



PROCEDURA RISTRETTA A TERMINI ABBREVIATI PER L’AFFIDAMENTO DEL SERVIZIO DI ESPIANTO DI TALEE DI POSIDONIA OCEANICA DAI FONDALI TRA PUNTA S. AGOSTINO E PUNTA MATTONARA NEL PORTO DI CIVITAVECCHIA E REIMPIANTO DELLE MEDESIME TALEE NEI FONDALI TRA PUNTA DEL PECORARO E CAPO LINARO IN COMUNE DI SANTA MARINELLA, COMPRENSIVA DEI SERVIZI DI GEOREFERENZIAZIONE, MAPPATURA E MONITORAGGIO QUINQUENNALE. CIG: 31184301D8.

Relazione tecnico descrittiva delle indagini strumentali propedeutiche alla progettazione esecutiva delle opere di compensazione di cui al Provvedimento Direttoriale prot. DVA-DEC-2017-00003 del 12.01.2017

RELAZIONE TECNICA

1. INTRODUZIONE	4
1.1 FINALITÀ DEL LAVORO	4
1.2 DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI	5
1.3 INQUADRAMENTO AREA DI LAVORO	5
2. SISTEMI DI RIFERIMENTO	6
3. INDAGINI ACUSTICHE NELLO SPECCHIO ACQUEO ANTISTANTE LE LOCALITÀ DI CIVITAVECCHIA E SANTA MARINELLA	7
3.1 DESCRIZIONE IMBARCAZIONE.....	7
3.2 DESCRIZIONE STRUMENTAZIONE.....	8
3.2.1. LISTA STRUMENTAZIONE	8
3.2.2. SISTEMA DI NAVIGAZIONE.....	9
3.2.3. SISTEMA MULTIBEAM (MBES).....	9
3.2.4. SISTEMA SIDE SCAN SONAR (SSS).....	19
3.2.5. SISTEMA ROV	20
3.3. SISTEMI DI GESTIONE ED ELABORAZIONE DATI	23
3.3.1. ELABORAZIONE DATI MBES	23
3.3.2. ELABORAZIONE DATI SSS	23
3.3 SOFTWARES DI RESTITUZIONE CARTOGRAFICA	24
3.4 GIS.....	24
3.5 RISULTATI DEI RILIEVI IN CAMPO	25
3.5.1. RILIEVO AREA P1	25
3.5.2. RILIEVO AREA P2.....	26
3.5.3 RILIEVO AREA P3	27
3.5.4. RILIEVO AREA P4.....	28
3.5.5. RILIEVO AREA P5	28
3.6. ELABORAZIONE DATI ROV	29
3.6.1 Acquisizione mediante R.O.V. punto P3	29
3.6.2 Acquisizione mediante R.O.V. punto P4	32
3.6.3 Acquisizione mediante R.O.V. punto C3.....	34
3.6.4 Acquisizione mediante R.O.V. punto C4.....	36
4. ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DI IMMAGINI SATELLITARI	39
4.1 INTRODUZIONE.....	39

4.2	WORLDVIEW-2.....	40
4.3	SENTINEL-2	43
4.4	RISULTATI DELLA CLASSIFICAZIONE DELLE IMMAGINI.....	48
4.4.1.	CLASSIFICAZIONE AREA P1	49
4.4.2.	CLASSIFICAZIONE AREA P2	52
4.4.3.	CLASSIFICAZIONE AREA P3	55
4.4.4.	CLASSIFICAZIONE AREA P4	58
4.4.5.	CLASSIFICAZIONE AREA P5	61

1. INTRODUZIONE

Nel Novembre del 2018, la Nuova Indago s.r.l. ha avviato le attività per l'esecuzione di una serie di rilievi bati-morfologici di dettaglio e indagini R.O.V. nelle acque antistanti le località di Santa Marinella e Civitavecchia, la restituzione dei dati, la redazione finale delle carte e del report in oggetto.

L'incarico è stato espletato con sistema Multibeam (MBES) GeoSwath Plus 250 kHz e Side Scan Sonar (SSS) Klein 3000 e Structure Scan HDS con una copertura totale del fondale. Inoltre è stato effettuato un rilievo con sistema R.O.V. UD6. I rilievi sono stati condotti tra Dicembre e Marzo 2019 con l'utilizzo di un apposito mezzo navale autorizzato.

Contestualmente si è provveduto con l'individuazione delle immagini satellitare da acquisire.

Sono quindi state acquisite due immagini satellitari a copertura della zona in studio, relative all'inizio 2019. Si è optato di utilizzare immagini acquisite dal satellite WorldView-2, un satellite ottico commerciale ad altissima risoluzione gestito dalla società DigitalGlobe, ed immagini rilevate dal satellite Sentinel-2, appartenente al Programma Europeo di osservazione della terra Copernicus.

Nella seguente relazione tecnica vengono riportati le modalità e i risultati delle indagini svolte sul campo e le successive elaborazioni per la redazione delle carte finali.

1.1 FINALITÀ DEL LAVORO

Il presente lavoro è stato svolto al fine di mappare i fondali in 5 aree a largo di Santa Marinella e Civitavecchia. Il fine ultimo è stato quello di realizzare carte batimetriche e morfologiche di dettaglio dell'area oggetto di indagine.

1.2 DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI

Si riporta una lista delle abbreviazioni che possono essere presenti all'interno del corpo principale della relazione tecnica:

ABBREVIAZIONE	DEFINIZIONE
DGPS	Differential Global Positioning System
DTM	Digital Terrain Model
GIS	Geographic Information System
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
MBES	MultiBeamEchoSounder
MSL	Mean Sea Level
SVP	Sound Velocity Profile
UTC	Universal Time Coordinated
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS84	World Geodetic System 1984

Tabella 1.-. Elenco abbreviazioni

1.3 INQUADRAMENTO AREA DI LAVORO

Le aree in cui sono stati effettuati i rilievi comprendono fondali compresi tra 3 e 40 metri e un'estensione compresa tra 1.2 e 3.6 km² (Figura 1). Le 5 aree sono dislocate tra le località di Civitavecchia (2 aree) e Santa Marinella (3 aree).

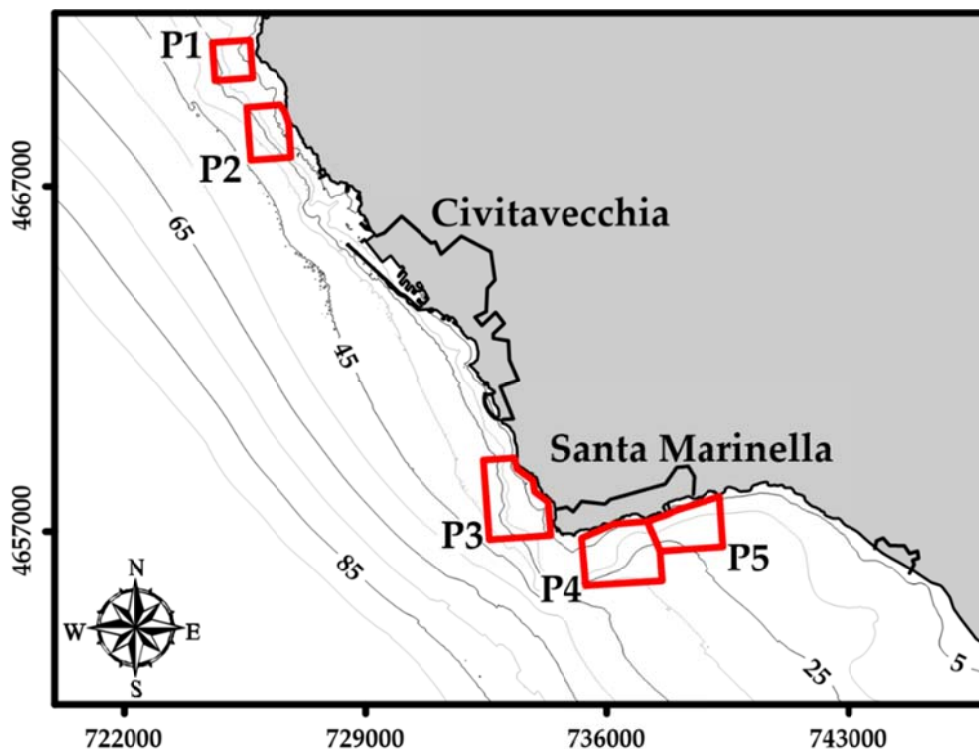


Figura 1 – Inquadramento e dettaglio delle aree di indagine (riquadri rossi).

2. SISTEMI DI RIFERIMENTO

L’acquisizione dei dati di posizionamento orizzontale è stata effettuata utilizzando il Datum WGS84, proiezione Universale Trasversa di Mercatore (UTM), Fuso 33 Nord, con meridiano centrale 15°. Nella Tabella 2 sono riportati i parametri geodetici utilizzati durante il rilievo in fase di acquisizione.

DATUM		PROIEZIONE	
Spheroid	WGS84	Grid Projection	UTM 32 N
Datum	WGS84	Projection Type	UTM
Semi-major axis	6,378,137 m	Central	Zone Est: 9° 00'
Semi-minor axis	6,356,752.314245	Latitude of	0° 00' 00" N
Eccentricity (e ²)	0.00669437999	False Easting	500.000m
Inv. Flattening	298.257223563	False Northing	0,00 m
		Scale Factor on	0,9996

Tabella 2 - Parametri geodetici utilizzati in acquisizione.

Le variazioni del livello idrometrico avvenute durante i rilievi (marea) sono stati ottenute dalla stazione mareografica della RMN (Rete Mareografica Nazionale) presente nel porto di Civitavecchia.

3. INDAGINI ACUSTICHE NELLO SPECCHIO ACQUEO ANTISTANTE LE LOCALITÀ DI CIVITAVECCHIA E SANTA MARINELLA

3.1 DESCRIZIONE IMBARCAZIONE

Per le indagini in campo è stata utilizzata un'imbarcazione di medie dimensioni, ottimale



per il rilievo in questione.

Figura 2– Foto imbarcazione usata per i rilievi

L'imbarcazione è dotata di una coperta in cui è stata allestita la centrale di acquisizione dei dati. L'allestimento della coperta è riportato in figura 3. Esternamente è stato montato il trasduttore montato a palo su cui è stato alloggiato anche il sistema di posizionamento GPS e la Girobussola. Il trasduttore del Side Scan Sonar è invece portato a traino ammainandolo dalla poppa dell'imbarcazione.

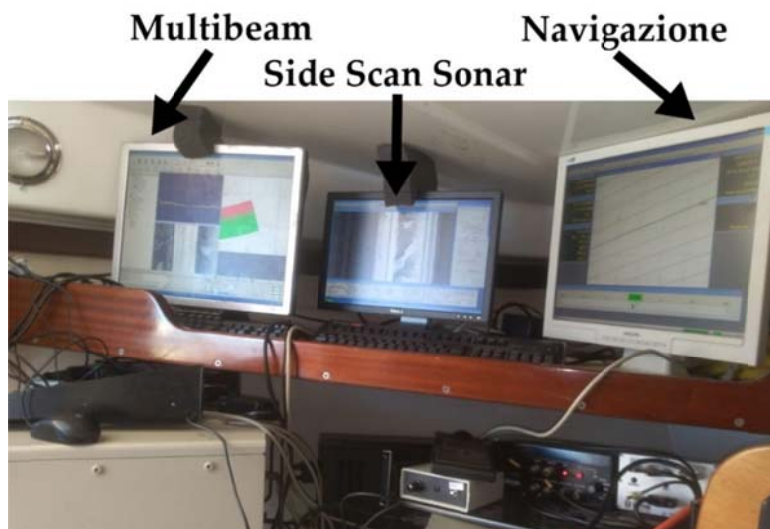


Figura 3– Allestimento della centrale di acquisizione imbarcazione per i rilievi durante le fasi di MOB.

3.2 DESCRIZIONE STRUMENTAZIONE

3.2.1. LISTA STRUMENTAZIONE

Hydrographical & Geophysical Equipment		
Qty	Spare	Description
1	1	DGPS + Differential Correction Signals – NavCom 2030
1		Survey Gyro and MRU – Teledyne Vector Pro and TSS DM-05
1	1	Velocity Profiler with winch / wire – Valeport Monitor SVP
1		Kongsberg Geoswath 250kHz
1	1	SSS – Klein3000 e Lowrance Structure Scan HDS
Acquisition & Processing Software/Tools		
Qty	Spare	Description
1		On-Line Data Navigation System – Trimble Hydro Pro and GS+ 3.19

1		Offline MBES Data Processing System – GS+
1		SSS Acquisition/Processing/Mosaicing Software – Sonar TRX – GS+
1		Cartography and Layout – QGIS
Underwater Inspection		
Qty	Spare	Description
1	1	R.O.V. – UD6

Tabella 1 - Strumentazione a bordo

3.2.2. SISTEMA DI NAVIGAZIONE

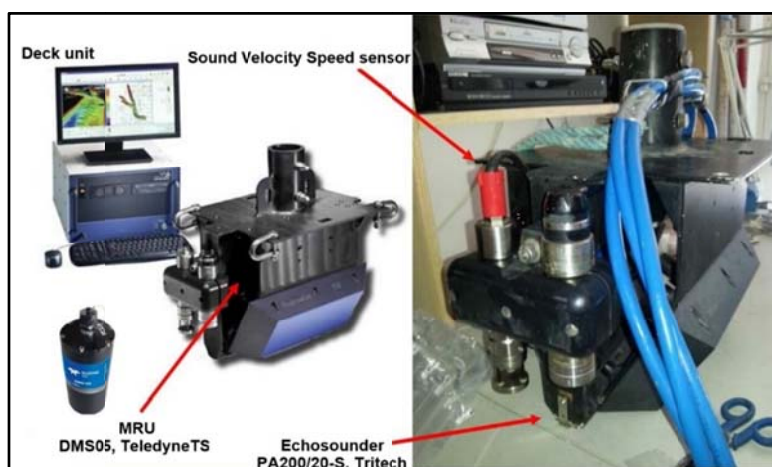
Il sistema di navigazione impiegato è un sistema GPS-GNSS in modalità RTK le cui correzioni sono fornite dalla rete NetGeo mediante una connessione internet. Il servizio NetGeo è il servizio ufficiale dal 2011 dall’IGM (Istituto Geografico Militare) per la rete di correzione differenziale di posizionamento. Il sistema di navigazione si compone di un GPS NAVCOM, una Girobussola Gyro V100 sensor e il software di navigazione HYDRO - Pro della Trimble che permette di gestire i dispositivi di posizionamento, creare l’interfaccia di navigazione, effettuare la progettazione delle linee di acquisizione e registrare le rotte effettuate durante i rilievi.

3.2.3. SISTEMA MULTIBEAM (MBES)

Il sistema GeoSwath si basa sul principio della misura comparata dell’angolo di fase. Descritto comunemente come multibeam interferometrico, lo strumento è configurato con un trasduttore di dritta e uno a sinistra, allineati a circa 30 gradi dall’orizzontale. Ogni trasduttore ha un trasmettitore e più ricevitori. L’impulso trasmesso è simile a quello usato da Side Scan Sonar: angolo “across track” di ogni trasduttore molto ampio (maggiore di 150 gradi), angolo “along track” molto stretto (circa 1 grado), per circa 30 microsecondi di

lunghezza (corrispondente a circa 7.5cm, modificabile dall'utente). Gli impulsi provenienti dai due trasduttori si sovrappongono sotto l'imbarcazione, fornendo una copertura supplementare in questa zona.

Il MBES GeoSwath Plus 250 è corredato di una serie di sensori che collaborano alla precisione del dato finale. Il sistema è composto da un trasduttore, MRU (sensore di moto), echosounder (altimetro) e sensore di velocità del suono. Le informazioni acquisite confluiscono nella deck unit di acquisizione che riceve inoltre anche le informazioni



relative al posizionamento (GPS) e orientazione rispetto al nord (Girobussola).

Figura 4 – Sistema Geoswath

Il sistema nella sua completezza è composto da:

- Sistema di posizionamento con servizio di correzioni RTK-GPS NetGeo
- Sistema Multibeam interferometrico: GEOSWATH PLUS, Kongsberg 250kHz
- Mini sonda di velocità: Mini SVS, Valeport;
- Sensore di moto: MRU DMS05, TeledyneTSS;
- Girobussola: DGPS Gyro V100 sensor
- Sonda di velocità: Monitor SVP, Valeport;

- Software per rilievi idrografici e processing: GeoAcoustic GS+;

3.2.3.1. SONDA DI VELOCITÀ SVP

I profili della velocità di propagazione del suono nell'intera colonna d'acqua, necessari per una corretta conversione dei tempi di ritorno del segnale in distanze in fase di elaborazione, sono stati acquisiti tramite una sonda per la misura della velocità del suono in acqua che è stata calata lungo la colonna d'acqua durante il rilievo. Il modello utilizzato è il Valeport Monitor SVP immerso dall'imbarcazione fino al fondo. Dall'immersione lungo la colonna d'acqua si ottiene un profilo di velocità al variare della profondità. La sonda dispone di una sua memoria interna e dopo le misure va collegata ad un terminale sul quale va scaricato il file contenente velocità e profondità. Il file va poi inserito nel software di acquisizione. A seguire, il grafico ricavato dalle misure in sito (Fig. 5).

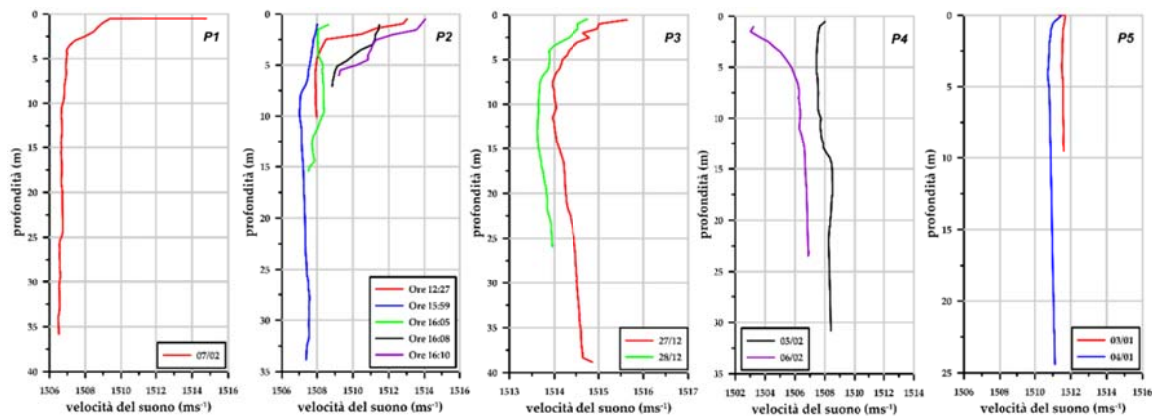


Figura 5 RegISTRAZIONI della velocità del suono

3.2.3.2. DATI MAREA

I dati di marea sono stati ricavati dalle misurazioni effettuate per mezzo della stazione mareografica installata all'interno del Porto di Civitavecchia da gennaio 2010 posta alle coordinate Lat 42° 05' 38.25"N, Long 11° 47' 22.73"E. Dai dati storici registrati in maniera continua dal 31/01/2016 al 17/08/2018 (riportati alla pressione di 1013Hpa), con il toolbox

Matlab T-Tide di Pawlowicz et al., sono stati calcolati i valori di LMM locale e LRS (calcolato mediando tutti i valori minimi di bassa marea registrati nei giorni di marea sizigiale¹) dalla relazione LMM – LRS è stato quindi determinato per differenza lo Z0. Il valore ottenuto è stato confrontato con lo Z0 riportato nella carta I.I.76 al fine di validare il risultato ottenuto (scarto 2 centimetri). I parametri ottenuti dall’analisi dei dati mareografici sono riportati in tabella 4.

LMM	LRS	Z0
-0.0002	-0.18	0.18

Tabella 4 - Riassunto dei parametri ottenuti dall’analisi dei dati mareografici; LMM (Livello Medio Marea), LRS (Livello Riferimento Scandagli).

Per l’attività di rilievo sono stati elaborati i dati dei giorni in cui sono stati effettuati i rilievi mentre per la determinazione dei parametri LMM e LRS sono stati analizzati i dati dal 31/01/2016 al 17/08/2018.

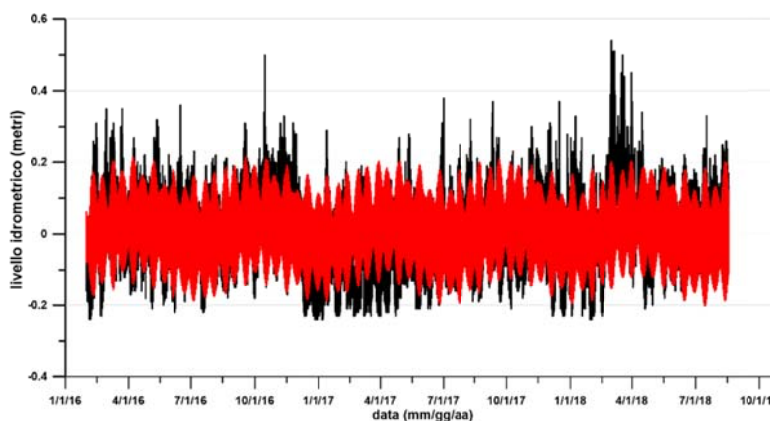


Figura 6 - Risultati acquisizioni della stazione mareografica. a) serie temporale storica (nero) e componente mareale estratta (rossa); b) serie temporale acquisita durante il rilievo, inizio e fine del rilievo sono indicati dalle linee tratteggiate.

I dati mareografici relativi alle singole campagne sono riportati nelle seguenti figure. Durante il rilievo in area P1 il livello del mare è stato decrescente con un dislivello verticale di circa 0.2 m (Figura 7).

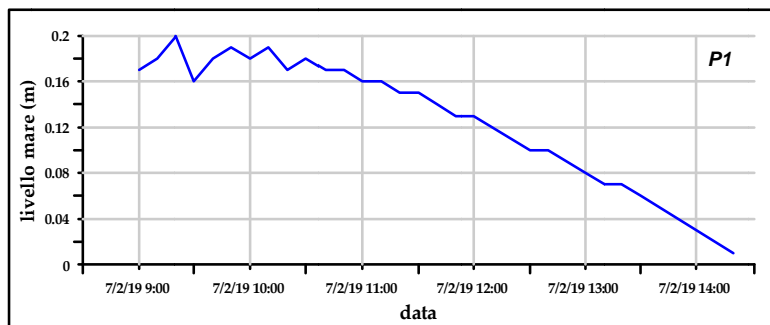


Figura 7 Serie mareografica registrata durante il rilievo in area P1

Durante il rilievo in area P2 il livello del mare è stato nel primo giorno quasi costante mentre nel secondo giorno decrescente con un dislivello verticale di circa 0.15 m (Figura 8).

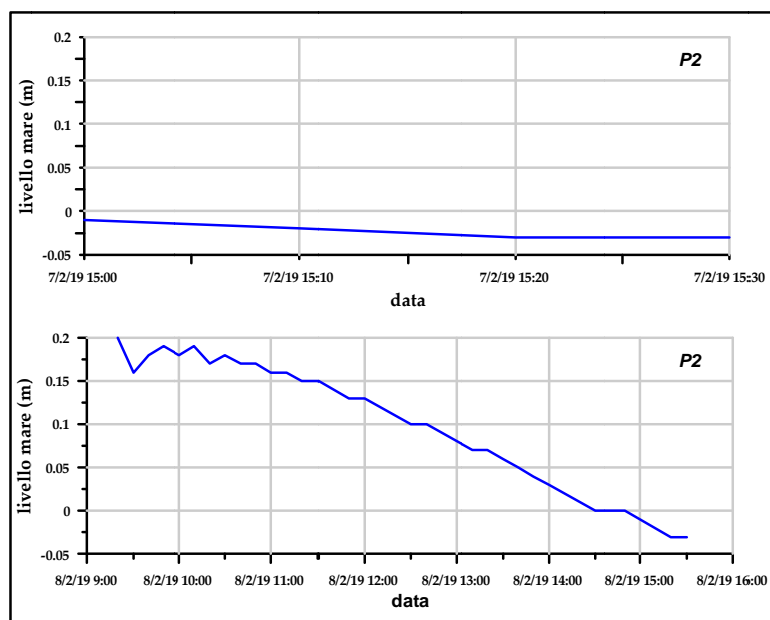


Figura 8 Serie mareografica registrata durante il rilievo in area P2

Il rilievo in area P3 è stato eseguito a cavallo del cambio di marea in entrambi i giorni con un dislivello verticale di circa 0.22 durante il primo giorno e 0.24 m il secondo giorno (Figura 9).

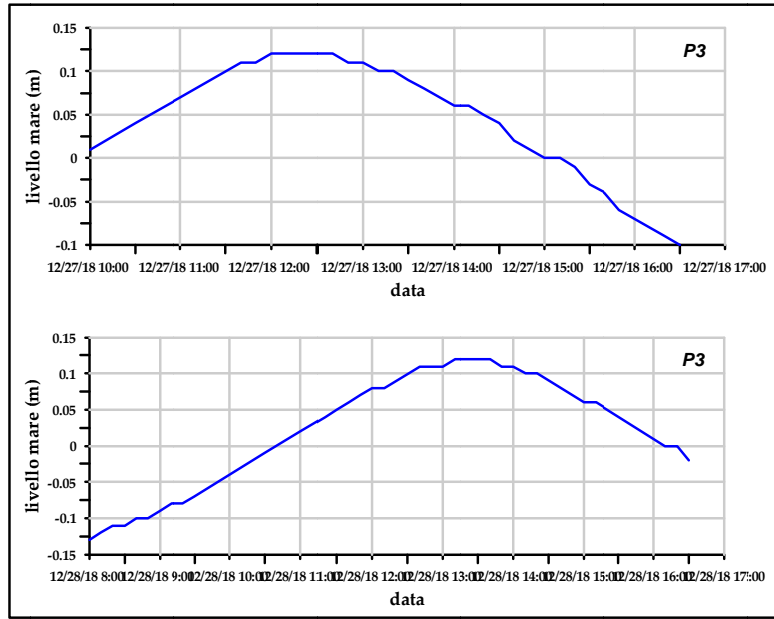


Figura 9 Serie mareografica registrata durante il rilievo in area P3

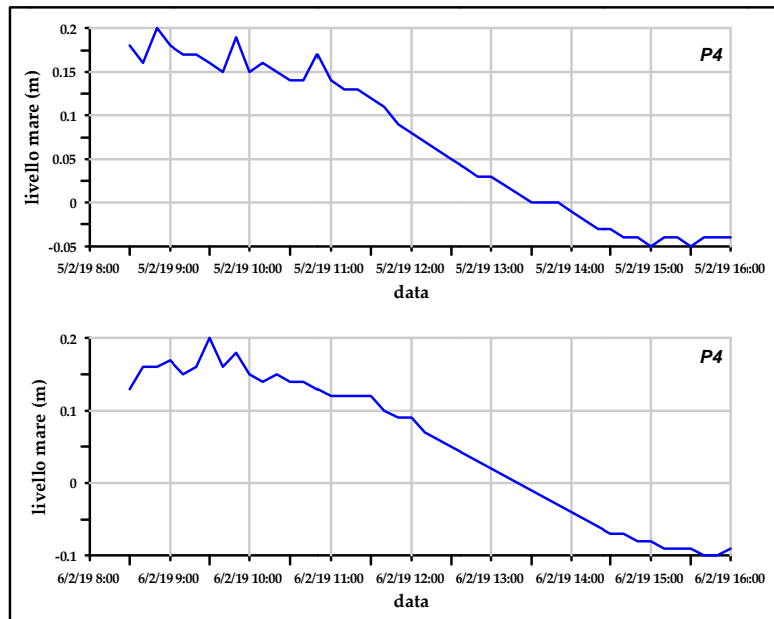


Figura 10 - Serie mareografica registrata durante il rilievo in area P4

Il rilievo in area P4 è stato eseguito in entrambi i giorni durante la marea calante con un dislivello verticale di circa 0.25 m durante il primo giorno e 0.3 m il secondo giorno (Figura 10).

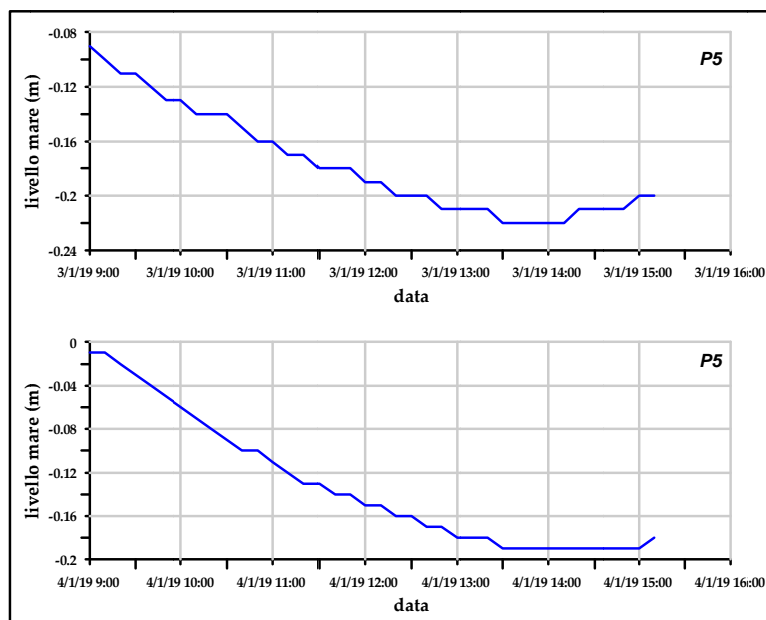


Figura 11 - Serie mareografica registrata durante il rilievo in area P5

Il rilievo in area P5 è stato eseguito in entrambi i giorni durante la marea calante con un dislivello verticale di circa 0.14 m durante il primo giorno e 0.15 m il secondo giorno (Figura 11).

3.2.3.3. SET-UP E CALIBRAZIONE

Il sistema MBES interferometrico è stato installato "a palo" sul lato destro dell'imbarcazione. Il sistema GeoSwath permette l'alloggio del sensore di rollio/beccheggio/onda (MRU) nella testa quindi il sensore di moto non presenta offset rispetto al trasduttore (Fig. 6).

L'antenna del GPS è stata posizionata in asse con il trasduttore eliminando l'offset orizzontale tra i due elementi con conseguente riduzione di possibili errori sistematici.

Gli offsets verticali misurati sono relativi alla distanza tra il trasduttore e il livello del mare e tra l'altezza dell'antenna e il livello del mare. Tali valori sono stati acquisiti prima di ogni

rilievo nel caso in cui la strumentazione sia stata smontata dalla sua posizione tra un rilievo e un altro. I valori di offset misurati e inseriti nel progetto di acquisizione sono riassunti in figura 12.

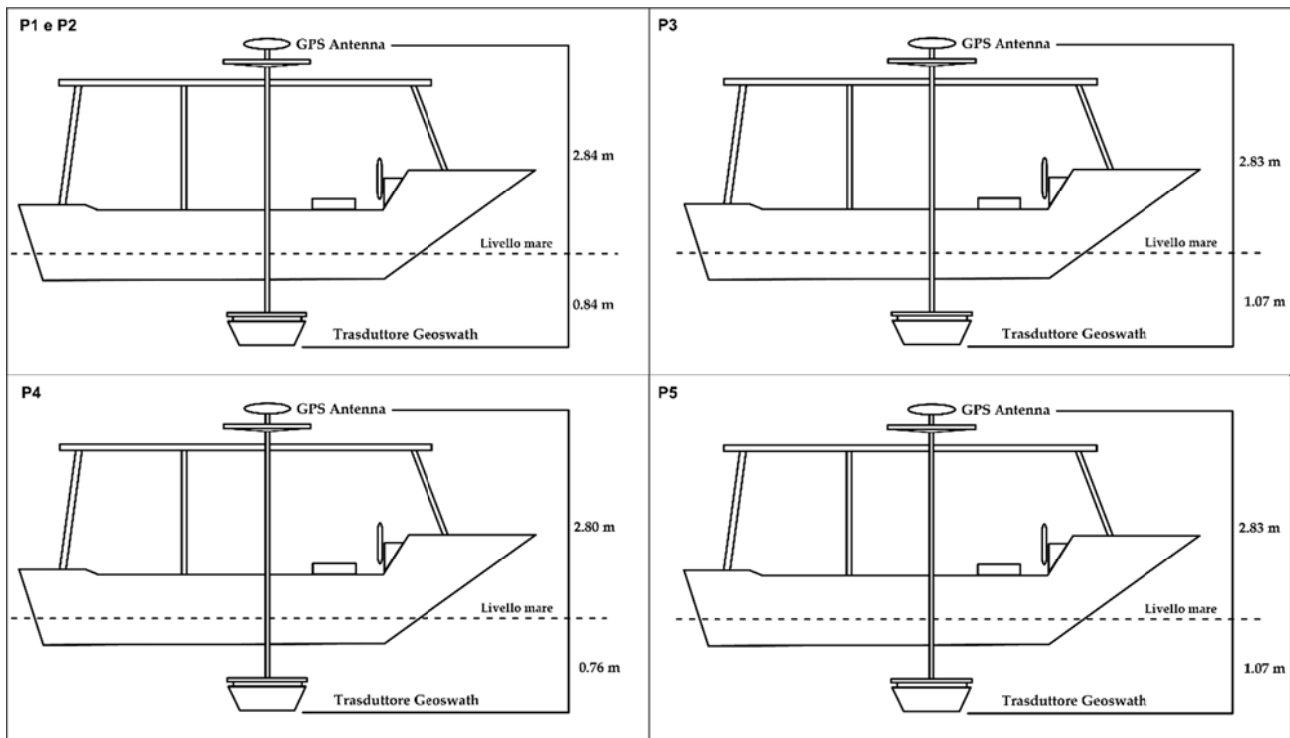


Figura 12 Offsets misurati sull'imbarcazione

La calibrazione del Sistema multibeam avviene attraverso una serie di operazioni che si svolgono durante il rilievo. Il Sistema MRU misura i movimenti di rollio e la misura può avere una latenza di processamento e di trasferimento dell'informazione. È stata effettuata una calibrazione per definire l'*attitude latency offset* seguendo la procedura standard:

- Navigazione lungo una linea lentamente a circa 3 nodi su un fondale piatto;
- Durante la navigazione far rollare la barca il più possibile;
- Processare la linea senza calibrazione
- Riprocessare la linea re-process con differenti valori. Il valore dipende dalle caratteristiche tecniche del sistema MRU utilizzato. Il processo termina quando il valore

fornisce un fondale livellato. Nel nostro caso il processo ha portato ad un valore di 0.04 e i risultati del procedimento sono visibili in figura 13.

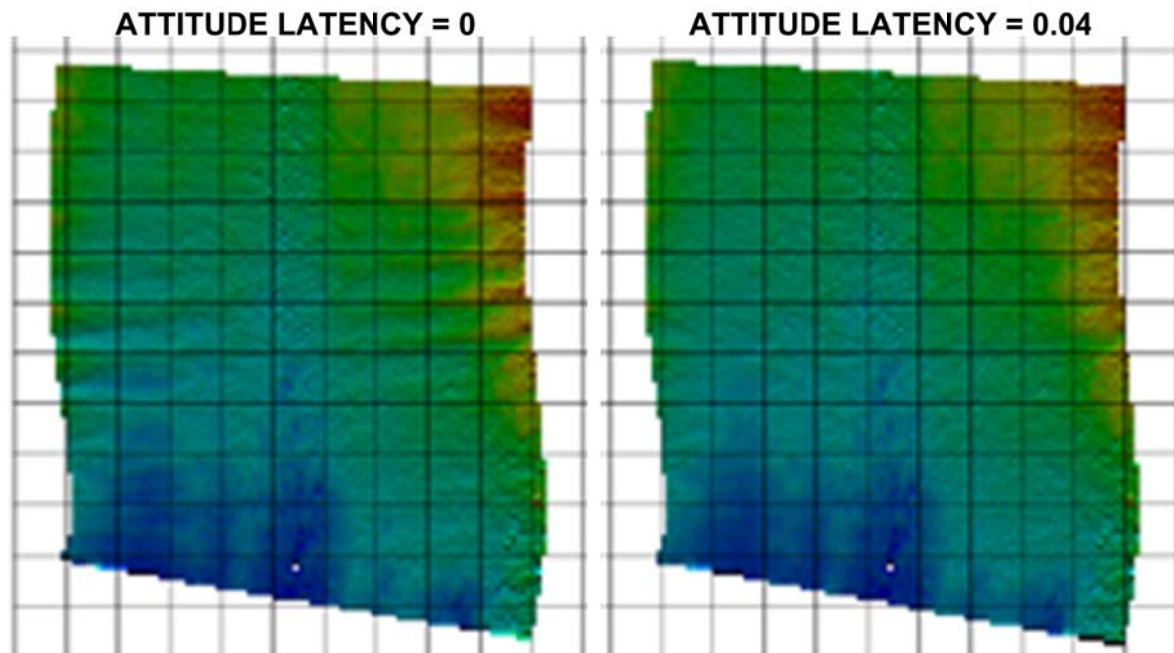


Figura 13. Risultato della calibrazione del parametro di attitude latency offset

Successivamente al termine di ogni singolo rilievo è stata eseguita la calibrazione mediante la tecnica del patch test. Attraverso tale procedura sono stati ottenuti i valori di calibrazione dei parametri di ROLL, PITCH and YAW. La procedura di acquisizione delle linee di calibrazione è stata la seguente:

- Latency: 2 linee nella stessa direzione con sovrapposizione totale a diversa velocità passando sopra un target o una parete ripida;
- Roll: 3 linee percorse in direzione opposta con sovrapposizione del 100% per ogni canale su un fondale piatto;
- Pitch and Yaw: 3 linee in direzione opposta con sovrapposizione del 100% per ogni canale perpendicolarmente ad un canale, una parete ripida o un target.

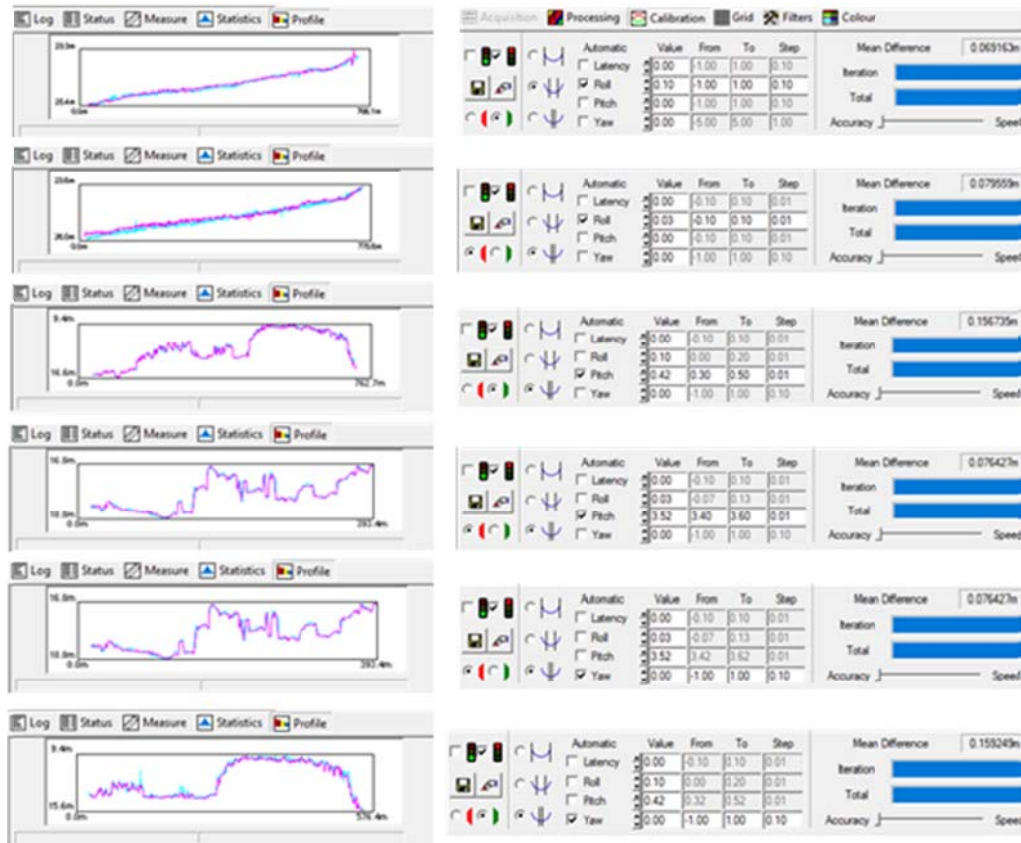


Figura - 14 Interfaccia di controllo di qualità della calibrazione del software GS

Il processamento delle linee di calibrazione attraverso il software GS+ ha permesso di ottenere i parametri di calibrazione applicati poi per il processamento finale delle linee di acquisizione. Il software permette un controllo di qualità dei valori di calibrazione ottenuti comparando i profili delle linee processate e fornendo un valore di differenza media tra le linee. (Figura 14). I parametri ottenuti sono riportati in tabella 5.

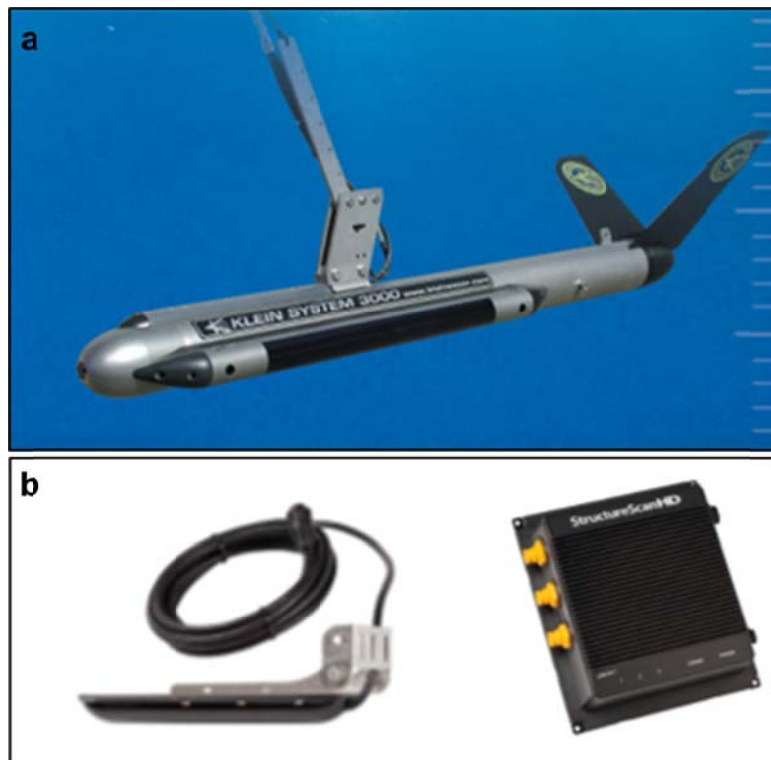
<i>Rilievo</i>	<i>Latency</i>	<i>Roll</i>		<i>Pitch</i>		<i>Yaw</i>
P1	0.21	0.13	-0.29	-0.93	0.81	-0.2
P2	0.21	0.13	-0.29	-0.93	0.81	-0.2
P3	0.2	0.29	-0.48	0.78	0.36	-6
P4	-0.05	0.55	0	2.7	0.72	0.3
P5	0.4	0.37	-0.5	-5.02	6.1	-2.2

Tabella 5 - Valori di calibrazione calcolati e applicati nei rilievi MBES (Rosso: Port; Verde: Starboard)

3.2.4. SISTEMA SIDE SCAN SONAR (SSS)

Sono stati utilizzati due sistemi SSS, il Klein 3000 e lo Structure Scan HDS della Lowrance. Il sistema Klein 3000 è un SSS che acquisisce a traino e rappresenta l'ultima tecnologia delle immagini digitali side scan. Acquisisce simultaneamente in due frequenze 100 e 500 kHz. Il Sistema viene trainato dall'imbarcazione attraverso il cavo collegato direttamente alla deck unit da cui è possibile visualizzare le registrazioni e interfacciare la navigazione considerando la lunghezza del cavo in acqua. Il range di acquisizione del Klein 3000 è stato di 100 m per canale. Prima dell'immersione viene effettuato un dry test sui due canali laterali di ricezione al fine di verificare il corretto funzionamento. Il software di acquisizione è il SonarPro incorporato nel computer di acquisizione.

Il sistema Structure Scan HDS della Lowrance è un sistema a 400 kHz montato a palo che permette la scansione del fondale ad alta risoluzione. Tale sistema è stato impiegato insieme al Klein3000 in quanto è un sistema più performante per la mappatura dei bassi fondali che rappresentano un'ampia porzione delle aree di indagine. I dati del sistema Lowrance sono registrati direttamente su supporto magnetico dall'unità di superficie. Il sistema è stato interfacciato con lo stesso sistema di posizionamento usato per il Klein 3000 e per il multibeam. Il range di acquisizione del Lowrance è stato di 50 m per canale.



**Figura 15 – a) Side Scan Sonar Klein 3000 e b) SSS Lowrance Structure Scan HDS
utilizzati per i rilievi**

3.2.5. SISTEMA ROV

Il Sistema utilizzato è un mini ROV progettato per rapide ed efficienti osservazioni sottomarine. Il Sistema include un pc con il software di controllo e un cavo di 250 metri, è dotato di 6 motori da 700W cadauno e ha una camera da 1080 p. Il veicolo è stato dotato di un manipolatore, luci extra e sistema di posizionamento.

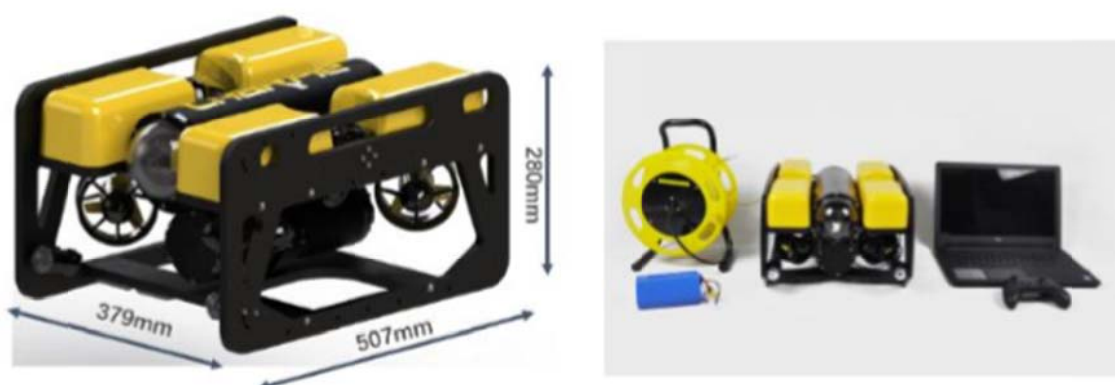


Figura 16. - Sistema ROV

Le indagini sono state condotte il 03 e il 20/03/2019 in cui sono stati ispezionati i punti e i transetti forniti dalla committenza riportati in tabella 6 e 7. In particolare sono stati effettuati rilievi puntali presso le stazioni C3, C4 e P3, P4 e rilievi lungo transetti localizzati presso due stazioni denominate R1 e R2.

Stazione	START_X	START_Y	END_X	END_Y
R1	11.82791827990	42.03280428600	11.82806104760	42.03254920780
	11.82771269450	42.03272814330	11.82784975150	42.03245783650
	11.82758705900	42.03268245760	11.82772601950	42.03242166870
	11.82752424120	42.03245022220	11.82818097240	42.03270530040
	11.82748616980	42.03250542570	11.82805914400	42.03273956470
	11.82745761630	42.03255872560	11.82801916910	42.03279286460
R2	11.82672622210	42.03427817680	11.82816817550	42.03539890290
	11.82685471300	42.03417823940	11.82834663510	42.03525613520
	11.82694751200	42.03403547170	11.82861075530	42.03510622920
	11.82784534080	42.03539818390	11.82818153790	42.03464652370
	11.82766217410	42.03521693870	11.82798593760	42.03450751570
	11.82743424560	42.03500323650	11.82775195010	42.03434480550
	11.82729368320	42.03484200520	11.82761138770	42.03418357420
	11.82706280080	42.03469591130	11.82738050530	42.03403748030

Tabella 6 - Transetti di progetto eseguiti nelle stazioni R1 e R2

Stazione	X	Y
C3	11.82440000000	42.02055000000
	11.82478300000	42.01946700000
C4	11.85355000000	42.02110000000
	11.85233300000	42.01926700000
	11.85058300000	42.01878300000
P3	11.81564000000	42.03780000000
P4	11.85164000000	42.02007000000

Tabella 6 – Punti di ispezione eseguiti nelle stazioni C3, C4 e P3, P4

Le immagini registrate che compongono i filmati sono state corredate da: data, heading, coordinate di navigazione e profondità come illustrato nella figura 17.



Figura 17 – Immagine ROV durante acquisizione completa di informazioni a schermo

3.3. SISTEMI DI GESTIONE ED ELABORAZIONE DATI

3.3.1. ELABORAZIONE DATI MBES

Il software di elaborazione e gestione GeoAcoustic GS+ ha permesso di interfacciare tutti i sistemi salvando, così, i dati morfo-batimetrici in un unico *data file*, il quale successivamente è stato sottoposto alle elaborazioni previste.

Una volta inseriti nel software i valori ottenuti in fase di calibrazione, i profili della velocità del suono in acqua e i dati di marea, è stato possibile filtrare i dati originali allo scopo di eliminare tutte le componenti di rumore isolando al contempo il dato valido già corretto per posizione, orientamento, velocità del suono in acqua.

La procedura di *processing* dei dati ha subito le seguenti fasi:

- Upload file con profilo di velocità eseguito con SVP;
- Upload file contenente valori di marea;
- Processing del dato con applicazione di filtri e despiking finalizzato alla creazione degli elaborati.

I file così ottenuti contengono tutti i dati ritenuti validi in coordinate xy associati alla profondità misurata z. Il prodotto finale è un DTM con risoluzione di 1m dei fondali dell'area di indagine.

3.3.2. ELABORAZIONE DATI SSS

I dati SSS acquisiti sono stati processati mediante il software Sonar TRX attraverso il quale è possibile elaborare i tracciati side-scan. L'elaborazione avviene determinando il TVG, applicando successivamente lo slant range sull'immagine side-scan ed effettuare il mosaicing dei tracciati Side Scan. Le singole immagini processate sono state assemblate sul software cartografico QGIS.

3.3 SOFTWARES DI RESTITUZIONE CARTOGRAFICA

I grid con risoluzione 1 metro MBES e i mosaici del SSS sono stati ulteriormente elaborati con software quali Surfer e QGIS. Surfer è stato impiegato per la realizzazione del DTM finale dei rilievi mentre gli elaborati cartografici allegati alla relazione sono stati realizzati mediante il QGIS. Gli elaborati cartografici si compongono di 2 carte per aree di rilievo. In una è presente il mosaico SSS sovrapposto al DTM e isobate spaziate di 1-2m; nella seconda è presente il DTM del rilievo MBES.

3.4 GIS

Tutti i dati rilevati sono stati gestiti in un apposito DataBase, fruibile tramite piattaforma GIS (Geographic Information Systems), al fine di analizzare, elaborare e rappresentare i dati del progetto in ambito geografico.

Il G.I.S. trova applicazione in tutti i campi legati all'informazione territoriale e si propone di diventare sempre più un sistema integrato. L'informatizzazione di dati alfanumerici, l'acquisizione di basi grafiche (immagini satellitari, SSS, MBES, carte di base e carte tematiche, punti ROV), permettono di creare un unico sistema globale consultabile ed aggiornabile in tempo reale.

E' stato possibile trasferire su GIS anche cartografie apparentemente non sovrapponibili. Sofisticata tecnica di georeferenziazione hanno infatti consentito la sovrapposizione di cartografie che utilizzano sistemi di riferimento non omogenei. Applicando le dovute trasformazioni i fogli georeferiti nel sistema di riferimento prescelto (WGS84 fuso 33) ed i dati acquisiti nel corso delle attività, sono stati sovrapposti in diversi layers al fine di tenere sempre aggiornato il sistema, potendo così apportare sui fogli stessi tutte le modifiche ed integrazioni che si sono rese necessarie.

Il sistema realizzato è stato utilizzato gestire i dati e per produrre cartografie di progetto.

3.5 RISULTATI DEI RILIEVI IN CAMPO

In questa sezione sono riportati i modelli tridimensionali relativi alle indagini MBES mentre le elaborazioni cartografiche relative ai rilievi MBES e SSS sono riportati nella cartografia allegata in formato A0. Relativamente ai rilievi ROV sono stati forniti i filmati completi delle indagini e il file di navigazione in formato.

3.5.1. RILIEVO AREA P1

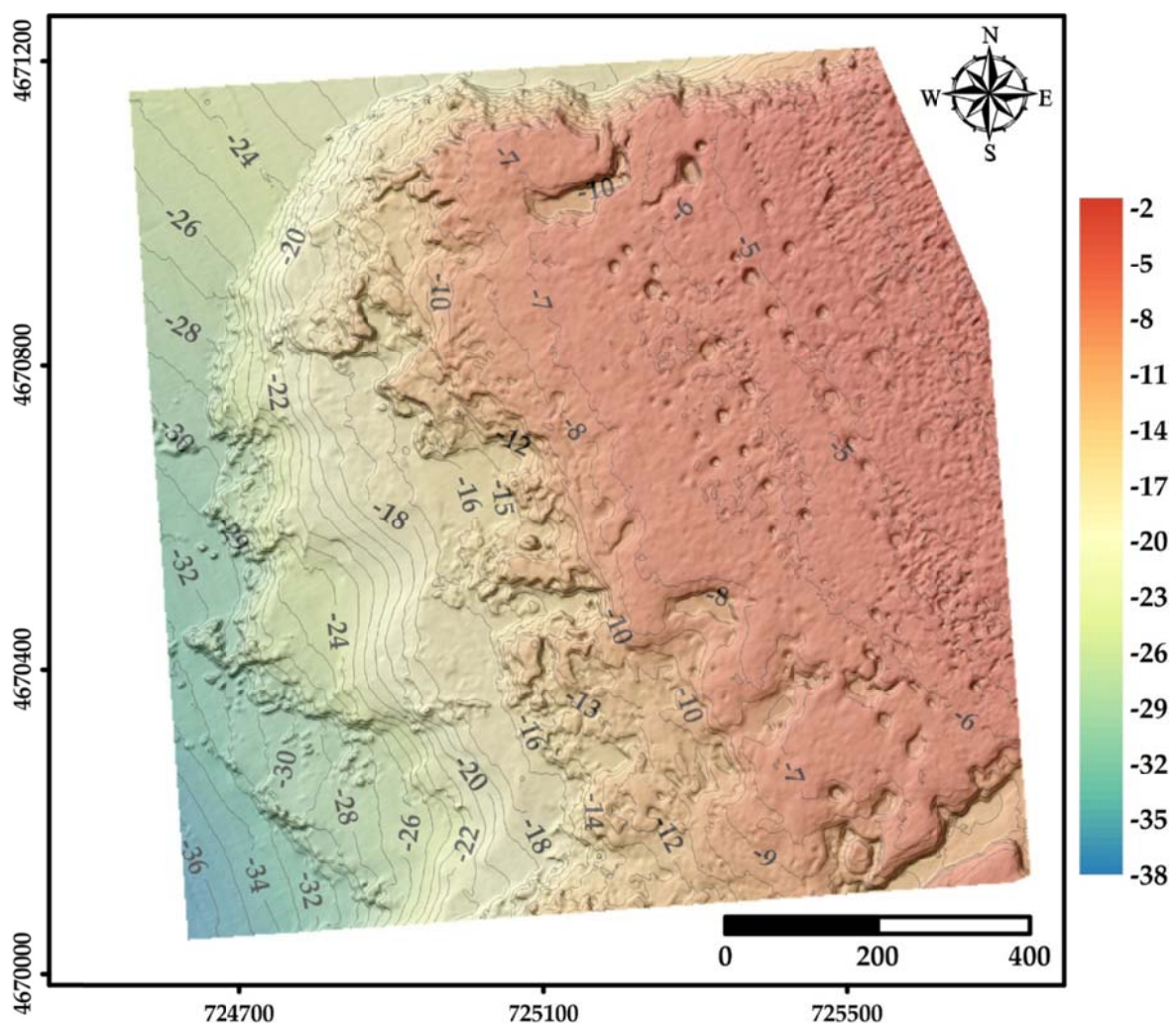


Figura 18 – DTM area P1 (profondità espresse in metri)

3.5.2. RILIEVO AREA P2

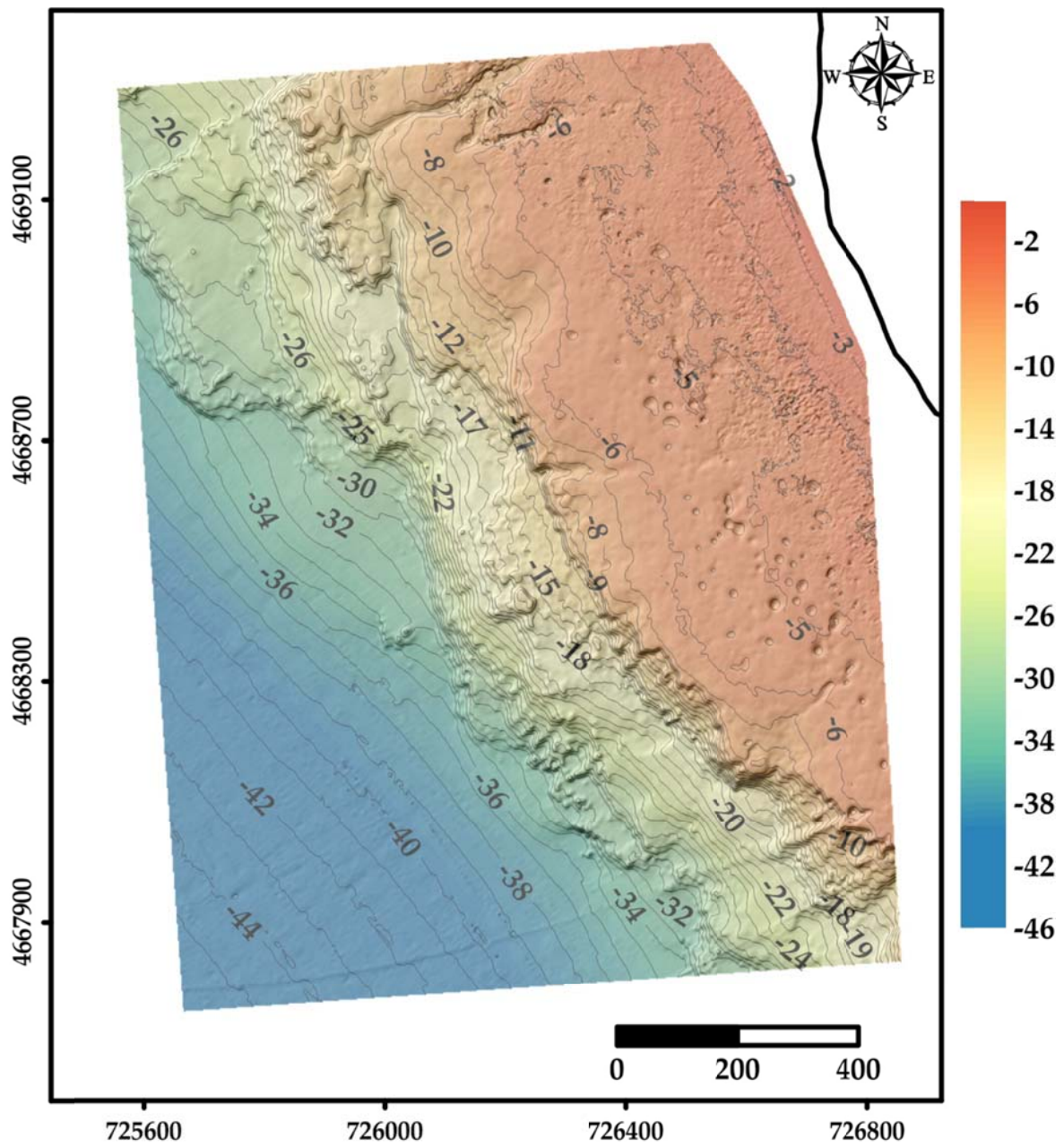


Figura 19 – DTM area P2

3.5.3 RILIEVO AREA P3

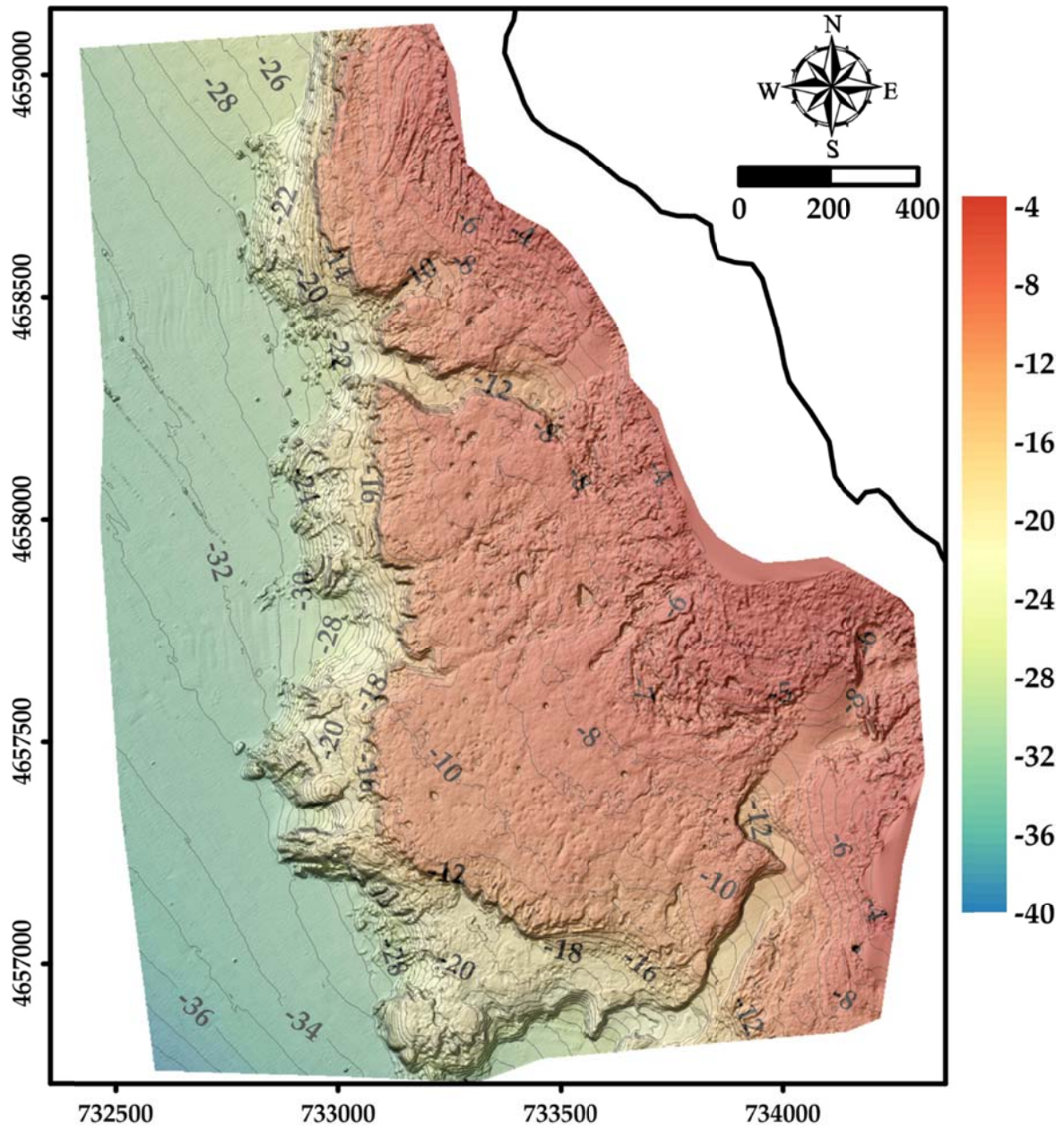


Figura 20 – DTM area P3

3.5.4. RILIEVO AREA P4

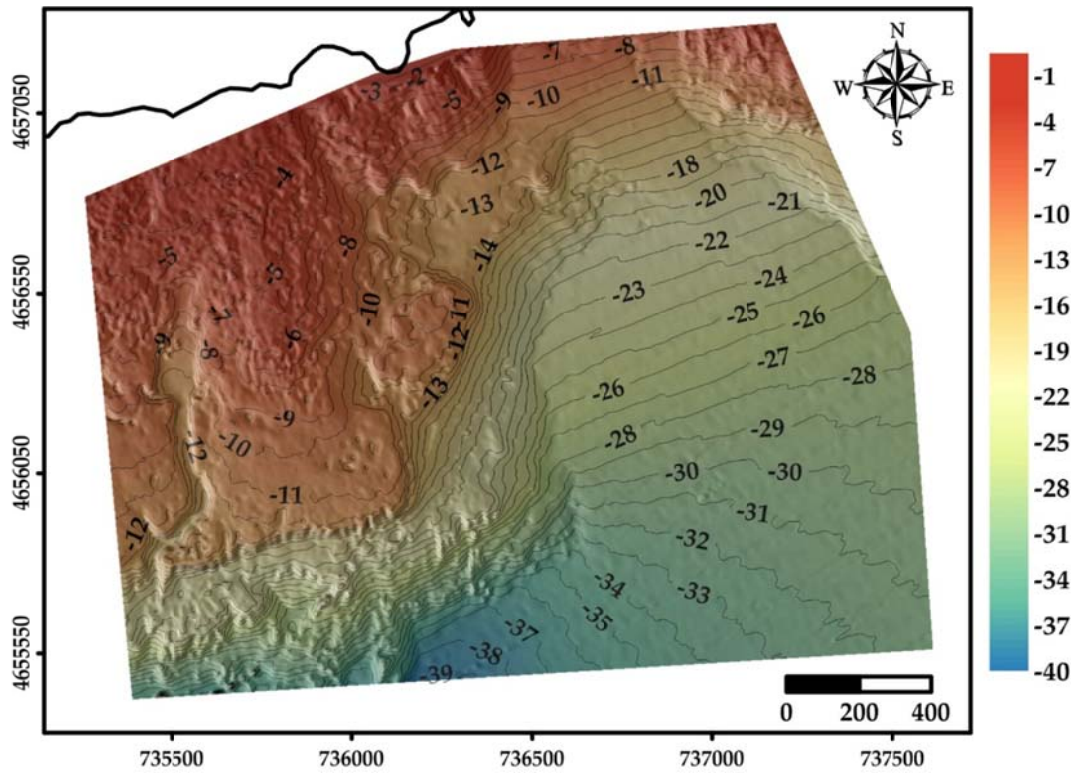


Figura 21 – DTM area P4

3.5.5. RILIEVO AREA P5

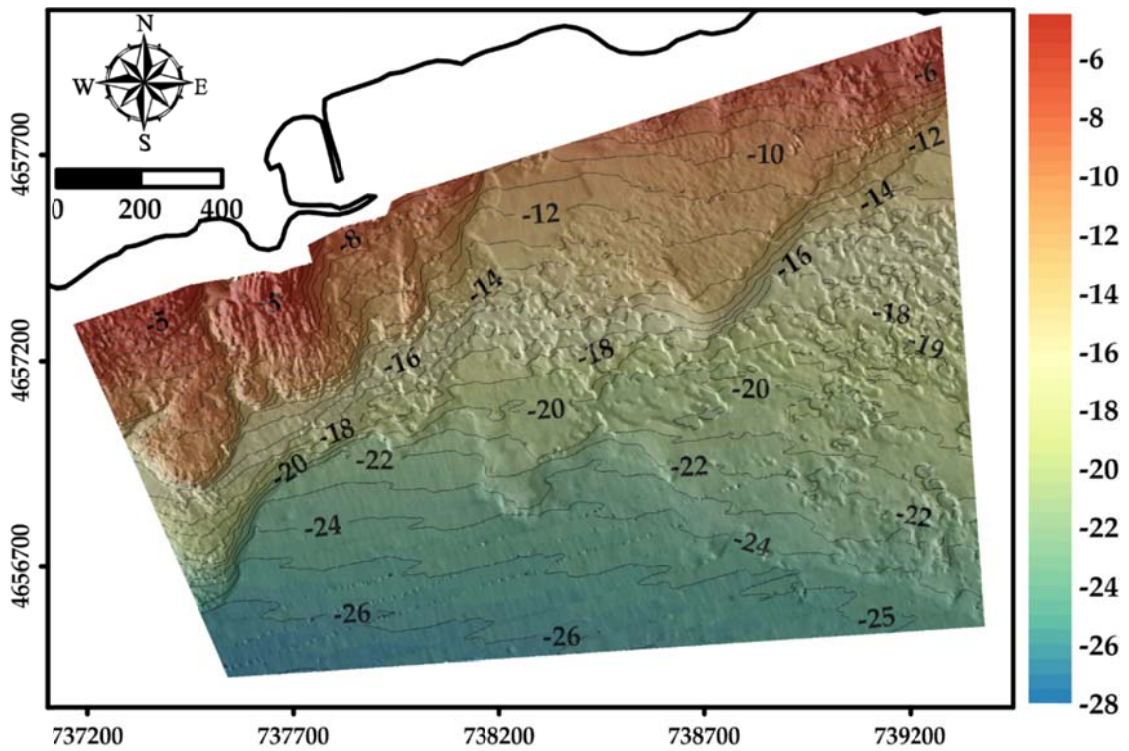


Figura 22 – DTM area P5

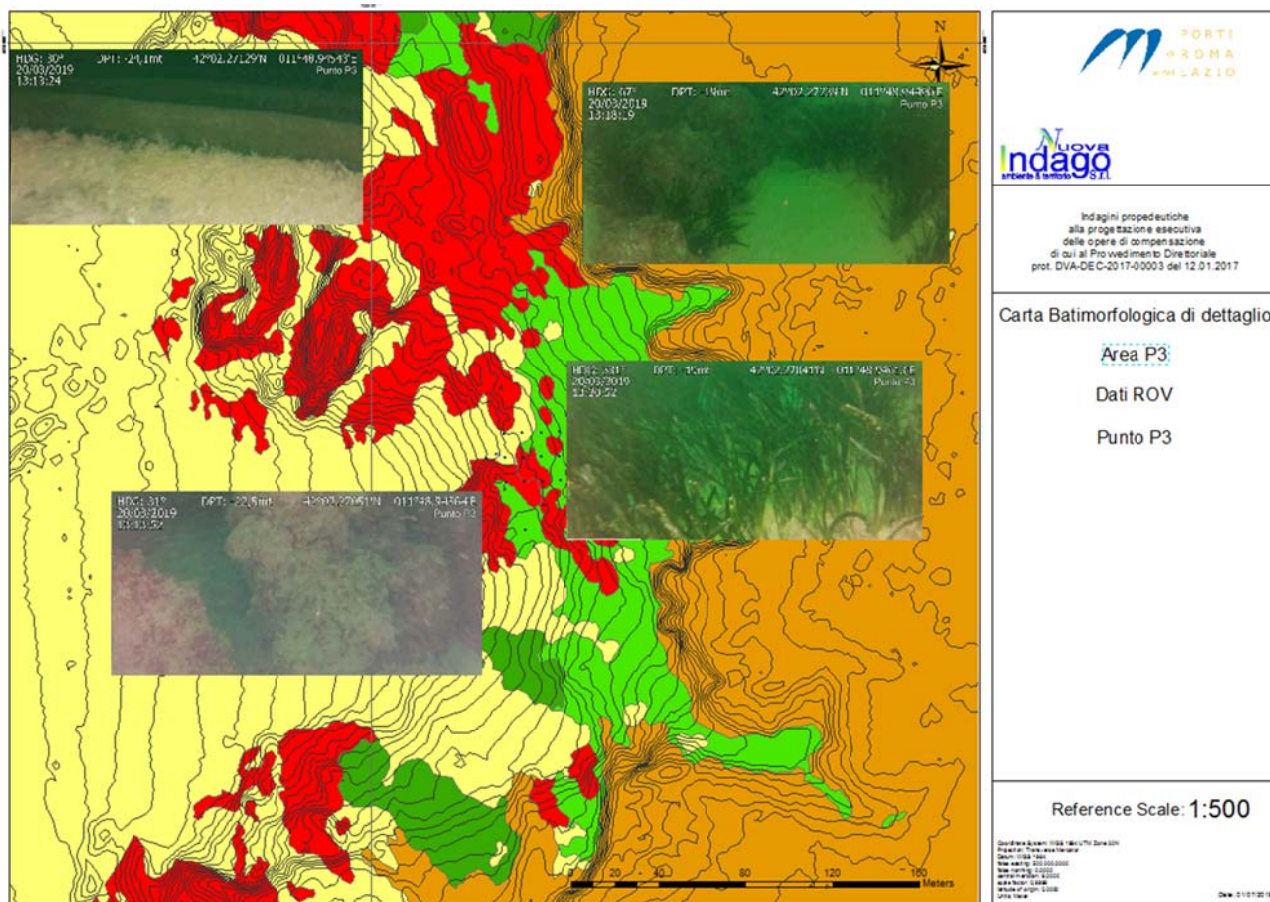
3.6. ELABORAZIONE DATI ROV

Il Remotely Operated Vehicle, R.O.V., è un dispositivo mobile comandato a distanza normalmente utilizzato per prospezioni video subacquee, dotato di telecamera, bussola, lampade per illuminazione e profondimetro. Il dispositivo viene pilotato da un operatore specializzato tramite un pannello di controllo collocato su una barca di appoggio.

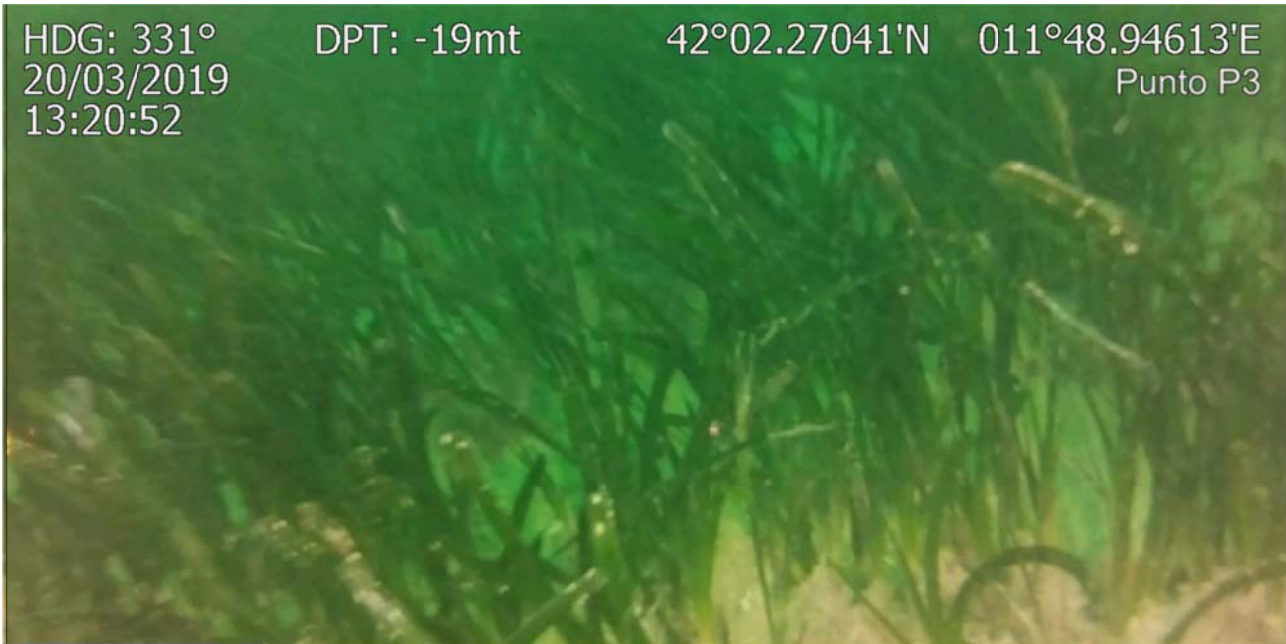
Il compito fondamentale di un ROV è quello di consentire all'operatore che si trova in superficie di interagire con l'ambiente marino sottostante ed effettuare i rilievi prefissati.

I rilievi sono stati eseguiti sulle aree individuate preliminarmente anche grazie alle indagini S.S.S..

3.6.1 Acquisizione mediante R.O.V. punto P3

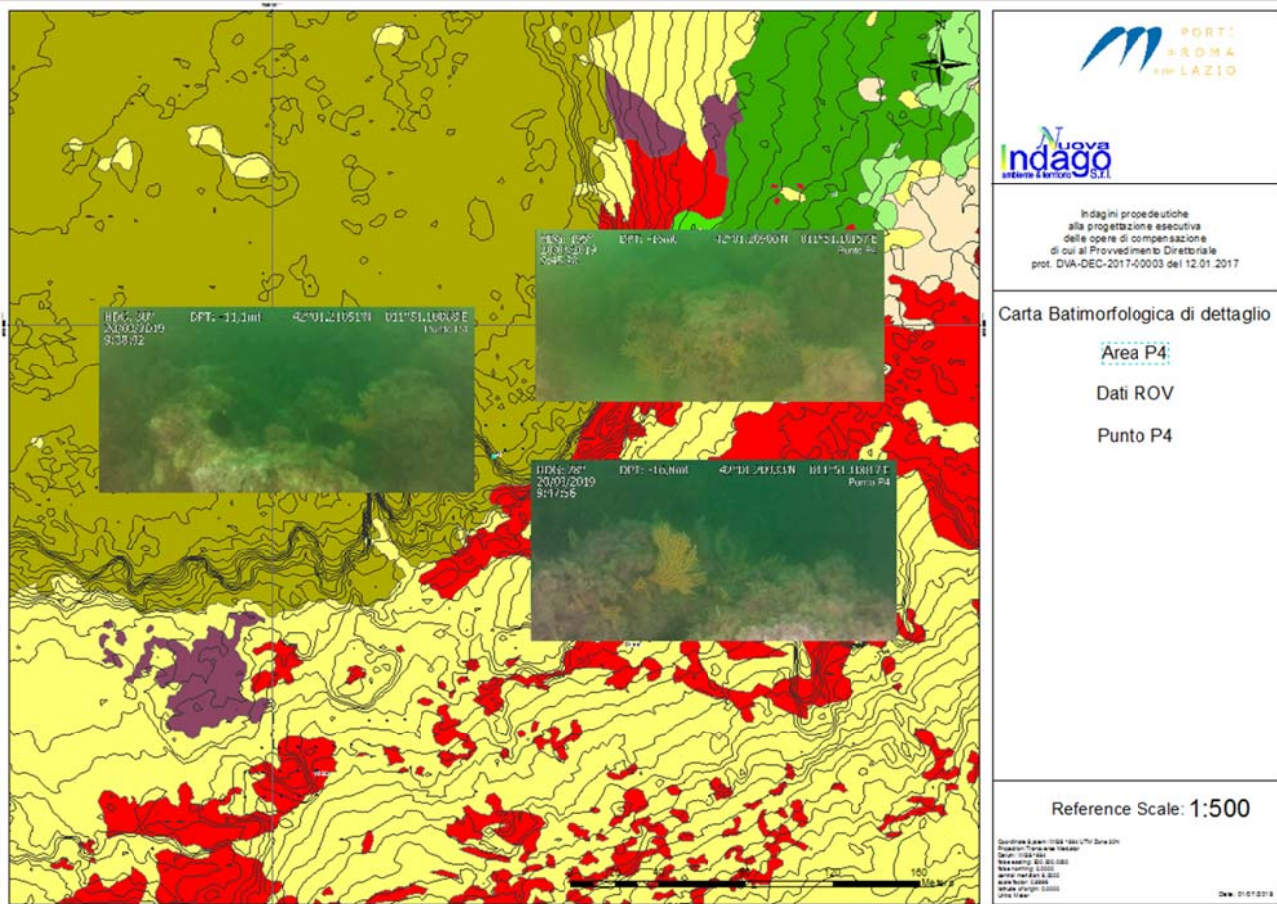


Dettaglio immagini

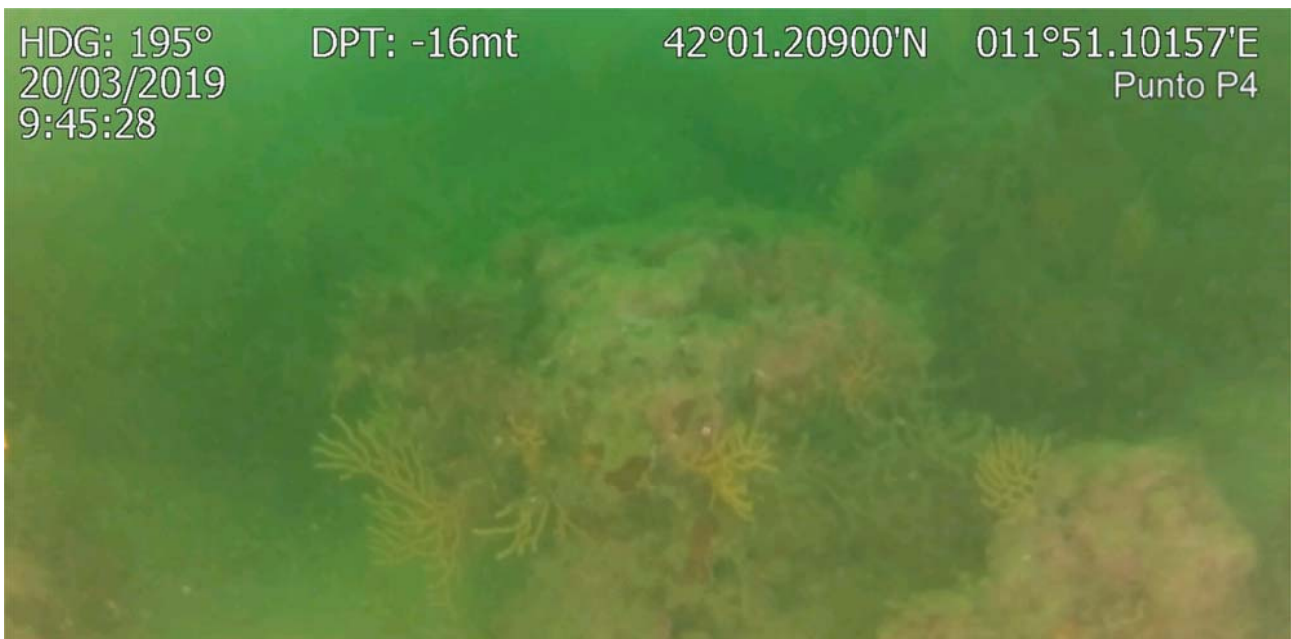




3.6.2 Acquisizione mediante R.O.V. punto P4



Dettaglio immagini



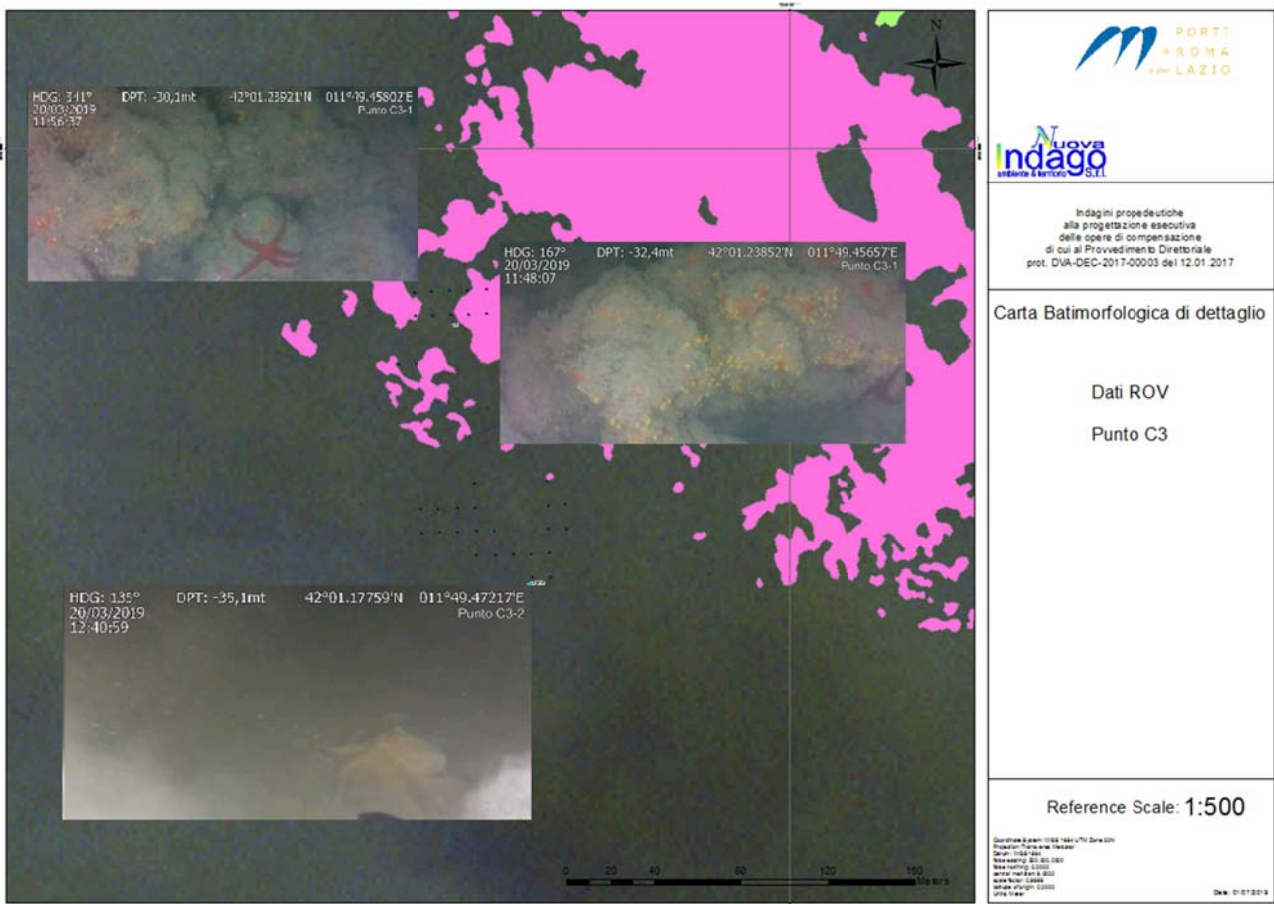
HDG: 28° DPT: -16,8mt 42°01.20933'N 011°51.10017'E
20/03/2019 Punto P4
9:47:56



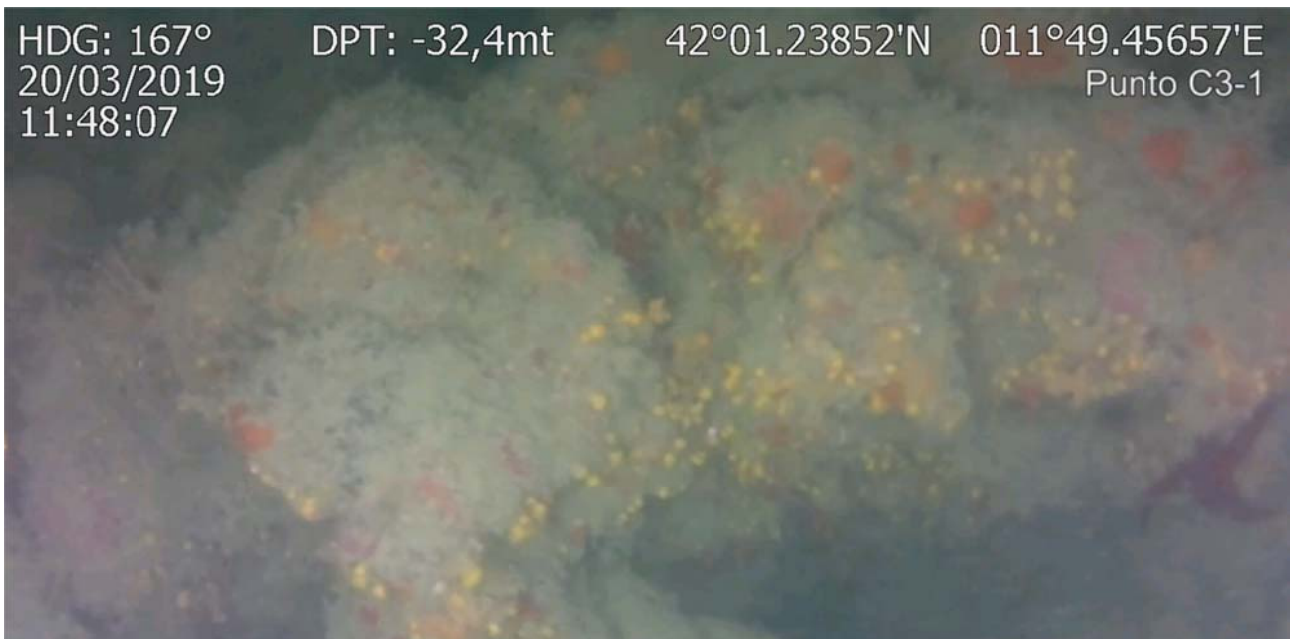
HDG: 30° DPT: -11,1mt 42°01.21051'N 011°51.10068'E
20/03/2019 Punto P4
9:38:02

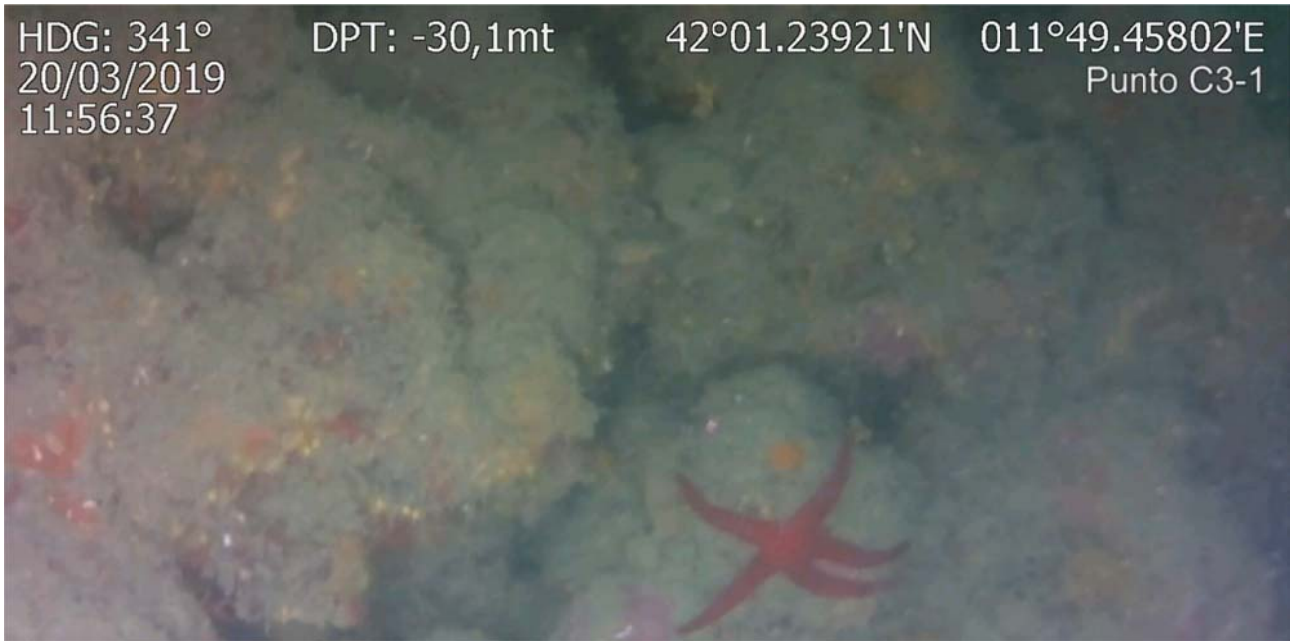


3.6.3 Acquisizione mediante R.O.V. punto C3

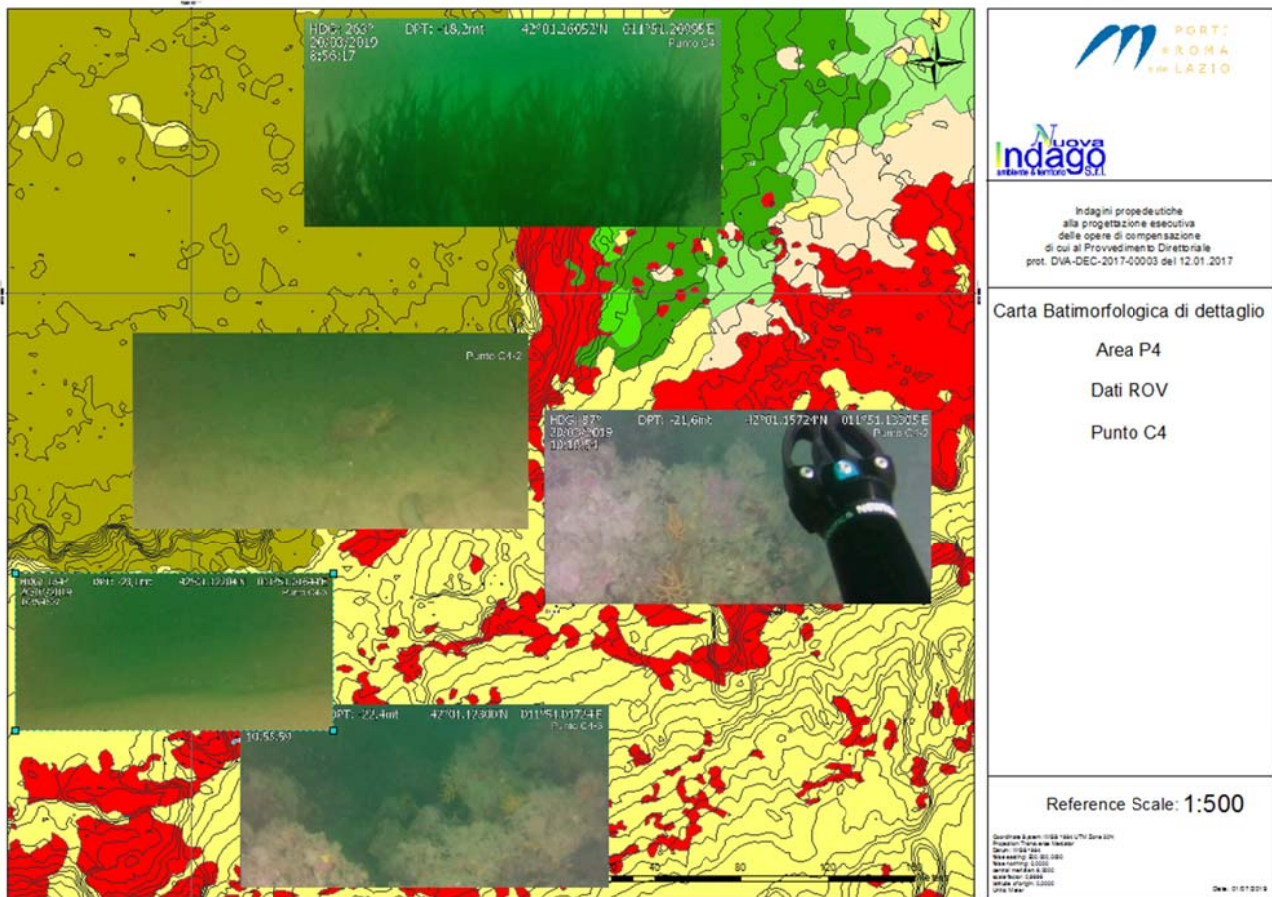


Dettaglio immagini





3.6.4 Acquisizione mediante R.O.V. punto C4



Dettaglio immagini





4. ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DI IMMAGINI SATELLITARI

4.1 INTRODUZIONE

Nella fase preliminare del progetto di espianto e reimpianto delle talee di Posidonia Oceanica, eseguito a partire dal 2012 su incarico della stessa AP, si è scelto di effettuare uno studio accurato di tutta la zona che va da P.ta S. Agostino a Santa Severa utilizzando la tecnica basata sul Telerilevamento da Satellite, in modo di acquisire informazioni utili ai fini di una caratterizzazione preliminare del fondale marino.

Il Telerilevamento è una disciplina tecnico-scientifica che riunisce diversi metodi di osservazione della terra nei quali la radiazione elettromagnetica, che interagisce con le superfici fisiche di interesse, costituisce il veicolo di trasporto dell'informazione dall'oggetto di indagine ad uno strumento di rilevazione, il sensore. Tale sensore è montato su veicoli satellitari che si muovono lungo l'orbita terrestre, oppure, più semplicemente, su aeromobili.

Per studiare un determinato fenomeno utilizzando il telerilevamento si devono prevedere differenti fasi. Nella prima vengono acquisite informazioni provenienti da riprese terrestri, aeree o satellitari. Nella seconda vengono elaborati tali dati al fine di avere restituita un'immagine digitale; questa fase può essere svolta direttamente sul satellite oppure a terra in seguito all'invio dei dati. L'ultima, è quella di analisi ed utilizzo delle informazioni acquisite.

Il telerilevamento agisce in particolar modo sui parametri elettromagnetici di campo come la potenza elettromagnetica, l'ampiezza del campo, la fase e la polarizzazione. Tali informazioni possono essere interconnesse, rilevando e riconoscendo la firma spettrale degli elementi o dei composti chimici, con i parametri ambientali. Attraverso l'elaborazione dei dati elettromagnetici, si ricavano, grazie alle immagini digitali, informazioni utili allo scopo prefissato.

Nel caso specifico è stata utilizzata la radiometria, ossia lo studio della misura della radiazione elettromagnetica, tramite l'elaborazione di immagini riprese da satellite.

Tale sistema ha molti vantaggi tra cui quello di poter ricoprire un'area di grandi dimensioni, di avere una buona risoluzione temporale, di poter far affidamento su un'elevata precisione nella restituzione planimetrica degli elementi geografici e di avere infine la possibilità di individuare con le immagini, elementi aggiuntivi.

Il telerilevamento permette di reiterare nel tempo le riprese di una medesima zona, consentendo lo studio della variazione del fondale marino differenziando, ad esempio, zone di accumulo nelle quali la profondità del fondale tende a diminuire, da quelle statiche, o in erosione, nelle quali la profondità tende ad aumentare, unitamente alla possibilità di verificare i cambiamenti nella distribuzione della vegetazione subacquea e costiera.

Gli studi batimetrici e di caratterizzazione del fondale marino ad approccio radiometrico sfruttano principalmente il differente assorbimento da parte dell'acqua all'aumentare della profondità, di alcune caratteristiche della luce a varie lunghezze d'onda, come ad esempio la riflettanza (il potere riflessivo di un corpo sottoposto ad irradiazione). Le profondità investigabili tramite questa tipologia di analisi, possono arrivare fino a 20 - 25 metri in condizioni ottimali (acque limpide e calme, ripresa satellitare prossima al nadir).

4.2 **WORLDVIEW-2**

Sono quindi state acquisite due immagini satellitari a copertura della zona in studio, relative all'inverno 2018. Si è optato di utilizzare immagini acquisite dal satellite WorldView-2, un satellite ottico commerciale ad altissima risoluzione gestito dalla società DigitalGlobe. La peculiarità di questo satellite, è la capacità del sensore di acquisire immagini multispettrali ad 8 bande con risoluzione di 1,8 metri, oltre che immagini

pancromatiche con risoluzione di 46 centimetri (commercializzate rispettivamente con la risoluzione 2 metri nel multispettrale e di 50 cm nel pancromatico). In particolare WorldView-2 è il primo satellite commerciale ad alta risoluzione in grado di acquisire, accanto alle quattro tipiche bande Blu, Verde, Rosso ed Infrarosso Vicino, quattro ulteriori bande multispettrali:

- la Coastal Band, utile per lo studio di aree costiere grazie alle sue caratteristiche di penetrazione nell'acqua che la rendono ideale per migliorare i risultati nei processi di correzione atmosferica, corrisponde ad una lunghezza d'onda prossima all'ultravioletto (400 - 450 nm), consente di effettuare analisi sui primi strati superficiali dell'acqua, per distinguere la vegetazione sommersa ed effettuare analisi batimetriche in prossimità della costa.
- la Yellow Band (585 - 625 nm), importante per rendere meglio i colori naturali delle immagini ottimizzando i processi di classificazione;
- la Red Edge Band (705 - 745 nm), fondamentale per l'analisi approfondita delle condizioni di salute della vegetazione;
- la Near Infrared 2 Band (860 - 1040 nm) è una seconda banda nell'infrarosso vicino, meno influenzata dalle condizioni atmosferiche, utile a supporto dell'analisi della vegetazione e delle biomasse.

Per elaborare le immagini è stato utilizzato il software Erdas Imagine, una suite completa sviluppata in maniera specifica per l'elaborazione dei dati geospaziali. Questo software fornisce strumenti professionali per gestire questa tipologia di dati, analizzarli e trasformarli in informazione geospaziale accurata. Per la correzione atmosferica è stato utilizzato il modulo AtCor integrato in Erdas.

Le immagini acquisite, hanno quindi subito le elaborazioni di seguito descritte, mirate all'estrazione delle necessarie informazioni.

-Processo di ortorettifica. Le immagini originali del satellite (n. 2 scene ad 8 bande e pancromatico) sono state sottoposte ad una serie di trasformazioni di tipo geometrico per la redistribuzione dei relativi pixel in modo da disporre gli stessi conformemente al sistema di riferimento scelto (UTM WGS84 Fuso 33 Nord). Per questo tipo di elaborazione, sono stati utilizzati i dati relativi alle caratteristiche del sensore e della ripresa satellitare che sono contenuti in file a corredo delle immagini stesse, un modello di elevazione del terreno (DEM) con risoluzione di 25 metri e dei punti di controllo ricavati da foto aeree. Entrambe le immagini sono state posizionate con buona precisione nel sistema di riferimento scelto, sia per la componente pancromatica, che per quella multispettrale.

-Elaborazioni radiometriche. Le informazioni contenute nei digital number delle bande relative alle due scene, sono state elaborate in maniera da ottenere dati relativi alle caratteristiche del fondale marino. In particolare, si è preliminarmente provveduto a creare una maschera che azzerasse i valori dei pixel delle zone emerse, in maniera che qualsiasi tipo di analisi o visualizzazione del dato, potesse essere incentrato solo sulle zone di mare. Quindi, sfruttando le bande che maggiormente penetrano nell'acqua e agendo su equalizzazione e istogrammi di tali bande, sono state ottenute delle immagini che hanno permesso una prima fotointerpretazione a video. Le suddette operazioni hanno generato immagini delle quali, la prima, che copre la zona fra il porto Riva di Traiano e Santa Severa, permette di distinguere elementi del fondale a notevole distanza dalla costa in maniera abbastanza uniforme per tutta la propria estensione, mentre la seconda, che copre la zona fra il porto Riva di Traiano e Sant'Agostino, offre una minor visibilità degli elementi del fondo (il moto ondoso e una certa torbidità dell'acqua hanno penalizzato la ripresa, riducendo la distinzione dei dettagli, specialmente a ridosso del porto di Civitavecchia).

Si è quindi provveduto ad effettuare per le immagini, la calibrazione in radianza (l'energia che investe la superficie di un metro quadro al secondo) e la calibrazione in

riflettanza (la proporzione di luce incidente che una data superficie è in grado di riflettere). Per queste elaborazioni sono stati utilizzati alcuni dati presenti nei file a corredo delle immagini, quali i fattori di calibrazione e la larghezza effettiva della banda, nonché la distanza sole terra al momento della ripresa.

Uno dei principali problemi che riguarda l'interpretazione dei dati satellitari di zone marine, è che l'aumentare della profondità attenua l'intensità della luce. Questa caratteristica, che da un lato può offrire informazioni sul fondale, dall'altro rende difficile il riconoscimento delle firme spettrali degli oggetti (le caratteristiche di riflessione in base alla lunghezza d'onda proprie di un materiale). Oggetti simili a profondità differenti hanno firme spettrali diverse, viceversa materiali con firme spettrali differenti, posti a profondità diverse possono essere confusi. Si è quindi provveduto ad utilizzare il metodo di Lyzenga per la rimozione della colonna d'acqua. Il risultato teorico di questa operazione, è la produzione di un'immagine il cui digital number è indipendente dalla profondità ed è quindi proprio dell'elemento riflettente sul fondo. Questa elaborazione, affinata utilizzando le informazioni messe a disposizione dall'Autorità Portuale, quali le batimetrie e le mappature del fondale con la distribuzione della Posidonia Oceanica georiferite in UTM WGS84 33N, ha consentito di far risaltare le caratteristiche del fondale marino e di individuare con una certa precisione le diverse componenti del fondale stesso.

4.3 SENTINEL-2

Nell'ambito di questo progetto di è scelto di procedere anche con l'acquisizione e l'elaborazione di immagini Sentinel-2.

Il Programma Europeo di osservazione della terra Copernicus è un insieme complesso di satelliti. Copernicus ha tra i suoi obiettivi anche quello di garantire all'Europa una sostanziale indipendenza nel rilevamento e nella gestione dei dati sullo stato di salute del pianeta, supportando le necessità delle politiche pubbliche europee attraverso la distribuzione di Open Data satellitari. Il programma mette a disposizione degli Stati

europei i cosiddetti Core Services, per il monitoraggio del suolo, dei mari, dell'atmosfera e dei cambiamenti climatici. Allo stato attuale la costellazione ha in orbita diversi satelliti, equipaggiati con sensori con diverse caratteristiche, tutte le immagini sono messe a disposizione in maniera free e open:

- Sentinel -1a e -1b, che montano sensore SAR, radar ad apertura sintetica in banda C, con risoluzione spaziale di 5 metri e tempo di rivisitazione sull'Europa di circa 6 giorni; questo satellite, grazie alla possibilità di acquisire dati in qualsiasi condizione di illuminazione e di copertura nuvolosa, è estremamente utile per il monitoraggio della terraferma e dei mari; il sensore assicura la disponibilità continua di immagini radar, giorno e notte, in tutte le condizioni climatiche. Tra gli obiettivi della missione: la sorveglianza dell'ambiente marino (particolarmente utile nelle situazioni di oil spill), la mappatura dei movimenti della crosta terrestre, la delimitazione delle aree colpite da esondazioni.

- Sentinel -2a e -2b, che montano sensore multispettrale, con risoluzione spaziale di 10, 20 e 60 m e tempo di rivisitazione sull'Europa di circa 5 giorni; questo satellite è estremamente utile in particolare per il monitoraggio dell'uso del suolo e servizi di change detection; il sensore fornisce immagini ottiche dettagliate sullo stato della vegetazione e sui cambiamenti del land cover; permette di operare un monitoraggio dettagliato della vegetazione e delle foreste, come anche delle acque interne. Inoltre si è rivelato performante anche per l'impiego dei dati in aree marine, in particolare nel monitoraggio delle zone costiere.

- Sentinel -3, in orbita eliosincrona, opera in continuità con gli altri Sentinel messi in orbita negli ultimi due anni (Sentinel-1 e Sentinel-2), e permette di rilevare informazioni sulle aree marine con una copertura spazio temporale di dettaglio. Il Sentinel-3 ha a bordo sensori dedicati, quali SLSTR (Sea and Land Surface Temperature Radiometer), OLCI (Ocean and Land Colour Instrument), SRAL (SAR Altimeter), MWR (Microwave Radiometer), DORIS (Doppler Orbitography and Radiopositioning Integrated by

Satellite), LRR (Laser Retroreflector), e GNSS (Global Navigation Satellite System). Gli obiettivi principali della missione sono quelli di misurare la topografia della superficie del mare, la temperatura del mare e della superficie terrestre, e l'ocean color, con elevata precisione e affidabilità.

Questi dati saranno usati a supporto delle previsioni meteomarine, della sicurezza in mare, del monitoraggio delle zone costiere e di mare aperto. Supporteranno l'analisi dei cambiamenti climatici, il monitoraggio della topografia del mare, e le applicazioni operative sull'inquinamento marino e la produttività biologica. Per quel che riguarda lo studio della salute del mare, sono importanti, in particolare, i prodotti ottenuti dal sensore OLCI quali i sedimenti sospesi (torbidità) e la clorofilla, indicata dalle più recenti direttive europee, Water Framework Directive (2000/60/EC) e Marine Strategy (2008/56/EC), quale parametro importante (buon indicatore) per determinare lo stato ecologico del mare. Inoltre, il prodotto SST ottenuto dal sensore SLSTR è un parametro importante sia per la valutazione della water quality, che come tracciante delle correnti superficiali marine. Infatti, insieme alla clorofilla, viene utilizzato come parametro di validazione nel confronto con mappe da modelli idrodinamici operativi.

Con questa acquisizione si è sfruttata la possibilità di avere immagini free e open di altissima qualità spettrale e con tempi brevi di rivisitazione sulle stesse aree. Si prevede di programmare 1 campagna di acquisizione ed elaborazione Sentinel-2 al fine di fare attività di monitoraggio/training, l'acquisizione verrà perfezionata in concomitanza dell'acquisizione del satellite WV2.

La possibilità di avere immagini con una frequenza molto ristretta garantirebbe la possibilità di utilizzare lo strumento del change detection, strumento che, a partire da una lettura e fotografia iniziale di dettaglio permette di mettere in evidenza i cambiamenti che intercorrono in una stessa zona in periodi diversi dell'anno.

Collaudato il sistema per periodo indicato, lo stesso potrà essere utilizzato per gli anni successivi tutte le volte che lo si riterrà necessario.

Si potranno utilizzare i dati satellitari ogniqualvolta si vorranno fare verifiche in concomitanza con campagne di monitoraggio in situ, sia strumentali che con ricognizioni subacquee, andando così a tarare le immagini in maniera sempre più approfondita.

Sentinel-2 è dotato dello strumento MSI (Multispettral Imager) all'avanguardia, che offre immagini ottiche ad alta risoluzione.

L'MSI mira a misurare la radiazione riflessa in 13 bande spettrali che vanno dal visibile al vicino all'infrarosso (VNIR) e a quello a onde corte (SWIR):

4 bande con risoluzione spaziale di 10 m: blu (490 nm), verde (560 nm), rosso (665 nm) e vicino infrarosso (842 nm);

6 bande con risoluzione spaziale di 20 m: 4 bande strette (705 nm, 740 nm, 783 nm e 865nm) e 2 bande più larghe per lo SWIR (1610nm e 2190nm);

3 bande con risoluzione spaziale di 60 m (443 nm per aerosol, 945 per il vapore acqueo e 1375nm per il rilevamento dei cirri).

Per avere un termine di paragone, queste le risoluzioni spettrali delle 8 bande del WV2 della Digital Globe con risoluzione spaziale di circa 2 m:

Panchromatic: 450 - 800 nm e 8 bande Multispectral: Coastal: 430 nm; Red: 660 nm; Blue: 480 nm; Red Edge: 725 nm; Green: 550 nm; Near-IR1: 850 nm; Yellow: 600 nm; Near-IR2: 860 - 1040 nm.

I prodotti Sentinel-2 Multi-Spectral Instrument (MSI) consistono di una serie di dataset ognuno dei quali consiste di 13 immagini (1 per banda spettrale) in formato JPEG-2000, suddivise tra 3 risoluzioni spaziali prestabilite di 10m, 20m e 60m

Le procedure di acquisizione ed elaborazione delle immagini multispettrali saranno realizzate con i software e le banche dati online distribuiti dall'ESA.

Di seguito si descrive la sequenza di elaborazione dei dataset che verranno usati come base all'interno del progetto:

- Selezione delle tile che intersecano l'area di interesse;
- Correzione della geometria dell'immagine. In questa fase si opera per correlare i punti GCP dell'immagine di riferimento con i rispettivi pixel dell'immagine in elaborazione generando così l'immagine geometricamente corretta;
- Generazione di una griglia di campionamento per ogni banda spettrale che presenta l'immagine. La griglia è calcolata trasformando inizialmente le coordinate native dell'immagine in quelle fornite dal DEM. Si procede infine con la geolocalizzazione dei punti dell'immagine.
- Interpolazione dei dati radiometrici di ogni punto per calcolare il valore della radianza.
- Correzione del coefficiente di riflessione Top of Atmosphere per i punti dell'immagine nel nuovo sistema geometrico. Questo passo è effettuato convertendo ogni banda spettrale e il valore numerico di ogni pixel nel coefficiente di riflessione. Nella misurazione si tiene conto dello spettro della luce esterna, dell'angolo di incisione della luce rispetto allo Zenith e del fattore di calibrazione degli strumenti MSI.

La mappatura dell'habitat bentonico utilizzando i dati satellitari è un compito impegnativo poiché gli oggetti bentonici sono coperti da colonne d'acqua che attenuano la luce oscurando la discriminazione degli oggetti. Il metodo usato per ridurre questo effetto della colonna d'acqua consiste nell'utilizzare l'immagine DII (depth-invariant index ossia metodo di Lyzenga), già in precedenza descritto. Tuttavia, l'applicazione della correzione in aree costiere profonde è impegnativa in quanto un oggetto oscuro come la vegetazione marina potrebbe avere un valore di pixel molto basso, non permettendo la sua corretta identificazione e classificazione. Pertanto in questa elaborazione si è proceduto applicando in modo specifico un processo di classificazione a zone con diversi livelli di profondità dell'acqua. Al fine di migliorare l'accuratezza della mappatura si procederà combinando il DII del metodo di correzione della colonna d'acqua di Lyzenga e il metodo RWDI di Stumpt.

L'area superficiale è stata classificata utilizzando l'immagine corretta RWDI come dati di input e l'area profonda è stata classificata utilizzando l'immagine DII come dati di input. Le mappe finali di classificazione di queste due aree sono state unite come un'unica mappa di habitat bentonico.

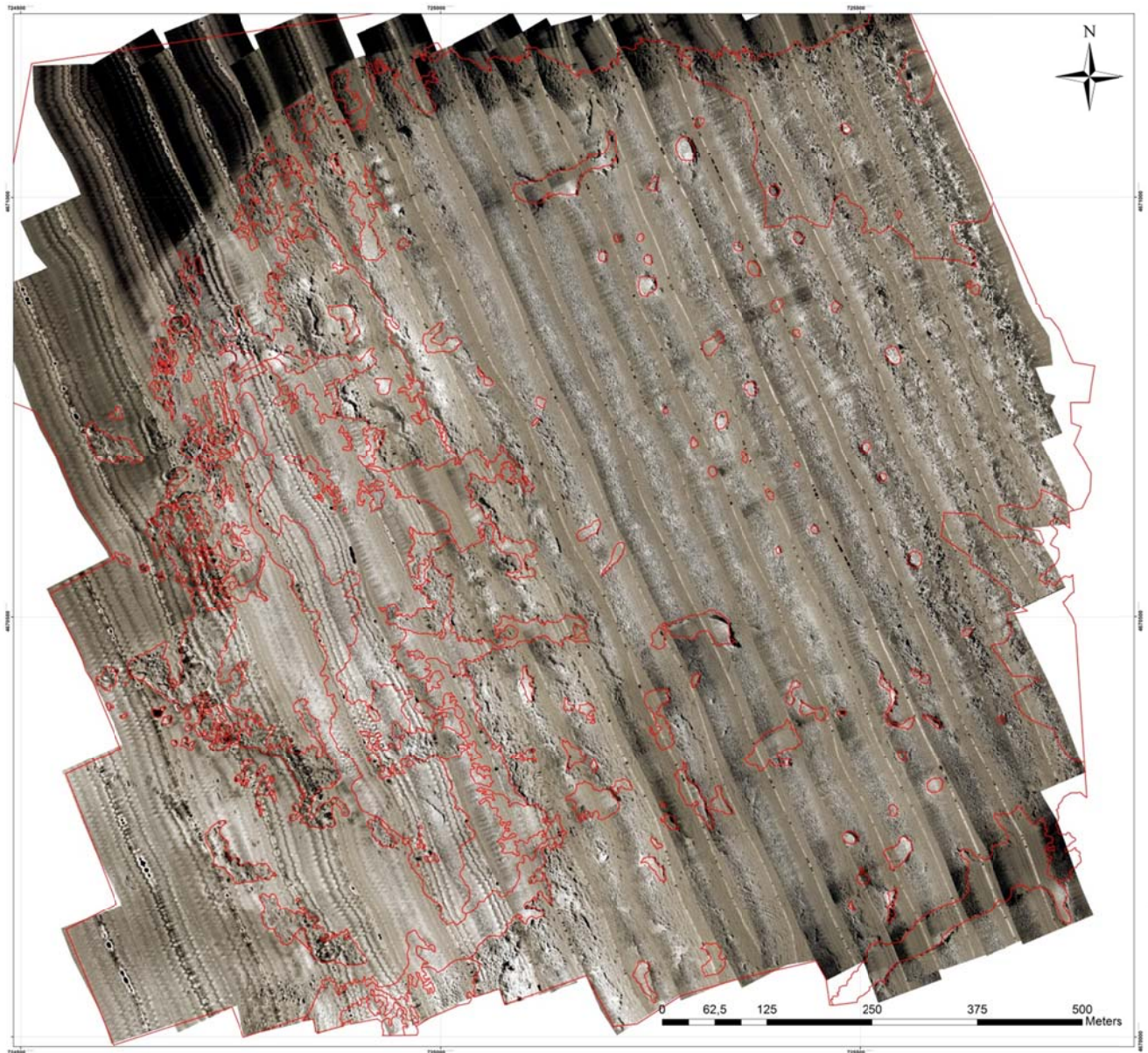
4.4 RISULTATI DELLA CLASSIFICAZIONE DELLE IMMAGINI

In questa sezione sono riportati i risultati della classificazione di dettaglio realizzata attraverso l'incrocio sia delle immagini Side Scan Sonar sia delle immagini satellitari.

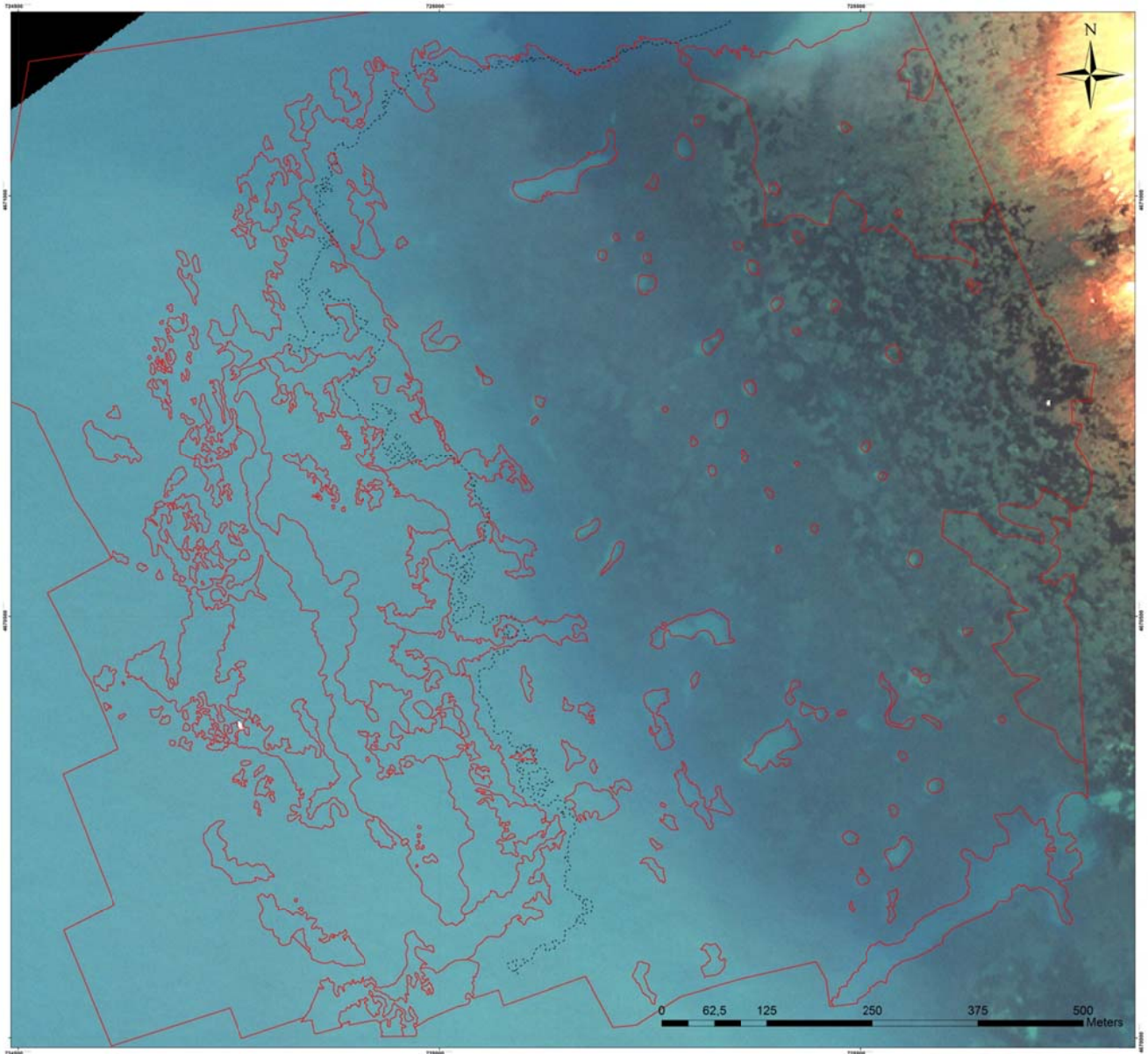
Le elaborazioni cartografiche relative ai rilievi SSS e Satellitari sono riportati nella cartografia allegata in formato A0. Sono inoltre forniti gli shapefile conteneri la classificazione delle aree con i perimetri e le superfici relativi.

4.4.1. CLASSIFICAZIONE AREA P1

Classificazione SSS

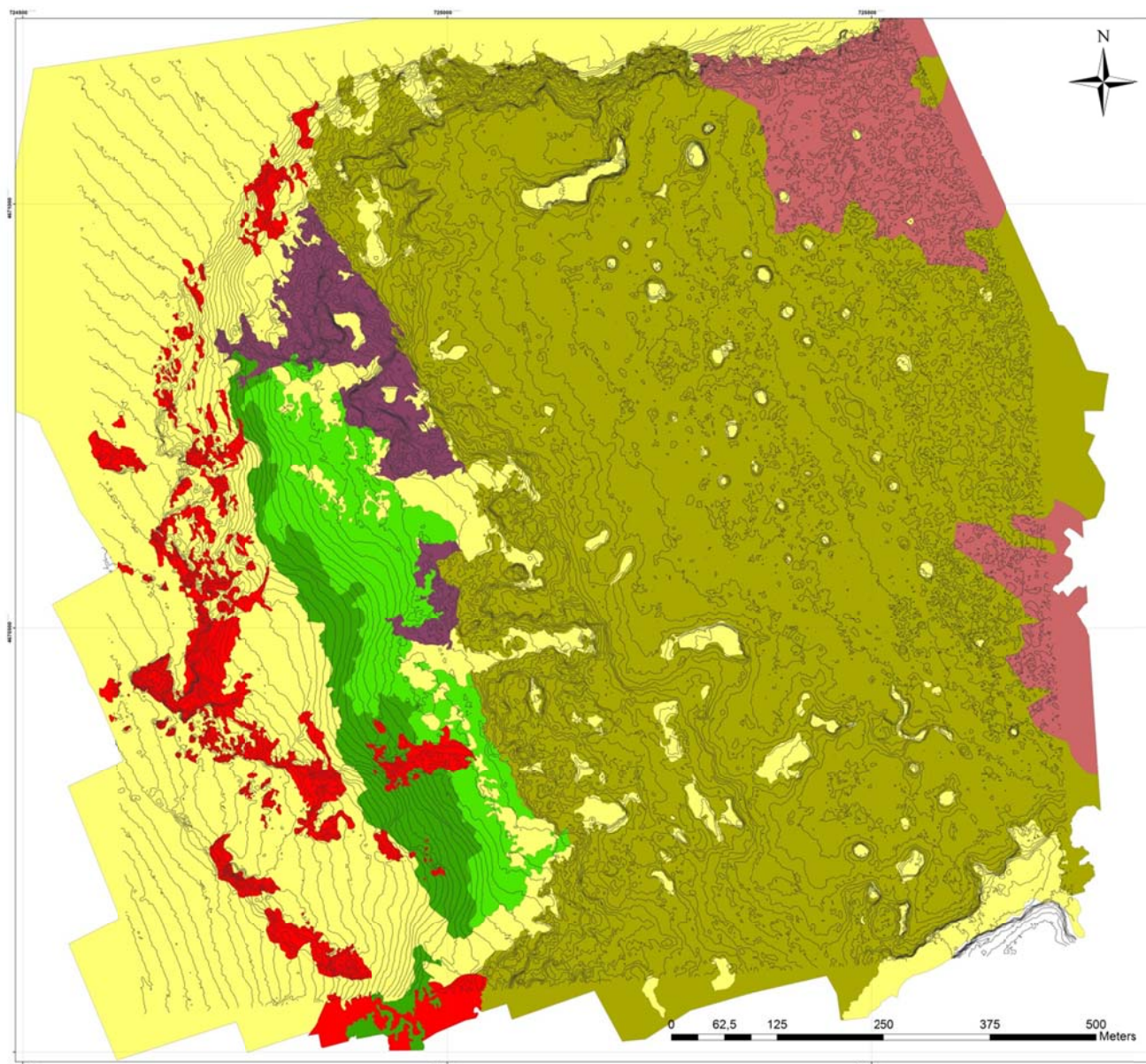


Classificazione Immagini Satellitari



----- Limite della batimetria -15,00 m

Classificazione con dettaglio



Legenda

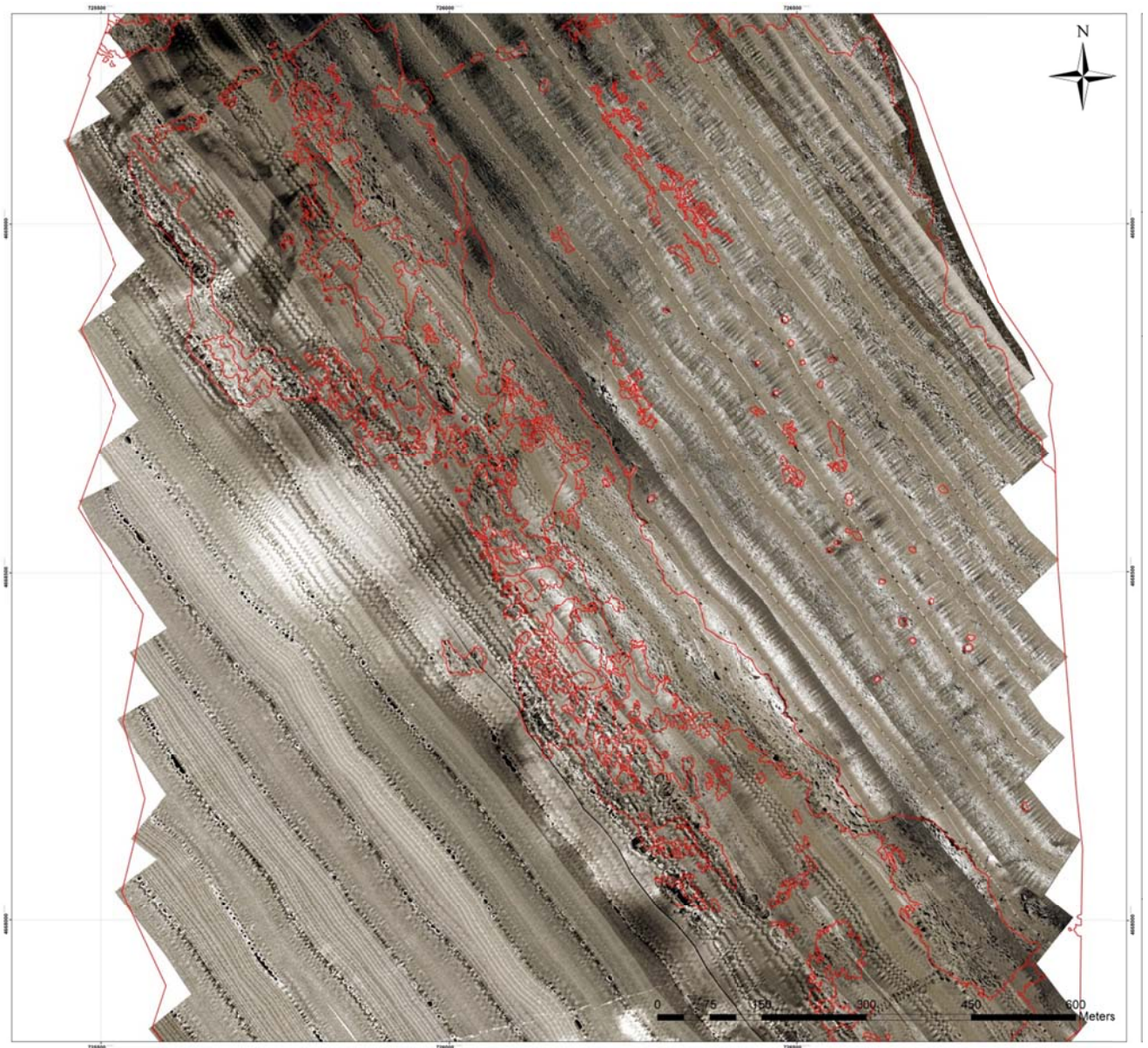
P1 Classificazione

Tipologia

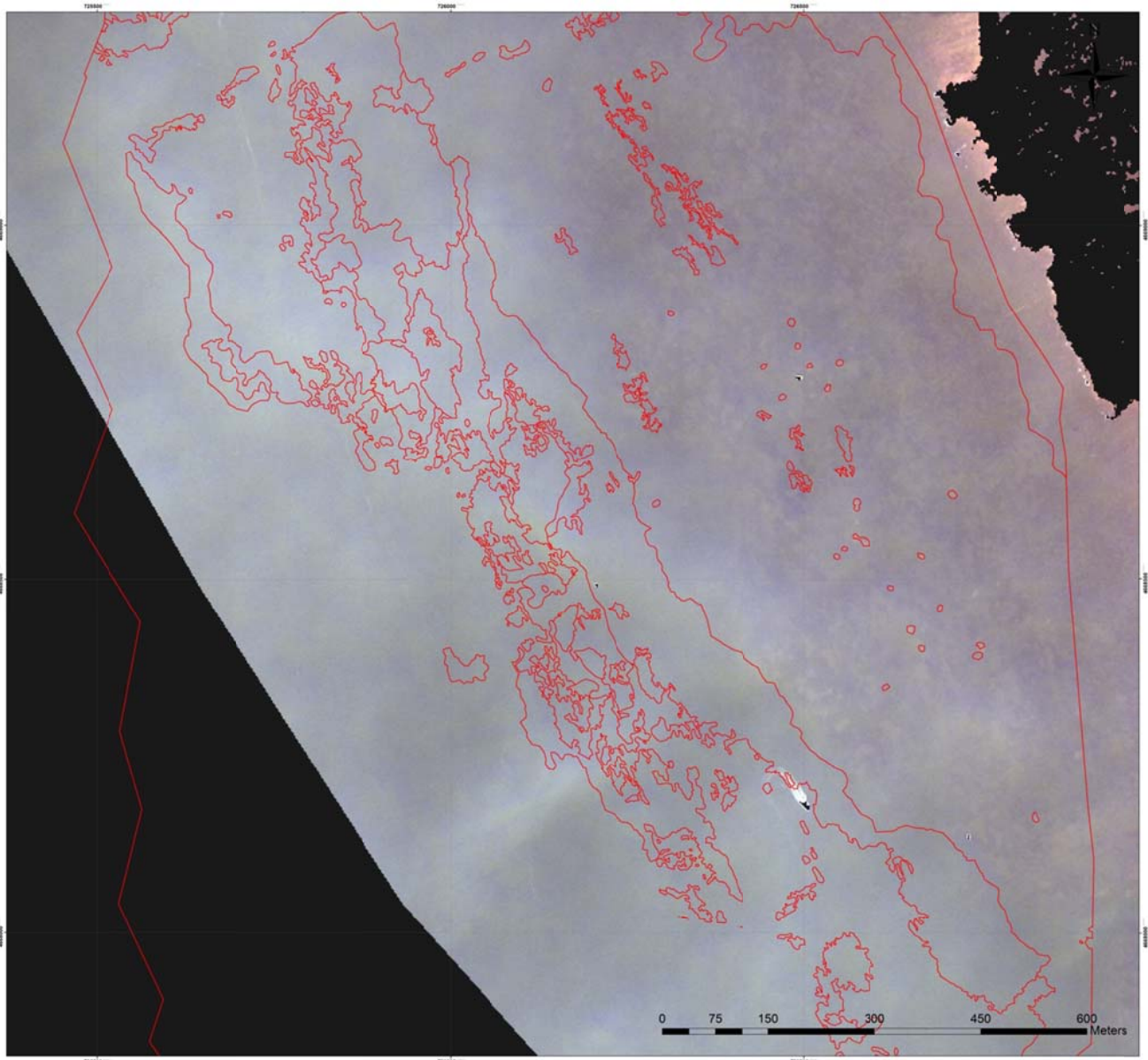
- Fondi mobili
- Posidonia oceanica su matte e/o sabbia
- Posidonia oceanica su matte e matte morta
- Roccia con presenza di Posidonia oceanica
- Rocce infralitorali con alghe fotofile
- Roccia mosaico associazioni fotofile e sciafile
- Coralligeno

4.4.2. CLASSIFICAZIONE AREA P2

Classificazione SSS

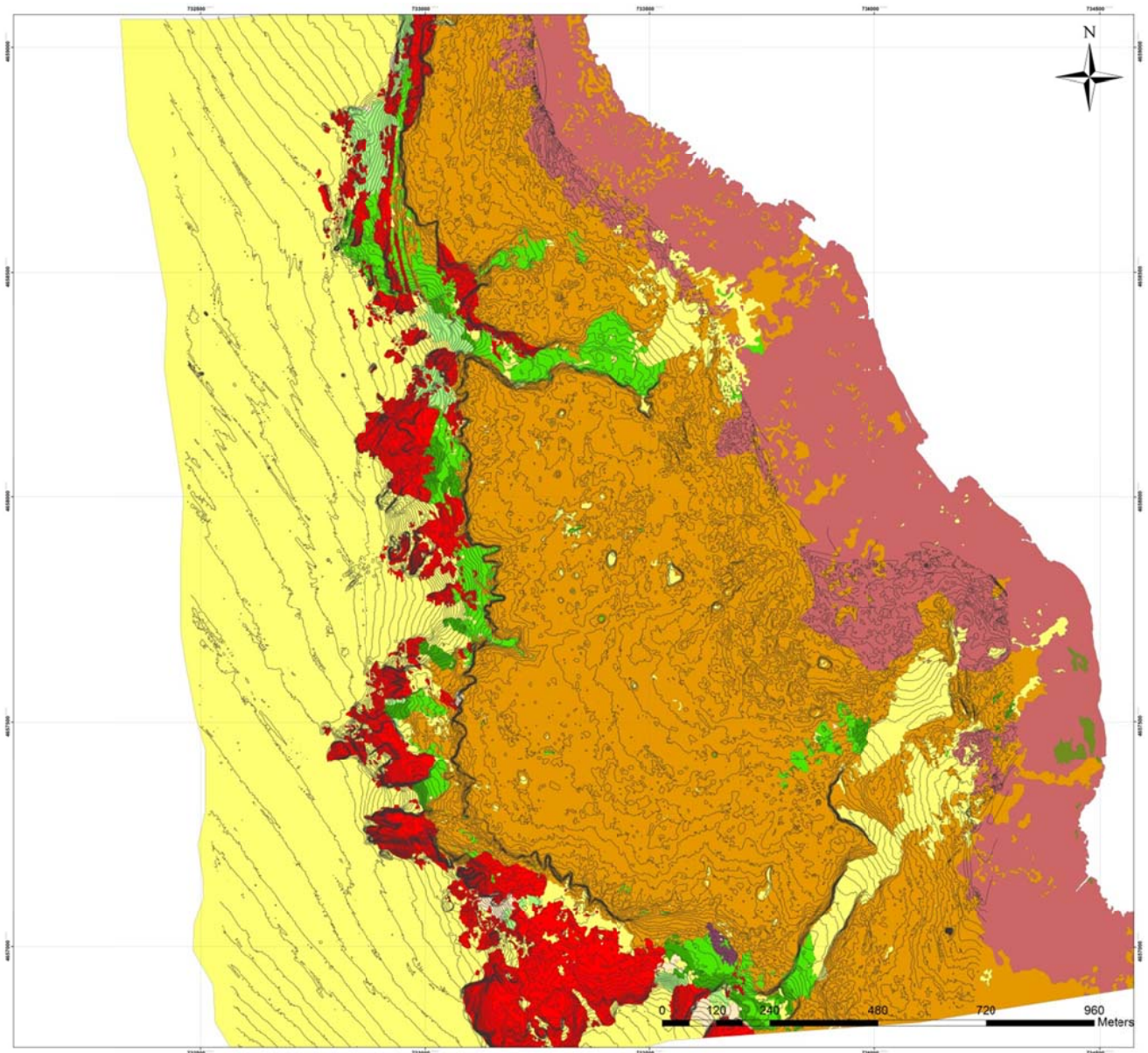


Classificazione Immagini Satellitari



----- Limite della batimetria -15,00 m

Classificazione con dettaglio



Legenda

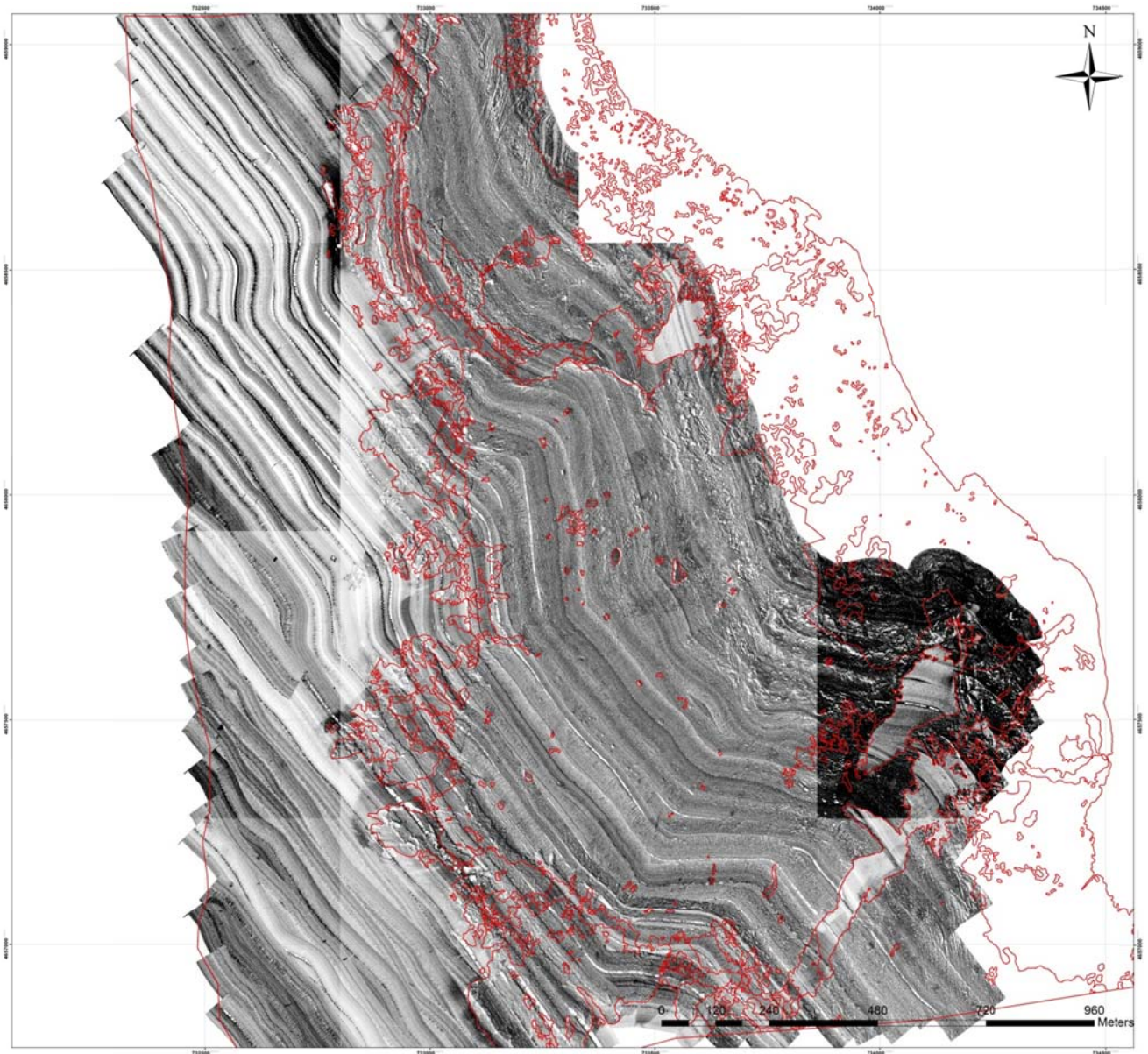
P1 Classificazione

Tipologia

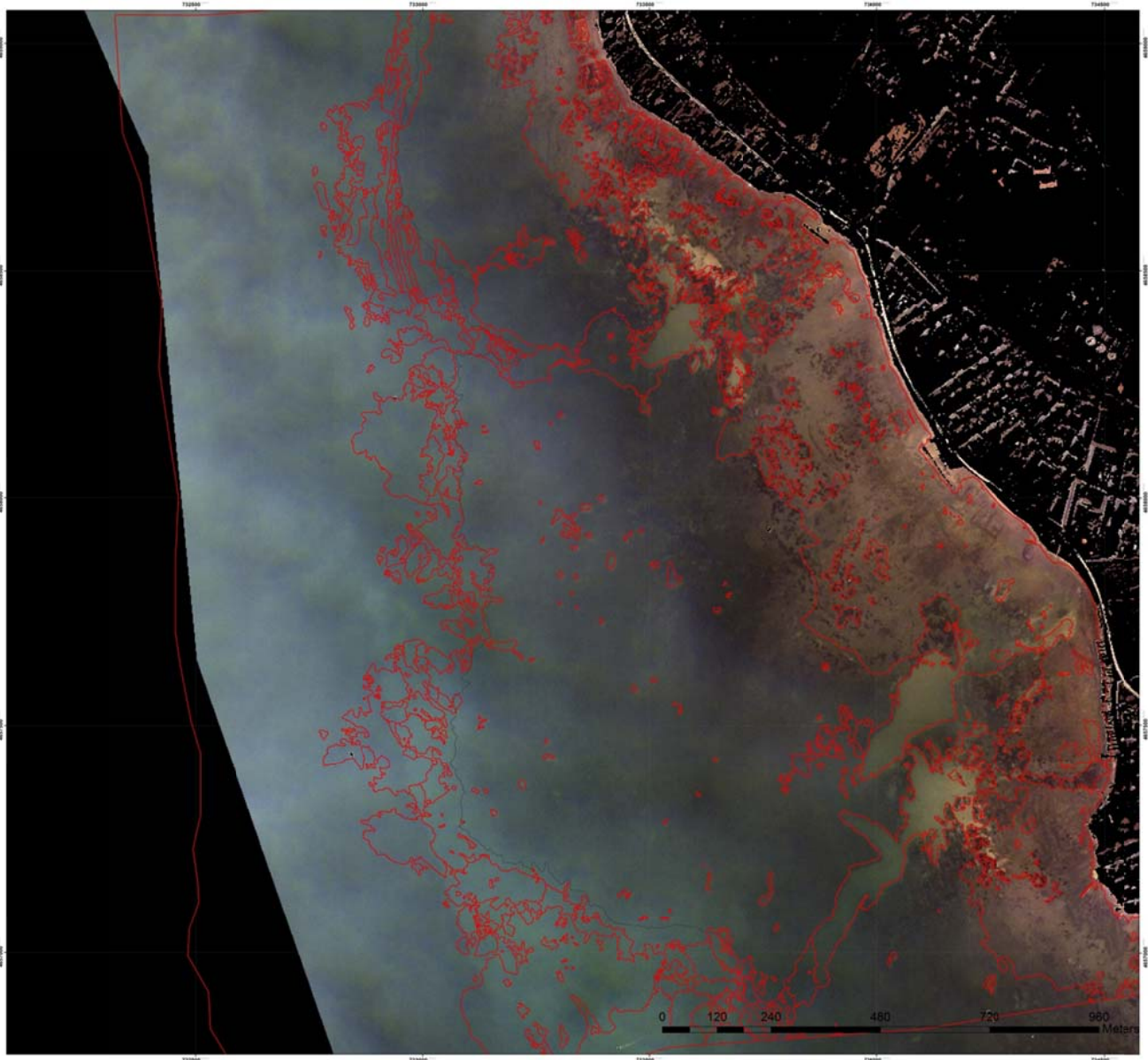
- Fondi mobili
- Posidonia oceanica su matte e/o sabbia
- Posidonia oceanica su matte e matte morta
- Roccia con presenza di Posidonia oceanica
- Rocce infralitorali con alghe fotofile
- Roccia mosaico associazioni fotofile e sciafile
- Coralligeno

4.4.3. CLASSIFICAZIONE AREA P3

Classificazione SSS

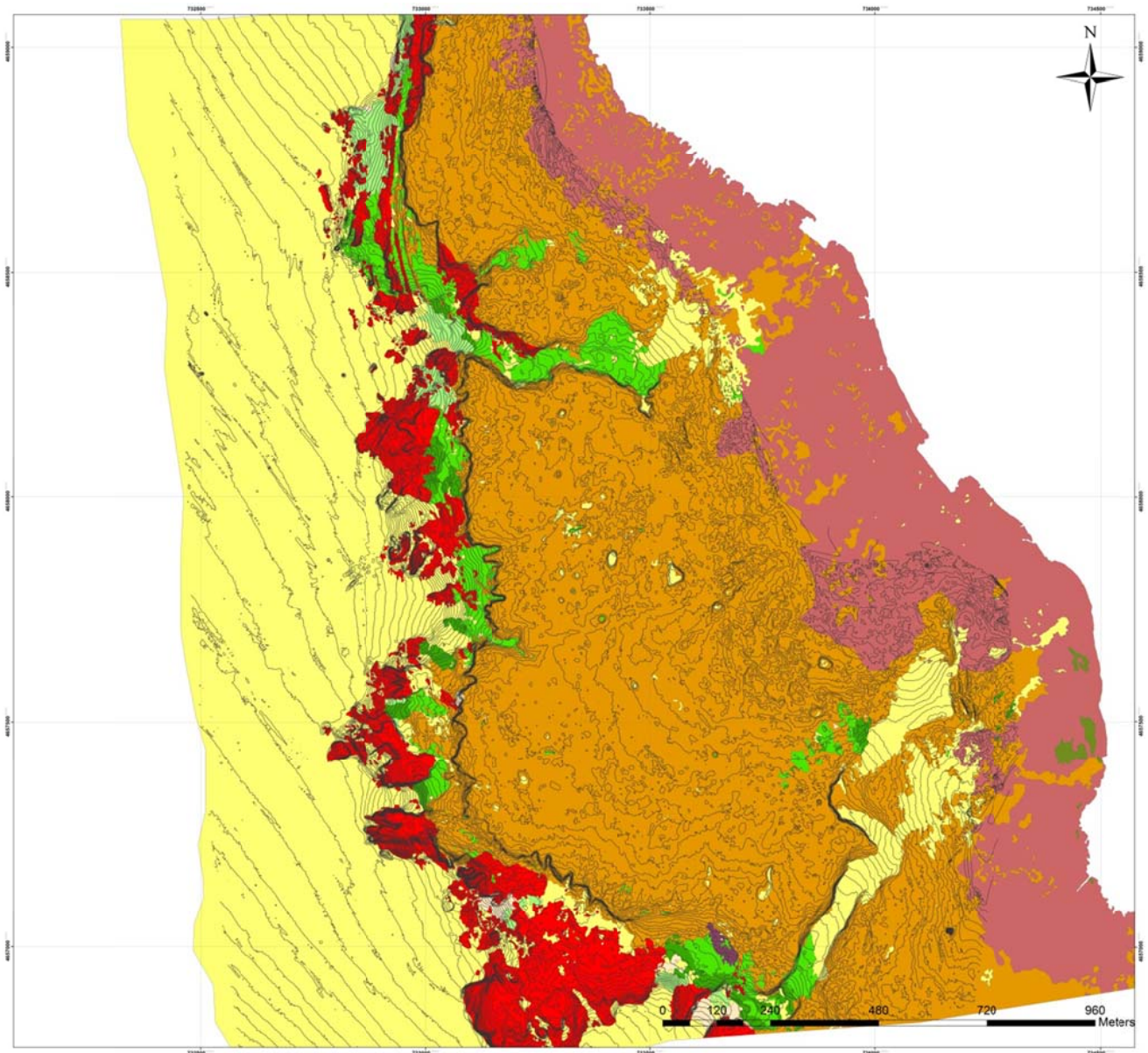


Classificazione Immagini Satellitari



----- Limite della batimetria -15,00 m

Classificazione con dettaglio



Legenda

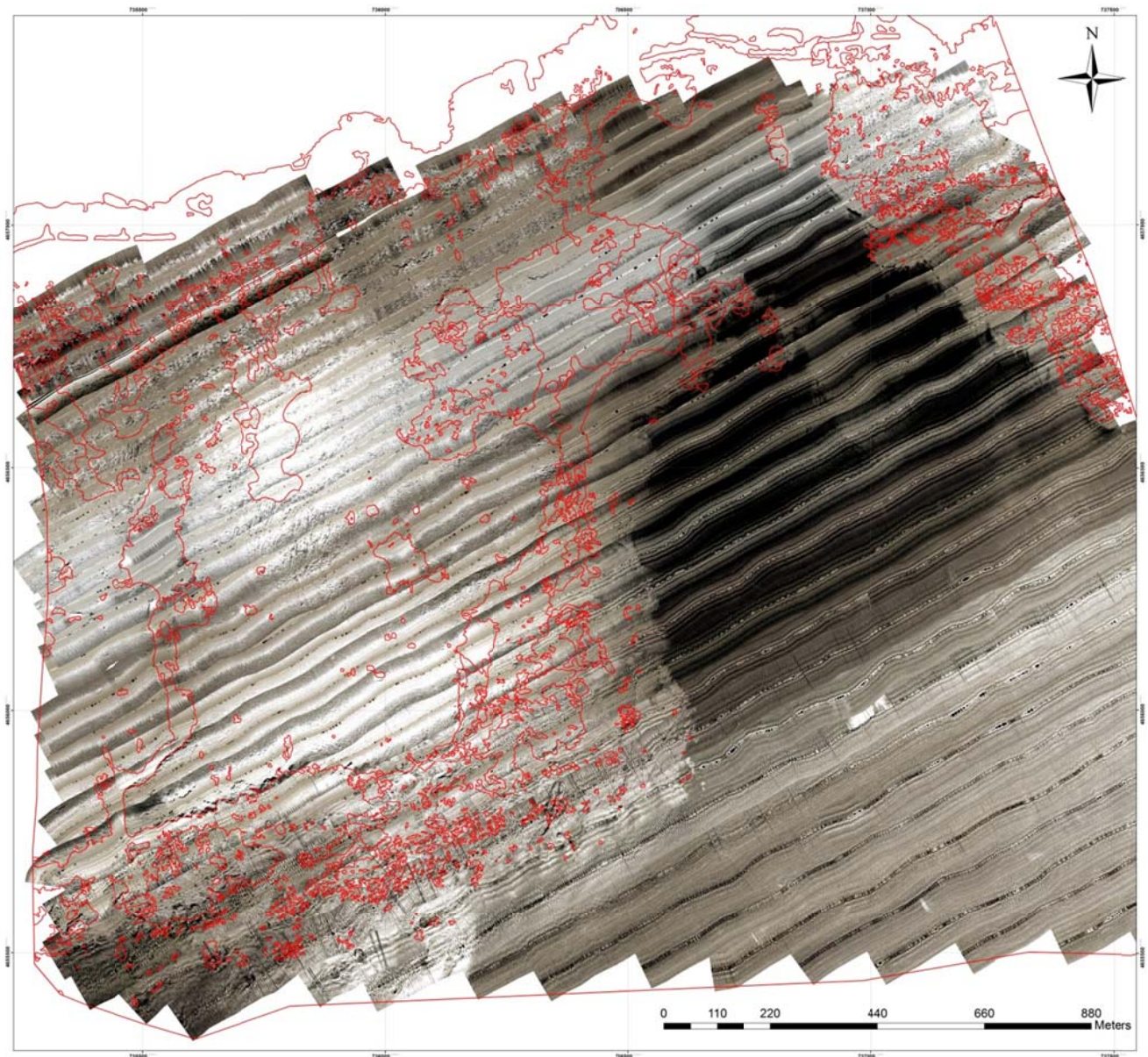
P1 Classificazione

Tipologia

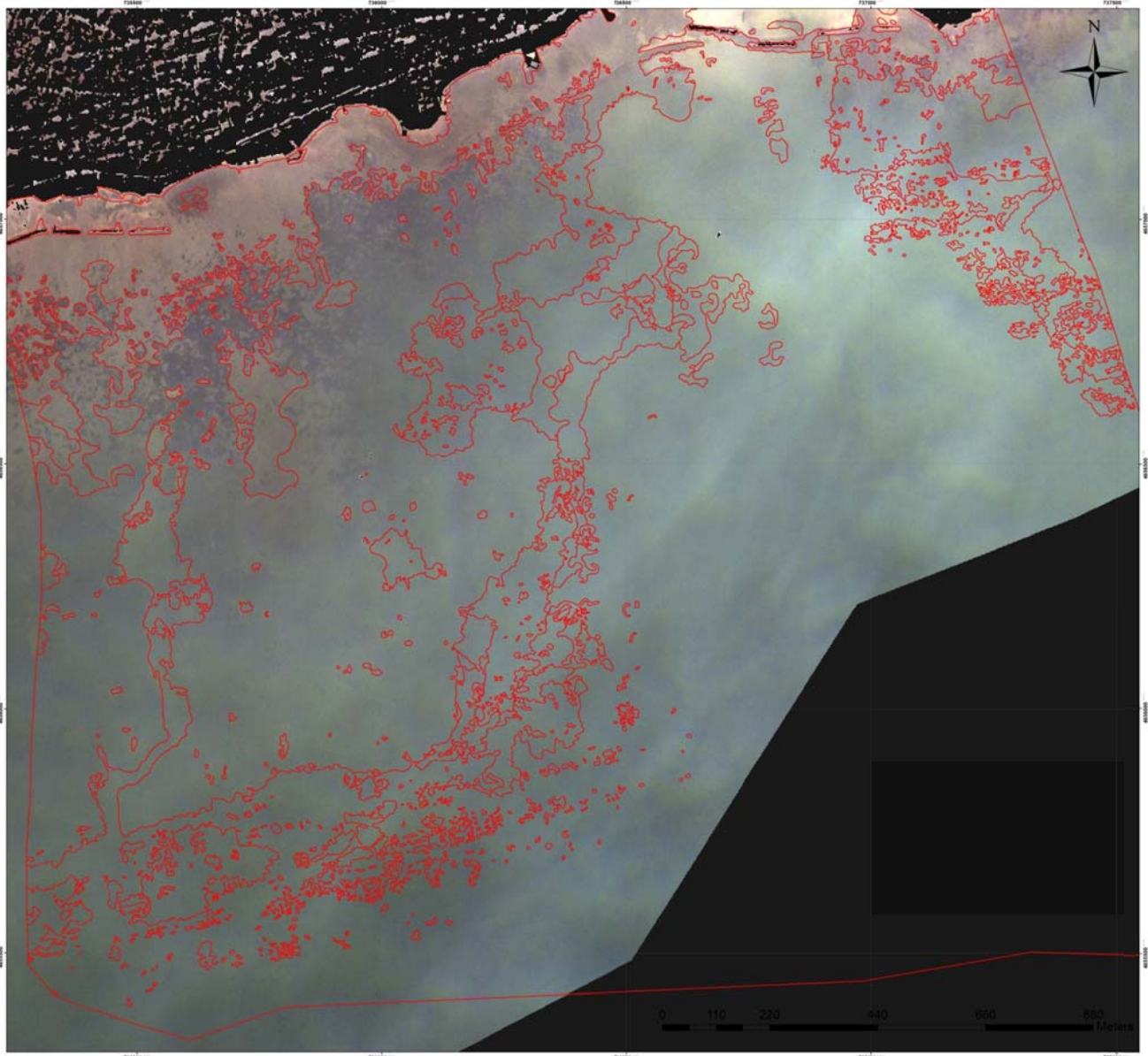
- Fondi mobili
- Posidonia oceanica su matte e/o sabbia
- Posidonia oceanica su matte e matte morta
- Roccia con presenza di Posidonia oceanica
- Rocce infralitorali con alghe fotofile
- Roccia mosaico associazioni fotofile e sciafile
- Coralligeno

4.4.4. CLASSIFICAZIONE AREA P4

Classificazione SSS

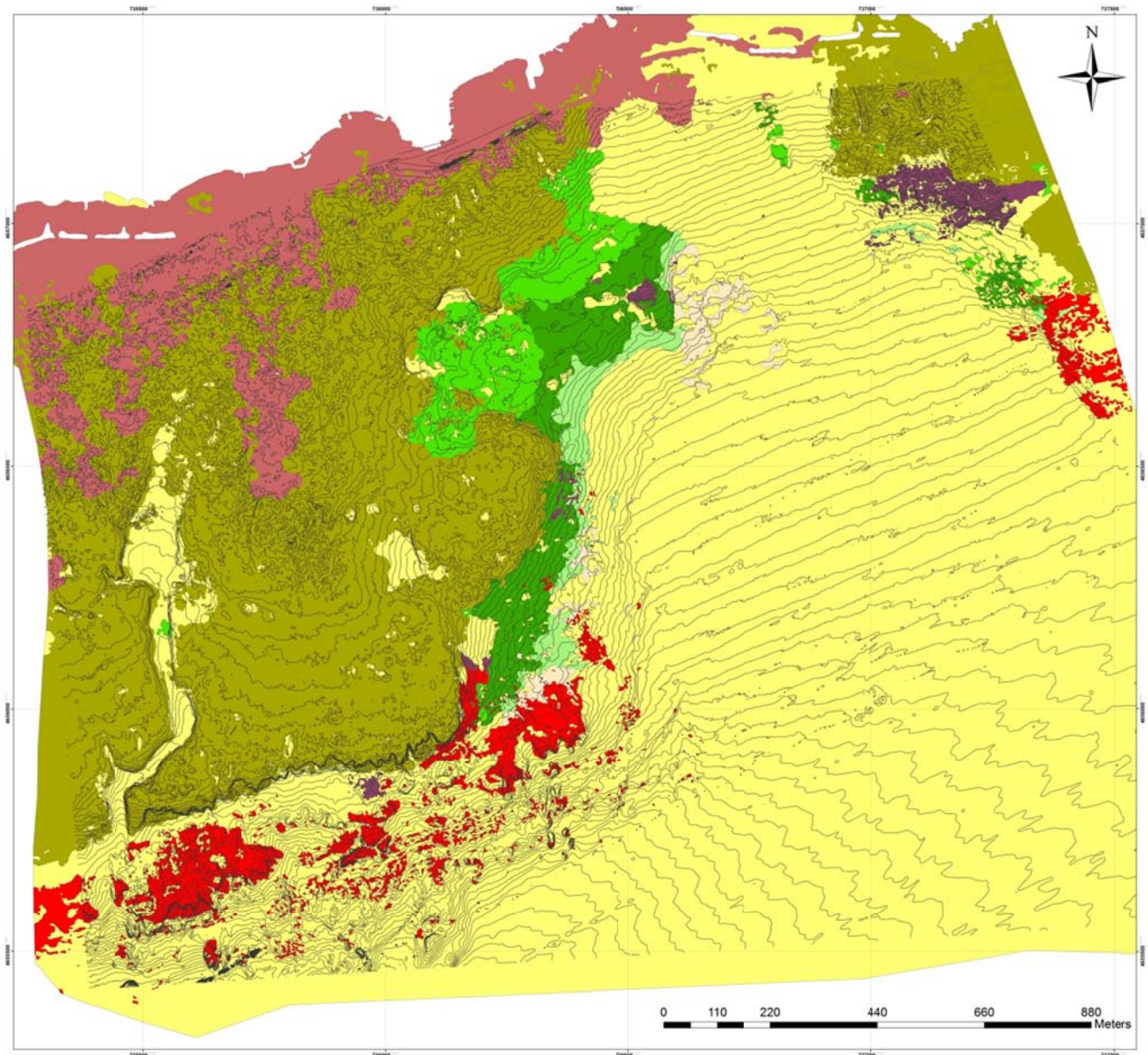


Classificazione Immagini Satellitari



----- Limite della batimetria -15,00 m

Classificazione con dettaglio



Legenda

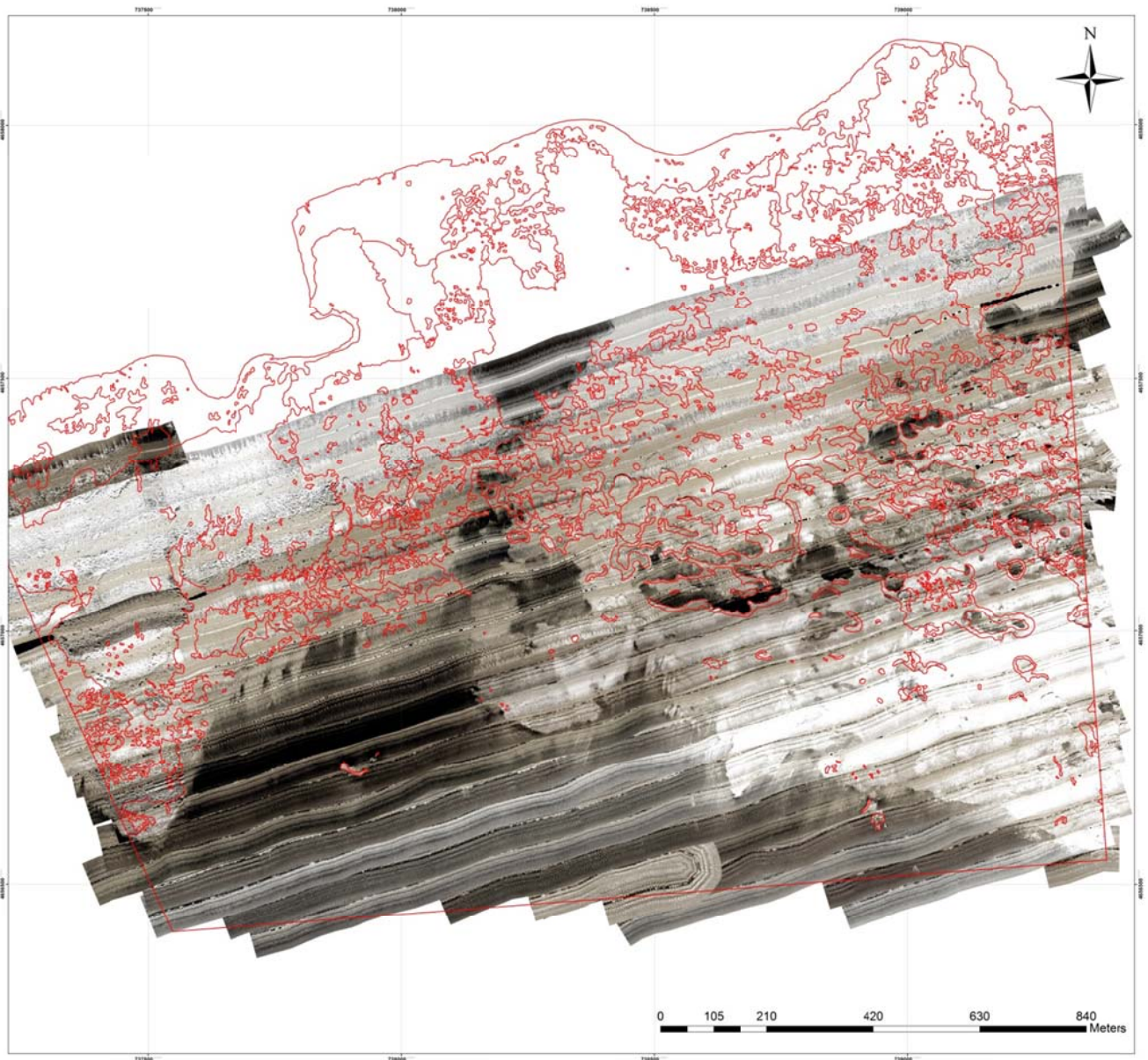
P1 Classificazione

Tipologia

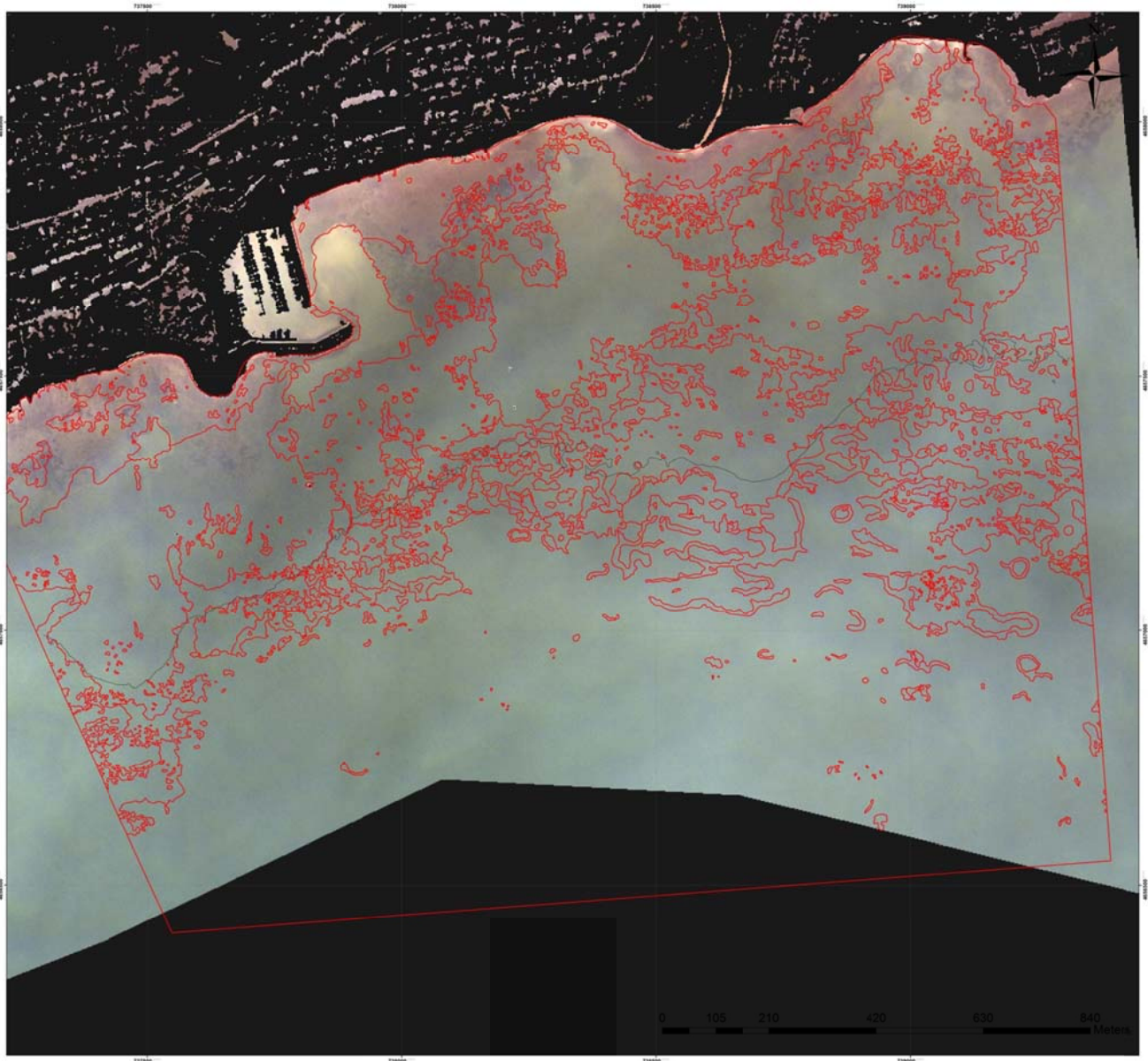
- Fondi mobili
- Posidonia oceanica su mattoni e/o sabbia
- Posidonia oceanica su mattoni e mattoni morti
- Rocce con presenza di Posidonia oceanica
- Rocce infralitorali con alghe fotofile
- Rocce mosaico associazioni fotofile e sciafile
- Coralligeno

4.4.5. CLASSIFICAZIONE AREA P5

Classificazione SSS

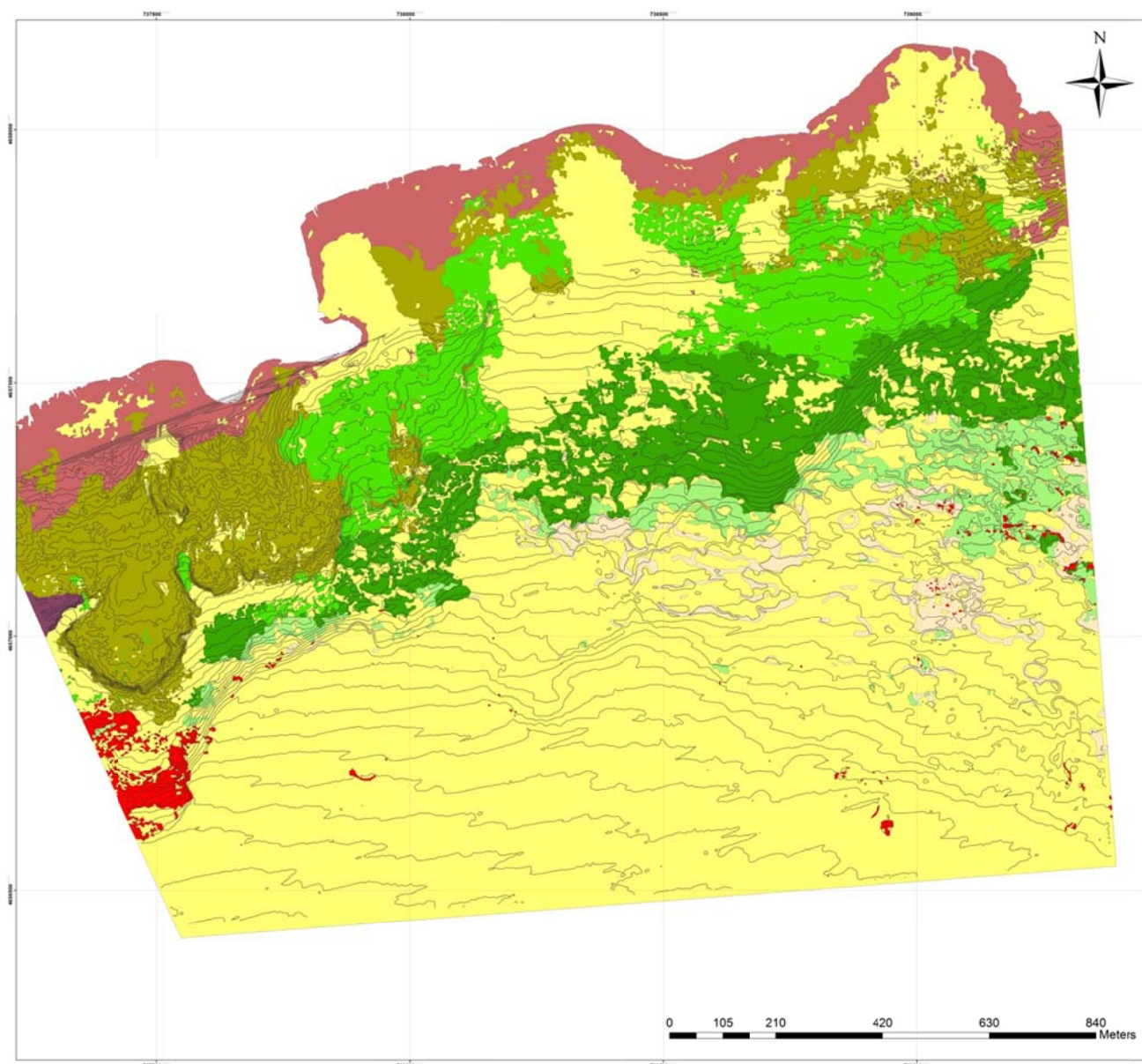


Classificazione Immagini Satellitari



----- Limite della batimetria -15,00 m

Classificazione con dettaglio



Legenda

P1 Classificazione

Tipologia

- Fondi mobili
- Posidonia oceanica su matte e/o sabbia
- Posidonia oceanica su matte e matte morta
- Roccia con presenza di Posidonia oceanica
- Rocce infralitorali con alghe fotofile
- Roccia mosaico associazioni fotofile e sciafile
- Coralligeno