

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUZIONE | 3 |
| 2. MONITORAGGIO TRAMITE INDAGINI DIRETTE | 3 |
| 2.1 Determinazione e marcatura delle aree di monitoraggio nell'area di impianto e nell'adiacente prateria naturale | 3 |
| 2.2 Monitoraggio non distruttivo sull'area di impianto | 4 |
| 2.3 Monitoraggio non distruttivo sull'adiacente prateria naturale | 4 |
| 2.4 Risultati | 5 |
| 1.1.1 Situazione generale dell'area di impianto | 5 |
| 1.1.2 Monitoraggio delle talee | 6 |
| 1.1.3 Materiale Fotografico | 11 |
| 1.1.4 Monitoraggio della prateria naturale | 15 |
| 2.5 Conclusioni | 18 |
| 3. MONITORAGGIO TRAMITE DATA LOGGER | 20 |
| 3.1 Misurazione dell'irraggiamento e della temperatura della colonna d'acqua tramite misuratore di luce e temperatura HOBO ® Pendant data logger | 20 |
| 3.2 Misurazione dell'accelerazione del movimento della colonna d'acqua tramite Hobo ® Pendant G Acceleration Data Logger | 22 |
| 3.3 Risultati | 23 |
| 4. MONITORAGGIO TRAMITE SATELLITE | 27 |
| 5. MAPPATURA DELL'AREA DI IMPIANTO | 31 |

1. INTRODUZIONE

Il monitoraggio è stato effettuato tra il 10 e il 19 settembre 2012, tre mesi dopo la fine delle operazioni di trapianto delle talee. Lo studio ha compreso le seguenti fasi:

- Monitoraggio tramite indagini dirette:
 - determinazione e marcatura delle aree di monitoraggio nell'area di impianto e nell'adiacente prateria naturale;
 - monitoraggio non distruttivo sull'area di impianto;
 - monitoraggio non distruttivo sull'adiacente prateria naturale.
- Monitoraggio tramite data logger:
 - misurazione dell'irraggiamento e della temperatura della colonna d'acqua tramite misuratore di luce e temperatura HOBO ® Pendant data logger;
 - misurazione dell'accelerazione del movimento della colonna d'acqua tramite Hobo ® Pendant G Acceleration Data Logger.
- Monitoraggio tramite immagini satellitari.
- Effettuazione di riprese su tutta l'area di impianto (vedi DVD allegato).

Gli obiettivi del monitoraggio erano di valutare la vitalità e l'attecchimento delle talee e di verificare che fossero ottemperate le specifiche del capitolato. In particolare la sopravvivenza delle talee doveva essere non inferiore al 75% dell'impianto e quindi è stato verificato che almeno una media di 25 talee a metro quadro ed almeno una superficie di 7500 metri quadrati fossero effettivamente presenti.

2. MONITORAGGIO TRAMITE INDAGINI DIRETTE

2.1 Determinazione e marcatura delle aree di monitoraggio nell'area di impianto e nell'adiacente prateria naturale

La superficie di impianto è stata suddivisa in 20 settori, 17 situati nell'area R2 e 3 nell'area R1. Per ciascun settore è stata individuata una area di campionamento pari al 25% della superficie del settore e in ciascuna area è stata marcata una superficie pari al 10% destinata alle misurazioni in situ. Inoltre, sono state definite le aree per il monitoraggio distruttivo adiacenti alle precedenti.

In totale le superfici marcate includono 250 m² di impianto (Carte 1/R1 e 2/R2 fornite in allegato a parte).

All'interno della prateria naturale adiacente all'impianto sono stati selezionati tre settori situati rispettivamente a nord dell'area R2, a sud dell'area R2 e attorno all'area R1. Per ciascun settore

sono state marcate 3 aree di monitoraggio in modo da coprire il più possibile le zone adiacenti all'impianto (Carte 1/R1 e 2/R2 fornite in allegato a parte).

2.2 Monitoraggio non distruttivo sull'area di impianto

In ciascuna area di monitoraggio in immersione sono state effettuate le seguenti misure:

- Conta delle talee;
- Conta dei fasci;
- Misurazione della lunghezza/larghezza della foglia più lunga;
- Stima della percentuale di tessuto bruno;
- Valutazione qualitativa della comunità epifita delle foglie e stima delle percentuali di ricoprimento;
- Determinazione dello stato degli apici espresso come percentuale di apici erosi rispetto al numero totale di apici per fascio;
- Determinazione dell'accrescimento fogliare mediante marcatura.

La conta delle talee e dei fasci è stata eseguita su tutti i m² di trapianto presenti nelle aree di monitoraggio.

La misurazione delle foglia più lunga, la stima del tessuto bruno, la determinazione dello stato degli apici e la valutazione della comunità epifita sono state effettuate su almeno 5 m² per ciascuna area di monitoraggio.

Il tessuto bruno e il ricoprimento totale degli epifiti sono stati espressi come percentuale rispetto alla superficie della foglia più lunga.

Gli epifiti sono stati suddivisi in alghe incrostanti, alghe erette/filamentose, briozoi e idrozoi, per ciascuna di queste categorie è stata valutata la percentuale di ricoprimento rispetto al totale degli epifiti.

Lo stato degli apici è stato valutato su 5 fasci per ciascun m² di trapianto campionato ed espresso come percentuale di apici erosi rispetto al numero totale di foglie.

L'accrescimento fogliare è stato effettuato attraverso il metodo di marcatura di Zieman, mediante marcatura delle foglie alla base e successiva misurazione dell'allungamento delle foglie di ciascun fascio marcato. L'allungamento totale per fascio è stato diviso per il numero dei giorni intercorsi tra la marcatura e la successiva misurazione per ottenere l'allungamento medio giornaliero per ciascun fascio.

2.3 Monitoraggio non distruttivo sull'adiacente prateria naturale

In ciascuna area di monitoraggio della prateria naturale sono state effettuate le seguenti misure in immersione:

- Stima della densità dei fasci;

- Misurazione della lunghezza/larghezza della foglia più lunga;
- Stima del tessuto bruno;
- Valutazione qualitativa della comunità epifita delle foglie;
- Determinazione dello stato degli apici espresso come percentuale di apici erosi rispetto al numero totale di apici;
- Determinazione dell'accrescimento fogliare.

La stima della densità è stata effettuata attraverso la conta dei fasci fogliari presenti all'interno di quadrati di 0.25 m². Per ciascuna area di monitoraggio sono state effettuate 3 misure ed il valore ottenuto è stato riportato al m².

La misurazione delle foglia più lunga, la stima del tessuto bruno, la determinazione dello stato degli apici e la valutazione della comunità epifita sono state effettuate all'interno delle 3 superfici di campionamento per ciascuna area di monitoraggio.

Il tessuto bruno e il ricoprimento totale degli epifiti sono stati espressi come percentuale rispetto alla superficie della foglia più lunga.

Gli epifiti sono stati suddivisi in alghe incrostanti, alghe erette/filamentose, briozoi e idrozoi e per ciascuna categoria è stata valutata la percentuale di ricoprimento rispetto al totale degli epifiti.

Lo stato degli apici è stato valutato su 3 fasci per ciascuna superficie di monitoraggio ed espresso come percentuale di apici erosi rispetto al numero totale di foglie.

L'accrescimento fogliare è stato effettuato attraverso il metodo di marcatura di Zieman, mediante marcatura delle foglie alla base e successiva misurazione dell'allungamento delle foglie di ciascun fascio marcato. L'allungamento totale per fascio è stato diviso per il numero dei giorni intercorsi tra la marcatura e la successiva misurazione per ottenere l'allungamento medio giornaliero per ciascun fascio.

2.4 Risultati

1.1.1 Situazione generale dell'area di impianto

La superficie di impianto presenta una situazione variabile tra i diversi settori.

L'area R1 (settori 18, 19 e 20) e la parte meridionale dell'area R2 (settori 8, 9, 10, 11, 12) mostrano una situazione piuttosto buona con la maggior parte delle strutture di fissaggio completamente coperte da una quantità ottimale di sabbia.

I settori 2, 3, 13, 14, 15, 16 e 17 presentano una situazione a patch, con zone in ottimo stato alternate a stuoie sollevate dal fondo ed alcune danneggiate.

I settori 4, 5, 6 e 7 hanno subito danni ingenti, legati all'azione di ancoraggi che hanno indebolito e spesso completamente reso inefficaci i sistemi di ancoraggio adottati per fissare le stuoie al fondo marino. Tali danni sono stati successivamente ampliati dall'azione del mare. Questi settori non sono stati quindi considerati nel monitoraggio.

Il settore 1, costituito da materassi "Reno" coperti da geostuoia, ha subito danni limitati, ma le problematiche legate al ripristino hanno suggerito la rimozione delle strutture. Per questo motivo, non vengono riportati i dati relativi al monitoraggio nonostante le misurazioni fossero state effettuate e siano eventualmente disponibili.

Da un punto di vista biologico, tutte le talee esaminate presentavano un buon attecchimento, con un'elevata produzione di radici e, in qualche caso, con inizio di ramificazione del rizoma. Da notare che anche le stuoie trovate sollevate dal fondo recavano talee in ottimo stato di vitalità dimostrato dalla presenza di un ingente numero di nuove radici.

1.1.2 Monitoraggio delle talee

Il numero di talee al m² per l'intero campo (escluso i settori considerati persi), è risultato pari a 28.6±0.9 (media ± errore standard). Tuttavia se consideriamo separatamente i settori migliori (8, 9, 10, 11, 12, 18, 19, 20) e quelli in parte danneggiati (2, 3, 12, 13, 14, 15, 16, 17), il numero di talee al m² è rispettivamente 31.1±0.9 e 25.6±1.3. Il numero di fasci al m² è risultato 35.8±1.1.

La lunghezza massima delle foglie è risultata di 47.8±2.1 cm. L'allungamento medio giornaliero delle foglie per fascio è risultato 0.21±0.03 cm.

La percentuale di tessuto bruno, di apici erosi e di ricoprimento di epifiti sono risultati rispettivamente 32.5±2.6, 66.0±3.9 e 74.8±2.6.

Tra gli epifiti sono risultate dominanti le alghe incrostanti con un ricoprimento percentuale di 66.1±1.9; le alghe filamentose/erette e i briozoi erano comunque ben rappresentati con una percentuale di ricoprimento rispettivamente pari a 21.9±1.7 e 11.6±1.7.

I dati sono riassunti in tabella 1 e nelle figure 5, 6 e 7.

Tab 1. Valori osservati per ciascuna variabile considerata nei diversi settori (ES = Errore Standard).

| settor e | | N° talee | N° fasci | lungh foglie | Largh foglie | tess bru | apic eros | epifiti tot | algh e | algh e | briozo i |
|-------------|-------|-------------|-------------|-----------------|-----------------|-------------|--------------|----------------|-----------|-----------|-------------|
| 2 | media | 30.4 | 37.1 | 48.8 | 1.0 | 26.4 | 77.3 | 81.8 | 71.0 | 17.2 | 11.5 |
| | ES | 0.8 | 1.5 | 2.6 | 0.0 | 4.0 | 6.1 | 2.6 | 4.0 | 1.7 | 3.3 |
| 3 | media | 28.0 | 41.1 | 45.1 | 1.0 | 27.0 | 53.1 | 76.3 | 74.7 | 16.6 | 8.8 |
| | ES | 0.8 | 1.2 | 2.7 | 0.0 | 3.7 | 4.9 | 3.4 | 2.4 | 2.4 | 1.1 |
| 8 | media | 31.3 | 39.6 | 45.7 | 1.0 | 40.2 | 62.2 | 92.8 | 72.1 | 18.7 | 8.7 |
| | ES | 1.3 | 2.0 | 2.7 | 0.0 | 3.5 | 8.5 | 2.2 | 5.8 | 3.0 | 3.9 |
| 9 | media | 27.4 | 30.6 | 52.8 | 1.0 | 55.7 | 73.3 | 85.0 | 68.3 | 25.8 | 5.8 |
| | ES | 0.6 | 0.7 | 2.3 | 0.0 | 9.6 | 4.1 | 4.2 | 5.9 | 5.6 | 1.5 |
| 10 | media | 29.7 | 32.7 | 57.3 | 1.0 | 38.0 | 90.0 | 81.3 | 62.5 | 25.0 | 12.5 |
| | ES | 1.3 | 1.4 | 6.4 | 0.0 | 4.6 | 10.0 | 3.1 | 2.5 | 2.9 | 2.5 |
| 11 | media | 32.3 | 38.5 | 50.2 | 1.0 | 51.2 | 76.7 | 82.5 | 58.3 | 26.7 | 15.0 |
| | ES | 1.0 | 1.8 | 2.1 | 0.0 | 3.6 | 10.2 | 2.7 | 3.3 | 5.9 | 6.0 |
| 12 | media | 32.7 | 40.3 | 46.3 | 1.0 | 34.8 | 96.7 | 87.5 | 50.8 | 35.8 | 13.3 |
| | ES | 2.2 | 3.0 | 3.1 | 0.0 | 5.6 | 3.3 | 1.7 | 2.0 | 2.7 | 2.1 |
| 13 | media | 23.1 | 28.5 | 39.5 | 1.0 | 35.0 | 46.7 | 68.3 | 65.0 | 28.3 | 6.7 |
| | ES | 0.6 | 0.7 | 2.1 | 0.0 | 5.8 | 4.1 | 2.7 | 5.5 | 4.8 | 1.6 |
| 14 | media | 25.7 | 31.8 | 37.0 | 1.0 | 32.3 | 46.7 | 66.7 | 72.5 | 24.2 | 3.3 |
| | ES | 1.3 | 1.1 | 2.3 | 0.0 | 4.6 | 4.1 | 6.2 | 5.9 | 6.4 | 1.6 |
| 15 | media | 24.7 | 31.4 | 37.2 | 1.0 | 27.0 | 53.3 | 66.7 | 61.7 | 28.3 | 10.0 |
| | ES | 0.7 | 0.9 | 7.5 | 0.2 | 4.6 | 10.5 | 14.1 | 12.2 | 5.6 | 1.9 |
| 16 | media | 22.5 | 30.5 | 36.2 | 1.0 | 33.3 | 60.0 | 63.3 | 72.5 | 25.8 | 1.7 |
| | ES | 1.1 | 0.8 | 6.6 | 0.2 | 7.9 | 9.4 | 11.7 | 10.1 | 6.5 | 1.9 |
| 17 | media | 24.8 | 35.9 | 42.3 | 1.0 | 21.0 | 48.5 | 81.8 | 79.1 | 12.9 | 8.5 |
| | ES | 1.4 | 1.4 | 2.0 | 0.0 | 2.4 | 3.2 | 3.2 | 1.7 | 1.5 | 1.4 |
| 18 | media | 32.4 | 40.1 | 60.9 | 1.0 | 23.1 | 59.2 | 63.3 | 65.7 | 12.6 | 21.8 |
| | ES | 1.1 | 0.7 | 4.6 | 0.0 | 4.2 | 8.7 | 5.3 | 4.7 | 1.5 | 4.5 |
| 19 | media | 32.9 | 39.0 | 55.8 | 1.0 | 18.9 | 68.0 | 68.5 | 60.6 | 14.0 | 25.2 |
| | ES | 0.7 | 1.2 | 4.6 | 0.0 | 5.8 | 7.3 | 4.2 | 7.7 | 2.1 | 6.2 |
| 20 | media | 31.8 | 39.9 | 62.8 | 1.0 | 23.8 | 78.8 | 56.3 | 56.4 | 17.1 | 21.9 |
| | ES | 1.0 | 1.5 | 5.6 | 0.0 | 7.0 | 6.5 | 7.1 | 6.8 | 2.8 | 3.8 |

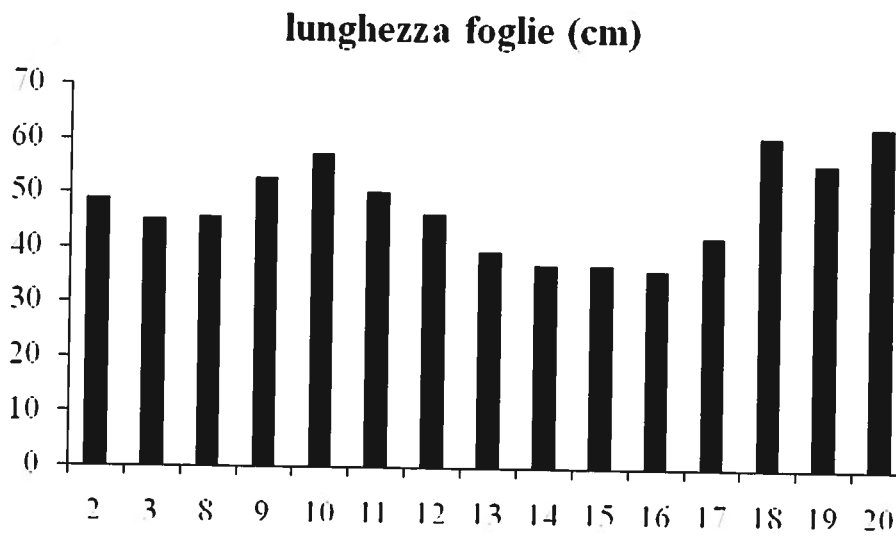
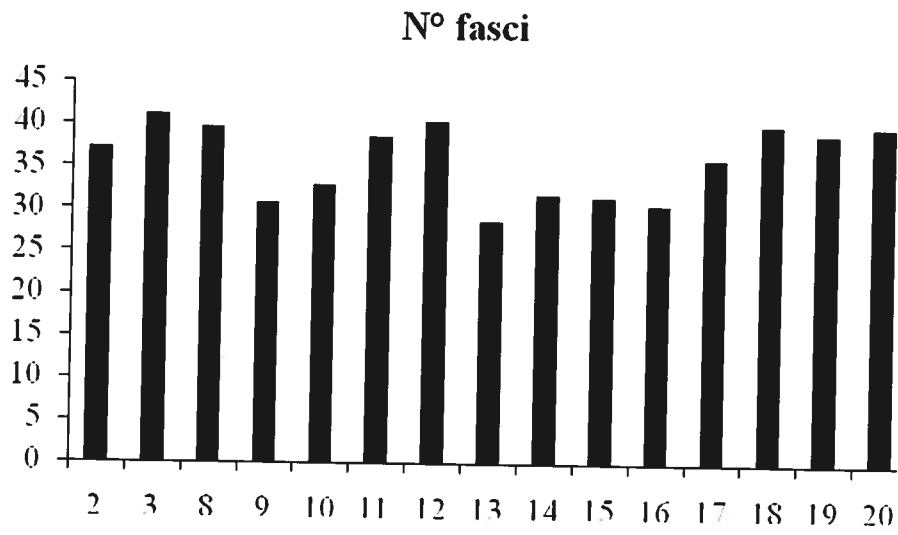
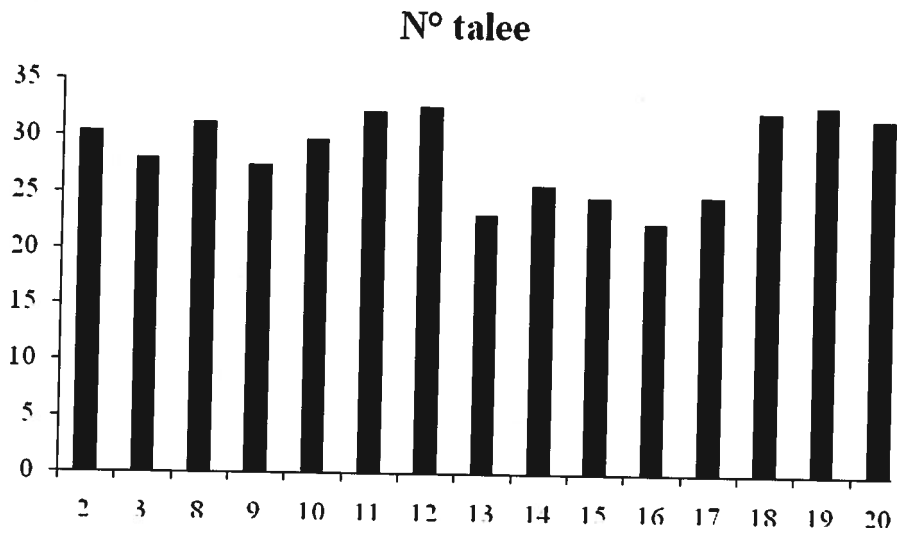


Fig. 5. Andamento dei valori osservati di N°Talee, N°Fasci e Lunghezza Foglie in ciascuno dei settori monitorati.

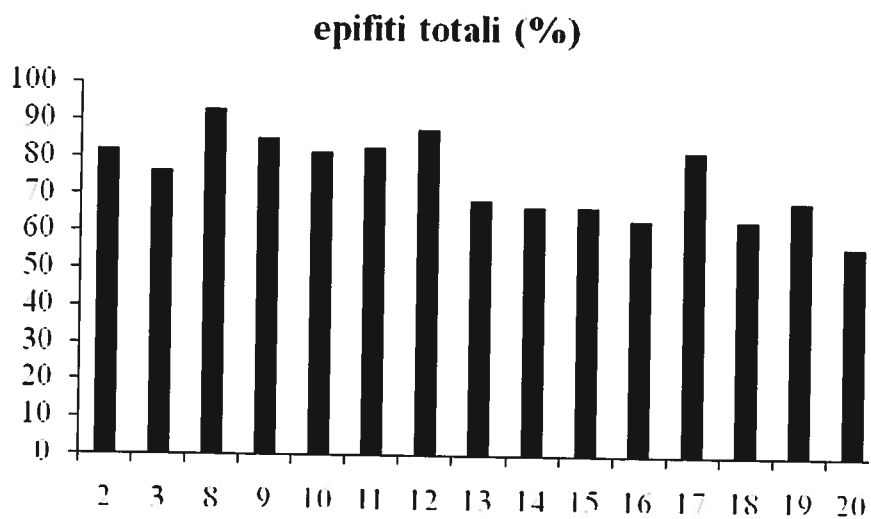
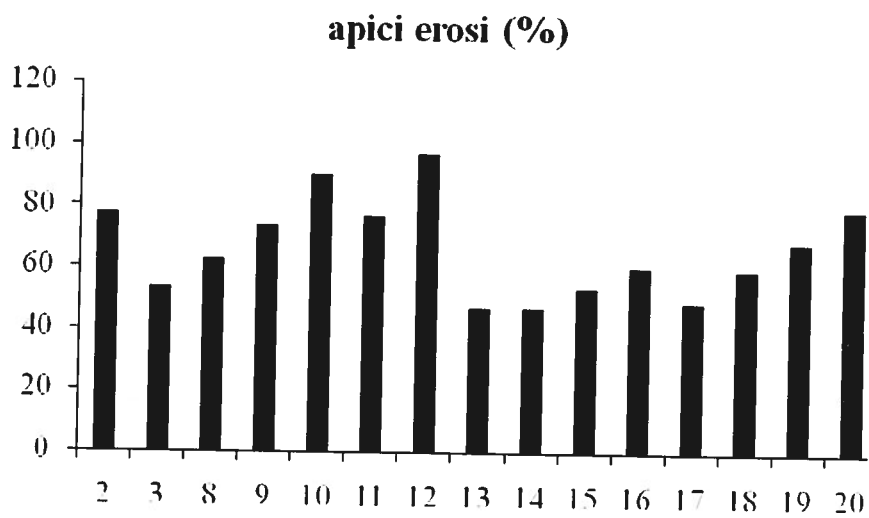
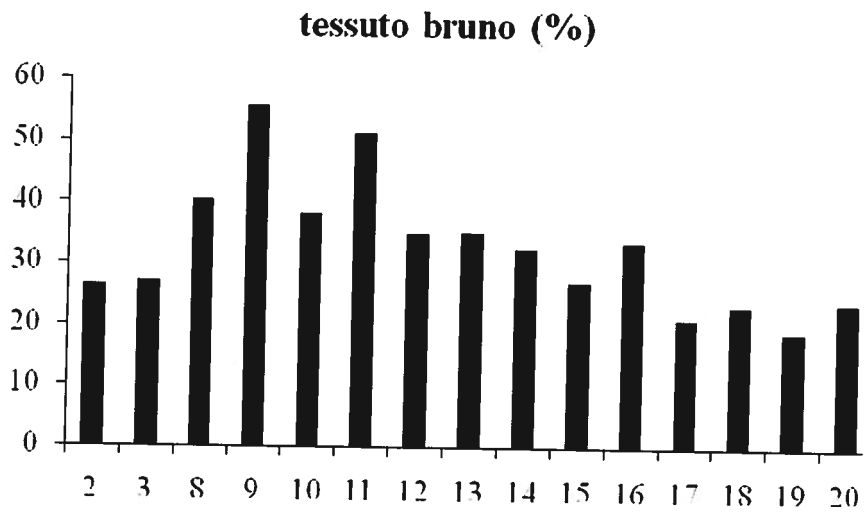


Fig. 6. Andamento dei valori osservati di Tessuto Bruno, Apici Erosi ed Epifiti Totali in ciascuno dei settori monitorati.

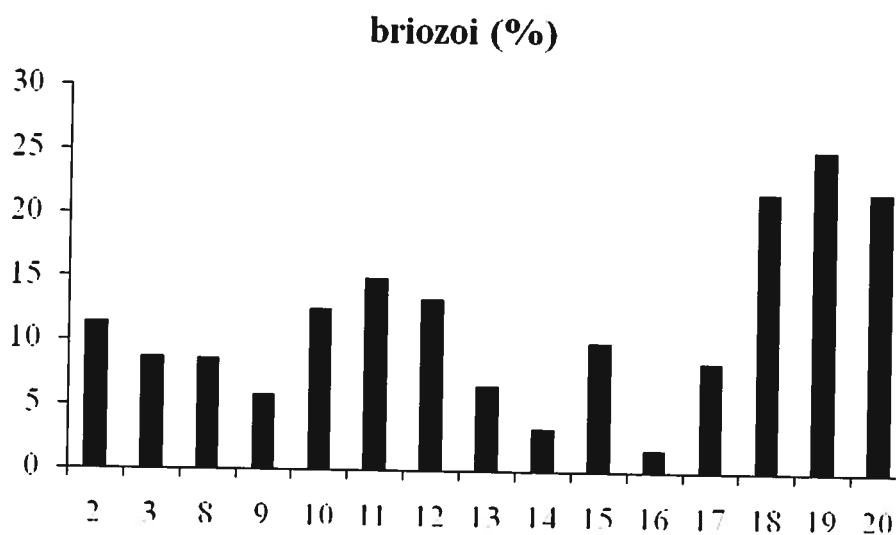
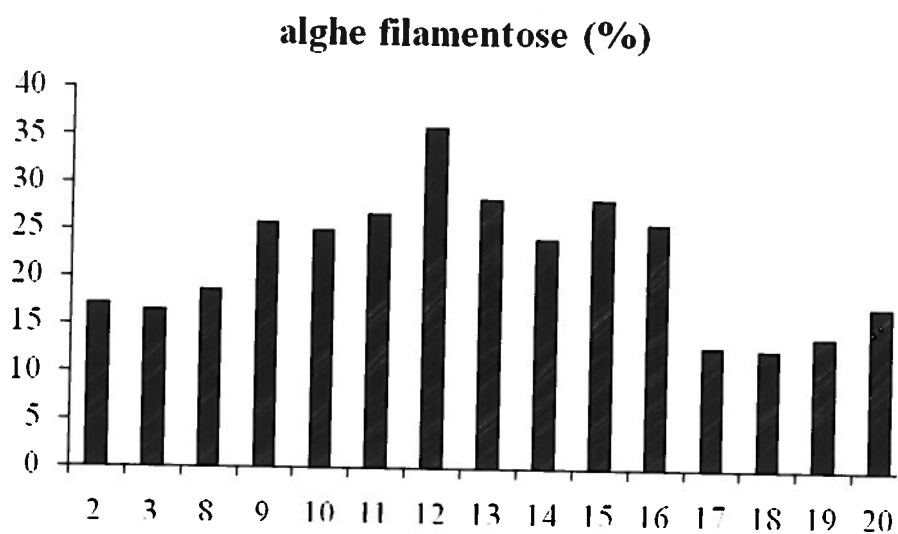
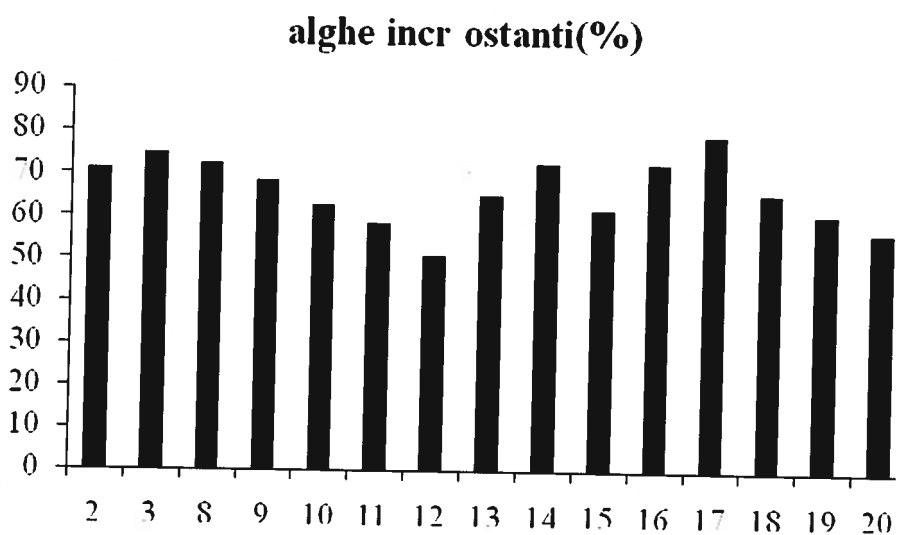
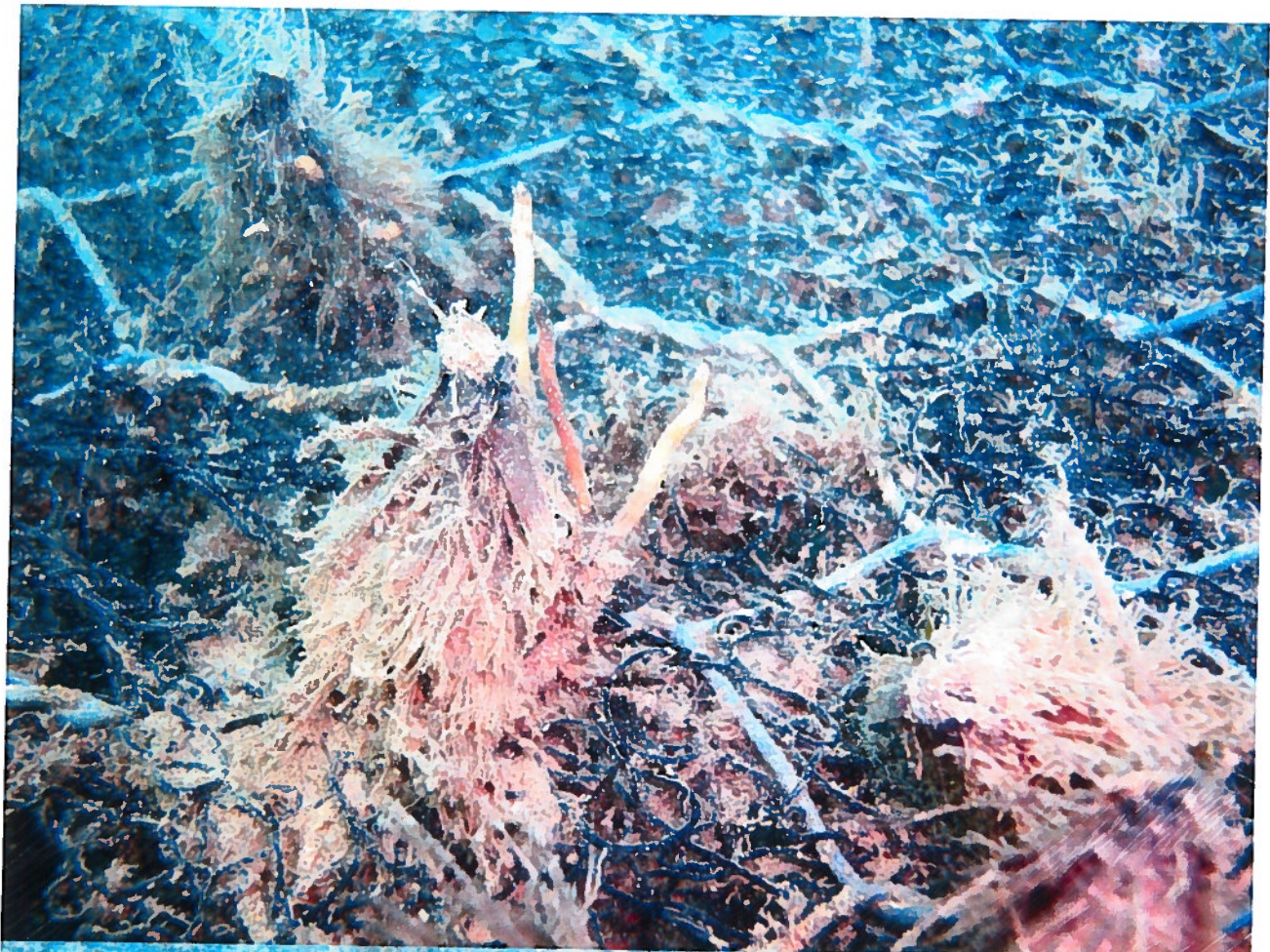


Fig. 7. Andamento dei valori osservati di Alghe Incrostanti, Alghe Filamentose e Briozoi in ciascuno dei settori monitorati.

1.1.3 Materiale Fotografico

In questa sequenza fotografica viene messo in evidenza l'accrescimento delle radici ed il buono stato di salute delle talee nel periodo successivo al reimpianto.

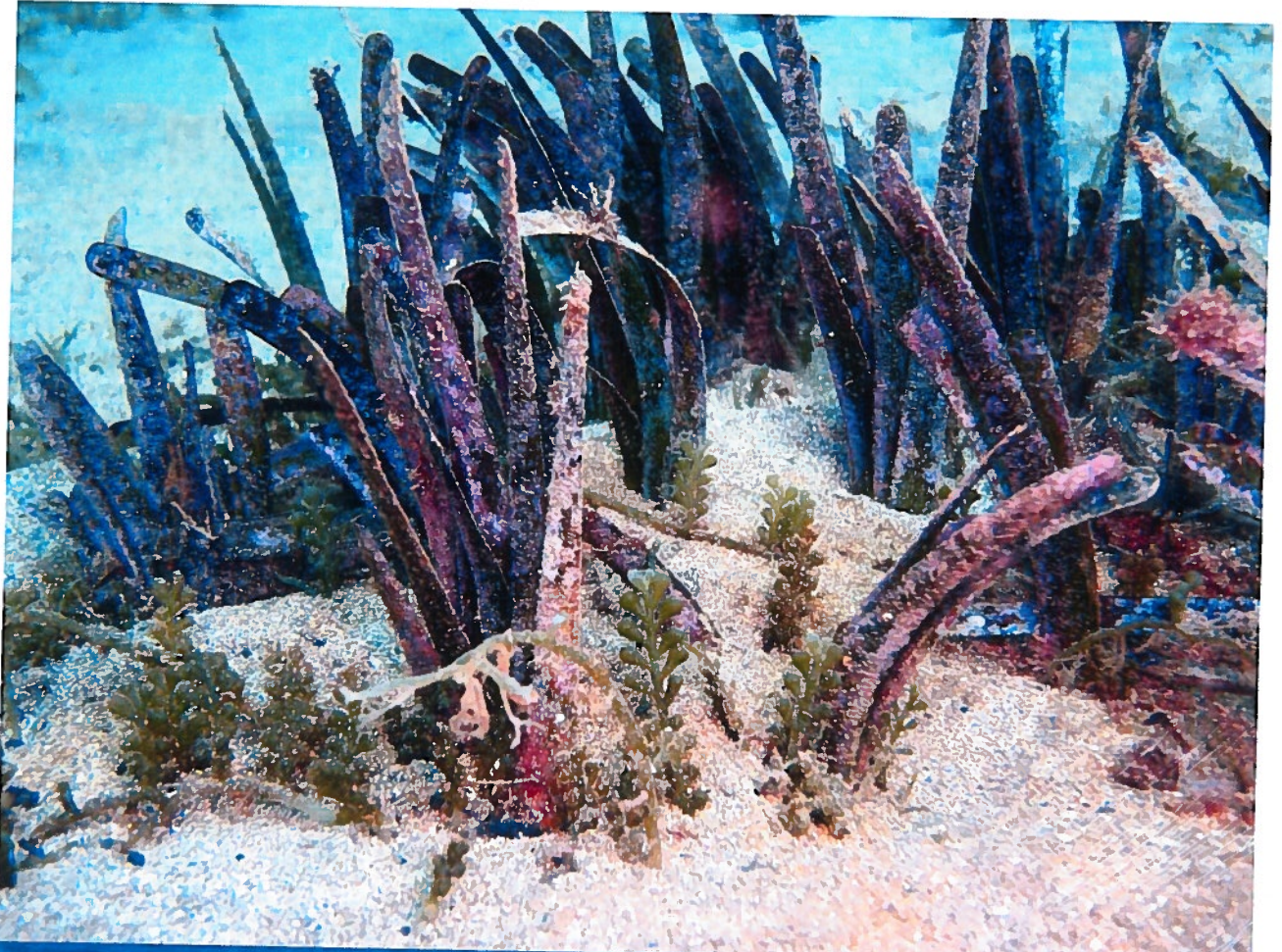






42.1953 N
114.670 E





42 1 950 N
11 49 048 E



1.1.4 Monitoraggio della prateria naturale

La densità media della prateria naturale è risultata pari a 224.6 ± 16.1 , con valori delle singole aree di campionamento variabili tra 169.3 ± 4.7 e 316.0 ± 7.1 .

La lunghezza media delle foglie era di 70.1 ± 4.1 cm, mentre le percentuali di tessuto bruno, apici erosi e ricoprimento epifita sono risultate rispettivamente 10.3 ± 1.1 , 49.2 ± 3.3 e 76.8 ± 1.3 . L'allungamento medio giornaliero delle foglie per fascio è risultato 0.45 ± 0.01 cm.

Il popolamento epifita era dominato da alghe incrostanti (75.9 ± 2.3 %), con ricoprimenti importanti da parte delle alghe filamentose/erette (10.7 ± 1.3) e briozoi (13.3 ± 2.2) (Tabella 2, Figure 8, 9, 10).

Tab 2. Valori osservati per ciascuna variabile considerata nei diversi settori (ES = Errore Standard).

| stazione | | N° fasci | lunghezza foglie | Larghezza foglie | tessuto bruno | apici erosi | epifiti tot | alghe incrostanti | alghe filamentose | briozoi |
|------------|-------|----------|------------------|------------------|---------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|---------|
| C1 terra | media | 79.0 | 84.3 | 1.0 | 6.7 | 46.7 | 78.3 | 60.0 | 15.0 | 25.0 |
| | ES | 7.1 | 3.2 | 0.0 | 2.2 | 10.2 | 5.9 | 0.0 | 3.8 | 3.8 |
| C1 centro | media | 65.3 | 89.0 | 1.0 | 8.3 | 63.3 | 76.7 | 73.3 | 10.0 | 16.7 |
| | ES | 7.9 | 6.3 | 0.0 | 2.2 | 3.8 | 4.4 | 4.4 | 3.8 | 5.9 |
| C1 mare | media | 53.3 | 71.0 | 1.0 | 8.3 | 63.3 | 73.3 | 83.3 | 8.3 | 8.3 |
| | ES | 3.5 | 12.1 | 0.0 | 4.4 | 7.7 | 4.4 | 2.2 | 2.2 | 2.2 |
| C2 terra | media | 58.3 | 63.3 | 1.0 | 16.7 | 46.7 | 83.3 | 83.3 | 6.7 | 10.0 |
| | ES | 9.6 | 4.5 | 0.0 | 2.2 | 10.2 | 4.4 | 4.4 | 2.2 | 3.8 |
| C2 centro | media | 59.3 | 78.7 | 1.0 | 11.7 | 23.3 | 73.3 | 71.7 | 8.3 | 20.0 |
| | ES | 4.5 | 11.5 | 0.0 | 2.2 | 3.8 | 4.4 | 2.2 | 2.2 | 3.8 |
| C2 mare | media | 60.7 | 72.0 | 1.0 | 8.3 | 23.3 | 73.3 | 76.7 | 13.3 | 10.0 |
| | ES | 5.5 | 9.5 | 0.0 | 2.2 | 0.0 | 4.4 | 2.2 | 2.2 | 0.0 |
| C3 nord | media | 43.0 | 65.3 | 1.0 | 11.7 | 76.7 | 73.3 | 76.7 | 6.7 | 16.7 |
| | ES | 3.5 | 2.9 | 0.0 | 2.2 | 3.8 | 4.4 | 2.2 | 2.2 | 4.4 |
| C3 s ovest | media | 42.3 | 50.7 | 1.0 | 8.3 | 63.3 | 83.3 | 80.0 | 10.0 | 10.0 |
| | ES | 4.7 | 1.9 | 0.0 | 2.2 | 10.2 | 4.4 | 7.7 | 0.0 | 7.7 |
| C3 s est | media | 44.0 | 56.7 | 1.0 | 13.3 | 36.7 | 76.7 | 78.3 | 18.3 | 3.3 |
| | ES | 2.8 | 9.6 | 0.0 | 4.4 | 13.9 | 8.9 | 2.2 | 2.2 | 2.2 |

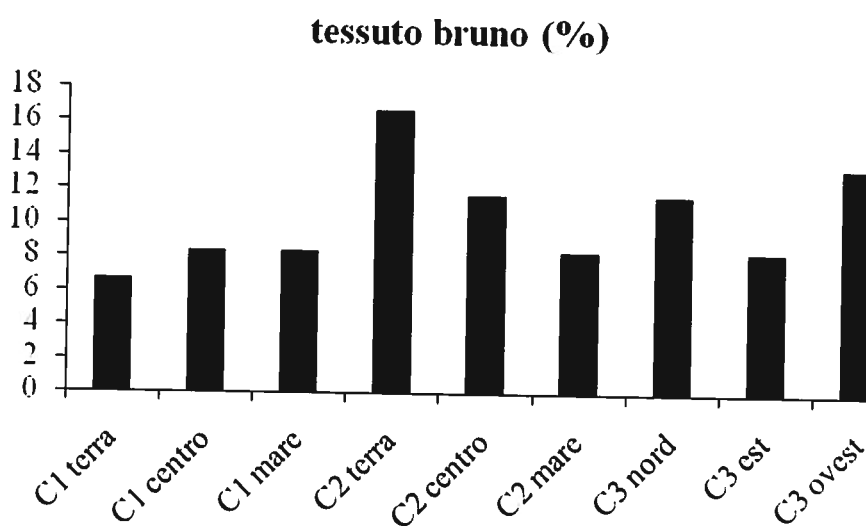
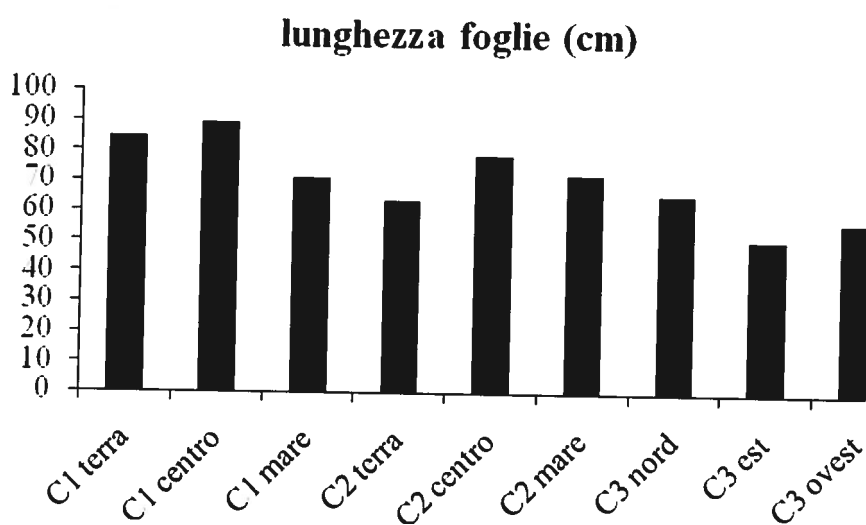
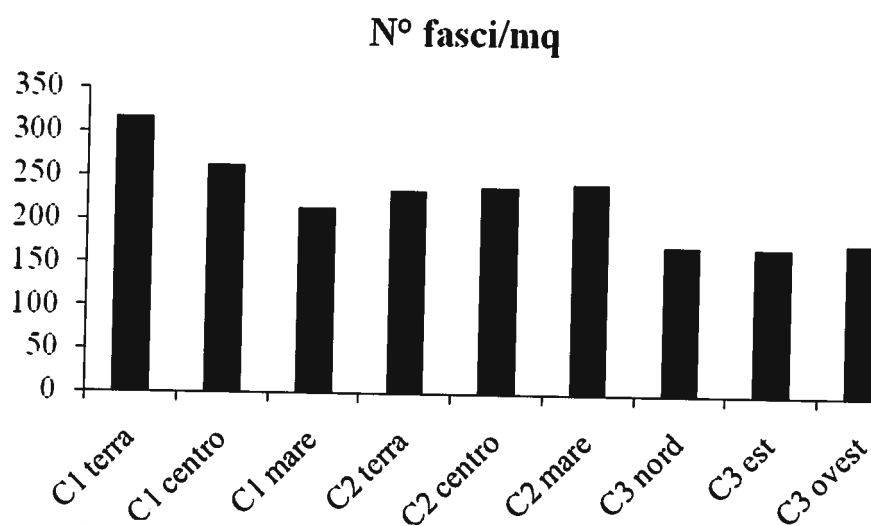


Fig. 8. Andamento dei valori osservati di N° Fasci/m², Lunghezza Foglie e Tessuto Bruno in ciascuno dei settori monitorati.

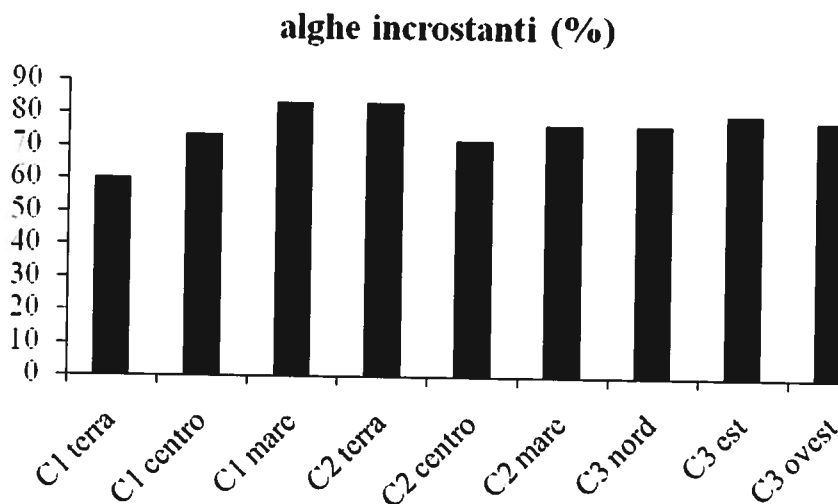
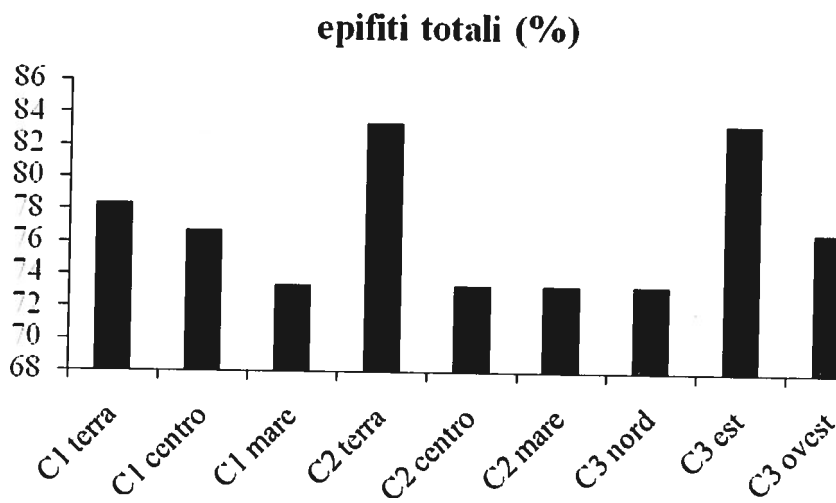
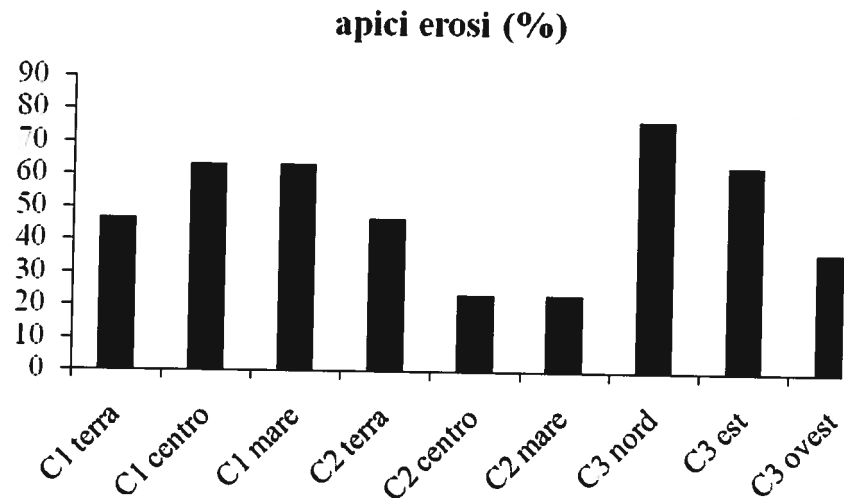


Fig. 9. Andamento dei valori osservati di Apici Erosi, Epifiti Totali e Alghe Incrostanti in ciascuno dei settori monitorati.

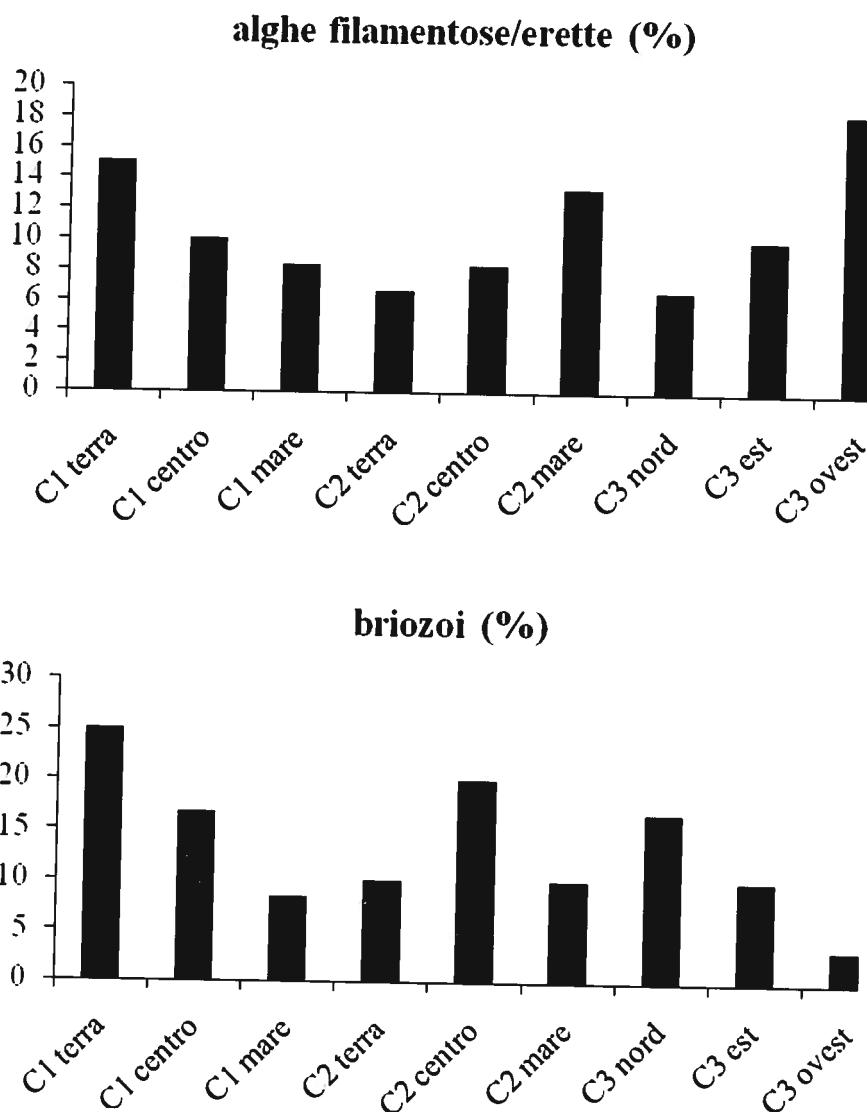


Fig. 10. Andamento dei valori osservati di Alghe Filamentose/Erette e Briozoi in ciascuno dei settori monitorati.

2.5 Conclusioni

Le aree che non hanno subito danni meccanici presentano una sopravvivenza media pari a 89.5% con differenze sensibili tra zone dell'impianto. Infatti, è stata calcolata una sopravvivenza pari al 97.3% per i settori più occidentali dell'area R2 (2, 3, 8, 9, 10, 11, 12) e tutti quelli dell'area R1 (18, 19, 20), mentre per i settori più orientali dell'area R2 (13, 14, 15, 16, 17) è stata calcolata una sopravvivenza pari al 79.9% (Figura 11). In queste aree le talee sopravvissute si presentano ben radicate e vitali. Il numero di fasci è variabile ma sempre maggiore rispetto al numero di talee cosa che testimonia una avviata fase di ramificazione delle talee.

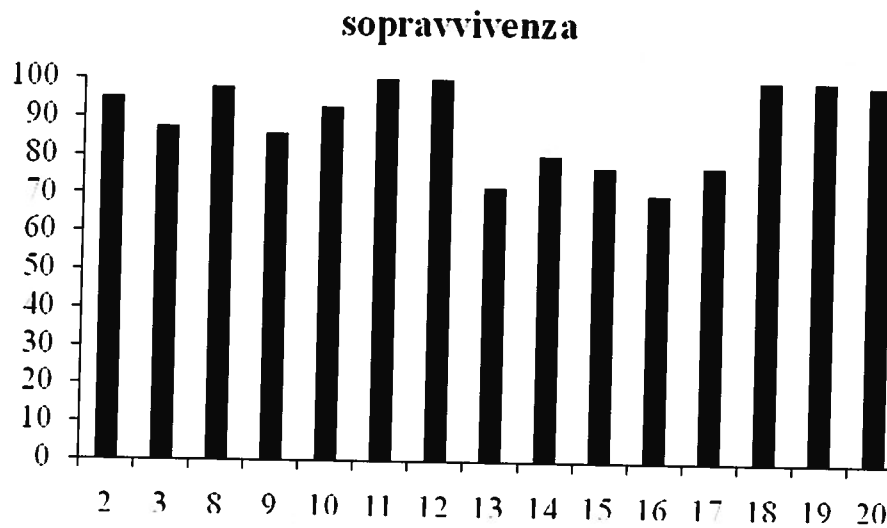


Fig 11. Andamento del tasso di sopravvivenza delle talee nei diversi settori di trapianto

Per quanto riguarda i descrittori della pianta sono state riscontrate alcune differenze tra i trapianti e la prateria adiacente; in particolare, la lunghezza media delle foglie così come i valori di accrescimento fogliare sono risultati più bassi nei trapianti, mentre sono maggiori le percentuali di tessuto bruno, di epifiti e di apici erosi. Queste differenze sono da considerare normali e da mettere in relazione sia allo stress inevitabilmente procurato dal trapianto, sia, come nel caso della percentuale di apici erosi e del ricoprimento di epifiti, alla minore densità dei fasci rispetto alla prateria naturale.

La composizione di epifiti non mostra differenze importanti tra il trapianto e la prateria naturale, si osserva infatti una dominanza di alghe incrostanti che è da considerare una situazione normale. Le percentuali di alghe filamentose e briozoi sono risultate diverse tra le aree R1 e R2, evidenziando probabilmente delle differenze ambientali anche questi da ritenere normali considerando la notevole superficie sulla quale sono distribuite le talee trapiantate che possono risentire quindi di una naturale variabilità di alcuni parametri chimico fisici. Una maggiore abbondanza di alghe filamentose può infatti essere legata, ad esempio, ad alte concentrazioni di nutrienti o ad un maggior tasso di sedimentazione.

Come conclusione generale va sottolineato come il monitoraggio effettuato nel mese di settembre abbia evidenziato una sopravvivenza delle talee trapiantate superiore al 75% in tutto il campo. Fanno naturalmente eccezione i settori 4,5,6 e 7 non monitorabili a causa dei danneggiamenti provocati da fattori non imputabili alle metodiche di trapianto adottate.

3. MONITORAGGIO TRAMITE DATA LOGGER

3.1 Misurazione dell'irraggiamento e della temperatura della colonna d'acqua tramite misuratore di luce e temperatura HOBO® Pendant data logger

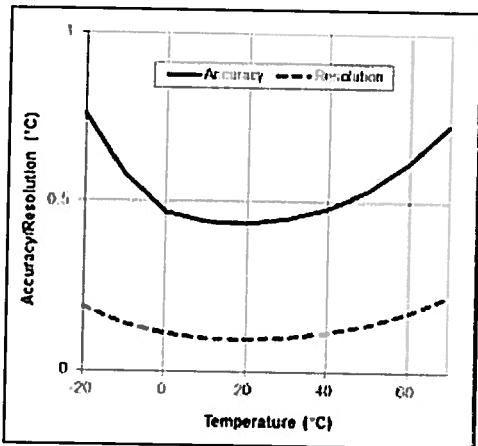
Questo modello a 64 K è un logger miniaturizzato resistente all'acqua a due canali in grado di registrare la temperatura ed il livello di luce relativa. Può essere utilizzato all'interno o all'esterno e sott'acqua per misurare la temperatura ambiente ed i livelli di intensità della luce. Il logger misura l'intensità della luce in lumen per piede quadrato (US) o lux (SI). Il sensore della luce Pendant logger misura uno spettro ampio di luce che include le lunghezze d'onda non visibili ad occhio nudo. Il grafico D mostra che il logger risponde meglio dell'occhio umano alle lunghezze d'onda vicine all'infrarosso e all'ultravioletto. Il logger è particolarmente utile per registrare variazioni relative della luce piuttosto che valori di intensità luminosa assoluti. E' sensibile ad un'ampia gamma di luce che va dal buio completo alla luce piena del giorno. La scala di risoluzione è più fine a bassi livelli di luminosità piuttosto che ad alti livelli e permette misurazioni su un ampio range di intensità. Le letture di intensità sono più accurate per i raggi che colpiscono il logger direttamente sull'asse x e sono meno accurate per quelle che arrivano con un determinato angolo di incidenza. Le letture possono anche essere ridotte dall'abrasione o dallo sporco sul sensore della luce. Lo strumento è in grado di immagazzinare approssimativamente 52K delle letture a 10 bit che effettua.



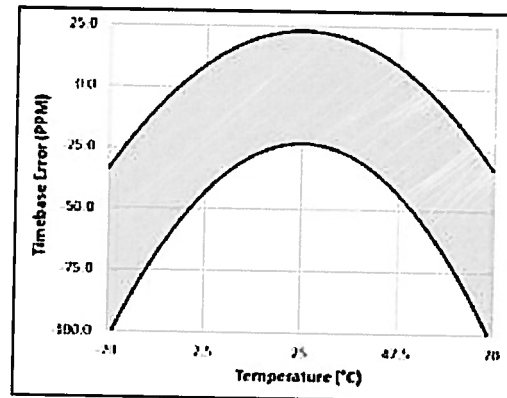
Fig.1 Misuratore di luce e temperatura HOBO Pendant.

Specifiche Tecniche

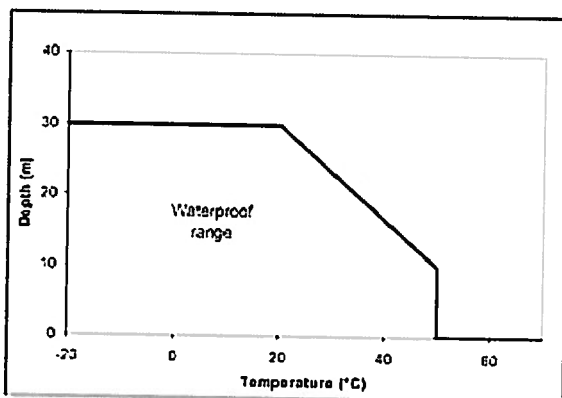
- Range di utilizzo: Temperatura: da -20° a 70°C (da -4° a 158°F). Luce: da 0 a 320,000 lux (da 0 a 30,000 lumens/ft²)
- Accuratezza: Temperatura: ± 0,53°C da 0° a 50°C (± 0,95°F da 32° a 122°F), vedi grafico A
- Intensità della luce: Disegnato per la misurazione dei livelli di luce relativi, vedi grafico D per la risposta alle differenti lunghezze d'onda della luce.
- Risoluzione: Temperatura: da 0,14°C a 25°C (da 0,25°F a 77°F), vedi grafico A
- Errore: meno di 0,1°C/anno (0,2°F/anno)
- Tempo di risposta: Flusso di aria di 2 m/s (4,4 mph): 10 minuti, tipicamente al 90%. Acqua: 5 minuti, tipicamente al 90%
- Accuratezza temporale: ± 1 minuto al mese a 25°C (77°F), vedi grafico B
- Range operativo. In acqua/ghiaccio: -20° a 50°C (-4° a 122°F). In aria: -20° a 70°C (-4° a 158°F)
- Profondità di utilizzo: 30 m da -20° a 20°C (100 f t da -4° a 68°F), vedi grafico C
- Certificato NIST: disponibile per la misurazione della temperatura con sovrapprezzo; range di temperatura da -20° a 70°C (-4° a 158°F)
- Durata batteria: 1 anno con utilizzo normale
- Memoria UA-002-08: 8K bytes (approssimativamente 3.5K combinando letture di luce e temperature o eventi). UA-002-64: 64K bytes (approssimativamente 28K combinando letture di luce e temperature o eventi)
- Materiali: Custodia in Polipropilene; viti in acciaio; Buna-N o-ring
- Peso: 18 g (0,6 onces)
- Dimensioni: 58 x 33 x 23 mm (2,3 x 1,3 x 0,9 pollici)



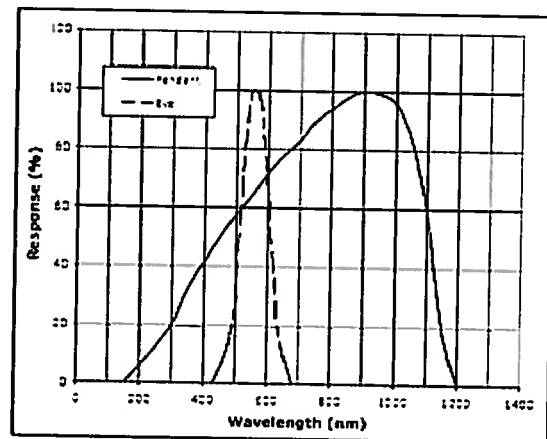
Plot A



Plot B



Plot C



Plot D

Grafici da A a D relativi alle specifiche dello strumento Hobo® Pendant Light/Temperature Data Logger.

3.2 Misurazione dell'accelerazione del movimento della colonna d'acqua tramite Hobo® Pendant G Acceleration Data Logger

Il pendant G logger dell'accelerazione è uno strumento resistente all'acqua, è un logger a 3 canali con una risoluzione di 8 bit che è in grado di registrare approssimativamente 21800 letture relative ad accelerazioni combinate sugli assi x,y e z o eventi interni. Il logger usa una stazione costituita da una base ottica con un'interfaccia USB per impostare e programmare lo strumento e per scaricare i dati su un computer. Questo logger può essere utilizzato per una ampia gamma di esperimenti dimostrazioni e studi sul campo che intendano misurare l'accelerazione dinamica risultante da movimenti, shock o vibrazioni. Lo strumento è anche in grado di registrare incrementi della accelerazione statica di gravità, essendo in grado di misurare la pendenza, l'attività e l'inclinazione. Il data logger usa un accelerometro interno a tre assi con un range di $\pm 3g$ basato su micro sensori al silicene su cui agiscono raggi che vengono deviati dalle accelerazioni. Questi microsensori sono montati in maniera da agire da condensatori variabili. Quando il raggio si muove, la "capacità" elettrica del condensatore cambia in maniera proporzionale al movimento. Questa variazione viene convertita in voltaggio, filtrata e misurata dal logger e visualizzata dal software in unità di forza g.



Fig.2 Misuratore di accelerazione HOBO® Pendant G

Specifiche Tecniche

- Range di Misurazione: ± 3 g; $29,4$ m/s² (96,5 ft/s²)
- Accuratezza: $\pm 0,075$ g; $0,735$ m/s² (2,41 ft/s²) a 25°C (77°F); $\pm 0,105$ g; $1,03$ m/s² (3,38 ft/s²) da -20°C a 70°C (-4°F a 158°F)
- Risoluzione: $0,025$ g; $0,245$ m/s² (0,8 ft/s²)
- Intervallo di registrazione: da 1 secondo a 18 ore, 12 minuti, 15 secondi in modalità Normale; e da 0,01 secondi (100 Hz) a 0,99 secondi (1,01 Hz) in modalità Veloce
- Accuratezza temporale: ± 1 minuto per mese a 25°C (77°F)
- Range di operatività: In acqua/ghiaccio: -20° a 50 °C (-4° a 122°F); In aria: -20° a 70°C (-4° a 158°F)
- Profondità massima operativa: fino a 30 metri da -20° a 20°C (100 ft da -4° a 68°F)
- Durata della batteria: 1 anno in modalità Normale; 7 giorni registrando a 0,01 secondi (100 Hz) modalità veloce.
- Memoria: 64K bytes (approssimativamente 21,8K combinando letture sugli assi x-, y-, e z- o eventi)
- Materiali: Custodia in Polipropilene; viti in acciaio; Buna-N o-ring
- Peso: 18 g (0,6 once)
- Dimensioni: 58 x 33 x 23 mm (2,3 x 1,3 x 0,9 pollici)

3.3 Risultati

Le due tipologie di data logger hanno consentito di monitorare la temperatura dell'acqua, le variazioni di irraggiamento solare e le accelerazioni nella colonna d'acqua durante le sue evoluzioni temporali permettendo di evidenziare eventuali anomalie e/o mareggiate. A titolo di esempio si riportano di seguito due grafici prodotti dall'Hobo ® software per ciascuna tipologia di logger sui dati scaricati dagli strumenti (Fig.2a e 2b e Fig.3a e 3b).

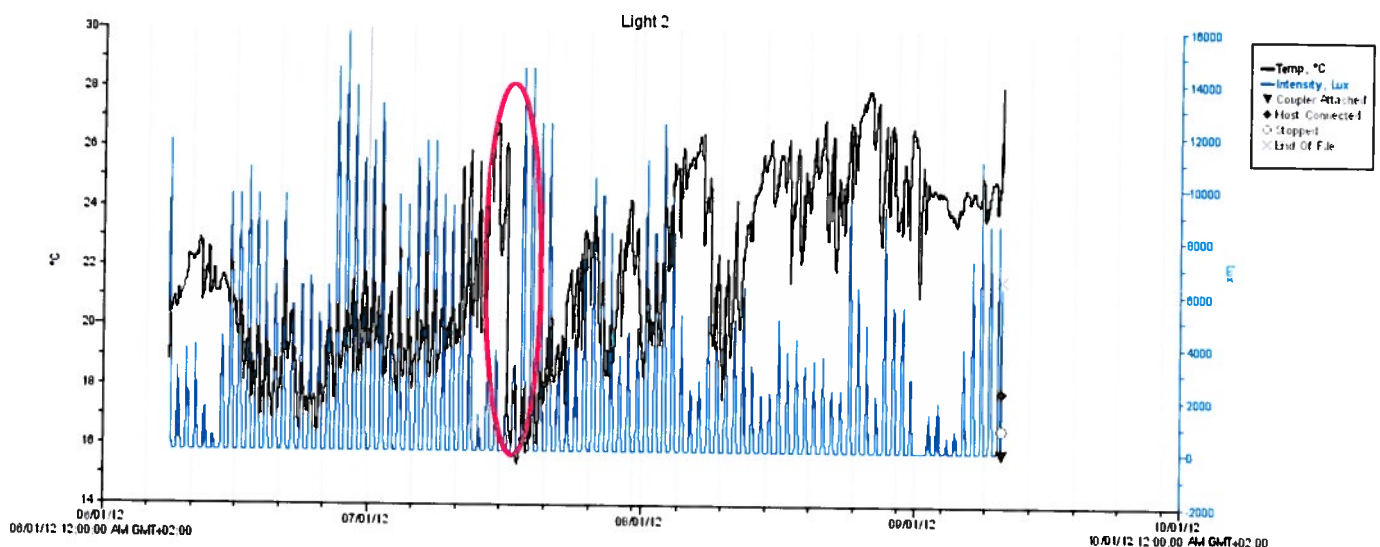


Figura 2a. Grafico di esempio relativo alle misurazioni effettuate tramite Hobo ® light/temperature logger nell'area R2 di monitoraggio dal 1 Giugno al 10 Settembre 2012.

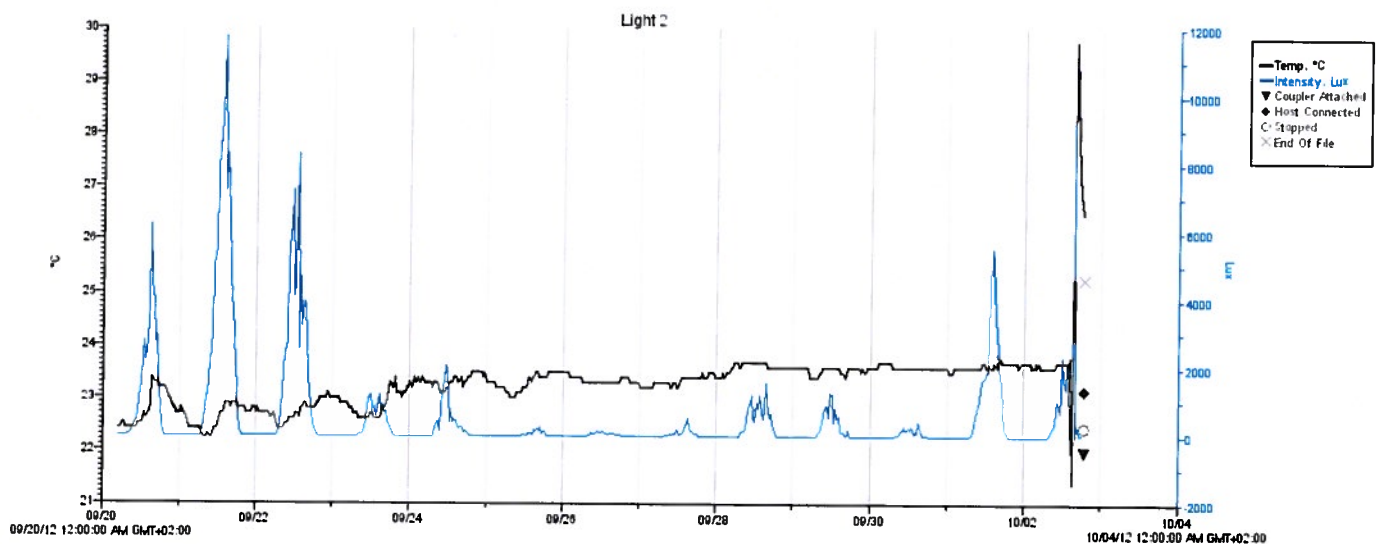


Figura 2b. Grafico di esempio relativo alle misurazioni effettuate tramite Hobo® light/temperature logger nell'area R2 di monitoraggio dal 20 Settembre al 2 Ottobre 2012.

Nella figura 2a relativa alle registrazioni dell'irraggiamento solare e della temperatura dell'acqua si evidenziano le fluttuazioni tipiche del periodo estivo che va da Giugno a Settembre del 2012. Tuttavia è presente una anomalia che fa variare la temperatura dell'acqua in maniera brusca (vedi cerchio rosso in fig. 2a) il giorno 16 Luglio intorno alle ore 6.30 del mattino. Questo dato è in accordo con quanto rilevato dagli operatori sub (OSS e OTS) in loco e concorda perfettamente con gli andamenti dell'intensità e direzione del vento registrati dalla stazione meteo ISPRA di Civitavecchia (dati prelevati dal sito <http://www.mareografico.it>). Infatti, nei giorni precedenti il 16 Luglio si è verificato un aumento marcato dei venti provenienti dal primo quadrante, essenzialmente con direzione Nord/Nord est. Tali venti hanno contribuito, spingendo l'acqua presente in superficie al largo, a richiamare nello strato superficiale acqua più fredda proveniente da aree profonde causando l'abbassamento della temperatura registrato dallo strumento.

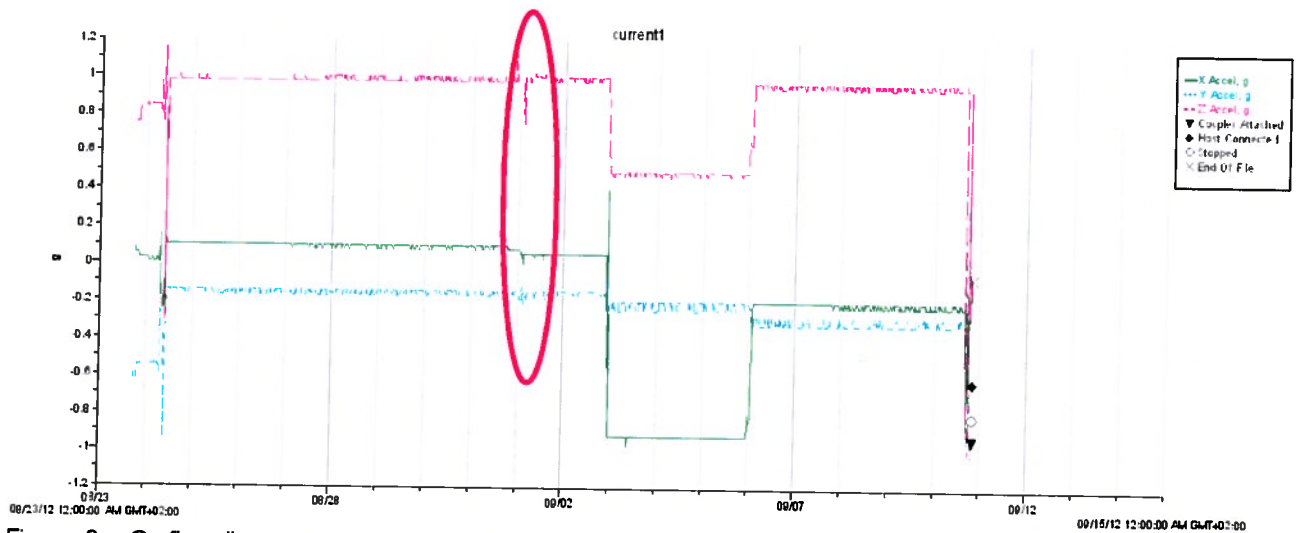


Figura 3a. Grafico di esempio relativo alle misurazioni effettuate tramite Hobo ® acceleration logger nell'area R2 di monitoraggio dal 23 Agosto Novembre al giorno 10 Settembre 2012.

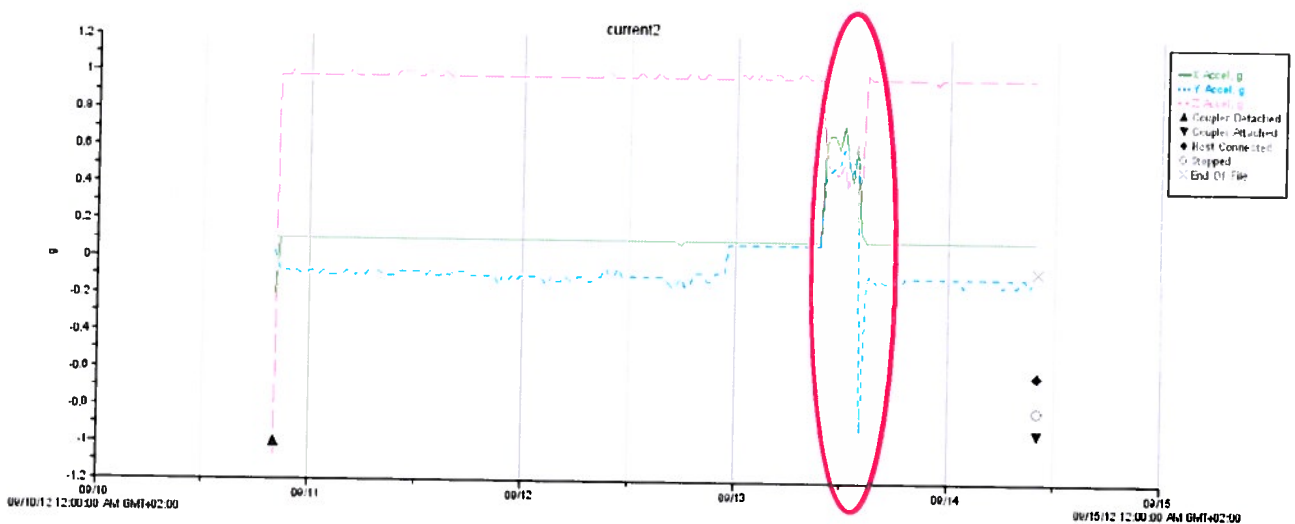


Figura 3b. Grafico di esempio relativo alle misurazioni effettuate tramite Hobo ® acceleration logger nell'area R2 di monitoraggio dal 10 al 15 Settembre 2012.

E' interessante notare la corrispondenza tra le variazioni di accelerazione misurate nella colonna d'acqua dal Pendant G Acceleration data logger e le variazioni nella velocità del vento misurate dalla rete di monitoraggio ISPRA nell'area di Civitavecchia. Infatti il giorno 1 Settembre 2012 si è verificata una variazione nella velocità del vento che è stata registrata dalla rete ISPRA e anche dall' HOBO ® data logger (vedi cerchio rosso in Fig.3a). Nella medesima figura si osserva un cambiamento marcato (uno scalino) nei plot di tutti e tre gli assi che è stato causato da uno spostamento dello strumento avvenuto casualmente il giorno 3 Settembre 2012. Lo strumento il giorno 6 Settembre è stato poi messo nuovamente in posizione da un operatore sub ed ha continuato a registrare.

Nella figura 3b il giorno 13 Settembre il grafico relativo alle accelerazioni misurate dal logger mostra variazioni marcate (vedi cerchio rosso in Fig.3b). Tale evento è stato registrato anche dalla stazione ISPRA di Civitavecchia che ha evidenziato variazioni nell'intensità del vento che verosimilmente hanno dato luogo alle accelerazioni nella colonna d'acqua tipiche di una mareggiata.

Entrambi li strumenti hanno mostrato una elevata affidabilità registrando valori dei tre parametri sempre corroborati dai dati della rete nazionale di monitoraggio ISPRA. Tali strumenti, quindi, saranno utilizzati per tutto il periodo previsto per il monitoraggio per evidenziare variazioni nei valori di luce, temperatura e accelerazioni nella colonna d'acqua nelle aree interessate dal reimpianto.

4. MONITORAGGIO TRAMITE SATELLITE

Per il monitoraggio dell'area di reimpianto, oltre alle analisi effettuate in situ ed al prelievo di campioni, è stato utilizzato il telerilevamento tramite satellite.

Le immagini utilizzate provengono dal satellite WorldView2 gestito dalla DigitalGlobe, attualmente il satellite ottico per uso civile con caratteristiche più avanzate per quanto riguarda risoluzione dell'immagine e numero di bande investigate. In particolare questo satellite è il primo ad utilizzare un sensore dedicato all'analisi della banda spettrale con lunghezza d'onda fra i 400 e 450 nanometri, definita Coastal Blue, che ha la caratteristica di venire meno assorbita dall'acqua rispetto alle altre bande e presenta quindi una più elevata capacità di restituire informazioni importanti per tutte le analisi in mare (classificazione del fondale, andamento della batimetria, eventuali sostanze inquinanti etc.)

Si è optato per la ripresa satellitare della zona due volte l'anno, in estate ed in inverno. I parametri per la ripresa, in particolar modo l'angolo di ripresa del satellite e quello di elevazione del sole, sono stati concordati con la DigitalGlobe in maniera che garantissero una buona visibilità del fondale marino.

La prima immagine per il monitoraggio è stata ripresa in data 18 Agosto 2012.

Sulle immagini si sono effettuate le seguenti operazioni:

- Miglioramento della visibilità dell'immagine. La profondità relativamente modesta della zona di reimpianto, permette di vedere con un discreto dettaglio gli elementi del fondale senza ricorrere a manipolazioni particolarmente sofisticate del dato. Il software utilizzato per elaborare le immagini (Erdas Imagine 2011) consente di effettuare varie operazioni che permettono di esaltare i dettagli del fondo marino. Innanzitutto si procede con la rimozione del tratto in terraferma, questo per consentire al software di utilizzare tutta la banda cromatica (circa 16,8 milioni di combinazioni delle componenti rosso, verde e blu) per rappresentare esclusivamente il fondale, anziché dover dedicare la gran parte dei colori disponibili per rappresentare il tratto emerso, molto più vario da un punto di vista cromatico. Si procede quindi a visualizzare le bande che hanno maggiore capacità di penetrare in acqua e ad effettuare varie modifiche agli istogrammi ed alla equalizzazione del dato. Il risultato è un'immagine nella quale è possibile visualizzare in maniera abbastanza dettagliata gli elementi del fondale marino.
- Rimozione della colonna d'acqua con il metodo di Lyzenga. Per la classificazione degli elementi del fondale marino in un'immagine multispettrale, bisogna tenere in considerazione il fatto che la luce che penetra in acqua subisce un'attenuazione della propria intensità. Ciò comporta che la luce riflessa dal fondo marino sia influenzata oltre che dal tipo di substrato, anche dalla

profondità cui si trova la superficie riflettente. La conseguenza di questo fatto, è che la firma spettrale di un elemento (i valori medi alle varie lunghezze d'onda dell'energia riflessa o assorbita dall'oggetto, usati per l'identificazione dell'elemento) cambia in maniera significativa con la profondità. Può quindi essere complicato procedere ad una classificazione degli elementi del fondale marino, in quanto bisognerebbe conoscere in maniera dettagliata sia le profondità dello stesso, sia quali fossero al momento della ripresa satellitare le caratteristiche dell'acqua che influenzano la propagazione delle onde elettromagnetiche. Per l'area di reimpianto, questo problema è limitato dal fatto che la profondità nella zona non presenta variazioni particolarmente accentuate. Si è comunque proceduto ad utilizzare il metodo di rimozione della colonna d'acqua, che attraverso varie elaborazioni delle immagini multispettrali, permette di ottenere un dato nel quale il digital number di un pixel è legato essenzialmente al tipo di substrato riflettente e non alla profondità dello stesso. Nell'immagine sottostante, il risultato dell'operazione per la zona di reimpianto sull'immagine ripresa il 18 Agosto 2012. Si notano, delimitate in rosso, le due zone nelle quali è stato effettuato il reimpianto delle talee di posidonia, ben distinte dal fondale di sabbia.

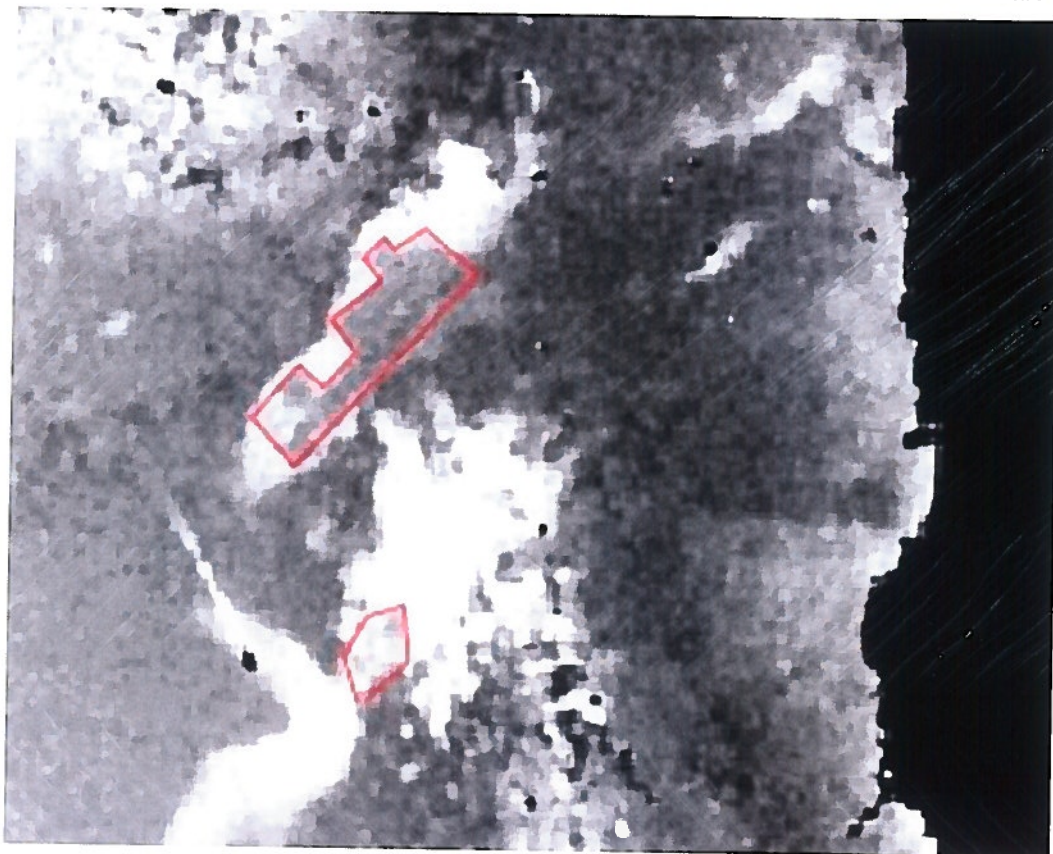


Fig. 1 La zona di reimpianto nell'immagine dell'agosto 2012 elaborata con il metodo di Lyzenga

- **Classificazione supervisionata.** La suite Erdas permette di effettuare una classificazione degli elementi della ripresa satellitare e di produrre un'immagine tematica della zona, nella quale a elementi di un determinato tipo (posidonia, sabbia, roccia etc.) viene associato un colore specifico. Il software può venire addestrato al riconoscimento attraverso la delimitazione di aree campione relative ad un determinato elemento.

- **Variazione della linea di costa.** Le bande infrarosso hanno la caratteristica di venire fortemente assorbite dall'acqua. Nel passaggio da acqua a terra, vi è un repentino aumento dei valori dell'infrarosso. Utilizzando questa peculiarità, è possibile individuare un valore medio della banda Near Infrared 2 caratteristico per l'immagine nella zona di passaggio fra terra ed acqua. E' quindi possibile digitalizzare la linea di costa dell'immagine in base ad una valutazione strumentale e, tenendo conto dei dati di marea, effettuare dei confronti con dati preesistenti. Questa analisi al momento non ha evidenziato cambiamenti significativi con i dati relativi all'immagine precedente in prossimità della zona di reimpianto.

- **Ortorettifica del dato.** L'immagine viene sottoposta ad un processo di modifica, in base ai dati della strumentazione ottica utilizzata per la ripresa e della morfologia del territorio (rilievi e avvallamenti), al fine di produrre un'immagine georiferita a scala costante, tipo restituzione ortografica. Si è deciso di effettuare questa elaborazione dopo aver effettuato le analisi sopra descritte, in modo da esaminare un dato che non fosse stato in parte alterato dai processi di ricampionamento.

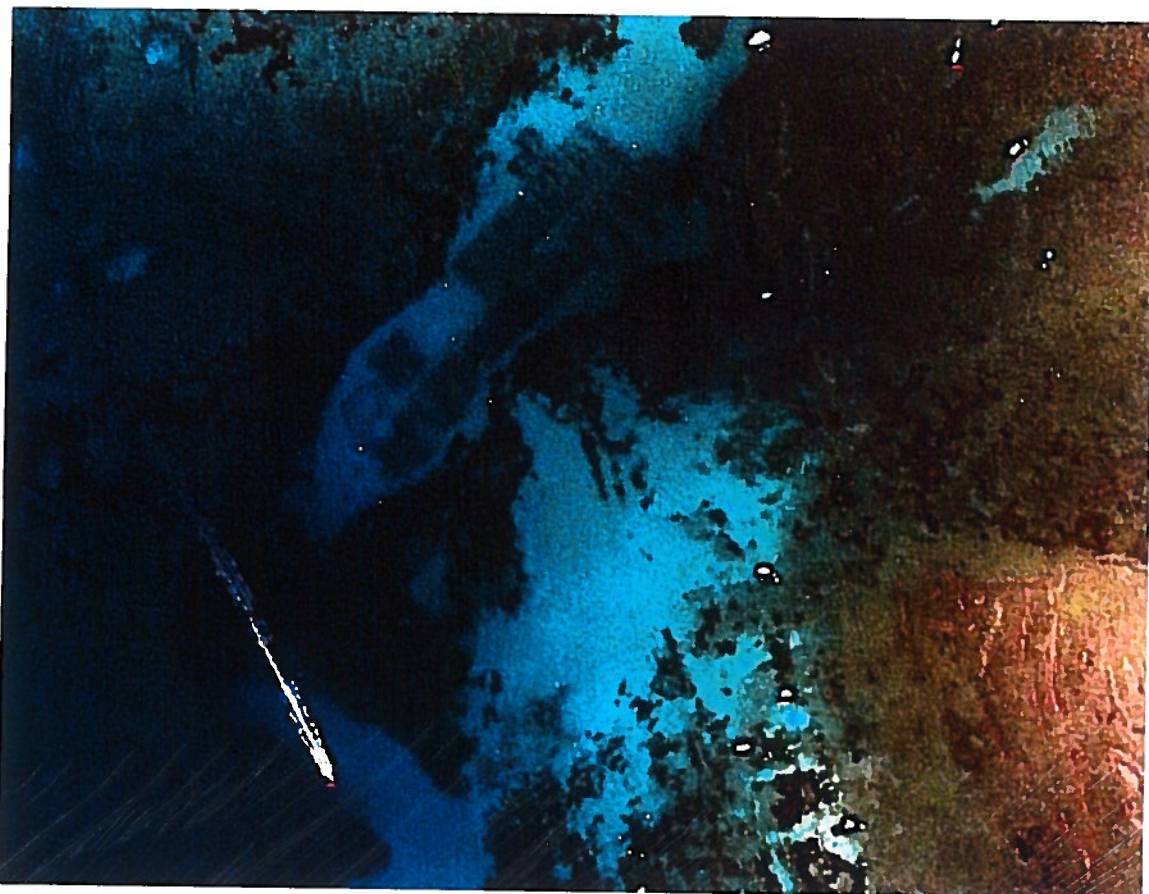


Fig. 2 La zona di riempimento nell'immagine multispettrale dell'agosto 2012 elaborata in modo da aumentare la visibilità del fondo marino

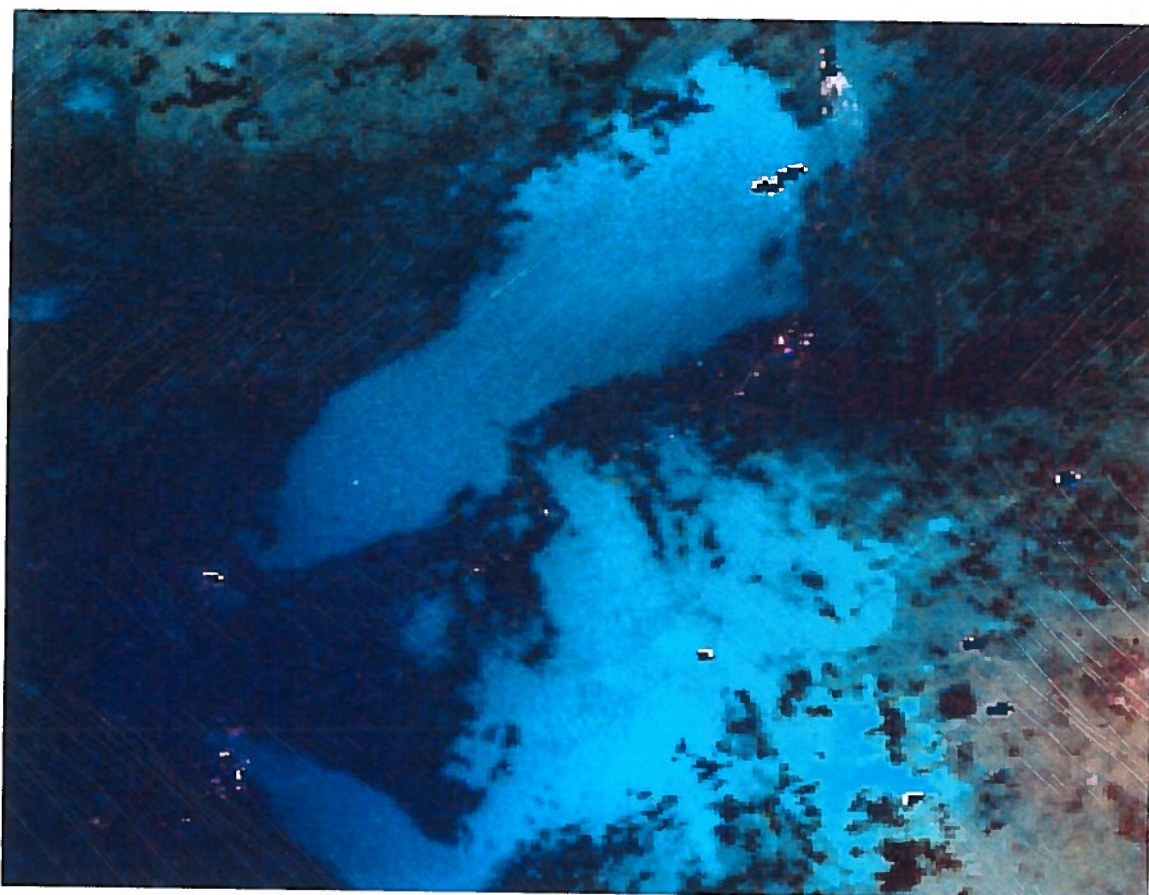


Fig. 3 Le zone R1 e R2 prima della realizzazione dell'impianto nell'immagine multispettrale dell'estate 2010 elaborata in modo da aumentare la visibilità del fondo marino

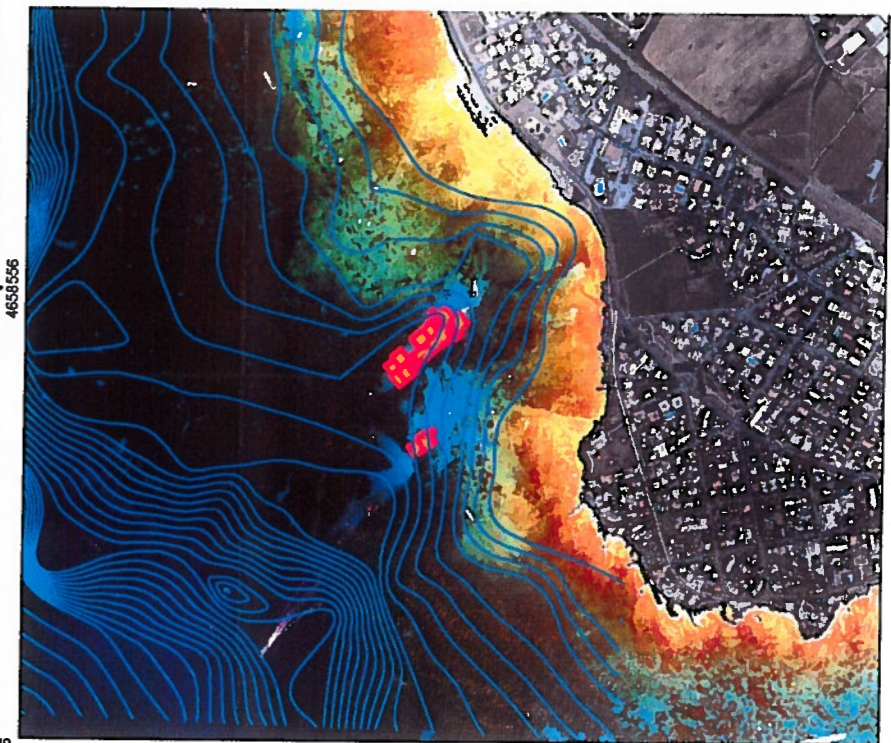
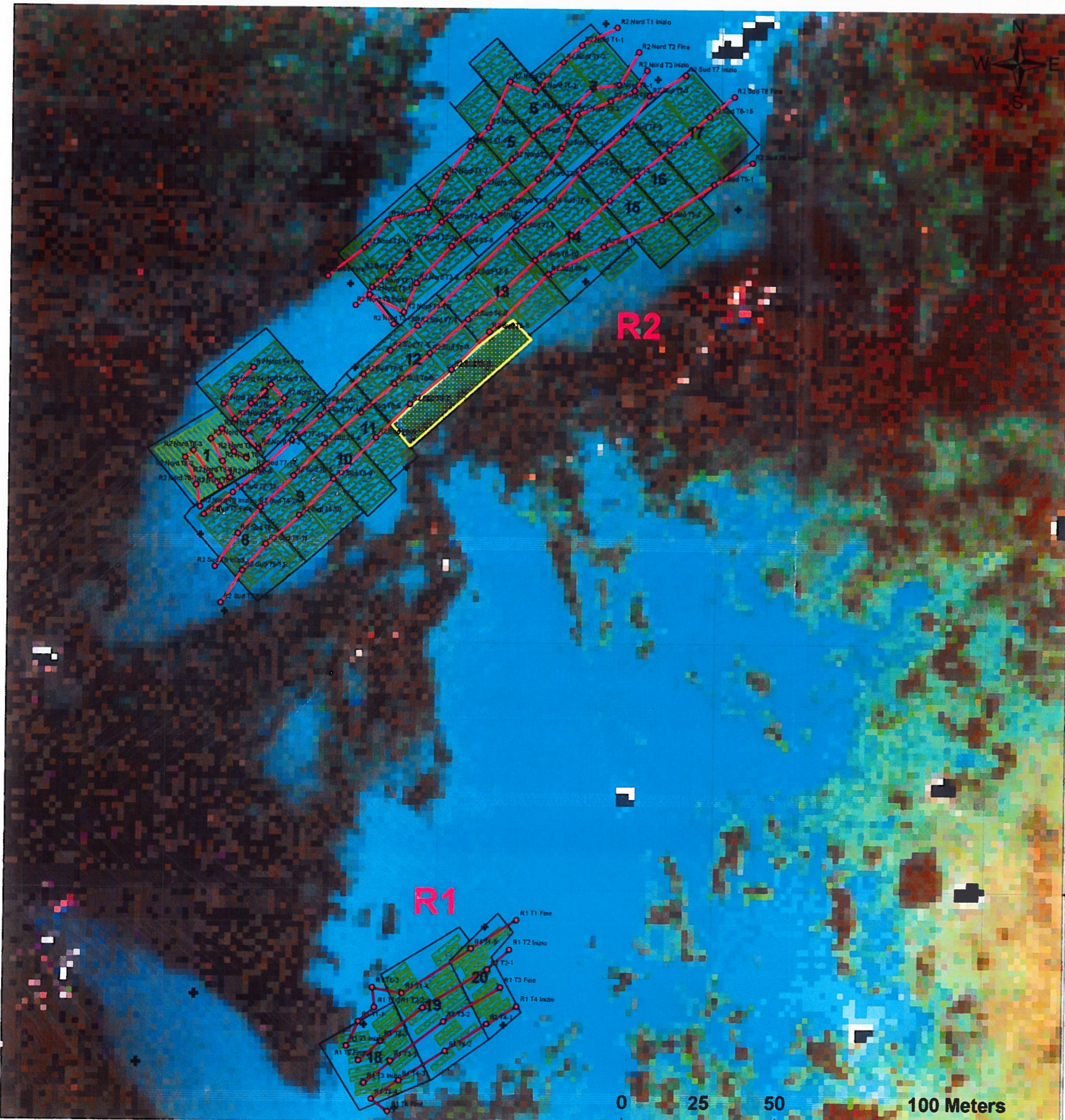
5. MAPPATURA DELL'AREA DI IMPIANTO

Vengono inoltre allegati alla presente relazione:

DVD contenente i filmati georeferenziati relativi alle aree di trapianto;

Mappa dei percorsi subacquei seguiti;

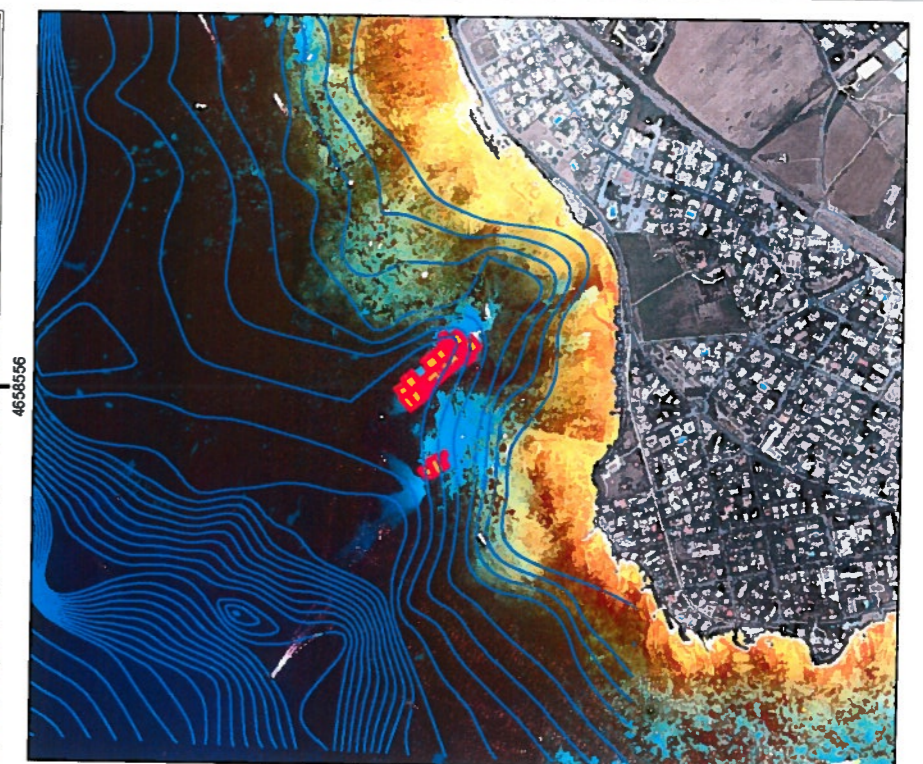
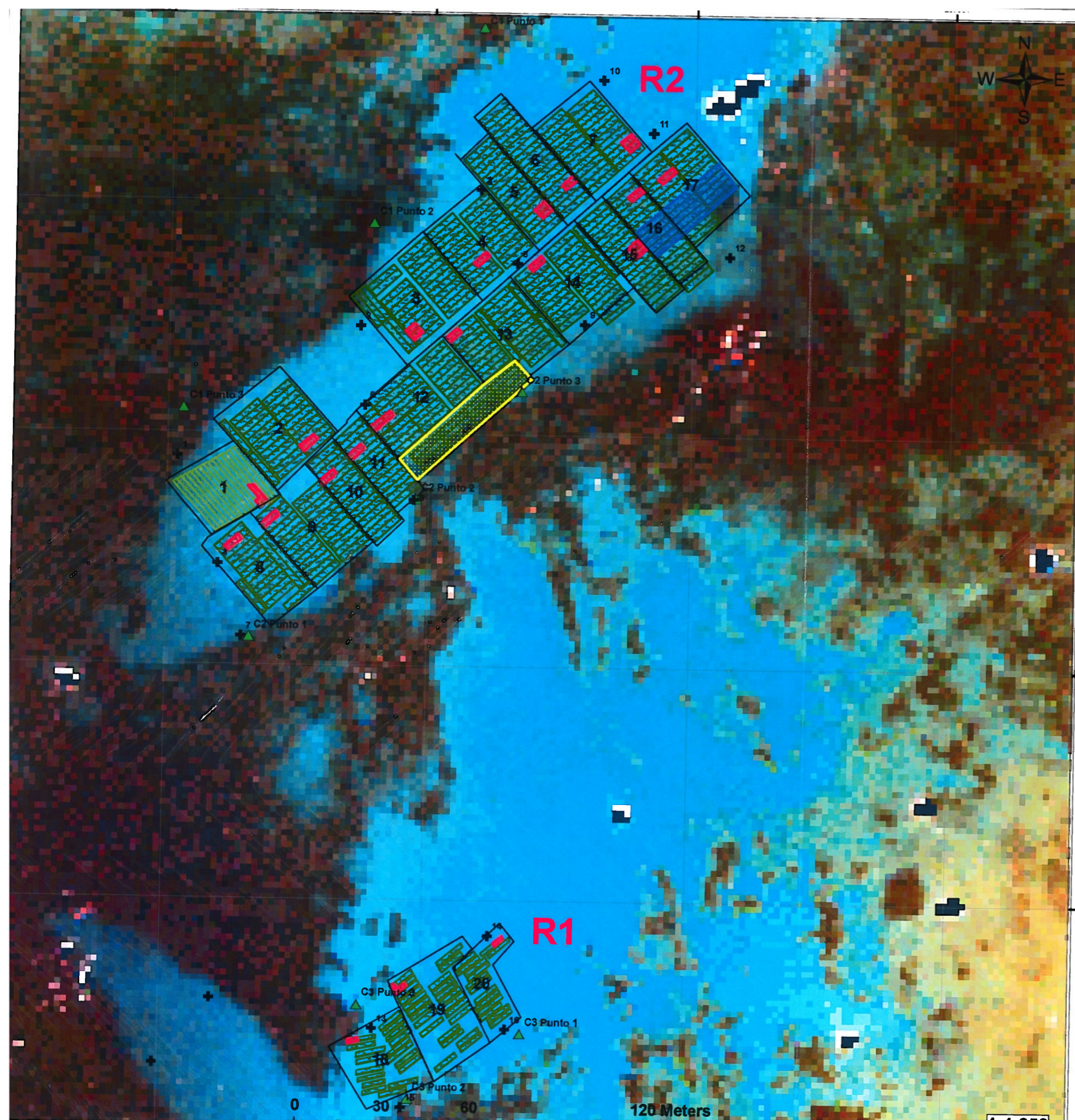
Mappa delle aree di monitoraggio.



Legenda

- Rotte_video_R1
- Rotte_video_R2

UTM WGS 84 FUSO 33



Legenda

- + Corpi morti
- ▲ Punti di monitoraggio della prateria naturale
- Lotto TITOLARE
- ▨ Lotto RISERVA
- ▩ Monitoraggio prateria reimpiantata - Distruttivo
- ▩ Monitoraggio prateria reimpiantata - NON Distruttivo
- ▨ Supporto - Materasso
- ▩ Supporto - Tappeto