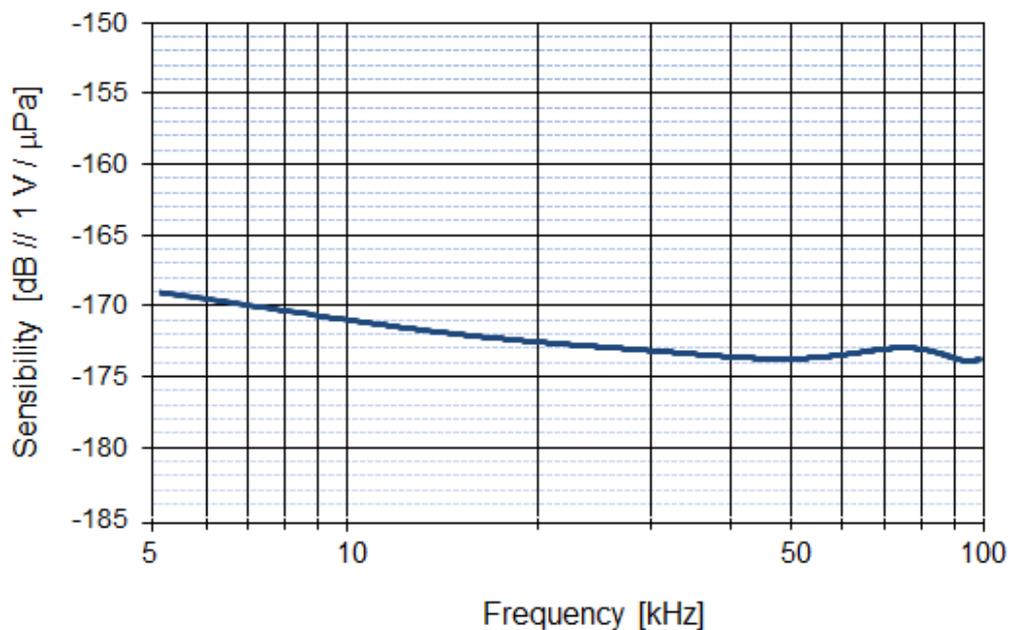


Figura 14 - Sensibilità idrofono

Gli idrofoni sono montati agli estremi di ciascun braccio del traliccio al di sotto del braccio stesso come mostrato in Figura 15. Ciascun idrofono è provvisto di un anello in zinco anti-corrosione.



WhaleSafe





Figura 15 - Sistema di fissaggio degli idrofoni

Il sistema di acquisizione

Il sistema di acquisizione è costituito da tre parti.

Parte 1 - All'interno di un contenitore stagno posto nelle vicinanze degli idrofoni è presente il controller Ethernet RIO NI9149 che ospita il digitalizzatore a 4 ingressi NI9223 (1 MSample di frequenza di campionamento, clock comune ai quattro ingressi, ± 10 V, 16 bit), un modulo NI9870 con 4 porte seriali RS232 per la lettura di bussola e igrometro, ed un modulo NI9403 di I/O per regolare il guadagno della scheda di amplificazione degli idrofoni.



Figura 16 - Modulo National Instrument di controllo

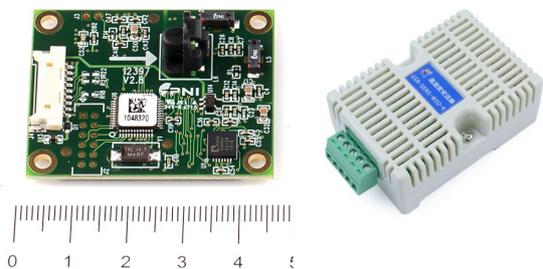


Figura 17 - Bussola e Igrometro



Figura 19 - Modulo preassemblato

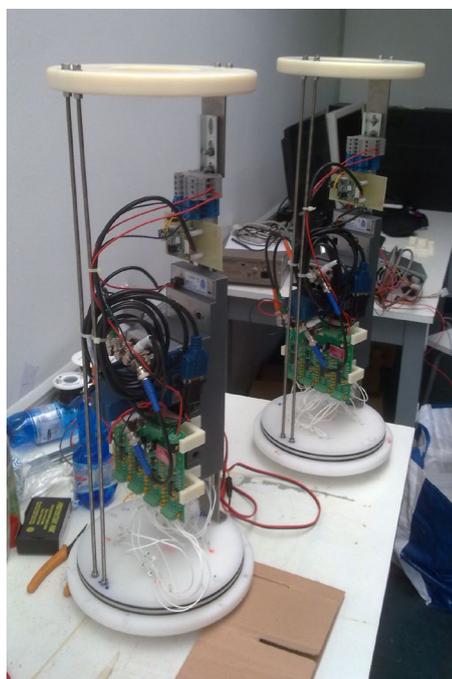


Figura 18 - Sistema di acquisizione

IL SISTEMA DI ACQUISIZIONE

Il sistema è completato dalla scheda di amplificazione dei quattro idrofoni progettata e costruita da UNIGE, da una bussola modello TCM 2.6 prodotta dalla PNI, un sensore di umidità e temperatura modello Cablematic. Bussola ed igrometro sono letti mediante il modulo NI9870.

La bussola è montata ruotata di 90° rispetto all'asse verticale del traliccio, quindi viene configurata con l'opzione **Y UP 0°** . La bussola fornisce la lettura dei tre angoli **Yaw**, **Pitch** e **Roll** descritti come in figura dove l'asse x_w corrisponde all'asse verticale del traliccio, mentre l'heading è parallelo al braccio superiore del traliccio che ospita gli idrofoni 0 e 2.

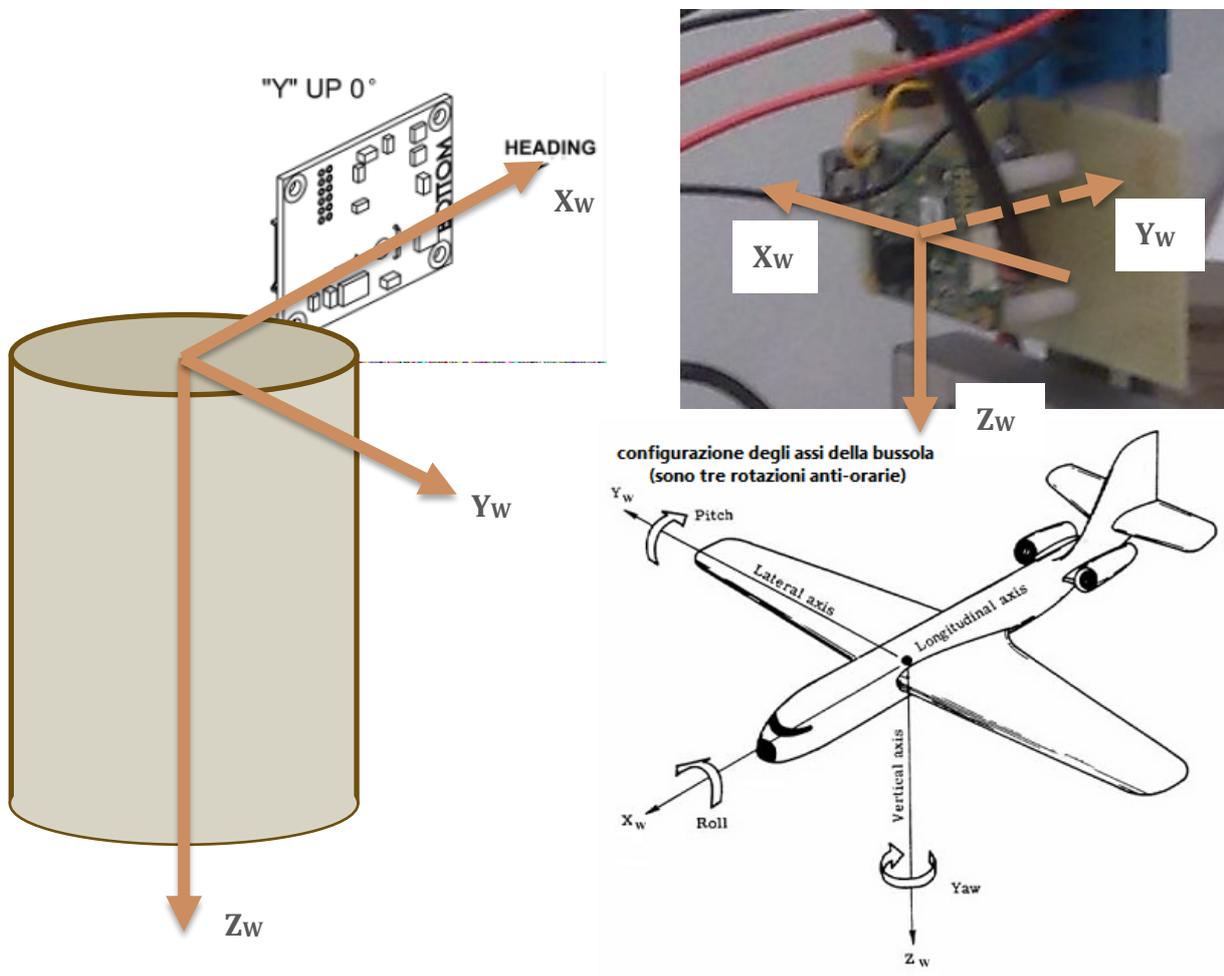


Figura 20 - Significato dei tre angoli forniti dalla bussola

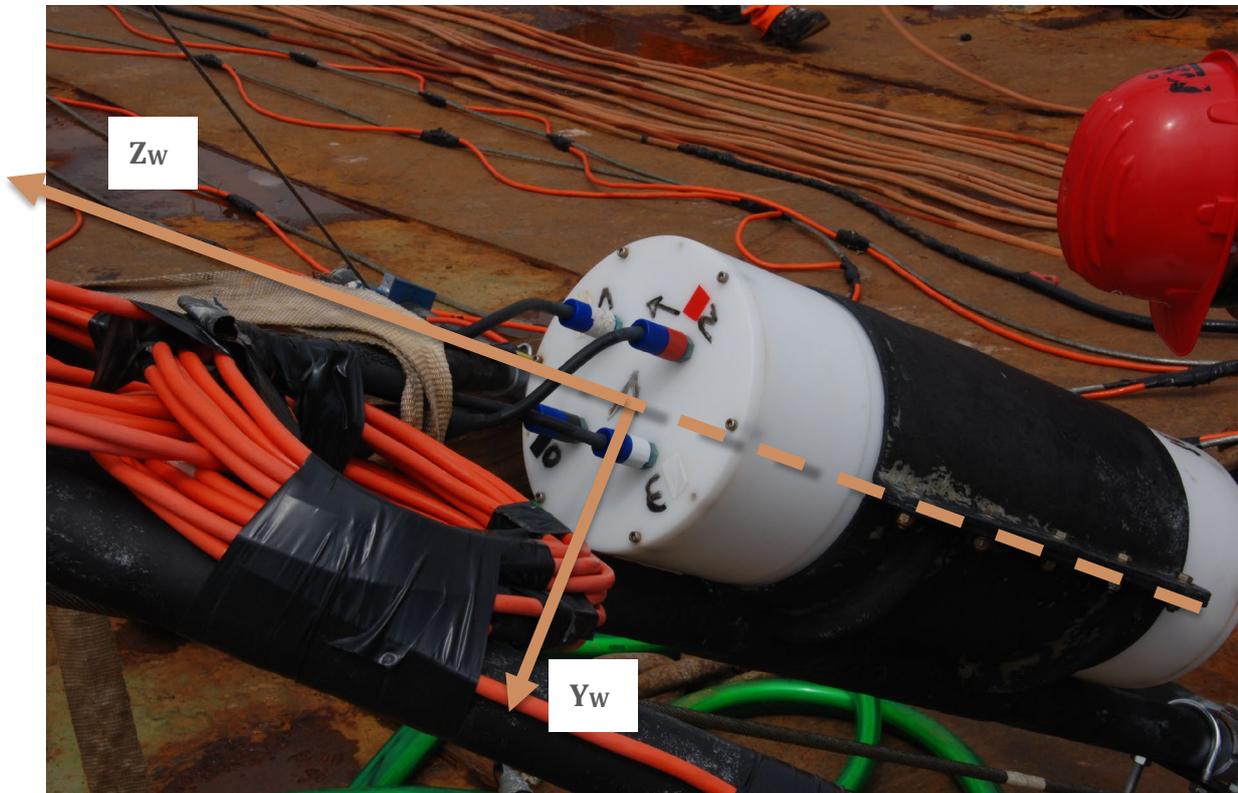


Figura 21 - Bussolotto e sistema di riferimento solidale

L'orientazione del sistema cartesiano utilizzato è determinato dai valori assegnati alla variabile globale HydrophoneParameter. Se vogliamo che i valori positivi dell'asse Z indichino la profondità occorre che:

$$0 < \text{Depth H-even} < \text{Depth H-odd}.$$

Gli idrofoni vanno montati in modo tale che gli idrofoni pari (H0 e H2) si trovino lungo l'asse X (H0 ascissa positiva e H2 ascissa negativa) gli idrofoni dispari (H1 e H3) si trovino lungo l'asse Y (H1 ordinata positiva e H3 ordinata negativa)

IL SISTEMA DI ACQUISIZIONE

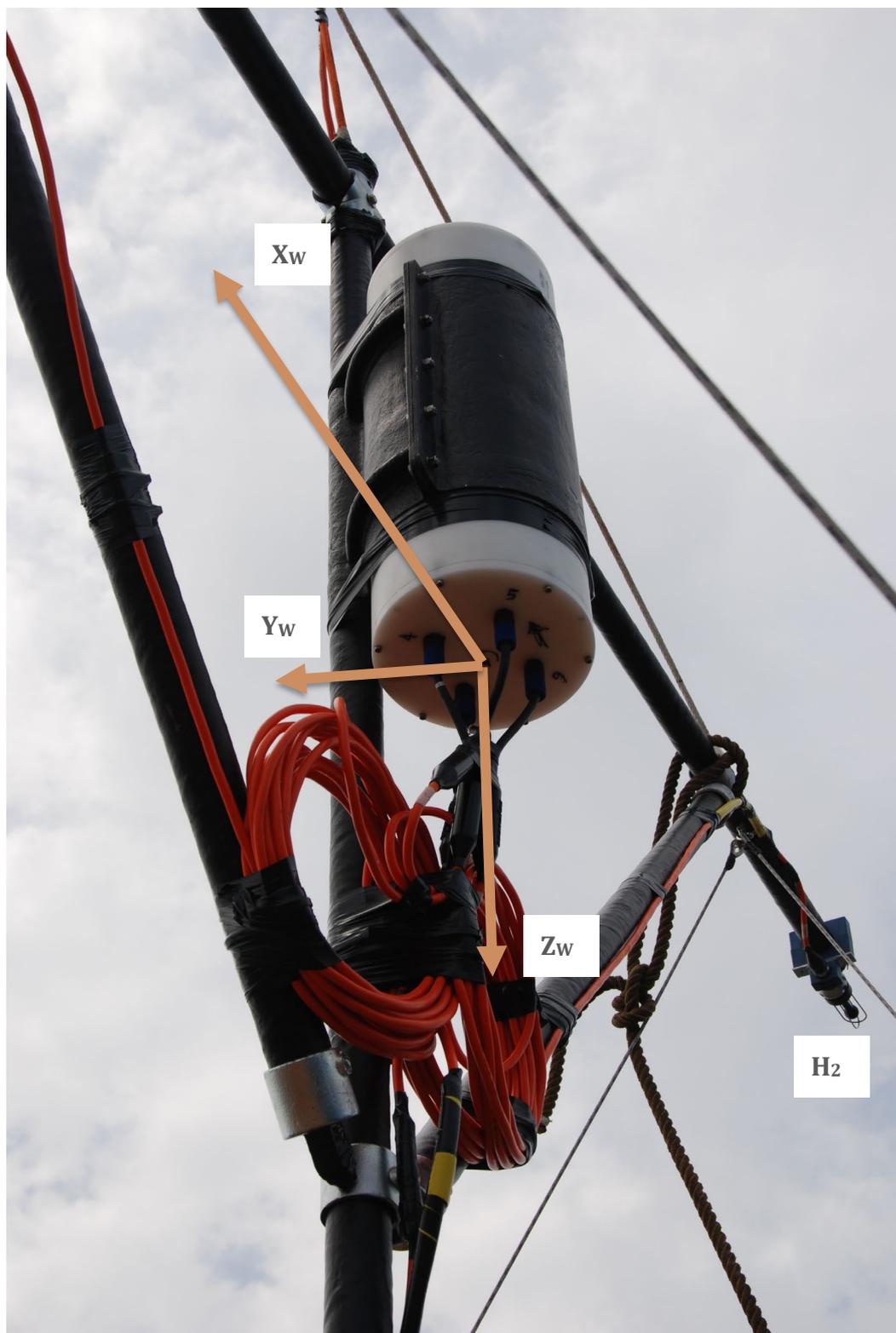


Figura 22 - Bussolotto e sistema di riferimento solidale



WhaleSafe



IL SISTEMA DI ACQUISIZIONE

Parte 2 – sulla boa in superficie è posto un secondo controller National Instrument modello cRIO 9081 che ospita il modulo PGS/GSM modello SEA9721 ed un modulo NI9871 con 4 porte seriali RS422. I due controller RIO sono collegati mediante peer-to-peer mediante un cavo ethernet. Mentre la porta ethernet del modulo Ethernet RIO NI9149 è programmata per fissare automaticamente la velocità di trasmissione, la porta ethernet del controller cRIO 9081 è configurata per trasmettere 100 Mb half-duplex.



Figura 23 - Modulo National Instrument di controllo

In Figura 24 è riportata la configurazione delle porte del cRIO.

Tutti gli altri dispositivi ethernet (cRIO, modulo GPS, webcam ed antenna) sono collegati ad uno switch ethernet prodotto da Harting modello Ha-VIS eCon 2080B-A. Lo switch permette anche il collegamento di un portatile durante le operazioni di manutenzione sulla boa.

Network Adapters

Ethernet Adapter eth0 (Primary)

Adapter Mode	TCP/IP Network
MAC Address	00:80:2F:19:84:6D
Configure IPv4 Address	Static
IPv4 Address	192.168.253.187
Subnet Mask	255.255.254.0
Gateway	192.168.253.188
DNS Server	0.0.0.0

[More Settings](#)

Ethernet Adapter eth1

Adapter Mode	TCP/IP Network
MAC Address	00:80:2F:19:84:6E
Configure IPv4 Address	Static
IPv4 Address	110.0.0.1
Subnet Mask	255.255.0.0

[Fewer Settings](#)

Preferred Link Speed	100 Mbps/Half Duplex
Current Link Speed	100 Mbps/Half Duplex
Packet Detection	Line Interrupt

[Make this the primary network adapter](#)

Figura 24 - Configurazione indirizzi cRIO



WhaleSafe



IL SISTEMA DI ACQUISIZIONE

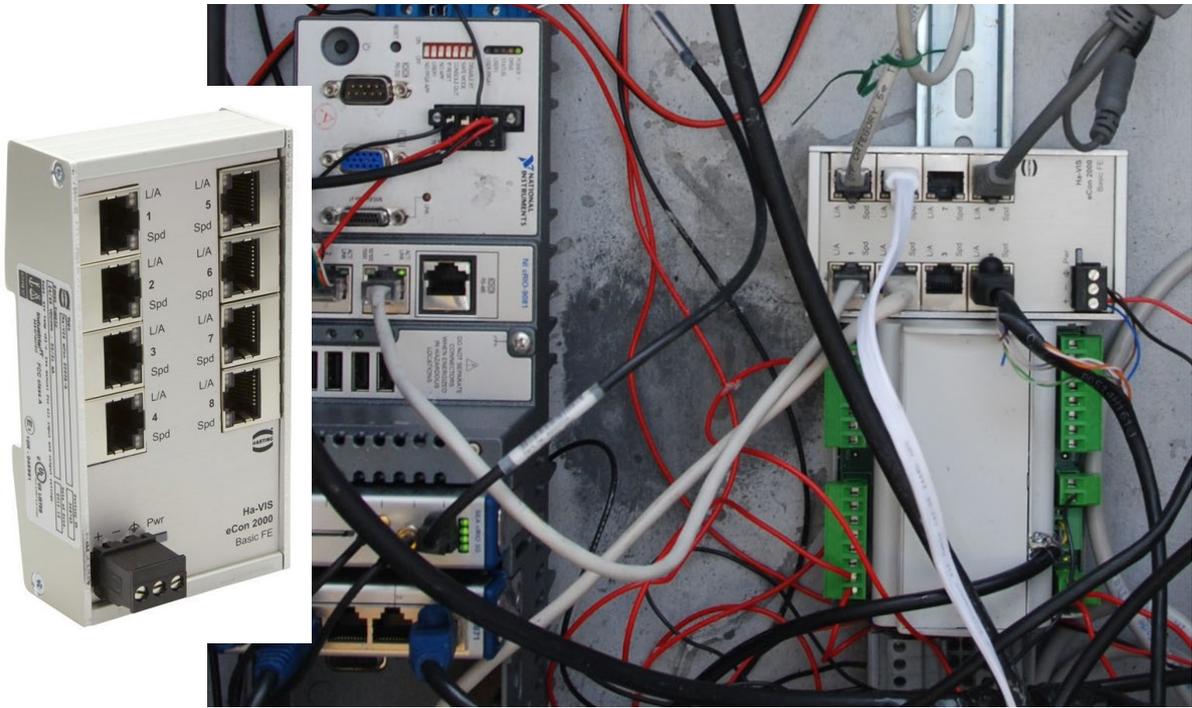


Figura 26 - Switch ethernet

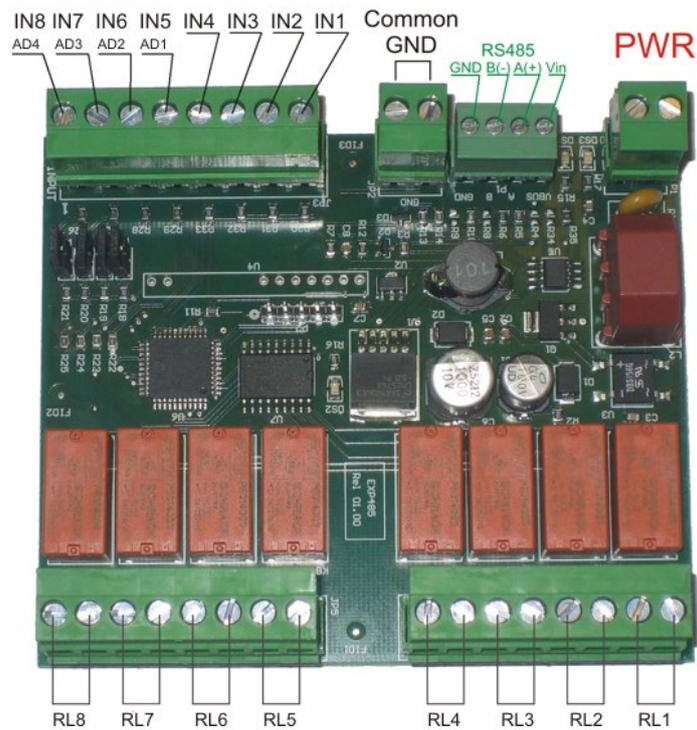


Figura 25 - Modulo EXP485

Una delle porte seriali è utilizzata per leggere i parametri del regolatore di carica, una seconda porta



WhaleSafe



IL SISTEMA DI ACQUISIZIONE

seriale è utilizzata per pilotare il modulo EXP485 prodotto da Area SX. Tale modulo pilota fino a 8 relè utilizzabili per accendere/spengere parti del sistema. Al momento sono collegati il GPS all'ingresso 0 (RL1), l'elettronica di profondità all'ingresso 1 (RL2) e la webcam all'ingresso 2 (RL3).

Parte 3 – presso il Comune di Bergeggi è posto il computer principale. Il collegamento con la boa avviene mediante wifi; un'antenna parabolica è montata sulla facciata del comune di Bergeggi ad una altezza di circa 200 metri s.l.m. Il computer ed il sistema NAS di immagazzinamento dei dati si trova nella sala consiliare. Mediante un collegamento VNP il computer è in rete con il Dipartimento di Fisica ed è pertanto direttamente accessibile.

La configurazione finale dei computers è rappresentata nella Figura 28.



Figura 27 - Antenna a Bergeggi

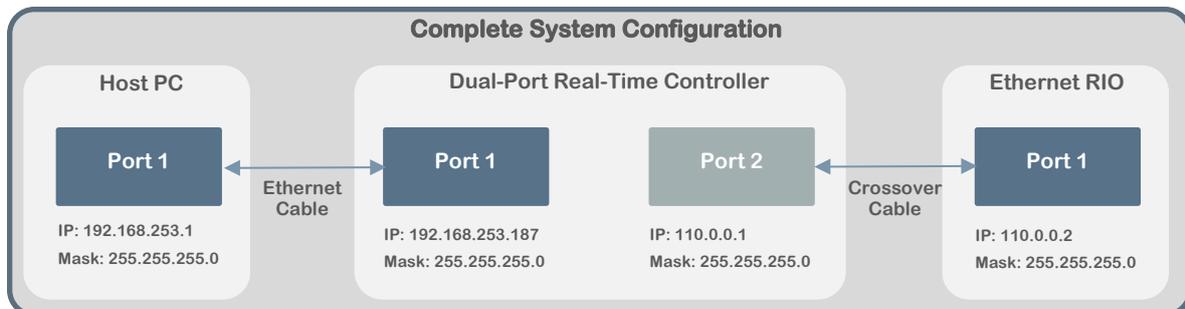


Figura 28 - Configurazione collegamento ethernet



WhaleSafe



Descrizione del programma di analisi

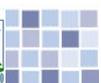
Nei prossimi capitoli verrà descritto nel dettaglio il funzionamento del programma di analisi.

La struttura è distribuita in diversi punti:

- sulla boa un sistema basato su Labview provvede a fare una prima analisi dei segnali ed a trasferire a terra le tracce sonore ed i parametri dei click identificati
- presso l'AMP di Bergeggi un secondo computer raccoglie i segnali e ricostruisce il movimento del capodoglio disegnandone la rotta e determinando il punto di emersione. Il programma determina anche il livello di allarme **verde**, **giallo**, **arancione**
- presso Softeco il portale riceve le informazioni sul capodoglio e provvede a riportare il tutto incluso il livello di allarme alla Capitaneria di Porto.



WhaleSafe



Il computer sulla boa

Il cRIO è controllato da una VI principale **MainBuoy** e quattro VI ancillary: **CheckBuoy**, **KillBuoy**, **SendClicks** e **SendTracks**.

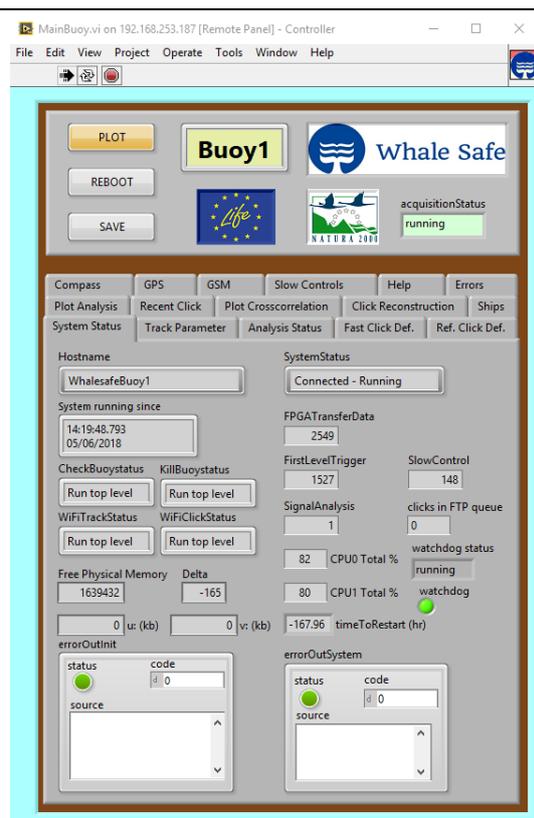


è il cuore dell'acquisizione. I compiti sono molteplici:

- Recupero dei dati degli idrofoni
- Lettura periodica degli slow control (bussola, igrometro, termometri)
- Ricerca della presenza di click di capodoglio
- Ricostruzione della direzione di arrivo del suono del click
- Ricostruzione della posizione del capodoglio
- Ricostruzione della rotta del capodoglio
- Monitoraggio della presenza di barche nei dintorni della boa

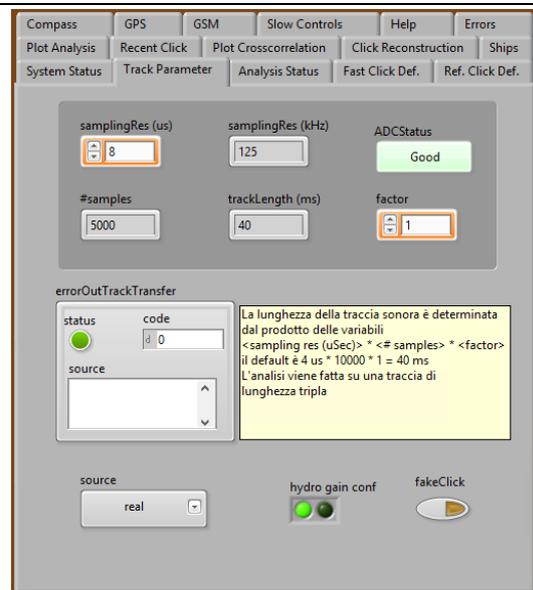
L'interfaccia della VI è complessa. Presenta diverse schermate:

System Status: riporta le informazioni principali relative al funzionamento del programma d'acquisizione, in particolare lo stato di funzionamento delle VI, il numero di dati analizzati e trasferiti, l'occupazione della CPU, la memoria utilizzata.

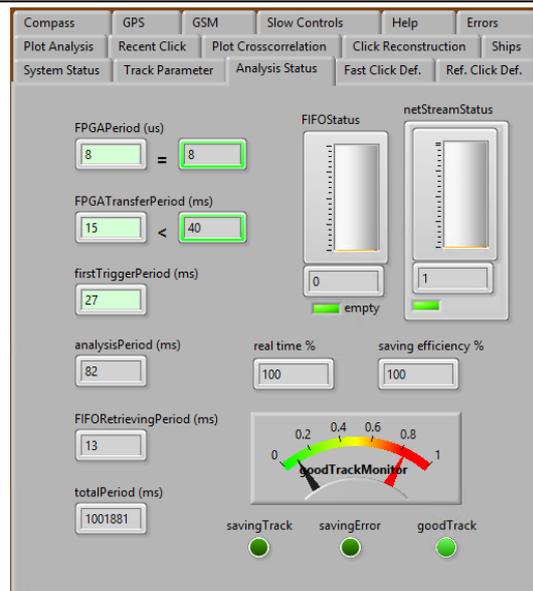


IL COMPUTER SULLA BOA

Track Parameter: permette di definire la risoluzione del campionamento dei segnali acustici (valore minimo 1 μ s). La lunghezza della traccia sonora è determinata del prodotto $\langle \text{sampling res (uSec)} \rangle * \langle \# \text{samples} \rangle * \langle \text{factor} \rangle$. La qualità della traccia è mostrata dalla variabile **ADCStatus**.



Analysis Status: permette di monitorare la velocità di trasferimento dei dati e la velocità di analisi degli stessi. La condizione di funzionamento corretto è indicata dal colore verde delle variabili di controllo.



whaleSafe



IL COMPUTER SULLA BOA

Fast Click Def.: questa finestra permette di definire i parametri utilizzati per la ricerca dei click eventualmente presenti nella traccia sonora.

The 'Fast Click Def.' interface includes the following parameters and values:

- minFreq (Hz):** 2000
- maxFreq (Hz):** 10000
- freqThr (Hz):** 250
- click tone:** 2000, 2375, 2250, 2225
- SNRThr:** 1
- SNR:** 2.35, 40.26, 2.38, 3.33
- click detected:**
- Ref click detected:**
- clickQualLevel:** 4
- click quality:** 0
- Ref click q.:** 4
- ampIRMSFactor:** 4
- Av. Ampl. RMS:** 1.31E+2, 1.33E+2, 1.38E+2, 1.32E+2
- powerThr:** 0
- Power:** 7.73E+1, 7.08E+1, 6.68E+1, 7.35E+1
- ampIThr:** 1000
- Amplitude:** 5.33E+2, 3.43E+2, 4.05E+2, 2.86E+2

Ref. Click Def.

The 'Ref. Click Def.' interface includes the following parameters and values:

- nextTracks:**

t0	y
19:42:05	73
27/06/2018	75
dt	
0.000008	70
	76
	94
- clicks in WiFi queue:** 0
- errorWiFiTrans:**
 - status:**
 - code:** 0
 - source:** [empty]
- Ref click detected 2:**
- fullPowerFract:** 0.5
- Ref Power:** 7113.64, 10573, 6526.67, 8351.97
- refSNRthr:** 4
- Ref SNR:** 10.42, 9.64, 10.37, 9.24
- file error:**
 - status:**
 - code:** 0
 - source:** [empty]

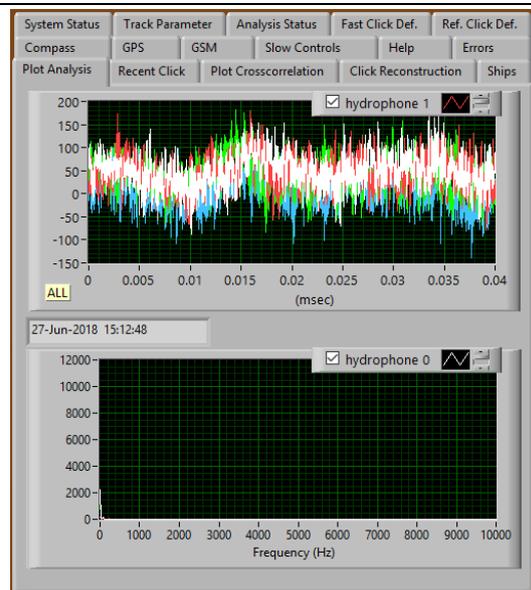


whaleSafe

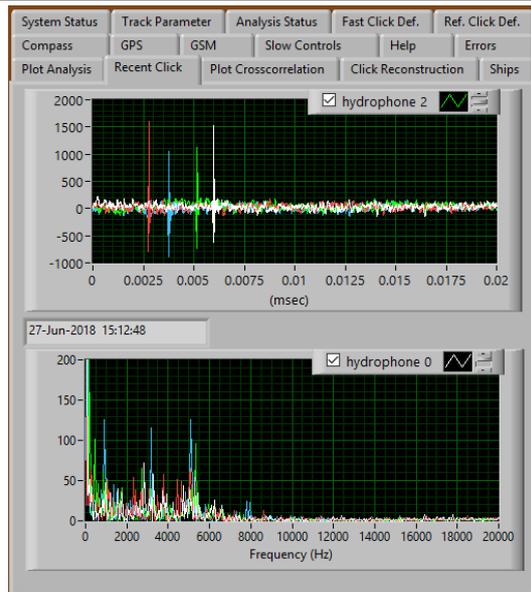


IL COMPUTER SULLA BOA

Plot Analysis: sono riportate le tracce analizzate. Per ridurre il carico delle CPU mediamente i plot non vengono aggiornati. Per farlo è necessario settare il pulsante . Il grafico superiore mostra in tempo reale la traccia analizzata mentre quello inferiore ne mostra la trasformata di Fourier.



Recent click: è simile a **Plot analysis**, riporta le informazioni relative all'ultimo click trovato

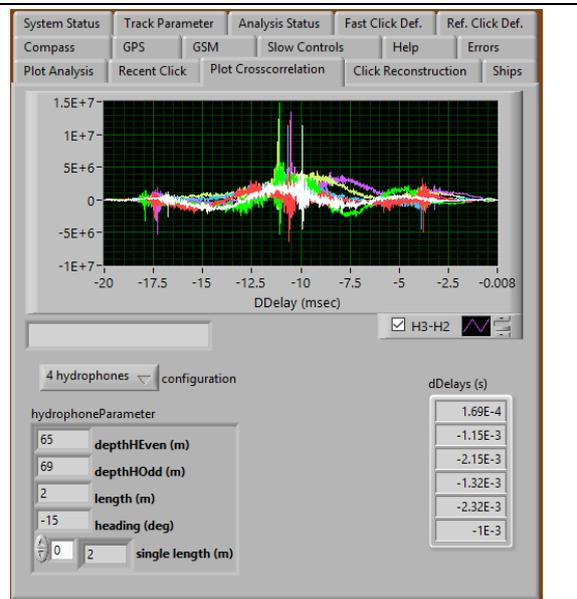


whaleSafe

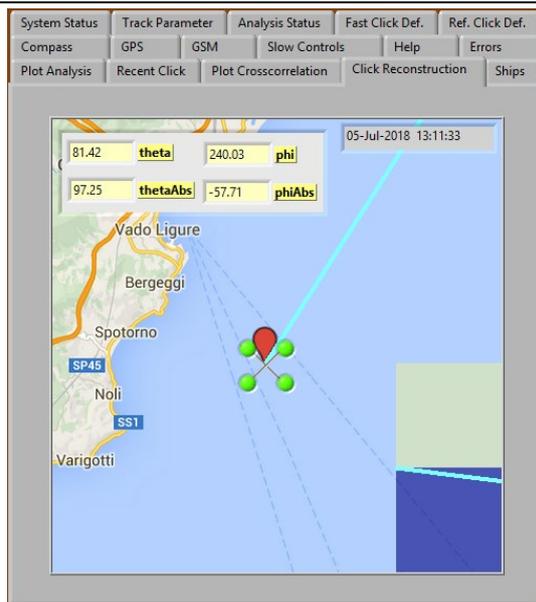


IL COMPUTER SULLA BOA

Plot CrossCorrelation: riporta il risultato della cross-correlazione fra tutte le possibili coppie di idrofoni. Sono riportate inoltre la configurazione degli idrofoni, le coordinate degli stessi e la misura del ritardo relativo fra coppie di idrofoni.

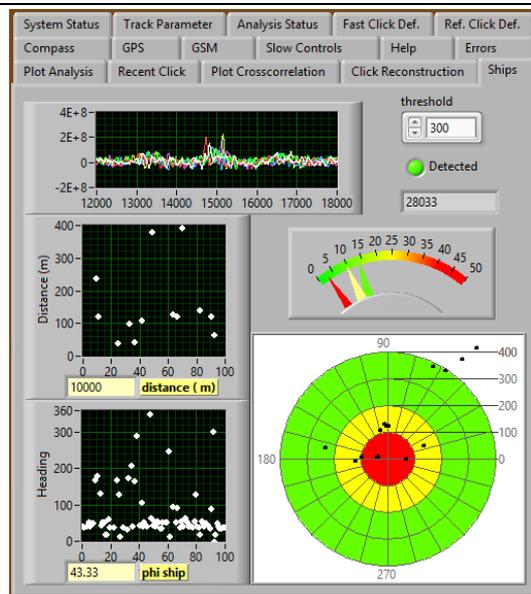


Click Reconstruction: riporta la direzione di arrivo del suono una volta identificato il click.

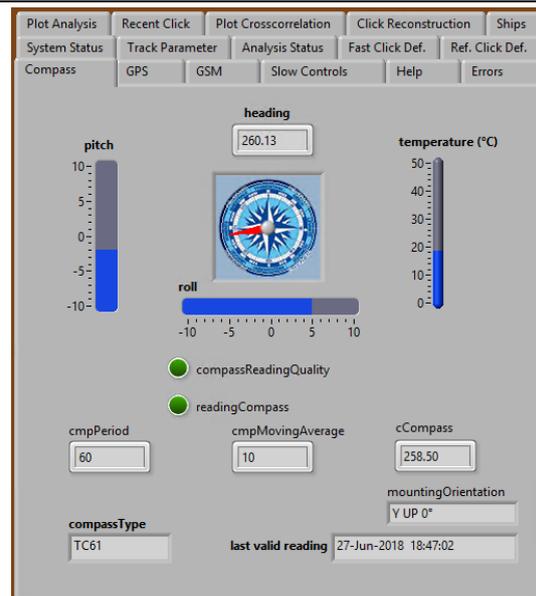


IL COMPUTER SULLA BOA

Ship: riporta il controllo della presenza di barche nell'area. La posizione dell'eventuale barca è riportata nel grafico bidimensionale in bass a destra mentre l'indicatore posto al disopra mostra il tempo di permanenza della barca nelle vicinanze della boa.



Compass: riporta le caratteristiche della bussola e le letture di heading, pitch e roll, e la relativa qualità



whaleSafe



IL COMPUTER SULLA BOA

GPS: riporta l'ultima lettura del GPS e la qualità della stessa. Il pulsante resetGPS permette di spegnere e riaccendere il modulo

The screenshot shows the GPS configuration window with the following data:

Parameter	Value
Year	2018
Month	6
Day Of Month	27
Hour	17
Minute	47
Second	32
Milliseconds	0
Latitude	44.2133
DirectOfLatitude(N/S)	N
Longitude	8.49312
DirectOfLongitude(E/W)	E
Magetic variation (deg)	0.0
DirectOfMagnVar(E/W)	
SOG (knots)	0.5
Track made good (deg)	268.8
PosSystemMode	Autonomous
Checksum	65

Additional parameters shown on the right side:

Parameter	Value
GPS time	Hour: 17, Minute: 47, Second: 32
Latitude	44.2133
DirectOfLatitude(N/S)	N
Longitude	8.49312
DirectOfLongitude(E/W)	E
GPSQuality	GPSFix
NoOfSVs	11
HDOP	0.89
AntennaHeight	1.1
UnitOfMeasure	M
GeoidSeparation	47.1
UnitOfGeoidSeparation	M
AgeOfGPSDataRecord	0
BaseStationID	

Buttons: GPSReadingQuality, readingGPS,

GPS last valid reading: 27-Jun-2018 18:47:21

GSM: riporta lo stato del collegamento della scheda dati utilizzata per l'invio ed il ricevimento di messaggi di controllo

The screenshot shows the GSM configuration window with the following data:

Networks: 2, "1 TIM", "TIM", ;22201",2

Access: UMTS, Mode: auto.operator sel.

Operator: "1 TIM", IP-Address: 10.179.184.61

lastSMSMessage: Adelina status after init wtchdg OK setT OK iniFile OK hyph OK FPGA OK GSM OK GPS OK

lastSMSMessageTime: 14:19:34.007 (05/06/2018), lastSMSCheckTime: 14:28:59.540 (05/06/2018)

errorOutGSM 2: status: green checkmark, code: 0, source: [empty]

errorOutGSM 3: status: green checkmark, code: 0, source: [empty]

errorOutGSM: status: green checkmark, code: 0, source: [empty]

readingGSM:

GSM last valid reading: 05-Jun-2018 13:30:32

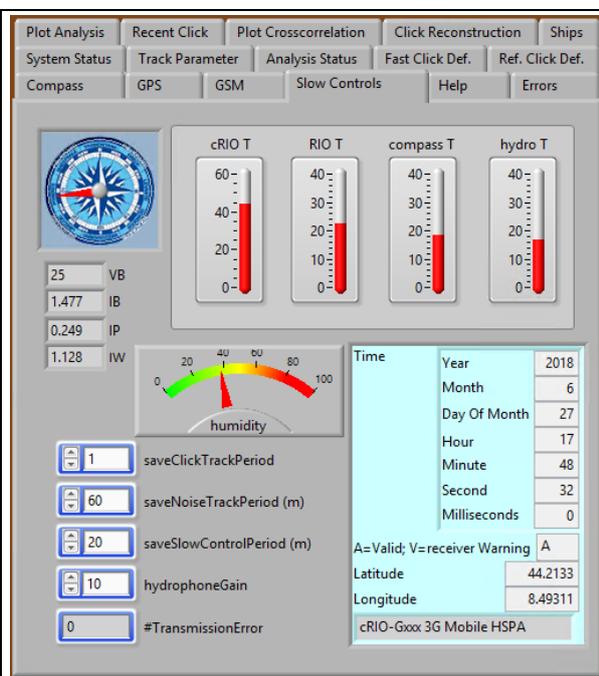


whaleSafe



IL COMPUTER SULLA BOA

Slow Controls: riporta la lettura più recente di tutti gli slow control presenti sulla boa: GPS, temperatura del cRIO, del RIO, della bussola e dell'idrometro; valore dell'umidità, tensione di alimentazione e corrente



CheckBuoy  verifica lo stato dell'acquisizione, in particolare:

- La qualità e continuità della traccia sonora (ogni 10 s)
- Lo stato del GPS (ogni 10 s)
- La connessione GSM (ogni minuto)
- La possibilità di inviare SMS (ogni minuto)

Se si verifica una condizione di errore la VI provvede a fare un reset software del cRIO.

Inoltre aggiorna la lista dei click e delle tracce ricostruite (ogni minuto).

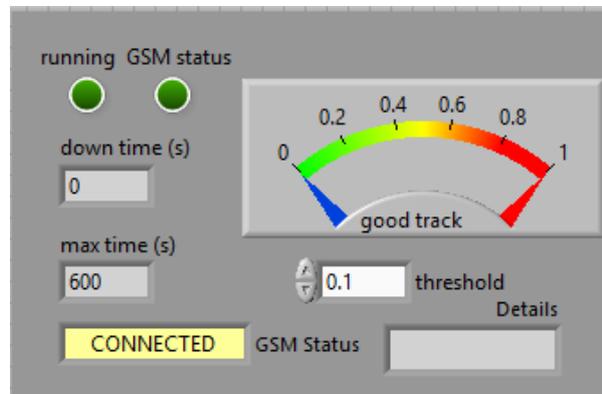


Figura 29 - CheckBuoy

KillBuoy  anzitutto gestisce un watchdog, pertanto se per qualsiasi motivo si blocca il cRIO subisce un reset software, inoltre provvede ad un reset periodico determinato dalla variabile **restartPeriod (d)** espressa in giorni,

 **SendClicks** invia a terra utilizzando il pacchetto software **Network Stream** di Labview i click identificati. Il nome del canale utilizzato è **AdelinaClicksWriter**. La struttura del click è riportata in Figura 30, è costituita dai ritardi relativi per ogni coppia di idrofoni (**dDelays (s)**), il valore della lettura bussola (**Compass, Pitch e Roll** tutti espressi in gradi), il valore della bussola corretto per l'orientazione relativa bussola – supporto degli idrofoni (**CCompass**), la latitudine (**Latitude**) e la longitudine (**Longitude**) ottenuta dalla lettura del modulo GPS, gli angoli polari relativi alla direzione di arrivo del suono (**Click theta e Click phi**), l'istante di rivelazione in formato UTC, le tracce dei quattro idrofoni (**BuoyTrack**).

 **SendTracks** invia a terra utilizzando il pacchetto software **Network Stream** di Labview le tracce identificate. Il nome del canale utilizzato è **AdelinaTracksWriter**.

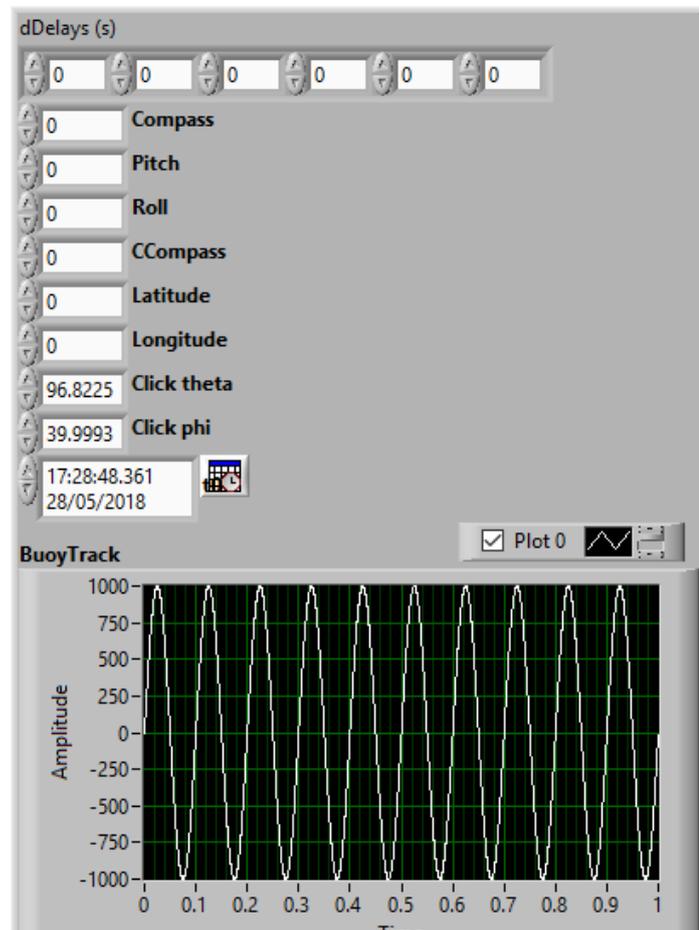


Figura 30 - Struttura click

IL COMPUTER A BERGEGGI

- Restart Find Track riavvia la VI FindTrack
- Restart SlowCon Monitor riavvia la VI SlowConMonitor

Adelina

- Open Panel apre il pannello di controllo della VI sulla boa
- Load Configuration carica il file di configurazione
- Save Configuration salva il file di configurazione sulla boa
- Reboot Configuration reboot della boa con il nuovo file di configurazione

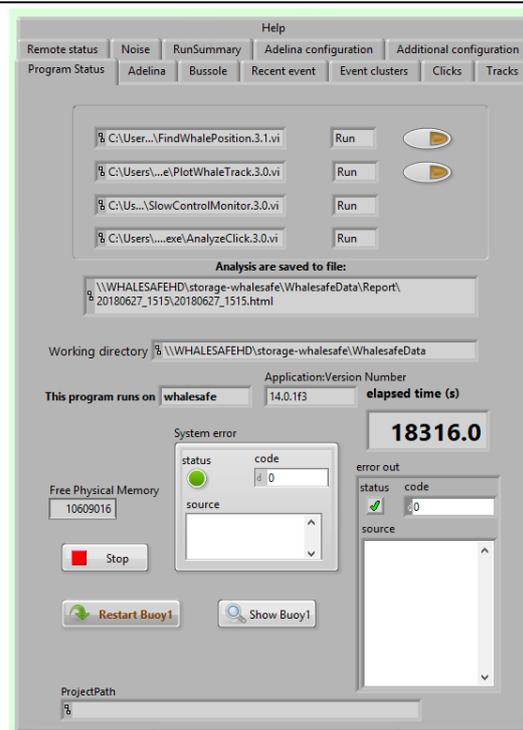
Windows

- Show/Hide Plot Track mostra o nasconde la VI PlotTrack
- Show/Hide Find Track mostra o nasconde la VI FindTrack

Remote Control

- Update Status
- Run Summary

Program Status: riporta le informazioni principali relative al funzionamento del programma d'acquisizione.



IL COMPUTER A BERGEGGI

Adelina Configuration:

Remote Status: permette di monitorare.



whaleSafe



IL COMPUTER A BERGEGGI

Noise.: questa finestra permette di.

The 'Noise' window displays the following data for 'AdelinaClickCluster':

- 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00 0.00
- 263.08 Compass
- 1.98 Pitch
- 4.42 Roll
- 0 CCompass
- 44.21323 Latitude
- 8.49274 Longitude
- 76.96 Click theta
- 205.67 Click phi
- 20:02:40.918 t0
- 27/06/2018

Additional controls include a 'reader endpoint' (AdelinaClicksR, Connected), 'error transmission' (status: code 446472372), and 'error init' (status: code 0). A 'SoundTrackQuality' gauge is shown with a scale from 0 to 1. Logos for 'Life', 'NATURA 2000', and 'Whale Safe' are present at the bottom.

Run summary:

The 'RunSummary' window displays the following data for file '_18-06-27_150000.28.dat':

- AdelinaFileName: _18-06-27_150000.28.dat
- Adelina RunSummary:
 - #TransferDataFromFPGA: 446452
 - #FirstLevelTrigger: 429400
 - #SignalAnalysis: 154
 - samplingRes (kHz): 125
 - runTime (m): 301
 - #TransmissionError: 0
 - #SlowControlLoop: 33437
 - mountingOrientation: 3
 - movingAverage: 10
 - future use 5: 65
 - future use 6: 69
 - future use 7: 2
 - future use 8: -15
- Adelina ClickList: (empty list)
- Adelina TrackList: (empty list)

The 'Whale Safe' logo is visible at the bottom right.

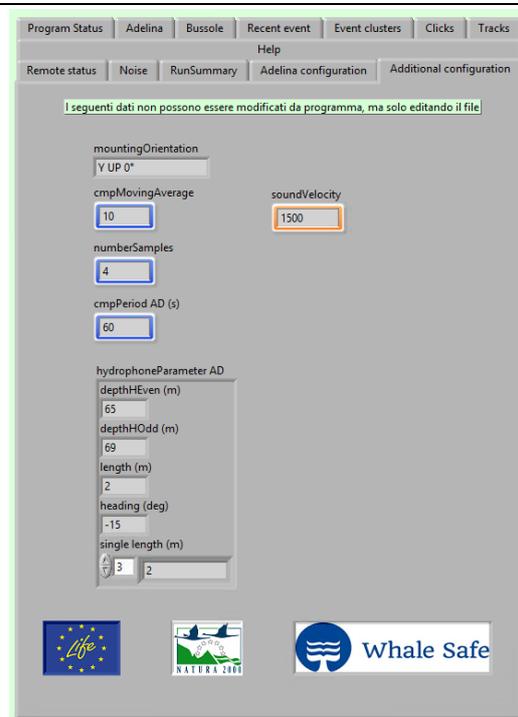


whaleSafe

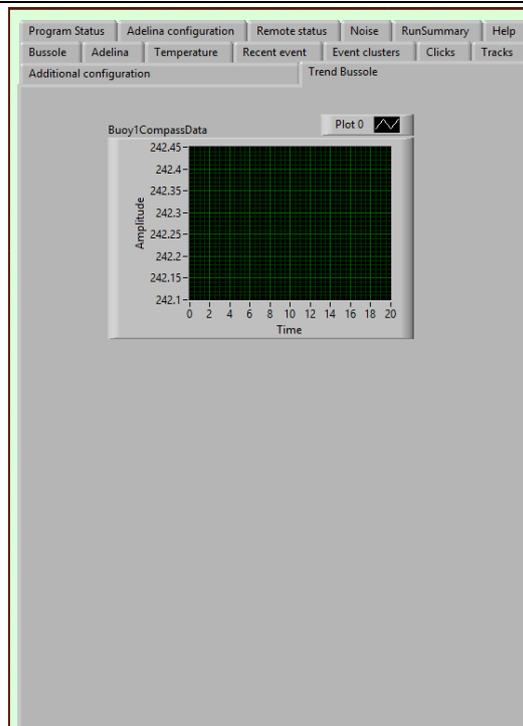


IL COMPUTER A BERGEGGI

Additional Configuration..



Trend Bussola: riporta le informazioni relative alle variazioni temporali della lettura della bussola

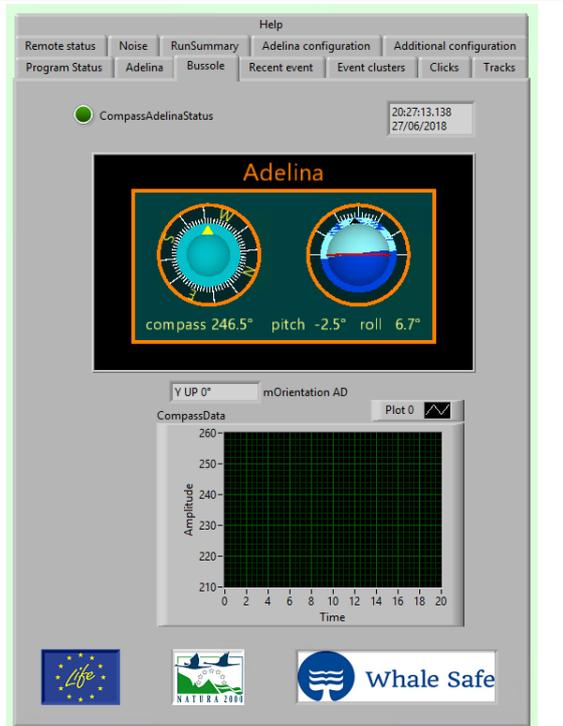


WhaleSafe

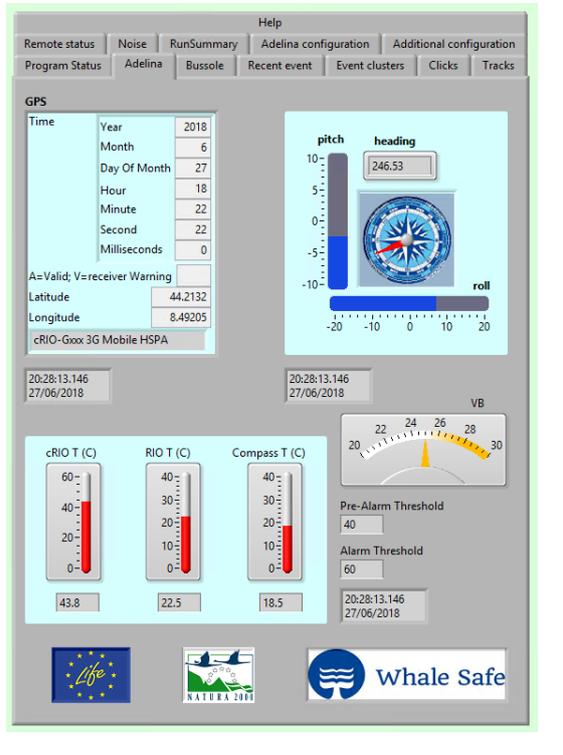


IL COMPUTER A BERGEGGI

Bussola: riporta in modo grafico la lettura istantanea della bussola

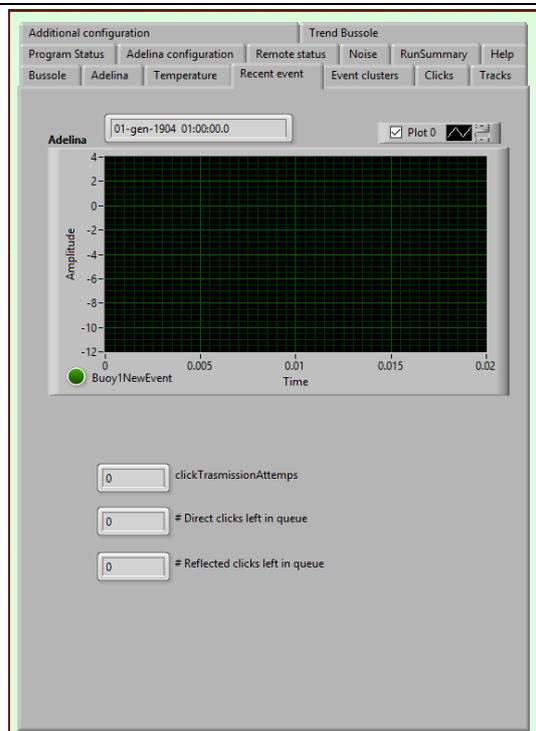


Adelina: riporta la lettura più recenti dei parametri della boa.

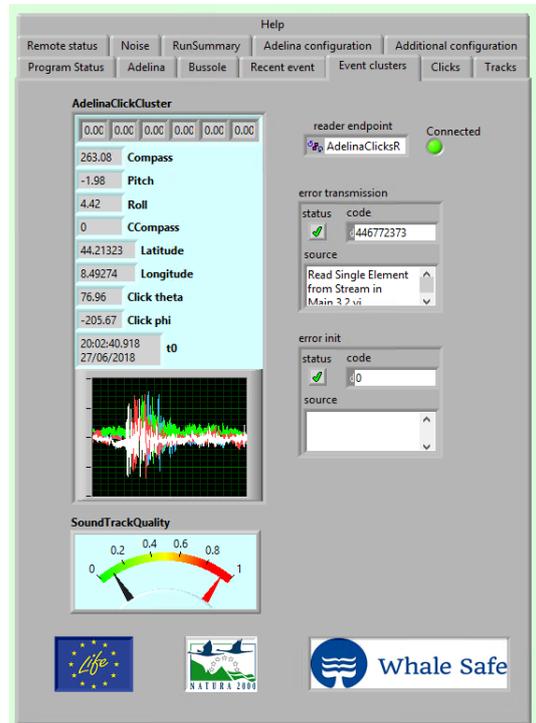


IL COMPUTER A BERGEGGI

Recent event: riporta il click più recente.

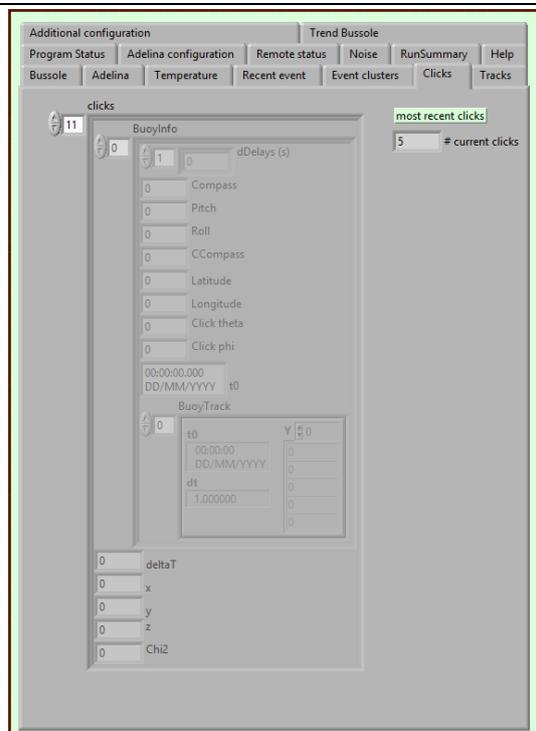


Event cluster: riporta click più recente

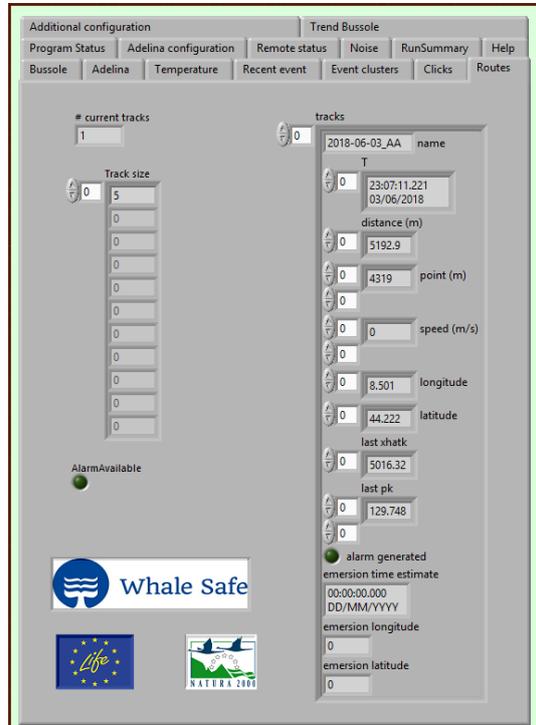


IL COMPUTER A BERGEGGI

Clicks: riporta i clicks più recenti



Routes: riporta le rotte più recenti



Il trasferimento dati

Una volta stabilito il collegamento WiFi inizia il trasferimento dei dati nel seguente modo:

TRACCE SONORE

La VI **SendTracks**  invia a terra utilizzando il pacchetto software **Network Stream** di Labview le tracce sonore. Il nome del canale utilizzato è **AdelinaTracksWriter**. I dati vengono ricevuti a terra dalla

VI **AnalyzeClick**  ed il nome del canale utilizzato è **AdelinaTracksReader**. Le tracce vengono inserite nella FIFO **trackForWiFiTransfer** per poter essere analizzate.

CLICKS

La VI **SendClicks**  invia a terra utilizzando il pacchetto software **Network Stream** di Labview i click identificati. Il nome del canale utilizzato è **AdelinaClicksWriter**. I dati vengono ricevuti a terra

dalla VI **Main**  ed il nome del canale utilizzato è **AdelinaClicksReader**. I click vengono inseriti nelle FIFO **directClickQueue** e **reflectedClickQueue** a seconda della direzione di arrivo, per poter

essere analizzati dalla VI **FindWhalePosition** .

SLOW CONTROLS

Gli Slow Controls vengono salvati sul disco del cRIO sulla boa nella directory **c:\whalesafe\SlowControl** con il nome **AdelinaSlowControl#_YY-MM-DD-HH_mmSS.dat** (YY=anno, MM=mese, DD=giorno, HH=ora in formato 24, mm=minuti, ss=secondi). I dati vengono salvati ogni **saveSCP** minuti (vedi capitolo **La configurazione del sistema**). Possono essere trasferiti a terra tramite il comando **RemoteControl - Update status** che provvede a copiare i file sul computer a Bergeggi nella directory **\\WHALESAFEHD\storage-whalesafe\WhalesafeData\SlowControl**. In ogni caso il programma principale provvede ogni 10 minuti a trasferire i dati dalla boa e salvarli su disco.

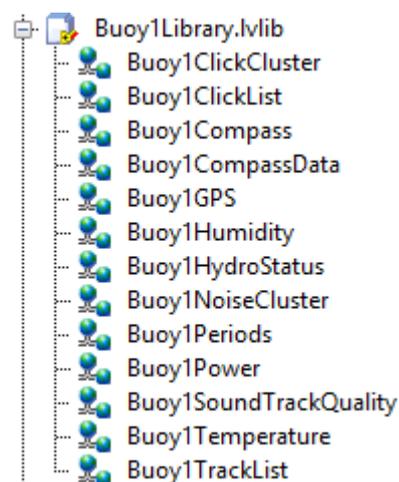


Figura 31 - Variabili Slow Control

Il salvataggio dei dati

Il programma a Bergeggi salva su disco diverse informazioni. Per l'immagazzinamento dei dati è stato previsto un sistema NAS. I dati vengono salvati nella directory `\\WHALESAFEHD\storage-whalesafe\WhalesafeData`

RUN SUMMARY

Con cadenza oraria

TRACCE SONORE

Al momento le tracce sonore non vengono salvate in quanto occupano troppo spazio. È in corso l'installazione di un NAS

CLICKS

I click vengono subito salvati su file nelle directories:

`\\WHALESAFEHD\storage-whalesafe\WhalesafeData\Click\Buoy1` se il click proviene dal basso

`\\WHALESAFEHD\storage-whalesafe\WhalesafeData\Click\Buoy2` se il click proviene dall'alto

Il nome è nella forma `Buoy#_YY-MM-DD-HH_mmSS.txt` (`#=1,2`, `YY=anno`, `MM=mese`, `DD=giorno`, `HH=ora` in formato 24, `mm=minuti`, `ss=secondi`). Il formato è TDMS (binario) ed ogni ora viene aperto un nuovo file. Il formato di ogni singolo click è riportato in Figura 32 ed include le quattro tracce sonore.

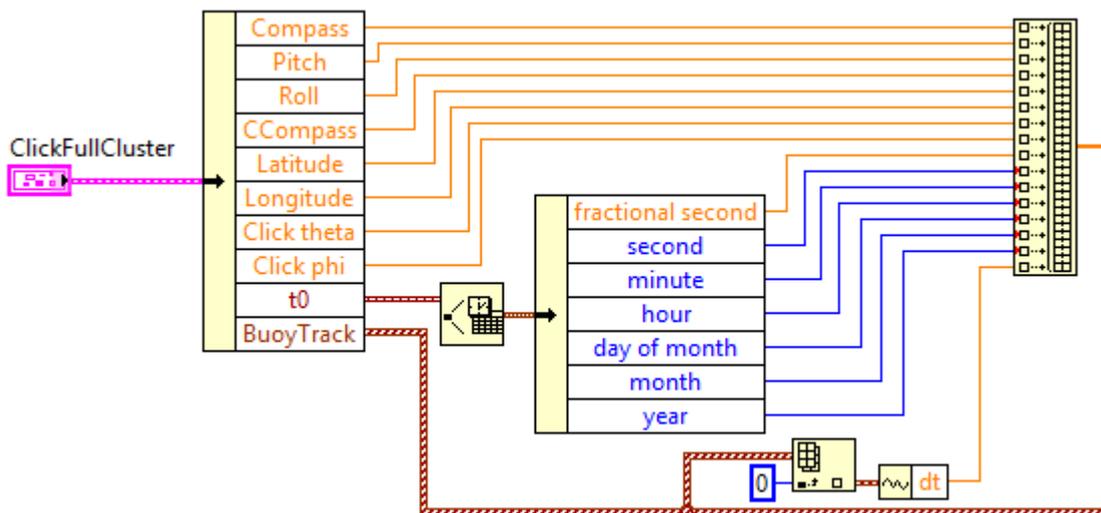


Figura 32 - Formato salvataggio click

IL SALVATAGGIO DEI DATI

SLOW CONTROL

I file contenenti gli slow control vengono trasferiti ogni dieci minuti dalla boa e copiati nella cartella
`\\WHALESAFEHD\storage-whalesafe\WhalesafeData\SlowControl`

Utilizzo del programma di analisi

Nei prossimi capitoli viene descritto come configurare il programma di analisi e come utilizzarlo, infine vengono descritti tutti i file prodotti dal sistema

LA CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA

La configurazione del sistema

La configurazione del cRIO sulla boa può essere fatta mediante il file **config.ini** che si trova nella directory `c:\whalesafe`. La configurazione può essere modificata dal programma principale: anzitutto occorre caricare la configurazione presente sul cRIO mediante il comando **Load Configuration** dal menu **Adelina**, quindi una volta modificata può essere salvata mediante il comando **Save Configuration** dal menu **Adelina**. Con il primo comando una copia del file **config.ini** viene copiata nella directory `C:\Users\whale\Documents\FTP\Adelina` con il nome **AdelinaConfig.ini**. Il formato del file è riportato nella seguente tabella con la spiegazione di ogni singolo parametro. Una descrizione aggiuntiva merita la variabile **hGain**: è un intero a 32 bit dove i 16 bit meno significativi valgono 0, i successivi 4 bit indicano quali idrofoni sono attivi (1=attivo, 0=inattivo), i successivi 4 bit valgono 0 mentre gli 8 bit più significativi indicano il guadagno (0=guadagno 0, 1= guadagno 10, 2= guadagno 100, 3= guadagno 1000), quindi per esempio tutti gli idrofoni attivi (H=15) con guadagno 100 (G=2) è indicato da $G*2^{24}+H*2^{16}=34537472$.

[Period]	
saveCTP = 1	Indica ogni quanti click viene salvata anche la traccia sonora
saveNTP = 60	Indica ogni quanti minuti viene salvata una traccia di rumore
saveSCP = 20	Indica ogni quanti minuti vengono salvati gli <i>slow control</i>
checkTQP = 30	Indica il limite massimo di minuti senza tracce sonore buone
[Hydrophones]	
hGain = 17760256	Indica il guadagno degli idrofoni e quali sono attivi
depthHEven = 65.000000	Profondità relativa idrofoni #pari più vicini alla superficie (m)
depthHOdd = 69.000000	Profondità relativa idrofoni #dispari (m)
length = 2.000000	Semi-lunghezza del braccio del traliccio (m)
heading = -15.000000	Orientazione braccio traliccio relative a bussola
length0 = 2.000000	Posizione rispetto all'asse del traliccio dell'idrofono #0
length1 = 2.000000	Posizione rispetto all'asse del traliccio dell'idrofono #1
length2 = 2.000000	Posizione rispetto all'asse del traliccio dell'idrofono #2
length3 = 2.000000	Posizione rispetto all'asse del traliccio dell'idrofono #3
samplingResolution = 4	Indica la risoluzione temporale del campionamento (μ s)



LA CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA

[Trigger]	
clickQL = 4	Soglia sul numero di idrofoni attivi
maxF = 10000.000000	Limite superiore intervallo frequenze click (Hz)
minF = 2000.000000	Limite inferiore intervallo frequenze click (Hz)
freqT = 250.000000	Soglia in frequenza (Hz)
amplT = 1000.000000	Soglia sull'ampiezza del segnale
amplRMSF = 4.000000	Soglia sul rapporto (ampiezza del segnale) / (RMS rumore)
powerT = 0.000000	Massima potenza nell'intervallo di frequenze minF e maxF
SNRT = 1.000000	Soglia sul rapporto segnale / rumore
refSNRT = 4.000000	Soglia sul rapporto segnale / rumore per il secondo passaggio
fullPF = 0.500000	Soglia sulla potenza per il secondo passaggio
direction = 0	Seleziona direzione ricerca click (0=tutti, 1=dal basso, 2= dall'alto)
[Compass]	
mountOr = 3	Definisce l'orientazione della bussola (<u>deve essere 3</u>)
movAverage = 10	Definisce il numero di misura per la media mobile
numberSamples = 4	Definisce il numero di letture consecutive della bussola
period = 60	Definisce il periodo di lettura della bussola (s)
readCompass = TRUE	Lettura della bussola (TRUE=attivo, FALSE=inattivo)
[RunControl]	
runCoordNumb = "3666220064"	Numero di telefono a cui inviare i messaggi SMS
SMS = 1	Invio messaggi (1=attivo)
dataType = 0	Tipo di dati (0=reali, 1=simulati)
ftpPort = 4821	Numero porta per trasferimento FTP (4821)
restartPeriod = 7	Durata acquisizione prima di restart del cRIO (giorni)



LA CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA

rebootTime = 2	Durata acquisizione prima di reboot del cRIO (giorni)
watchdog = TRUE	Watchdog (TRUE=attivo, FALSE=inattivo)
saveUSB=TRUE	Salvataggio su disco rimovibile (TRUE=attivo, FALSE=inattivo)
readChargeRegulator = FALSE	Lettura del regolatore di carica (TRUE=attivo, FALSE=inattivo)
[Reconstruction]	
soundVelocity = 1500.000000	Velocità del suono utilizzata per la ricostruzione (m/s)
[Hygrometer]	
readHygrometer = TRUE	Lettura dell'igrometro (TRUE=attivo, FALSE=inattivo)

La maggior parte di questi parametri può essere definita mediante l'interfaccia **Adelina configuration** fornita dal programma principale posto sul computer a Bergeggi, mentre alcuni dati sono modificabili solo editando il file e questo è motivato dal fatto che in linea di principio non dovrebbero mai essere modificati.

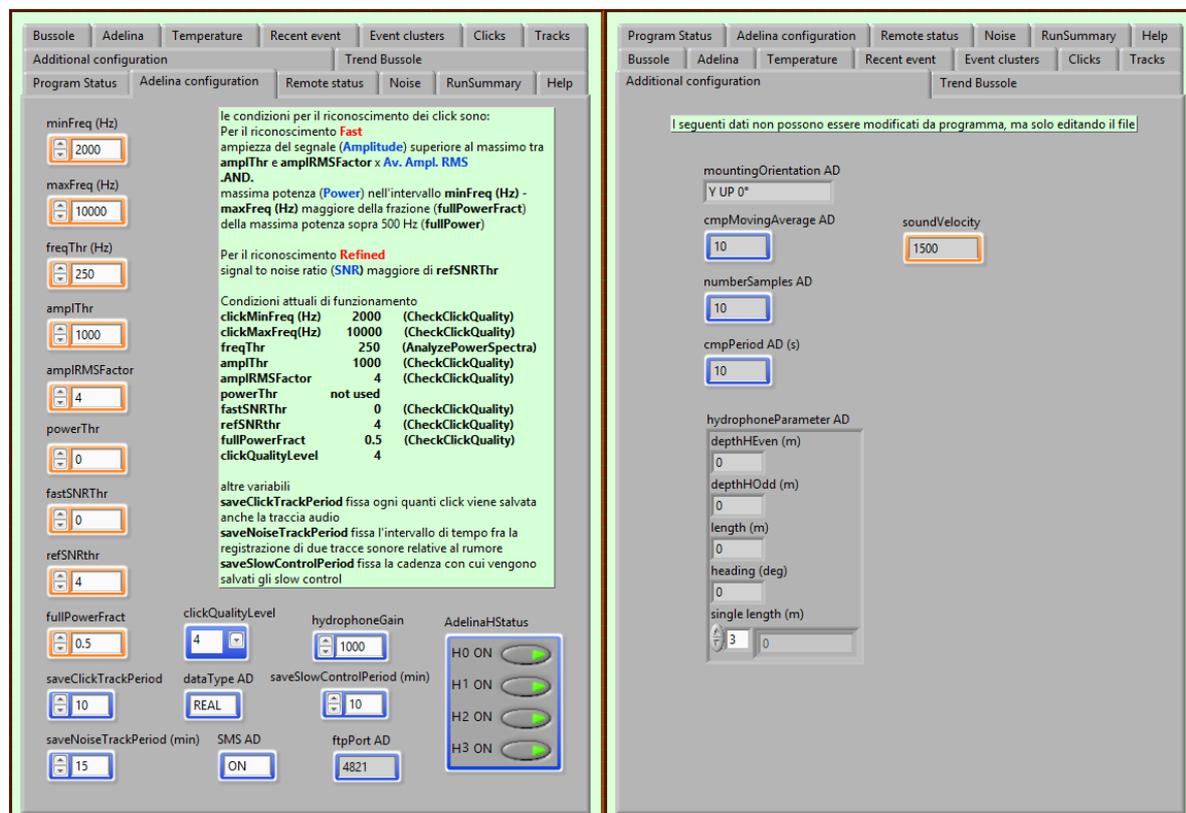


Figura 33 - Schermate programma principale relative alla impostazione delle condizioni di acquisizione

LA CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA

Inoltre occorre definire le seguenti variabili di ambiente

UpdatePlot = False	Indica ogni quanti click viene salvata anche la traccia sonora
Buoy = 1	Indica la Boa Adelina
FTP = ON	Abilita il trasferimento dati a terra
Computer = whalesafe	Seleziona la macchina di Bergeggi
DataType = real	Seleziona dati reali (real) o simulati (simulation)
UpdatePortal = ON	Invia i dati al portale alla Softeco

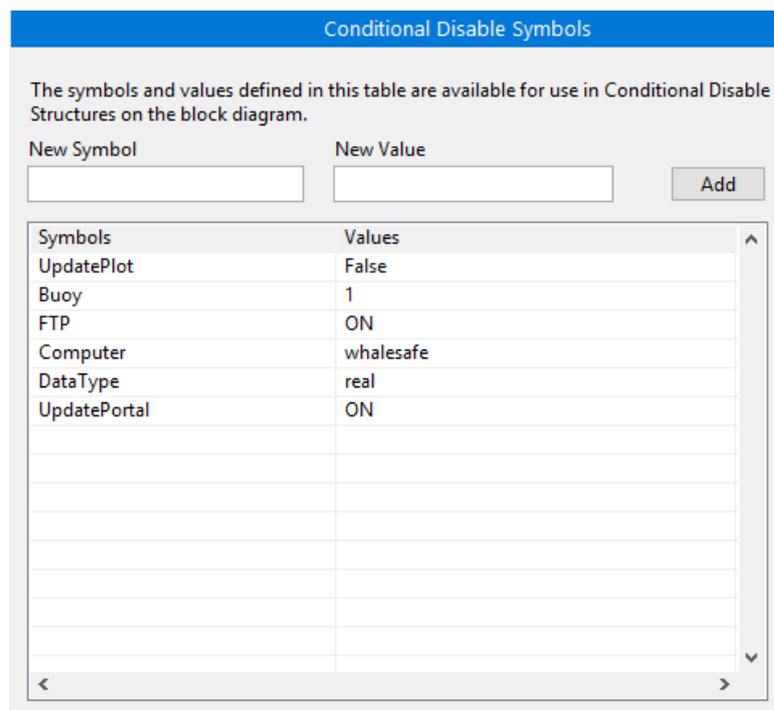


Figura 34 - Variabili d'ambiente del programma a Bergeggi

La ricerca dei click

La ricerca avviene sul cRIO con la VI **SearchClick**. Il primo step (**AnalyzePowerSpectra**) è la ricerca di un segnale sonoro la cui intensità sia maggiore di un valore di soglia. Questo può avvenire per sia per l'intensità del suono, sia per l'intensità ad un valore di frequenza compresa in un intervallo predefinito. Se si realizza una di queste condizioni il segnale viene analizzato in maggior dettaglio (**CheckClickQuality**) e viene prodotto un indicatore (**clickQuality**) che tiene conto se un idrofono ha superato i criteri. La struttura **clickProperties** contiene tutte le informazioni rilevanti del click

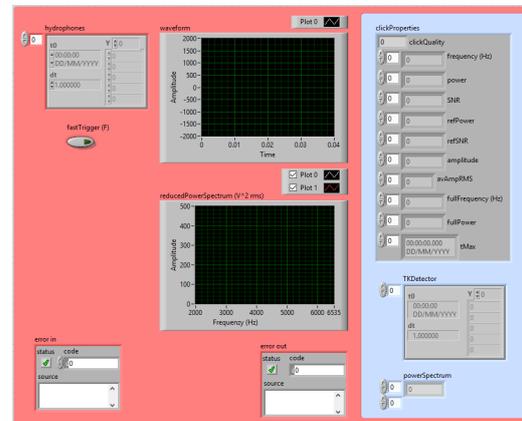


Figura 35 - VI SearchClick

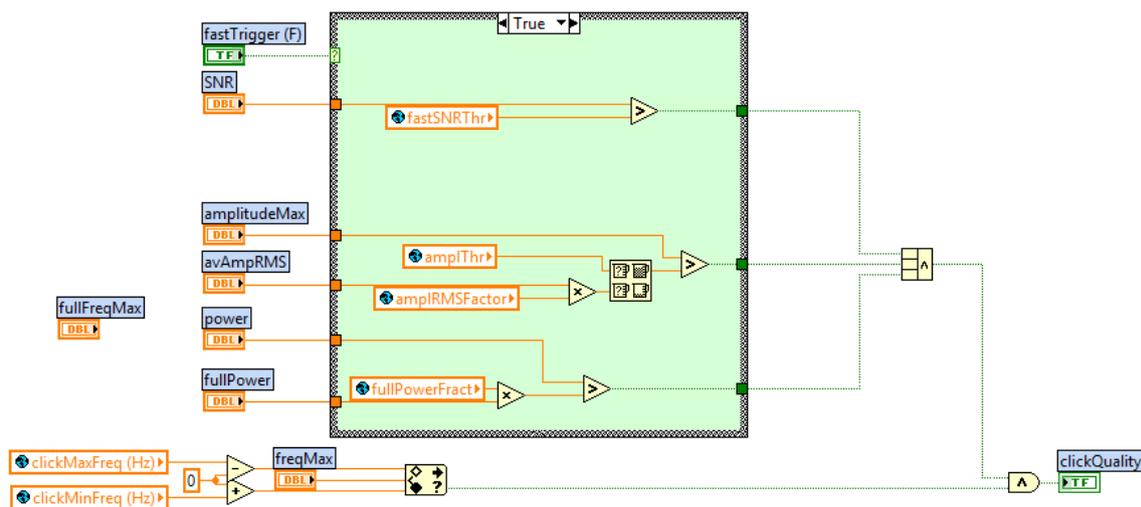


Figura 36 - Algoritmo di ricerca dei click

Una volta individuati, i click vengono trasferiti sul pc posto a Bergaggi e salvati nella VI **Main** in due code, rispettivamente per i segnali provenienti dal basso (**directClickQueue**) e per i segnali provenienti dall'alto (**reflectedClickQueue**). Le due code vengono poi utilizzate dalla VI **FindWhalePosition** descritta nel capitolo seguente. Inoltre vengono salvati ogni ora su disco nella directory **C:\Users\whale\Documents\FTP\Adelina\WifiClicks** con il seguente formato binario:

Buoy1_dd-mm-yyyy_hh_mm.tdms per i click provenienti dal basso

Buoy2_dd-mm-yyyy_hh_mm.tdms per i click provenienti dall'alto

LA RICOSTRUZIONE DELLA DIREZIONE DEL SUONO

La ricostruzione della direzione del suono

La ricostruzione della direzione del suono avviene nella VI **EvaluateSoundDirection**  Il sistema di riferimento solidale con gli idrofoni è quello riportato in Figura 20. Gli angoli così determinati sono riferiti quindi ad un sistema di riferimento solidale con il traliccio e prevede l'asse Z rivolto verso il fondo del mare e gli idrofoni pari orientati lungo l'asse X ed i dispari lungo l'asse Y. In particolare H0 e H1 sono sul semi-asse positivo, H2 e H3 su quello negativo.

Nota la lettura della bussola è possibile trasformare questi angoli nel sistema di riferimento della bussola che prevede l'asse Z rivolto verso il basso e l'asse Y lungo il parallelo puntando ad Est e di conseguenza l'asse X punta a Nord. Si noti che in assenza di Heading (deg) H0 punta a Nord. La rotazione deve avvenire mediante la convenzione di Tait-Bryan (gli angoli di Tait-Bryan, seguendo la convenzione z-y'-x" (rotazioni intrinseche), sono anche conosciuti come angoli nautici, perché possono essere usati per descrivere l'orientamento di una nave o un aereo, o angoli cardanici, dal nome del matematico e fisico italiano Gerolamo Cardano) che prevede il seguente ordine di rotazione

Z - Compass

Y - Pitch

X - Roll

Nella VI la matrice di rotazione viene calcolata come mostrato in Figura 37.

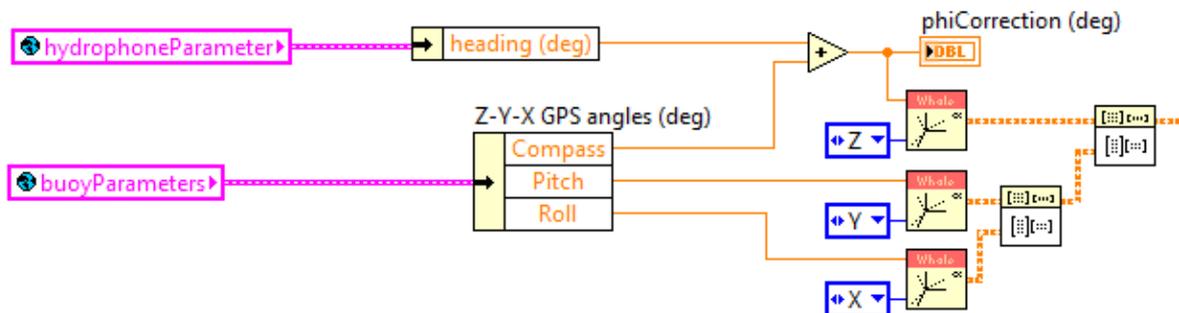


Figura 37 - Implementazione della convenzione di Tait-Bryan

Infine il sistema di riferimento assoluto prevede l'asse Z rivolto verso l'alto e l'asse X lungo il parallelo e di conseguenza l'asse Y punta a Nord (come mostrato in Figura 38). Pertanto per ottenere phi si deve calcolare il complementare e per theta si deve usare il supplementare.

LA RICOSTRUZIONE DELLA DIREZIONE DEL SUONO

Tutte queste operazioni vengono effettuate all'interno della VI `EvaluateSoundDirection`

dalla VI `FindAbsoluteDirection`

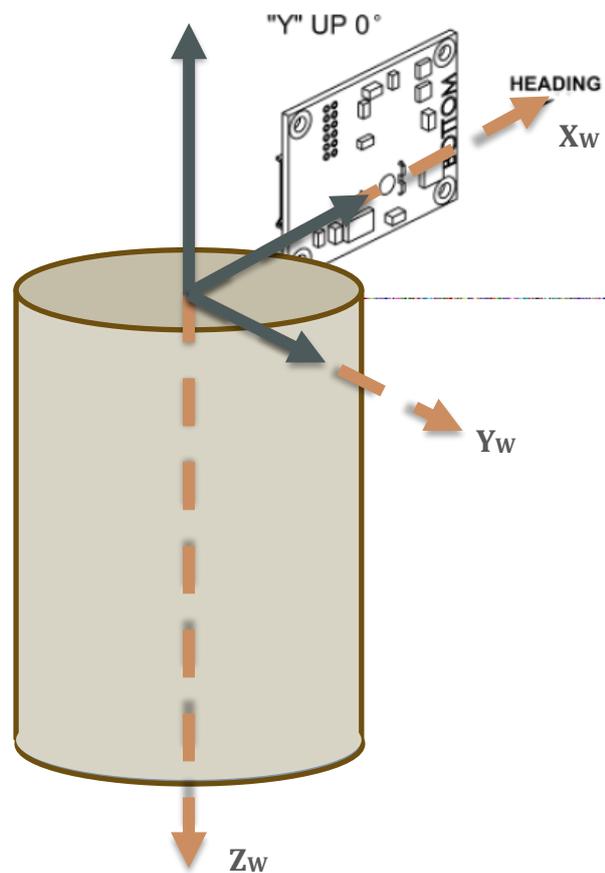


Figura 38 - Relazione fra sistemi di riferimento



WhaleSafe



La traccia del capodoglio

Nel programma di ricostruzione la VI **FindWhalePosition** è dedicata alla ricostruzione della posizione del capodoglio ed alla assegnazione del punto alla traccia che descrive la rotta del capodoglio in immersione. Per la ricostruzione vengono utilizzati due click consecutivi, il primo proveniente dal basso (diretto) ed il secondo proveniente dall'alto (riflesso). Per ogni click vengono calcolati gli angoli polari della direzione di arrivo del suono rispetto ad un sistema di riferimento solidale con la superficie del mare e centrato sulla boa. Per associare i due click viene verificata la compatibilità fra le differenze di cammino dei suoni calcolate rispettivamente dalla differenza dei tempi (**Measured Δx (m)**) e dalla differenza dei raggi in ipotesi di propagazione rettilinea (**Estimated Δx (m)**). Una differenza negativa significa che la sorgente sonora si trova al di sotto degli idrofoni, mentre una differenza positiva indica una sorgente sonora posta nelle vicinanze della superficie. Dopodiché la posizione del capodoglio viene calcolata come il punto corrispondente alla minima distanza fra le due rette descritte dagli angoli polari ricavati in precedenza. Le variabili **d1 (m)** e **d2 (m)** rappresentano rispettivamente i percorsi del suono diretto e riflesso mentre **Chi2 (m)** rappresenta la minima distanza fra le due rette.



Figura 40 - Pannello della VI FindWhalePosition

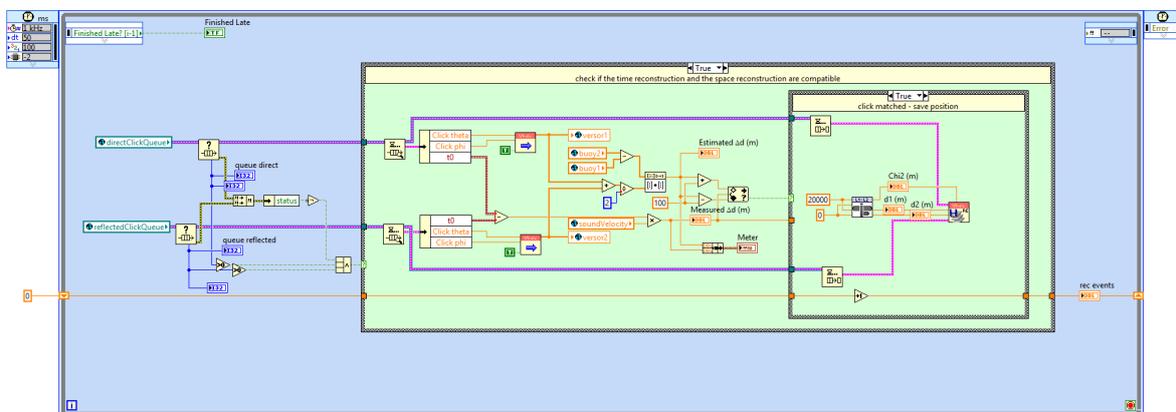


Figura 39 - Logica funzionamento della VI FindWhalePosition

LA TRACCIA DEL CAPODOGLIO

Una volta abbinati i due click e trovata la posizione con il metodo delle triangolazioni, è necessario abbinare il punto ad una rotta di capodoglio. Per fare questo viene confrontata la posizione con l'ultima posizione delle eventuali rotte già esistenti, Definita D la distanza dalla boa e Δt la differenza temporale con l'ultimo punto della rotta, il punto apparterrà alla rotta se la differenza temporale con l'ultima posizione della rotta è minore di un minuto e la differenza spaziale è minore di $10\% D + \Delta t * 5m/s$. Prima di aggiungere la nuova posizione, la stessa viene corretta mediante un filtro di Kalman.

Se dopo un minuto non vengono aggiunti ulteriori punti si assume che il capodoglio ha iniziato la risalita, pertanto viene stimato il punto ed il momento di emersione e la traccia viene salvata su disco nella directory **C:\Users\whale\Documents\FTP\Adelina\WifiClicks** con il seguente formato binario:

Route_dd-mm-yyyy_hh_mm.tdms

Ogni ora viene creato un nuovo file.

La procedura per determinare il punto di emersione richiede alcune ipotesi sul movimento del capodoglio. Queste ipotesi devono essere verificate con il confronto con l'osservazione reale delle immersioni con le balene. Per il momento una semplice ipotesi di movimento ascendente lineare con l'ultima velocità misurata.

Tutti i dati sono riportati anche in un file di sommario come mostrato nelle figure seguenti. In Figure 42 è mostrata l'intestazione del file che riporta la versione del programma di acquisizione, il nome del file dove sono memorizzate tutte queste informazioni ed i parametri dell'acquisizione. In questo caso, i dati vengono simulati e non vengono introdotte incertezze sperimentali nella ricostruzione dell'angolo.

Ogni volta che viene individuato un clic, vengono riportati il tempo di rilevamento e la posizione relativa alla boa. In caso di dati simulati, al fine di valutare le prestazioni del programma, per ogni click vengono elencati in ordine: la posizione ricostruita grezza, la posizione ricostruita corretta con il filtro di Kalman, la posizione originale. Per ogni caso la distanza tra la posizione generata e la posizione ricostruita sono elencate nella colonna **chi2 (m)**.

Quando il programma riconosce che il capodoglio ha iniziato la fase di emersione, le coordinate e il tempo dell'emersione vengono stimati e riportati nel registro insieme alla mappa del percorso della balena e all'elenco della posizione assoluta di tutti i clic. In Figure 43 è riportato un esempio: il punto blu rappresenta

Figura 41 - Struttura rotta

LA TRACCIA DEL CAPODOGLIO

WHALESAFE Acquisition Data Report

WHALESAFE Acquisition Program
Version 3.0 1/03/2020
this report file name: 20200405_1155.html

Data type: simulated

Error on reconstructed angles: 0.00 (degree)

Data transmission to portal: OFF

Detected click at 05 04 2020 09:55:56

deltaT (ms)	theta 1	phi 1	theta 2	phi 2	x (m)	y (m)	z (m)	chi2 (m)
-26.4	99.8	-66.7	103.0	-66.7	1490.2	-2742.4	-684.4	0.7
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1490.1	-2744.5	-686.5	3.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1490.0	-2741.8	-684.2	0.0

Detected click at 05 04 2020 09:56:06

deltaT (ms)	theta 1	phi 1	theta 2	phi 2	x (m)	y (m)	z (m)	chi2 (m)
-28.2	100.6	-66.5	103.8	-66.5	1491.6	-2715.0	-727.0	0.4
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1491.8	-2717.1	-730.9	4.2
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1491.7	-2715.4	-727.1	0.0

Detected click at 05 04 2020 09:56:16

deltaT (ms)	theta 1	phi 1	theta 2	phi 2	x (m)	y (m)	z (m)	chi2 (m)
-29.9	101.3	-66.3	104.6	-66.3	1493.5	-2689.1	-769.1	0.2
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1493.5	-2690.2	-773.9	5.0
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1493.5	-2688.9	-769.1	0.0

Detected click at 05 04 2020 09:56:26

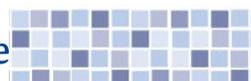
deltaT (ms)	theta 1	phi 1	theta 2	phi 2	x (m)	y (m)	z (m)	chi2 (m)
-31.6	102.1	-66.1	105.3	-66.1	1496.0	-2664.3	-809.9	2.1
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1495.6	-2664.0	-815.5	6.2

Figure 42 - Intestazione del file di sommario

la boa, il giallo indica la posizione di ogni clic e il punto rosso il punto di emersione. Dopo la fine della lista dei click viene riportata un'immagine tridimensionale che mostra la boa (cubo blu), il percorso completo e il punto di emersione (sfera rossa vuota) come mostrato in Figure 44.



WhaleSafe



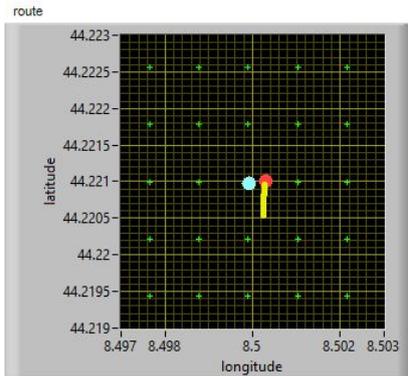
LA TRACCIA DEL CAPODOGLIO

Detected click at 05 04 2020 10:12:28

deltaT (ms)	theta 1	phi 1	theta 2	phi 2	x (m)	y (m)	z (m)	chi2 (m)
-17.6	96.4	-121.1	98.7	-121.1	-2305.4	-3702.3	-631.6	1.5
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2308.0	-3701.8	-632.8	2.7
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-2306.2	-3703.5	-631.8	0.0

Coordinate del punto di emersione: 8.50028 , 44.22102

Tempo previsto di emersione: 2020-04-05 12:13:52



Detected click at 05 04 2020 10:12:38

click #	longitude	latitude	depth (km)
0.000000	8.500233	44.220545	-0.399956
1.000000	8.500233	44.220549	-0.440760
2.000000	8.500234	44.220553	-0.494346
3.000000	8.500234	44.220557	-0.544377

Figure 44 – Stima del punto di emersione e sommario della rotta

97.000000	8.500271	44.220948	-0.689094
98.000000	8.500271	44.220952	-0.647008
99.000000	8.500271	44.220956	-0.604078

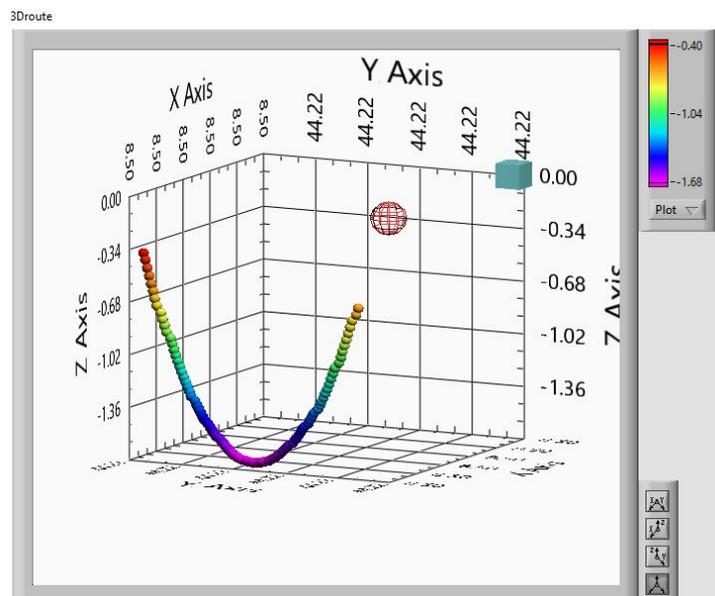


Figure 43 – Rapporto finale 3D



WhaleSafe



Il portale web

Le informazioni sulla presenza dei capodogli sono riportate nel sito <http://monitor.whalesafe.eu/>. Ogni volta che un click di capodoglio viene localizzato viene trasferito al portale dove è accessibile dalla sezione info ed è rappresentato sulla mappa.

È possibile definire il tempo di refresh della mappa in modo da avere riportato lo stato aggiornato della presenza dei cetacei nell'area del progetto. La persistenza dei dati sulla mappa può essere programmata ed è dell'ordine dell'ora. I click sono ripostati come punti mentre il punto di emersione è indicato assieme alle zone di sicurezza definite nel Protocollo di Condotta. Portando il puntatore su un click riportato sulla mappa mediante il tasto destro è possibile accedere alle informazioni principali (coordinate, profondità, tempo)

Whale Safe
WHALE protection from Strike by Active cetaceans detection and alarm issue to ships and FErries

Home | Map | **Info** | Stats | Ctrl | Refresh | Settings

General Info | Active predictions

Latest refresh 2020-04-07 11:44:10

Relevant Detection Interval 15 min

Current refresh interval 60 sec

Most Recent Detection 2020-04-07 11:44:08

Additional Info

#	Pred. Time	Lat	Lng	Radius	Obj
Latest detections 42					
#	Timestamp	Lat	Lng	Depth	Obj
0	2020-04-07 11:37:17	44.2215	8.47886	400.107	●
1	2020-04-07 11:37:27	44.2211	8.47949	439.985	●
2	2020-04-07 11:37:37	44.2206	8.48012	491.733	●

Figura 45 - Pagina INFO del portale

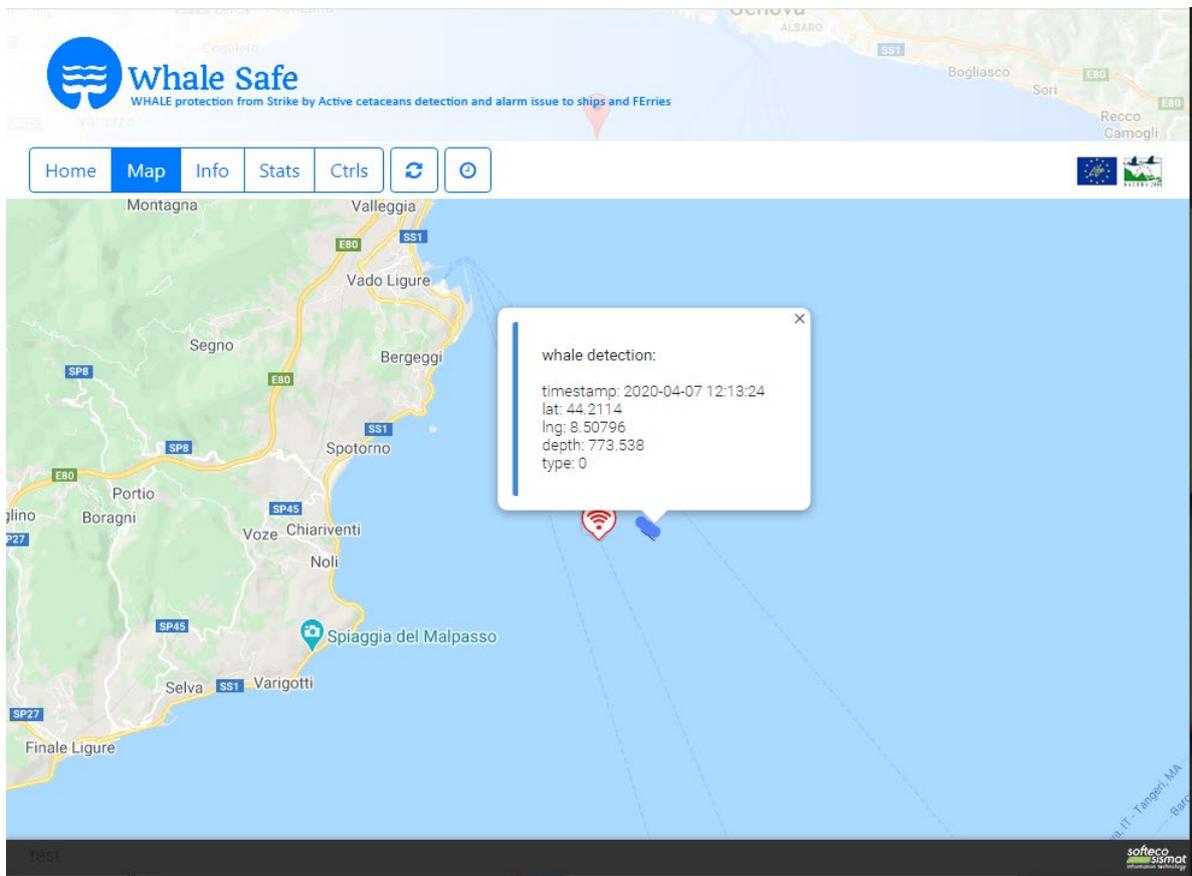


Figura 46 - Pagina MAP del portale

La generazione dell'allarme

Il computer sulla boa analizza le tracce sonore e dopo l'identificazione del clic trasmette al computer a terra ospitato dall'AMP Bergeggi tutti i parametri necessari per valutare la posizione del capodoglio. Il computer di Bergeggi AMP individua la balena e associa il punto a una traccia, quindi stima il punto e il tempo di emersione del cetaceo. Le informazioni vengono trasmesse a SOFTECO dove tali informazioni sono riportate sul portale e sull'app per smartphone. Queste informazioni vengono infine utilizzate dalla Guardia Costiera di Savona per inviare il messaggio di avviso alle navi nell'area al fine di rispettare il Protocollo di Condotta.



Figura 47 - Generazione dell'allarme

Per questo è stata preparata una variante al regolamento del centro VTS di Savona che prevede l'invio di due tipi differenti di messaggi a seconda del livello di allarme dell'area. La comunicazione avviene secondo la seguente tempistica:

- al momento in cui il livello di allarme diventa **giallo** in corrispondenza dell'inizio della risalita dell'animale, mediante comunicazione sonora in sala VTS il personale della Capitaneria è avvisato della presenza di un capodoglio in modo che possano seguire sul portale il movimento in immersione dello stesso e localizzare le eventuali imbarcazioni all'interno dell'area denominata ALERT ZONE e provvede ad inviare un primo messaggio di **WARNING**;
- nel momento in cui il livello di allarme diventa **arancione** mediante segnalazione sonora in sala VTS al personale della Capitaneria viene comunicato il punto di emersione previsto in modo che possa emettere un secondo messaggio di **ADVICE** a tutte le navi dell'area di 3 nm intorno alla posizione del capodoglio, comunicando le coordinate del punto di emersione stimato e provvede al monitoraggio;

LA GENERAZIONE DELL'ALLARME

- nel caso in cui una delle navi nell'area non rispetti la distanza prevista dal Protocollo di condotta il livello di allarme diventa **rosso** e la Capitaneria emette un terzo messaggio di **EMERGENCY** avvisando del rischio di collisione.

Il livello di allarme **rosso** è determinato dalla Capitaneria di Porto in quanto il VTS è in grado di localizzare tutte le imbarcazioni dotate di AIS che sono quelle più grandi e quindi più pericolose per i capodogli in caso di collisione.

In Figura 49 sono riportati i due momenti in cui si realizzano le condizioni di allerta **gialla** ed allerta **arancione**.

VARIANTE REGOLAMENTO DEL CENTRO VTS SAVONA

P.O.E. - PARA 3.2.1 COMUNICAZIONI DELLE NAVI CON IL CENTRO VTS (a pagina 30 inserire dopo il messaggio di primo contatto)

Ricevuta la segnalazione da parte del sistema di monitoraggio e rilevazione "WHALESAFE" di cui all'ordinanza n. ___/___ di questa Capitaneria di porto il Centro V.T.S. effettua servizio di informazione alle navi rilevate nella zona d'interesse della probabile emersione del capodoglio con messaggi markers di avviso "WARNING" con testo "probabile emersione di capodoglio in una zona di raggio circa di 0.25 avente centro nel punto di coordinate che verranno fornite a seconda del caso dal Centro di calcolo del progetto con sede a Genova presso l'Università Dipartimento di Fisica.

L'operatore provvede ad effettuare un MESSAGGE MARKERS di consiglio "ADVICE" riferendo al Comandante/i della nave/i di prendere azioni al fine di evitare una navigazione in prossimità qualora l'unità sia già all'interno dell'area o vi diriga secondo quanto previsto da calcoli cinematici. Qualora venga mantenuta la rotta l'operatore provvede alla successiva chiamata di "EMERGENCY" di rischio di collisione

Figure 48 - Article of the Savona Maritime Regulation dedicated to WHALESAFE

LA GENERAZIONE DELL'ALLARME

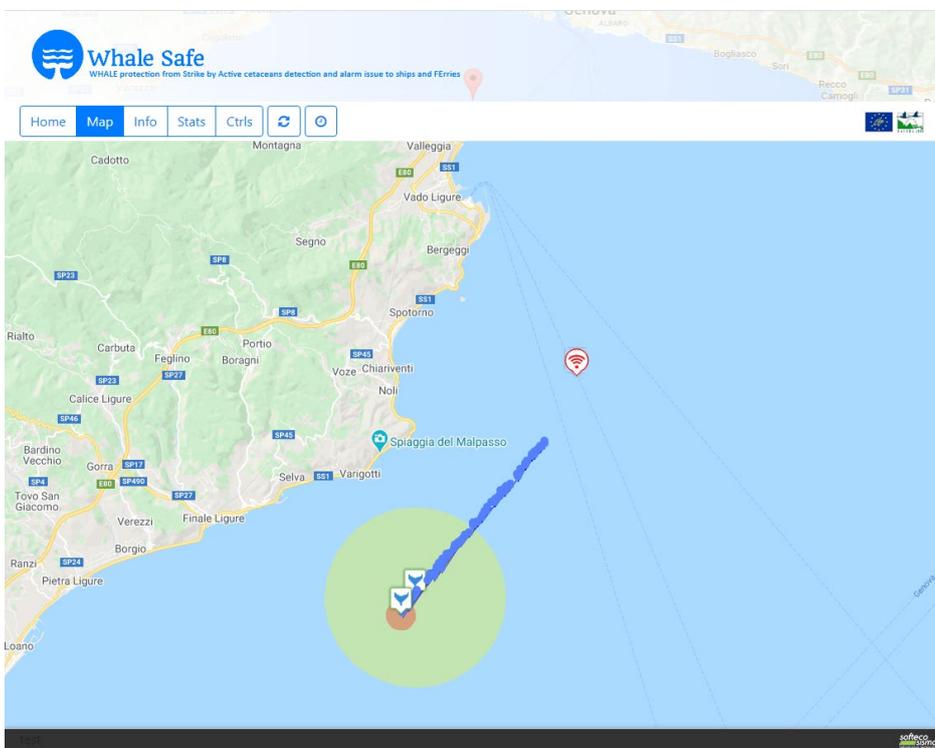
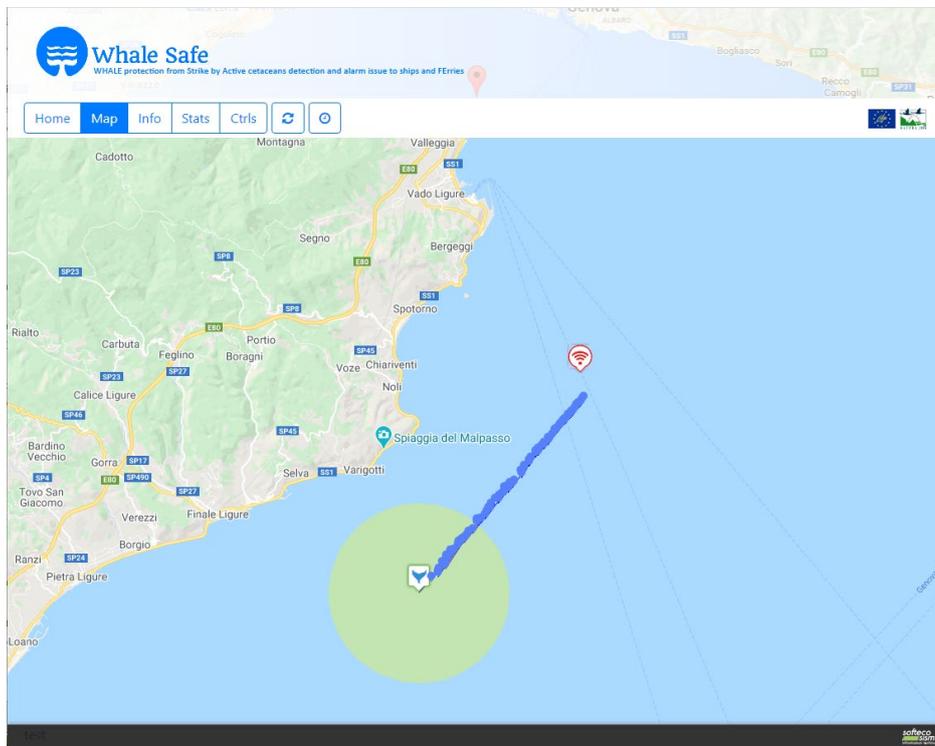


Figura 49 - Sopra: generazione livello allarme **giallo**, sotto: generazione livello allarme **arancione**



WhaleSafe



Il sistema in funzione

Come discusso nei capitoli precedenti l'attività di sorveglianza si basa sull'analisi continua del flusso di dati proveniente dal computer posto sulla boa e diretto al computer posto a Bergeggi. A seconda dell'esito dell'analisi vengono attivate azioni specifiche.

Durante il periodo di immersione il capodoglio emette in modo continuo una serie di click di ecolocalizzazione. Sono stati identificati tre momenti cruciali:

- il primo click, segnalante la presenza dell'animale nell'area;
- la componente vertical della velocità, indicante l'inizio del movimento di emersione;
- l'ultimo click, indicante l'avvicinarsi del capodoglio all'emersione.

L'efficacia di WHALESAFE si basa sulla possibilità di informare tempestivamente le imbarcazioni in merito alla presenza di un capodoglio in superficie. Per ottenere questo obiettivo:

- a) il primo click viene usato come pre-allerta necessario per attivare il personale della Capitaneria di Porto in modo che possa iniziare a seguire i movimenti dell'animale riportati sul portale e contemporaneamente verificare la presenza di navi nell'area,
- b) l'inizio del movimento di emersione che anticipa l'emersione stessa di circa 15 minuti, viene utilizzato per definire la zona di allerta e per avvisare le imbarcazioni con il messaggio di WARNING,
- c) l'ultimo click che anticipa l'emersione di circa 5 minuti, viene usato per definire con buona approssimazione il punto di emersione e la zona di transito attorno ad esso.

Riassumendo riteniamo che le barche possano essere avvisate con circa 20 minuti di anticipo, tempo sufficiente per permettere loro di modificare la propria rotta.

Nella tabella successiva i passi precedenti sono riassunti con le azioni eseguite dai due computer posti a Bergeggi e presso Softeco e quelle intraprese dal personale della Capitaneria di Porto di Savona.

Durante l'intero processo tutti i click ricostruiti vengono riportati sul portale.

IL SISTEMA IN FUNZIONE

Azione	PC@Bergeggi	PC@Softeco	Capitaneria di Porto	What
1	Primo click rilevato	Attivato allarme acustico presso sala di controllo della Guardia Costiera	Il personale presso la sala di controllo è attivato, la posizione del capodoglio è visibile sul portale	Nell'area è presente un capodoglio. Nella sala di controllo è ora possibile seguire il movimento dell'animale, verificare la presenza delle barche, valutare i rischi, valutare la necessità di inviare una pattuglia in mare
2	Il vettore velocità punta verso la superficie	Attivato allarme acustico presso sala di controllo della Guardia Costiera. Il livello di allarme è elevato a giallo , sulla mappa del portale viene riprodotta la zona di allerta	Il personale presso la sala di controllo comunica alle imbarcazioni nell'area il messaggio di WARNING	Il capodoglio ha iniziato il movimento ascendente. È ancora in profondità e ci vorranno diversi minuti (circa 15) prima di raggiungere la superficie. Questo tempo viene utilizzato per permettere alle imbarcazioni di modificare la propria rotta in modo da ridurre il rischio di collisione
3	Ultimo click rilevato	Attivato allarme acustico presso sala di controllo della Guardia Costiera. Il livello di allarme è elevato a arancione , sulla mappa del portale viene riportata la zona di transito	Il personale presso la sala di controllo comunica alle imbarcazioni nell'area il messaggio di ADVICE	Il capodoglio si sta avvicinando alla superficie. Dopo l'ultimo click ci vorranno ancora circa 5 minuti prima che il capodoglio raggiunga la superficie. Questo tempo viene utilizzato per permettere alle imbarcazioni per ottimizzare la propria rotta in modo da ridurre il rischio di collisione
4	Niente	Niente	Dall'inizio dell'azione precedente e per una durata di 15 minuti il personale presso la sala di controllo verifica il movimento delle barche e se necessario comunica il messaggio di EMERGENCY	Il capodoglio è in superficie e tutte le imbarcazioni sono state allertate. Il movimento delle imbarcazioni è monitorato costantemente dalla Capitaneria di Porto



WhaleSafe



IL SISTEMA IN FUNZIONE

5	Niente	Dopo 15 minuti dalla Azione 3 il livello di allarme torna a verde		Il capodoglio è tornato ad immergersi ed il rischio di collisioni è nullo
---	--------	--	--	---



WhaleSafe



Sistemi di sicurezza

La boa è dotata di alcuni sistemi di sicurezza per ridurre al minimo i danni da collisioni. Sulla boa è montato un AIS ed una telecamera, inoltre gli idrofoni vengono utilizzati per monitorare le barche a motore che si muovono nell'area circostante.

AIS

Sulla boa è montato un sistema autonomo prodotto dalla MSM (www.mesemar.com) che ospita un AIS Cronos prodotto da SRT Marine System Solution. L'AIS ha come numero identificativo MMSI: 992471154 e nome **WHALECAFE**. Il sistema emette un avviso automatico ogni qualvolta che un secondo AIS è individuato nel raggio di 300 m.

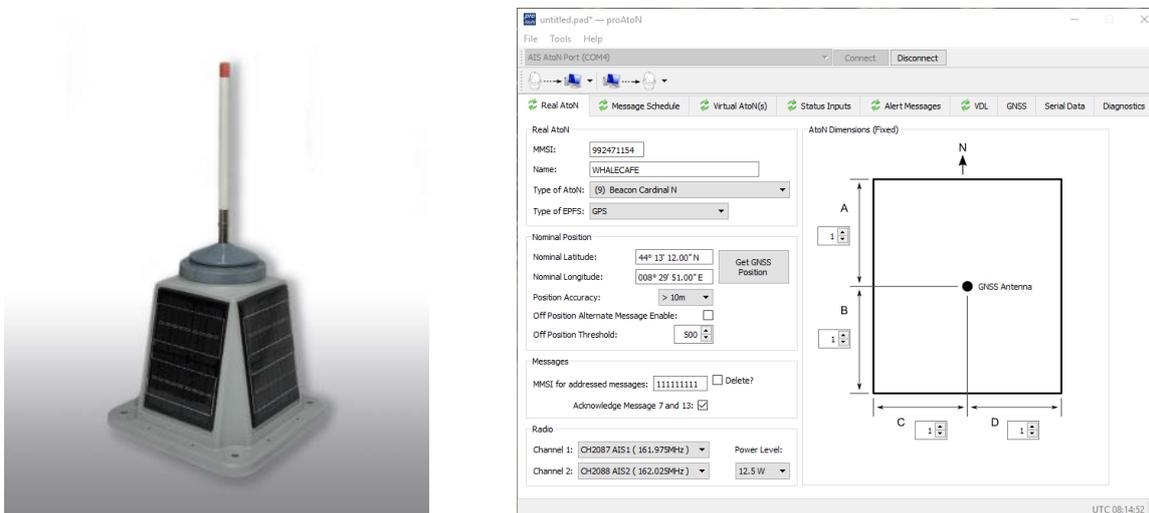


Figura 50 - Descrizione AIS

È possibile monitorare la posizione della boa sul portale www.marinetraffic.com. Nella prima delle due schermate (Figura 51) dove è graficata la densità di passaggio di imbarcazioni, è possibile verificare come la posizione della boa sia al limite delle rotte delle navi di grosso tonnellaggio (e quindi dotate di AIS), mentre nella seconda schermata (Figura 51) a risoluzione maggiore è possibile apprezzare il movimento della boa.

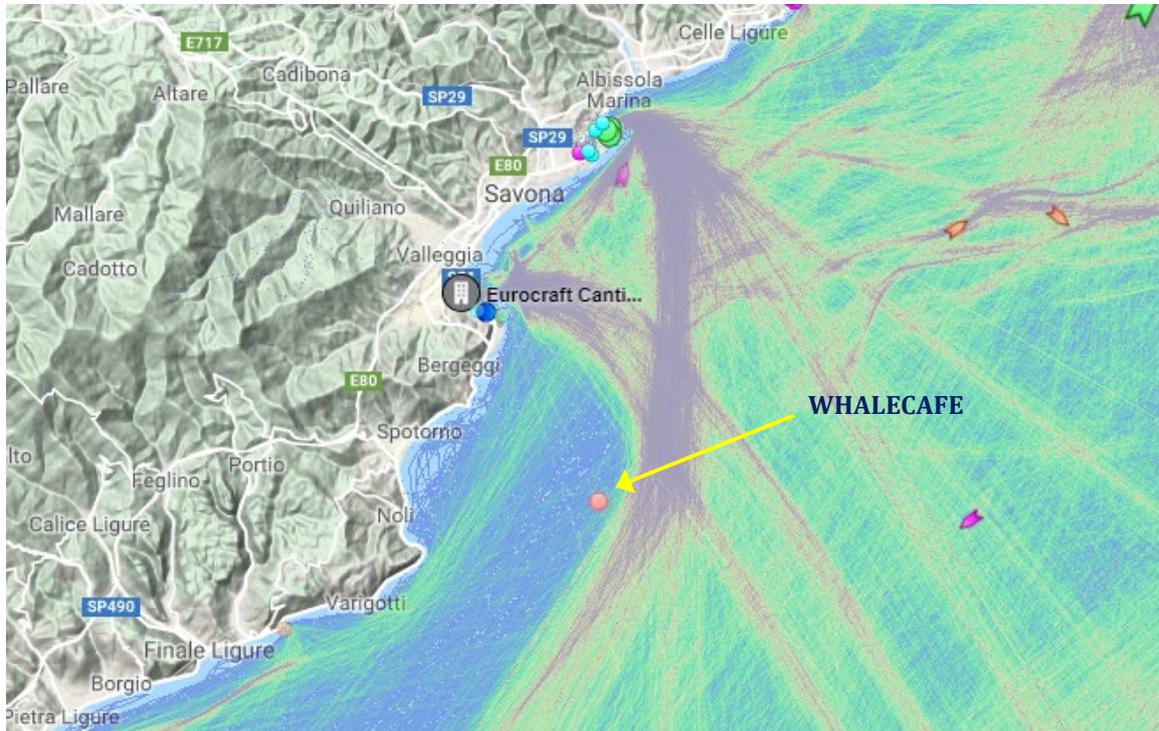


Figura 51 - La posizione della boa

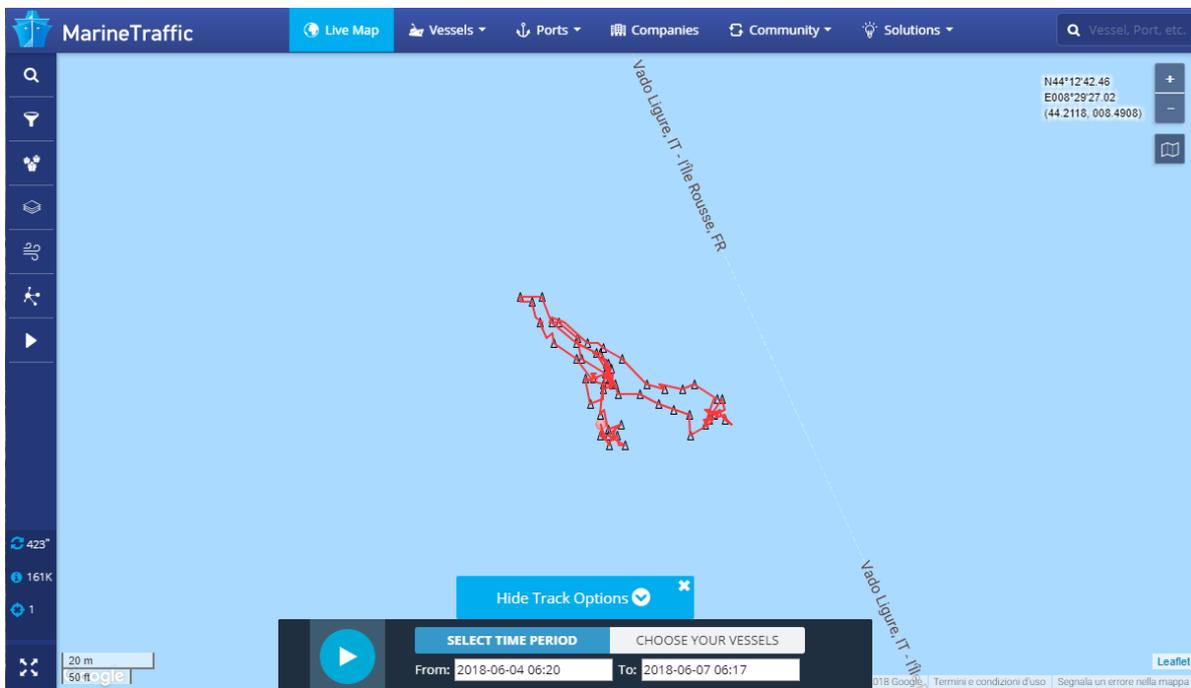


Figura 52 - Il movimento della boa

WEBCAM

Una webcam, modello Ratingsecu Pan Tilt Zoom, è installata sul castello della boa. Permette la ripresa in HD delle barche presenti nell'area.



Figura 53 - Webcam

IDROFONI

Gli idrofoni vengono utilizzati per il monitoraggio della presenza di imbarcazioni a motore entro un raggio di 400 m dalla boa (Figura 54). Ogni secondo viene fatta la cross-correlazione delle tracce sonore alla ricerca di segnali provenienti dalla superficie. L'area attorno alla boa è suddivisa in tre zone in funzione della distanza e viene misurata la durata della permanenza dell'imbarcazione nelle varie zone. Quando la presenza nell'area rossa più interna supera i 5 minuti, viene lanciato un allarme sotto forma di messaggio sms e mail.

- 1 : cross-correlazione, la presenza di una barca è segnalata da picchi nel plot
- 2 : distanza della barca in funzione del tempo (s)
- 3 : direzione della barca in funzione del tempo (s)
- 4 : plot 2D del movimento della barca
- 5 : livello di allarme proporzionale alla permanenza della barca nelle vicinanze della boa

La capacità di ascolto degli idrofoni si estende fino a circa 10 km come mostrato nelle figure riportate nelle pagine successive.

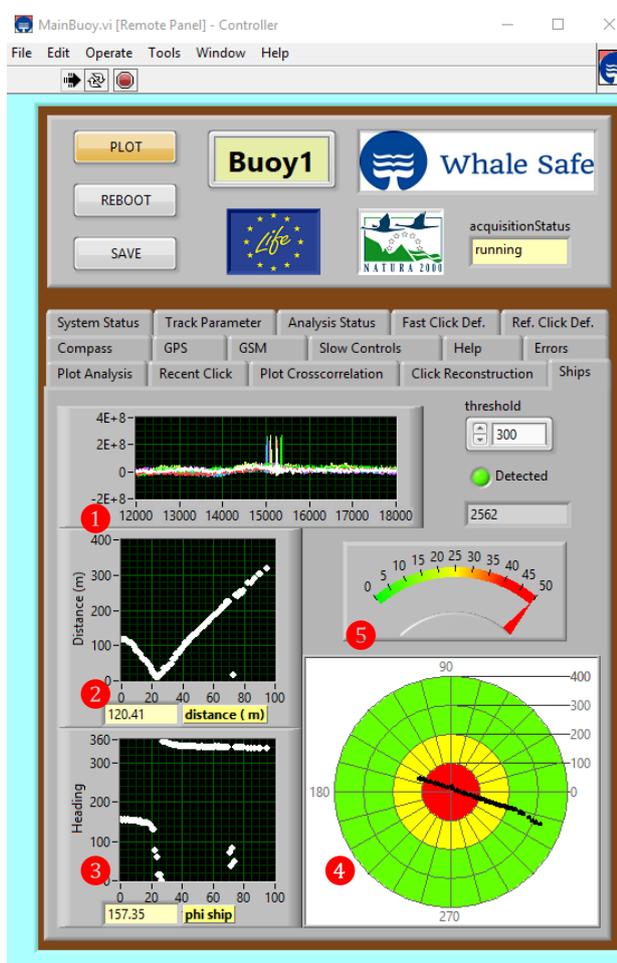
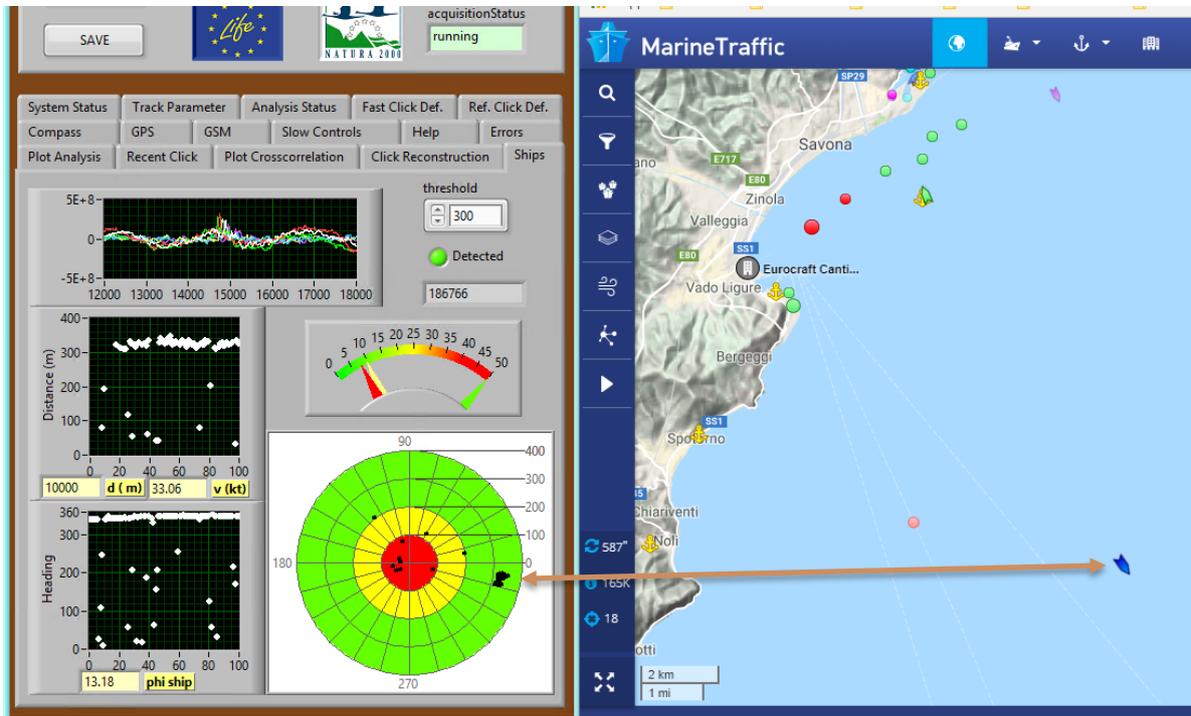
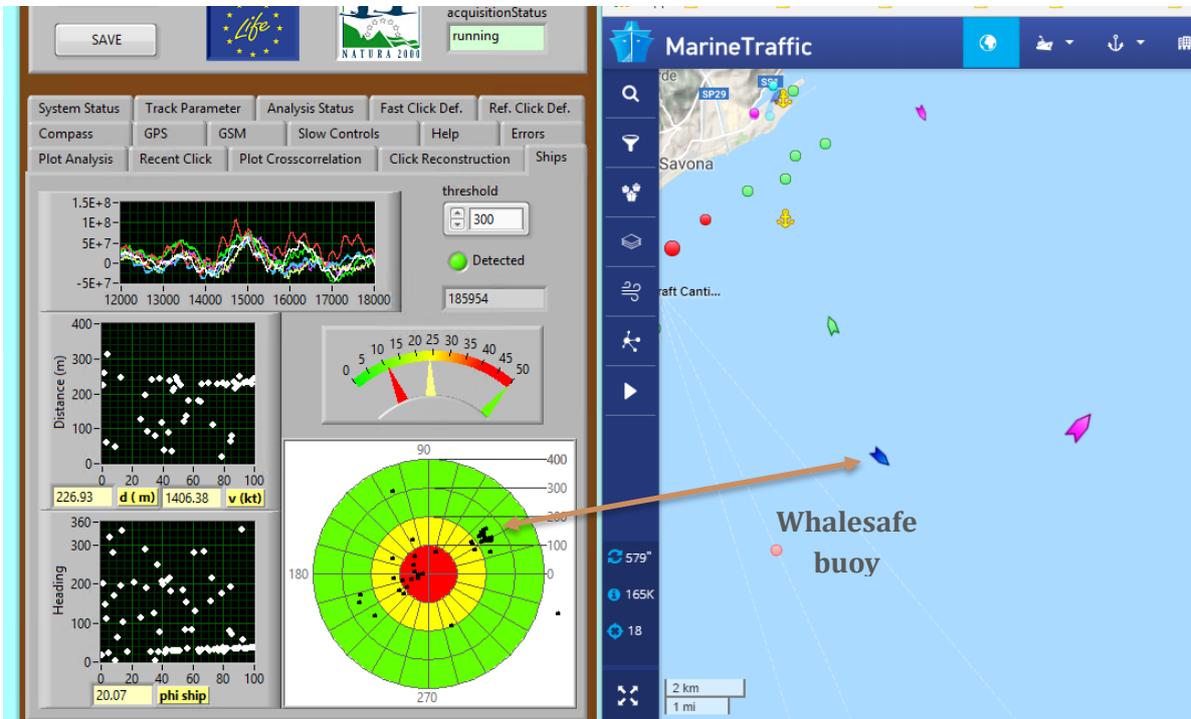
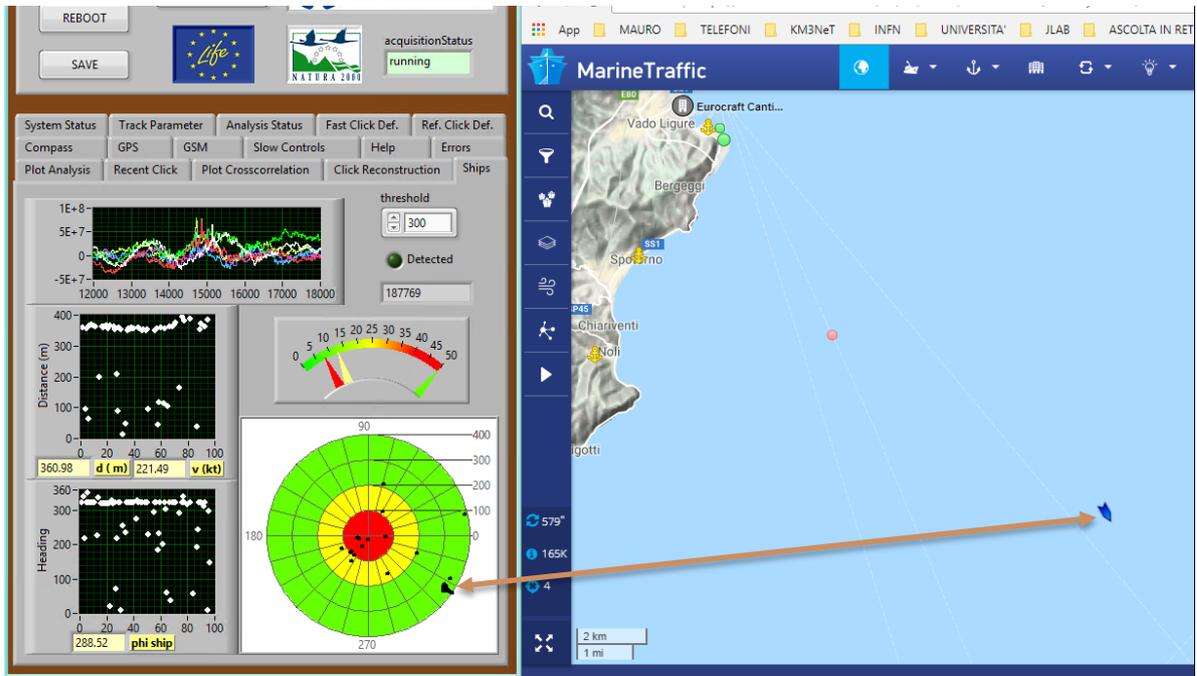


Figura 54 - Monitoraggio barche con idrofoni

SISTEMI DI SICUREZZA



SISTEMI DI SICUREZZA



WhaleSafe



Informazioni di contatto

Mauro Taiuti
taiuti@ge.infn.it

Università degli Studi di Genova
Via Dodecaneso, 33, I-16142 GENOVA - ITALY
Tel. +39 0103536240
<http://www.whalesafe.eu>

