

OGS
Istituto Nazionale di **O**ceanografia e di **G**eofisica **S**perimentale

**Strutture spaziali e variabilità temporale della temperatura
superficiale nel mare Adriatico settentrionale tra settembre
2002 e giugno 2003.**

Redatto da

G. Notarstefano, E. Mauri e P.-M. Poulain

Approvato da:.....

dott. Renzo Mosetti
Direttore del Dipartimento di
Oceanografia

OGS Relazione n° REL/I/4 –2004/OGA-1

Borgo Grotta Gigante, 14 novembre 2003

Indice

Introduzione.....	Pag. 2
1. Dati.....	Pag. 3
1.1. Dati: AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer).....	Pag. 3
1.2. Dati: drifter.....	Pag. 3
2. Metodi.....	Pag. 3
2.1. Elaborazione delle immagini.....	Pag. 3
2.2. Produzione di immagini composite.....	Pag. 4
3. Risultati.....	Pag. 4
3.1. Immagini composite mensili.....	Pag. 4
3.2. Prima crociera del programma DOLCEVITA: 31 gennaio – 24 febbraio 2003.....	Pag. 5
3.2.1. Immagini composite di sette giorni.....	Pag. 6
3.2.2. Immagini composite di tre giorni.....	Pag. 7
3.2.3. Snapshot e gradiente termico.....	Pag. 8
3.2.4. Digitalizzazione del fronte di temperatura.....	Pag. 9
3.3. Seconda crociera del programma DOLCEVITA: 26 maggio – 15 giugno 2003.....	Pag. 9
3.3.1. Immagini composite di sette giorni.....	Pag. 10
3.3.2. Immagini composite di tre giorni.....	Pag. 11
Conclusioni.....	Pag. 12
Bibliografia.....	Pag. 12

Strutture spaziali e variabilità temporale della temperatura superficiale nel mare Adriatico settentrionale tra settembre 2002 e giugno 2003.

Introduzione.

In questo rapporto viene presentato uno studio di immagini satellitari per descrivere la variabilità temporale di SST (Sea Surface Temperature) nel mare Adriatico settentrionale tra il mese di settembre 2002 e il mese di giugno 2003, come parte integrante del programma scientifico DOLCEVITA (Dynamics of Localized Currents and Eddy Variability in the Adriatic). Nell'ambito di questo progetto sono state fatte due crociere con la nave di ricerca oceanografica statunitense Knorr. La prima è stata effettuata dal 31 gennaio al 24 febbraio 2003 mentre la seconda ha avuto luogo dal 26 maggio al 15 giugno 2003.

La porzione settentrionale del mare Adriatico è la regione più a nord del mare Mediterraneo e si estende a nord fino a $45^{\circ}47'$ N di latitudine, circondato dalla penisola italiana ad ovest e dai Balcani ad est (Cushman-Roisin et al., 2001). E' un sub-bacino poco profondo dell'Adriatico, il cui confine meridionale viene arbitrariamente scelto all'isobata di 100 m (circa a $43^{\circ}20'$ N).

In questo lavoro è stato oggetto di studio dettagliato la struttura termica che si forma, durante i mesi invernali, nel mare Adriatico settentrionale e precisamente a sud della penisola istriana. Questa struttura forma un fronte di temperatura che divide le masse di acqua superficiale del bacino nord adriatico. Il fronte si estende da est ad ovest per circa 130 km, dall'isola di Cherso (Croazia) verso la costa italiana. Esso comincia a scomparire all'inizio della primavera, quando la superficie del mare Adriatico settentrionale comincia a riscaldarsi in modo più omogeneo.

L'obiettivo che ci si è proposti è quello di ottenere una descrizione dettagliata sui cambiamenti di forma, dimensioni e posizione di tale fronte nel tempo e nello spazio. Si è voluto inoltre trovare il gradiente di temperatura che delinea il fronte ed i possibili fattori che ne determinano la formazione.

Per fare uno studio di questo tipo è necessario disporre di un monitoraggio giornaliero e continuo dell'area in esame per tutto il periodo stagionale in cui persiste il fenomeno del fronte. L'utilizzo delle immagini satellitari è sicuramente il metodo più adeguato a questo scopo in quanto soddisfa in pieno i requisiti richiesti. Sono stati utilizzati anche i dati di galleggianti (chiamati drifter) per descrivere in modo più approfondito la circolazione superficiale nell'area di studio.

1. Dati.

1.1. Dati: AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer).

I dati AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) utilizzati per la produzione delle immagini di SST (Sea Surface Temperature) sono quelli trasmessi a Terra dai satelliti NOAA 12, 15, 16 e 17. Tali dati vengono ricevuti e registrati all'OGS (Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale) come spiegato in Notarstefano et al. (2003).

1.2. Dati: Drifter.

I drifter usati per questo studio sono serviti per analizzare le caratteristiche e la variabilità temporale della corrente superficiale nel bacino settentrionale del Mare Adriatico.

La determinazione delle traiettorie dei drifter è resa possibile dal sistema Argos a bordo dei satelliti NOAA. Ciascun drifter emette un segnale ad una frequenza fissa (401,65 MHz) ogni 90 secondi. Ad ogni passaggio dei satelliti la posizione del drifter viene calcolata dall'effetto Doppler del segnale causato dal moto relativo tra il drifter ed il satellite. L'accuratezza della misura dipende dal numero di segnali ricevuti durante il passaggio del satellite e dalla posizione del satellite stesso (la precisione è di qualche centinaio di metri) (Vogt, 1999).

I dati grezzi delle posizioni vengono "editati" per rimuovere eventuali "outliers" e dati errati usando tecniche manuali e statistiche. Poi vengono interpolati ad intervalli di un'ora usando una tecnica chiamata "kriging". Le posizioni interpolate vengono filtrate, in modo da eliminare le correnti mareali e inerziali, e sub-campionate ad intervalli di 6 ore. Vengono infine stimate le componenti di velocità, ad intervalli di 6 ore, con un'accuratezza di 2-3 cm/s (Poulain, 2001).

2. Metodi.

2.1. Elaborazione delle immagini.

Per poter produrre le immagini necessarie al nostro scopo è stato scritto il programma "avhrr_PFFlag_adrion_sing_GN" in ambiente TeraScan (Notarstefano et al., 2003). L'area di studio, inquadrata nel mare Adriatico, viene selezionata e ruotata di 45° in senso antiorario attorno al punto di coordinate 16,25° E e 42,75° N in modo tale che la sola superficie del mare, e non tutta la terra emersa, rientri nel contesto geografico di interesse.

Il programma "avhrr_PFFlag_adrion_sing_GN" prende come file di input i file con i dati satellitari grezzi, denominati "avhrr_ridotti", salvati su disco. I file vengono elaborati come spiegato nella relazione di Notarstefano et al. (2003) e si producono due

file *ascii*, uno relativo ai dati di SST e l'altro ai dati di codifica per l'identificazione della copertura nuvolosa.

Questi file vengono successivamente trasportati in ambiente MatLab (tramite un'applicazione di Unix chiamata Samba o un'applicazione di trasferimento file di Windows chiamata FTP) dove vengono elaborati con specifici programmi scritti appositamente per i nostri scopi.

2.2. Produzione di immagini composite.

L'immagine composita, come dice la parola stessa, viene creata considerando una serie di immagini satellitari corrispondenti all'intervallo di tempo specificato. Queste immagini vengono elaborate e caricate in una matrice tridimensionale di dimensioni 192 x 192 pixel (per l'area del Mare Adriatico Settentrionale) ed altezza corrispondente al numero di immagini. Nel grafico di figura 60 viene riportato il numero di immagini giornaliere utilizzate per la produzione delle composite.

Sono state fatte immagini composite di 3, 7 giorni e di un mese, per descrivere nel miglior modo possibile le strutture di mesoscala presenti nel mare Adriatico settentrionale. Per le composite di più di 3 giorni, quando si hanno a disposizione un gran numero di immagini, si è preferito dividere le immagini diurne da quelle notturne in quanto quest'ultime presentano dati privi di contaminazione, come ad esempio il surriscaldamento della superficie.

Sono state create immagini composite della temperatura media, della mediana della temperatura, della deviazione standard, del numero di immagini usate e dell'anomalia normalizzata di SST.

Quest'ultima viene calcolata nel seguente modo: la media spaziale (cioè la media delle medie temporali delle temperature dell'immagine composita) viene sottratta alle temperature dell'immagine composita ottenendo l'anomalia di SST. Questa anomalia viene poi normalizzata rispetto alla deviazione standard delle temperature dell'immagine composita. Questo procedimento permette di ottenere delle rappresentazioni grafiche (immagini) con un ottimo contrasto visivo in cui i gradienti termici sono identificati da forti variazioni con la stessa scala di colore.

Inoltre, le traiettorie dei drifter corrispondenti all'intervallo di tempo dell'immagine composita vengono sovrapposte per mostrare la direzione e l'intensità delle correnti superficiali.

3. Risultati.

3.1. Immagini composite mensili.

Sono state prodotte immagini composite mensili della media di SST per tutto il periodo di studio (figura 1). Non è stata riportata l'immagine relativa al mese di settembre in quanto molto simile ad ottobre. La scala di colore è differente, in ogni immagine, per meglio evidenziare le strutture termiche presenti in ciascun mese.

La struttura più evidente è il fronte termico a sud della penisola istriana, che è presente da gennaio ad aprile insieme ad un contemporaneo raffreddamento della parte nord del bacino. Durante la stagione estiva questa parte del bacino poco profonda diventa più calda a causa del riscaldamento più veloce dovuto all'irraggiamento solare. In parte minore anche l'acqua del fiume Po contribuisce all'innalzamento della temperatura di quest'area (Sturm et al., 1992).

I nostri studi confermano inoltre l'esistenza di due diverse situazioni: durante l'inverno la SST lungo la costa italiana è più fredda che lungo la costa croata, mentre in estate il Western Coastal Layer (Mauri e Poulain, 2001) lungo la costa italiana diventa più caldo rispetto all'acqua superficiale lungo le coste croate, dove esistono fenomeni di upwelling (Vogt, 1999). In maggio e giugno è particolarmente evidente la plume di acqua più fredda del fiume Brenta. L'acqua di questo fiume deve la sua bassa temperatura probabilmente al fatto che scende direttamente dalle Alpi e dopo un breve percorso sfocia nel mare Adriatico. Le nevi che si sciolgono in questo periodo dell'anno e che si raccolgono nel bacino del Brenta non riescono pertanto a riscaldarsi nel breve tragitto verso il mare.

Dalla figura 2 alla 11 vengono riportate le statistiche mensili fatte. Per ciascun mese è stata calcolata la media, la mediana e la deviazione standard di SST e il numero di immagini usate a tale scopo.

3.2. Prima crociera del programma DOLCEVITA: 31 gennaio – 24 febbraio 2003.

Per comodità, il periodo di studio preso in considerazione copre tutto il mese di febbraio. Il fronte è molto ben sviluppato e delineato durante tutto il mese. Mantiene quasi costantemente una direzione est-ovest, talvolta inclinandosi leggermente verso ovest-sud-ovest. Sembra seguire l'isobata dei 50 metri (figura 7b) dalla porzione orientale del bacino verso la costa italiana e nel proseguimento verso sud, dove è delimitato dalla Western Adriatic Current (Cushman-Roisin et al., 2001). La sua forma varia nel corso del mese e può essere rettilinea, frastagliata oppure meandreggiata. In quest'ultimo caso, portando ad esempio l'immagine di SST del 6 febbraio 2003 alle ore 17.36 (figura 12 – riferimento alla figura 7: area in bianco), si possono distinguere 3 meandri:

- il primo, molto pronunciato, è presente sul lato orientale del bacino a circa 20 km a sud della città di Pola (punta meridionale dell'Istria). È largo circa 25-30 km e profondo 20-25 km. Questo meandro potrebbe essere determinato dalle correnti superficiali (masse di acqua superficiale) più fredde (9-10 °C) provenienti dal Quarnero e dal lato occidentale della penisola istriana che penetrano in direzione sud all'interno della massa di acqua superficiale più calda (12-13 °C). Nel corso del mese cambia le sue dimensioni e talvolta sparisce (18 feb 01.00 – figura 13: riferimento alla figura 7).
- Il secondo si trova nella porzione centrale del fronte di temperatura, a circa 25-30 km in direzione ovest rispetto al meandro precedente. Presenta una concavità profonda pochi chilometri ma è un po' più largo rispetto al primo (30-35 km). Nel corso del mese anche questo meandro cambia la sua forma (28 feb 20.00 – figura 14: riferimento alla figura 7).

- Il terzo si presenta sul lato occidentale del bacino con una profonda insenatura (circa 40 km) larga pochi chilometri e distante circa 30 km dal secondo meandro. Questa struttura potrebbe essere causata dall'intrusione di una corrente fredda (9-10 °C) discendente lungo il lato occidentale del bacino adriatico. Tale meandro è presente solo per qualche giorno nel corso delle prime due settimane di febbraio, poi si attenua molto fino a sparire.

Le ipotesi formulate precedentemente sulle correnti più fredde provenienti da nord che formerebbero i meandri sul fronte di temperatura, si trovano in parziale disaccordo con le traiettorie seguite dai drifter nella medesima zona. Come vedremo successivamente infatti, i drifter non sembrano influenzati dalla presenza del fronte di temperatura.

La lettura del grafico di figura 34 fornisce l'andamento della temperatura media, nel corso del mese, delle immagini composite di 1 giorno nell'area del mare Adriatico settentrionale. Vengono riportate anche le "error bar":

$$error\ bar = \pm deviazione\ standard / (numero\ immagini\ giornaliere)^{1/2}$$

Si assiste ad una diminuzione di temperatura dall'inizio alla fine del mese. Il dato relativo all'immagine composta del 5 febbraio 2003, che sembra un po' anomalo rispetto all'andamento del grafico, potrebbe trovare spiegazione nel fatto che tale composta è formata da molti meno file rispetto alle altre. In più questi file conterebbero scarsi dati di SST a causa di forti coperture nuvolose presenti nell'area in quella data. Anche la deviazione standard associata a questo punto sembra indicare un andamento anomalo della temperatura rispetto al trend generale.

3.2.1. Immagini composite di sette giorni.

Sono stati prodotti due gruppi di immagini composite di 7 giorni dell'anomalia di SST: uno che comprende i file con le sole registrazioni diurne di temperatura (figure 15-17-19-21) e l'altro contenente i file con le sole registrazioni notturne (figure 16-18-20-22). In figura 23 sono state sovrapposte le traiettorie dei drifter alle sopraccitate immagine composite.

Questo tipo di immagini composite (dell'anomalia di SST) permettono di avere la stessa scala di colore per tutto il periodo di studio (mese di febbraio 2003), in modo da poter vedere nel miglior modo possibile le differenze delle strutture termiche nelle varie immagini.

Riguardo le tracce dei drifter, la stella è il punto di partenza e corrisponde alla prima immagine della composta mentre il cerchio è il punto finale e corrisponde all'ultima immagine della composta.

Dall'analisi delle composite relative all'anomalia di SST normalizzata (immagini relative alle registrazioni notturne) si possono trarre delle interessanti osservazioni sulla

variabilità della temperatura all'interno del bacino. La temperatura media diminuisce con un tasso costante di 0,5 °C/settimana, passando da 10,7 °C nella prima settimana (figura 16) a 9,2 °C nella quarta (figura 22). La deviazione standard è sempre maggiore di 2 °C con un massimo di 2,21 °C nella seconda settimana di febbraio.

L'area a sud del fronte è più calda di almeno 2 °C rispetto alla media e conserva questa caratteristica in tutte 4 le settimane. L'area a nord del fronte è invece più fredda rispetto alla media di una quantità che varia nel corso delle 4 settimane. Nelle prime due settimane la differenza è di circa 1 °C, mentre nelle ultime due è di 2 °C ed in alcune zone di 3°C.

La differenza di SST media tra le immagini composite diurne e quelle notturne relative allo stesso periodo di tempo è di circa 0,5 °C.

Il settore a sud del fronte è riscaldato dalla Eastern Adriatic Current (EAC) che si rafforza proprio nei mesi invernali quando il vento di Scirocco (sud-est) è più frequente ed intenso (Cushman-Roisin et al., 2001). Tale corrente scorre verso nord lungo la costa croata e, giunta in prossimità della penisola istriana, gira verso ovest in direzione della costa italiana. Prosegue poi verso sud restando comunque separata dalla corrente di acqua più fredda che scorre parallelamente al litorale italiano (Western Adriatic Current - WAC). Ciò è testimoniato anche dalle traiettorie dei drifter impiegati in quel lasso di tempo che mostrano come la corrente di acqua più calda della EAC non raggiunga mai l'alto Adriatico.

Il settore a nord del fronte è invece caratterizzato da un altro vortice di circolazione superficiale ciclonica. In quest'area del bacino la temperatura dell'acqua è più fredda ed è molto influenzata dagli apporti fluviali (principalmente quelli del Po) e dagli eventi di Bora che in inverno sono molto frequenti (Cushman-Roisin et al., 2001).

In figura 23 si osserva che i drifter sembrano procedere in maniera quasi rettilinea nell'area del fronte, senza seguire, anche parzialmente, le strutture di mesoscala. Questo tema verrà approfondito nel paragrafo seguente.

3.2.2. Immagini composite di tre giorni.

Per il periodo relativo alla prima crociera del programma DOLCEVITA (31 Gennaio – 24 febbraio 2003) sono state prodotte immagini composite di 3 giorni dell'anomalia di SST (figure 24-32) con le tracce dei drifter sovrapposte (figura 33).

I drifter seguono la circolazione ciclonica del bacino adriatico e sembra abbiano poca correlazione con le strutture di mesoscala del fronte termico a sud della penisola istriana. Infatti i drifter presenti in tale zona proseguono in maniera quasi rettilinea con direzione est-ovest, per poi curvare verso sud completando il percorso ciclonico ed allineandosi alla Western Adriatic Current (WAC). Dai dati a disposizione non si osserva quindi nessun drifter seguire, anche parzialmente, la struttura formata dai meandri. Questo potrebbe essere spiegato col fatto che il fronte termico è compensato dal fronte alino (non c'è differenza di densità) per cui tra le due masse di acqua a contatto non si genera nessuna corrente geostrofica (Craig Lee, comunicazione personale). In questo modo i drifter seguono principalmente la corrente ciclonica

dominante e non risentono dell'esistenza del fronte termico. La velocità dei drifter inoltre sembra essere maggiore di quella delle strutture dei meandri ma questo dato è ancora in attesa di conferma da parte di altri studi. C'è comunque da tenere in considerazione che il tempo di vita dei meandri è di pochi giorni e non è quindi sempre possibile avere i drifter posizionati vicino a queste strutture di mesoscala.

Nell'immagine composita relativa ai primi 3 giorni di febbraio (figura 24) il fronte appare rettilineo, leggermente frastagliato e senza particolari meandri. Nella composita successiva (figura 25) si possono invece osservare 3 meandri molto ben delineati, che tendono a scomparire, ad eccezione di quello a sud della penisola istriana, nella terza immagine composita (dal 7 al 9 febbraio). Nelle tre composizioni successive (figure 27, 28, 29) il fronte tende dapprima (10-12 febbraio) a diventare piuttosto frastagliato ed ondulato per poi assumere una forma rettilinea con dei piccolissimi meandri appena accennati (16-18 febbraio). Nell'immagine composita del 19-21 febbraio (figura 30) il fronte è molto ondulato e si distinguono 3 meandri che sfumano nella composita successiva. Nell'ultima immagine (figura 32) è possibile invece osservare la formazione di due grossi meandri che conferiscono al fronte una caratteristica forma a "W".

Intorno al 13 febbraio 2003 (figura 33) si osserva l'influenza progressiva che esercita la plume del fiume Po sia nella dinamica che nella temperatura superficiale nel settore a nord del fronte di temperatura. Alcuni drifter vengono catturati nel flusso generato dalla plume del Po. Nelle immagini composite seguenti tali dati, si vede come questi drifter seguano una circolazione ciclonica nella parte settentrionale del bacino nord adriatico. In quest'area del bacino la SST media (su 3 giorni) diminuisce di più di 3 °C dai primi agli ultimi giorni di febbraio, passando da 11 °C a 8 °C. A sud del fronte la diminuzione di temperatura, nello stesso intervallo di tempo, non è così marcata e si passa da circa 13 °C a 11,5 °C.

L'intera struttura del fronte di temperatura si muove verso ovest formando i meandri. La velocità media che è stata stimata è di circa 16 km/giorno (0,18 m/s) ed in generale si osserva una velocità compresa tra 15 e 20 km/giorno. Per giungere a tale risultato si è cercato di confrontare, in una serie di immagini di SST distanti 24 ore l'una dall'altra, le strutture presenti e di individuare dei punti uguali appartenenti ad entrambe. A questo punto si è misurata la distanza percorsa da questi punti nell'arco di 24 ore e quindi la velocità.

3.2.3. Snapshot e gradiente termico.

Si è voluto approfondire lo studio del fronte di temperatura e della sua evoluzione nel tempo, producendo una serie di snapshot, cioè immagini riferite ad un tempo specifico. Gli snapshot presi in considerazione sono distanziati l'uno dall'altro di un tempo pari a circa 12 ore (figure da 35a a 41a) e rappresentano un'area di 70 km², a sud-ovest della penisola istriana, inglobante la struttura termica (area in rosso nella figura 7).

Come già visto prima, l'intera struttura del fronte sembra originarsi a sud della penisola istriana e si propaga verso ovest alla velocità di 15-20 km/giorno. È caratterizzata da 2-3 strutture di instabilità principali (meandri) che cambiano quotidianamente la loro forma

e durano pochi giorni. Queste instabilità sono separate da 25-30 km e si muovono verso ovest con un movimento rotatorio orario associato.

È stato inoltre calcolato il valore assoluto del gradiente di temperatura associato al fronte:

$$\text{gradiente termico} = |(\Delta T/\Delta x) + (\Delta T/\Delta y)|$$

dove T è la temperatura e x e y sono le coordinate. Tale gradiente ha un valore massimo di 0,6 °C/km (figure da 35b a 41b). Nel diagramma riportato nelle figure è stato graficato il valore assoluto del gradiente termico sulla distanza sud-nord: si osserva che i massimi valori si trovano in una fascia di 25 km (tra 20 e 45 km) corrispondente appunto all'area in cui si sviluppa la linea del fronte.

La struttura del fronte di temperatura è quindi sempre ben delineata e formata da masse di acqua superficiale che conservano caratteristiche termiche costantemente diverse tra loro in tutto il corso del mese. Una è l'acqua calda proveniente dal bacino Levantino che entra nel mare Adriatico attraverso il lato orientale dello stretto di Otranto e prosegue verso nord lungo il lato croato spinta dal vento di Scirocco. Un'altra è l'acqua fredda che si forma nei mesi invernali nella zona di acqua bassa del settore settentrionale del bacino nord adriatico. L'ultima è l'acqua dei fiumi, in particolar modo quella del Po. Queste masse di acqua si scontrano ma non si mescolano creando una linea di demarcazione piuttosto netta, il fronte di temperatura.

3.2.4. Digitalizzazione del fronte di temperatura.

Sono state digitalizzate manualmente le linee del fronte di temperatura, presenti negli snapshot prodotti (figure da 42 a 44), per descrivere ed analizzare ancora in maniera più approfondita l'evoluzione del fronte nel tempo. Nei grafici riportati l'asse y rappresenta sia la distanza (km) che il tempo (ore). Infatti ogni linea graficata viene distanziata dalla successiva, lungo l'asse delle ordinate, di una quantità proporzionale al tempo tra le due linee. Sono state tracciate delle rette (figure 42 e 43), tra punti appartenenti alla struttura termica supposti uguali, per visualizzare l'evoluzione temporale del fronte. Dall'analisi della figure si evince che le strutture dei meandri sembrano ruotare in senso orario mentre si propagano verso ovest diminuendo la loro velocità. Al contrario la velocità dei drifter nella stessa area non diminuisce da est ad ovest avvicinandosi alla WAC.

3.3. Seconda crociera del programma DOLCEVITA: 26 maggio – 15 giugno 2003.

In questo periodo si assiste ad un riscaldamento progressivo di tutta la superficie del bacino ed i forzanti (vento ed acqua dei fiumi) che influenzano la temperatura superficiale dell'acqua sono molto ridotti rispetto all'inverno (Cushman-Roisin et al., 2001). A nord del bacino, dove l'acqua è poco profonda, la temperatura si innalza più velocemente, mentre a sud il riscaldamento è più graduale nel tempo. Si nota

distintamente la plume di acqua calda del fiume Po che, data la sua mole, ha comunque una notevole influenza nel bacino del nord Adriatico. Si sviluppano infatti forti gradienti di temperatura causati dalle diverse proprietà dell'acqua fluviale (acqua calda del Po e più fredda del Brenta) rispetto a quella marina. La regione del Quarnero e delle isole croate ha una temperatura decisamente minore rispetto a quella che si registra nel resto del bacino. Ciò è dovuto al fatto che alla fine della primavera e per tutta l'estate si sviluppa una situazione di upwelling in quell'area che causa la diminuzione della temperatura superficiale dell'acqua.

3.3.1. Immagini composite di sette giorni.

Nelle tre immagini composite relative all'anomalia di SST normalizzata (immagini relative alle registrazioni notturne) che sono state create si osserva un aumento di SST molto consistente dalla fine di maggio alla metà di giugno. Si assiste infatti ad un riscaldamento progressivo del bacino ad un tasso di 2,6-2,7 °C/settimana, passando da una temperatura media di 20,2 °C (fine maggio) ad una di 25,5 °C (metà giugno).

Nella prima settimana (26 maggio – 1 giugno 2003, in figura 46) è visibile una struttura di acqua calda (circa 2,5 °C in più rispetto alla media) formata dalla plume del fiume Po ed una zona a temperatura molto più fredda (2,5 gradi °C in meno rispetto alla media) inquadrata nel Quarnero, dove sono presenti fenomeni di “upwelling”. La deviazione standard è di 1,05 °C.

Nella settimana dal 2 al 8 giugno 2003 (figura 48) è ancora molto ben evidente la struttura creata dalla plume del Po che ha una temperatura di 2,5-3 °C più calda rispetto alla SST media (22,8 °C). Si nota inoltre come il riscaldamento dell'acqua dovuto all'irraggiamento solare incominci ad interessare tutto il bacino nord-adriatico. La struttura di acqua più fredda lungo la costa croata si mantiene tale ed ha una temperatura di 2-2,5 °C in meno rispetto alla SST media. La deviazione standard è di 0,92 °C.

Nell'immagine composita dell'ultima settimana presa in considerazione (9-15 giugno 2003, in figura 50) si può osservare che il bacino comincia ad assumere una temperatura uniforme, dovuta ad un riscaldamento generalizzato di tutta l'area. Il settore settentrionale del bacino nord-adriatico ha una temperatura leggermente maggiore (1-1,5 °C) di quella del settore meridionale (0,5-1 °C) rispetto alla media (25,5 °C). E' particolarmente evidente la plume di acqua fredda (circa 22 °C) del fiume Brenta a sud della laguna di Venezia. La zona lungo la costa croata mantiene sempre una SST media inferiore alla media ma le temperature minori si riscontrano sui lati occidentali delle isole dalmate e nei pressi dell'estremità meridionale della penisola istriana (fino a 3,5 °C in meno rispetto alla media). La deviazione standard è di 1,15 °C.

Un aspetto particolarmente curioso è emerso dal confronto delle composite diurne con le notturne, in cui la plume del fiume Brenta è termicamente più fredda della porzione di mare circostante solo nelle immagini notturne mentre in quelle diurne non si riesce a distinguerla. Ciò potrebbe essere dovuto al surriscaldamento diurno da parte dell'irraggiamento solare in questo periodo particolarmente torrido che riscalda quasi omogeneamente la plume del fiume Adige e l'acqua superficiale di quel tratto di mare.

In figura 51 vengono riportate le traiettorie dei drifter sovrapposte alle immagini composite. Si può notare come ci sia poca correlazione con le strutture termiche presenti.

3.3.2. Immagini composite di tre giorni.

Nella prima immagine composita dell'anomalia di SST di figura 52 (26-28 maggio 2003) si osserva un riscaldamento della porzione più settentrionale del bacino nord-adriatico (22-23 °C). Questo è dovuto all'apporto di acqua calda proveniente principalmente dal fiume Po ed all'irraggiamento solare che avviene su questa zona di acqua poco profonda. Si delinea quindi un fronte di temperatura che separa quest'area dal resto del bacino nord-adriatico (19-20 °C).

Nella seconda immagine composita (figura 53) relativa agli ultimi giorni di maggio la temperatura dell'acqua superficiale della porzione più settentrionale del bacino nord-adriatico testimonia un riscaldamento uniforme e generalizzato in quest'area (23-24 °C). Il fronte menzionato precedentemente è ancora più marcato anche se si comincia ad assistere ad un innalzamento di temperatura esteso all'intero bacino. In questo quadro di riscaldamento generale spicca la temperatura decisamente minore dell'acqua del Quarnero (17-18 °C).

I primi tre giorni di giugno (figura 54) la temperatura media continua a salire e si possono sempre distinguere tre zone a temperatura diversa (Quarnero, settore settentrionale e meridionale del bacino nord-adriatico).

Anche dal 4 al 6 giugno (figura 55) la situazione è simile a quella descritta precedentemente ma si può notare una maggiore influenza delle acque calde del Po sfocianti nel bacino.

Nella quinta (figura 56) e sesta (figura 57) immagine composita è sempre presente il fronte che separa le due porzioni settentrionale e meridionale del bacino nord-adriatico ma comincia ad essere meno definito. Questo fatto sta ad indicare che ormai si sta assistendo ad un riscaldamento generalizzato che coinvolge l'intero bacino.

Nell'ultima immagine composita di figura 58 (13-15 giugno) si può notare come ormai la temperatura superficiale media di 26,3 °C sia aumentata di ben 7 °C rispetto alla fine di maggio. Inoltre non è più possibile distinguere il fronte e la struttura di acqua superficiale che si presenta ha una temperatura quasi uniforme. L'unica zona decisamente più fredda rimane quella del Quarnero.

Nelle ultime quattro immagini composite è evidente, anche se in modo minore rispetto alle composite settimanali, la plume di acqua più fredda del fiume Brenta.

In figura 59 vengono riportate le traiettorie dei drifter sovrapposte alle immagini composite. Anche in questo caso si può notare come ci sia poca correlazione con le strutture termiche presenti.

Conclusioni.

Le immagini composite di un mese, di 7 e di 3 giorni dell'anomalia di SST con le tracce dei drifter sovrapposte descrivono molto bene la variabilità di mesoscala nell'Adriatico settentrionale.

Dallo studio effettuato è emerso che il fronte termico incomincia a svilupparsi all'inizio della stagione invernale, assumendo le dimensioni che avrà più o meno per tutto il corso della sua esistenza. Si è invece visto che la forma del fronte cambia e può essere frastagliata, meandreggiata oppure quasi rettilinea. La posizione in cui è collocato il fronte è pressoché costante ad una distanza di circa 10-15 km a sud della città di Pola e la direzione varia da est-ovest a ovest-sud-ovest. In determinati punti si creano 2 o 3 meandri, separati da 25-30 km, che sembrano originarsi a sud della penisola istriana e propagarsi verso ovest ad una velocità di 15-20 km/giorno con un movimento rotatorio orario associato. Queste strutture di instabilità cambiano la loro forma a scala giornaliera e durano al massimo qualche giorno. Il massimo gradiente termico associato a questo fronte è di 0,6 °C/km.

La poca correlazione tra le tracce dei drifter e le strutture di instabilità potrebbe essere spiegata col fatto che il fronte termico è compensato dal fronte alino per cui tra le due masse di acqua a contatto non si genera nessuna corrente geostrofica (non c'è differenza di densità). In questo modo i drifter seguono principalmente la corrente ciclonica dominante e non risentono dell'esistenza del fronte termico.

Per quel che riguarda lo studio relativo alla seconda crociera del programma DOLCEVITA, si assiste ad un progressivo e quasi generalizzato riscaldamento della superficie marina dell'area nord adriatica, e non si osservano strutture termiche particolari. È evidente, lungo la costa croata, l'instaurarsi di un'area di upwelling che perdurerà fino alla fine della stagione estiva.

Bibliografia.

- Cushman-Roisin, B., M. Gacic, P.-M. Poulain and A. Artegiani, 2001: *Physical Oceanography of the Adriatic*.
- Mauri, E. e P.-M. Poulain, 2001: *Northern Adriatic Sea surface circulation and temperature / pigment fields in September and October 1997*.
- Notarstefano, G., E. Mauri, e P.-M. Poulain, 2003: *Trattamento dei dati AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) e produzione di immagini di SST (Sea Surface Temperature) con applicazione nel mare Adriatico - OGS Relazione n° REL/I/17-2003/OGA-09 DD.16.07*.
- Poulain, P.-M., 2001: *Adriatic Sea surface circulation as derived from drifter data between 1990 and 1999* – Journal of Marine System 29, 3-32.
- Sturm, B., M. Kuzmic and M. Orlic, 1992: *An evaluation and interpretation of CZCS-derived patterns over the Adriatic shelf* – Oceanologica Acta, 15, 13-23.

- Vogt, J. A., 1999: *Adriatic sea surface temperature: satellite and drifter observations, May to October, 1995.*

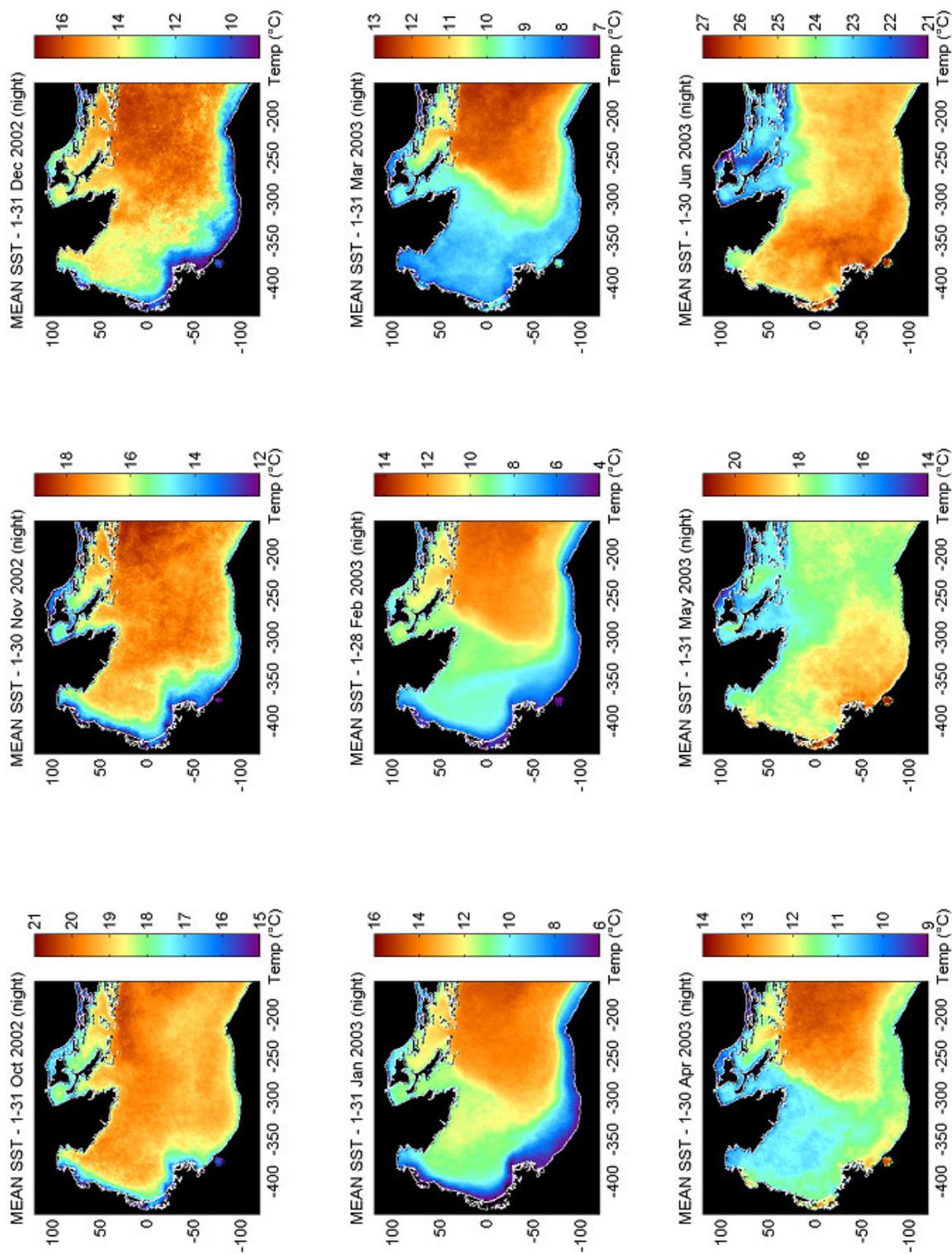


Fig. 1 — immagini composite mensili della media di SST (ottobre 2002 – giugno 2003); dati notturni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

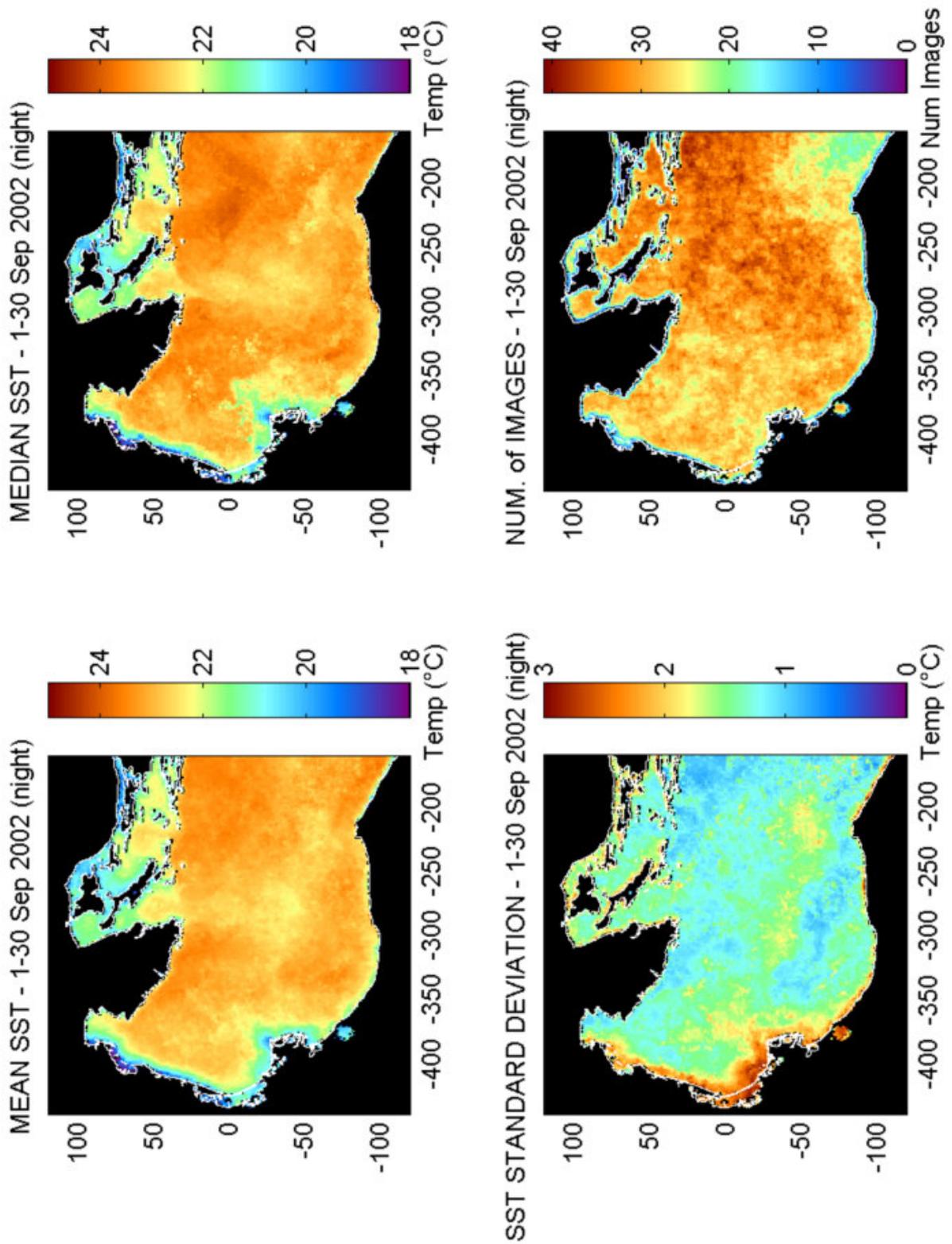


Fig. 2 – immagini composite mensili per settembre 2002 (media, mediana, deviazione standard e n° di immagini): dati notturni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

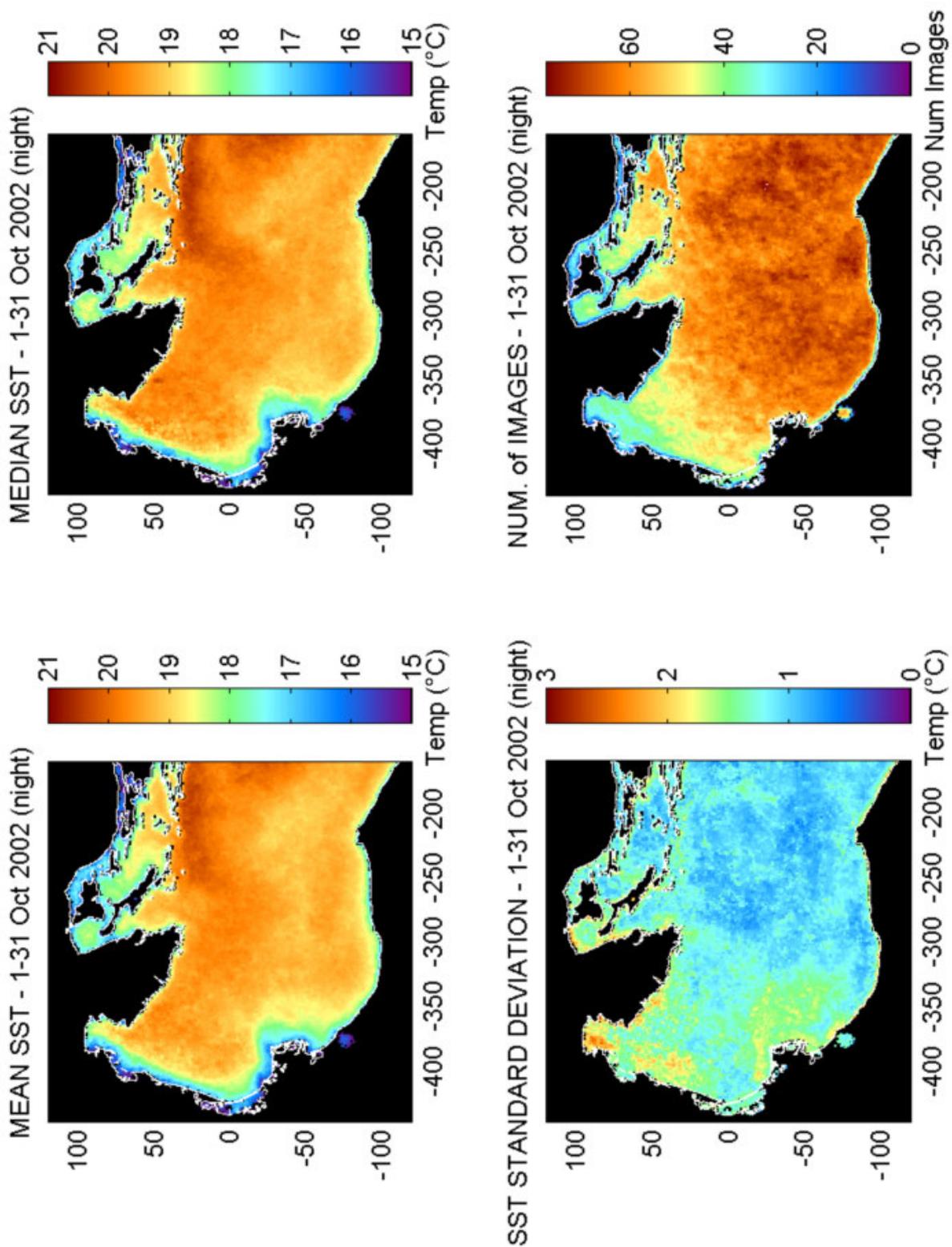


Fig. 3 – immagini composite mensili per ottobre 2002 (media, mediana, deviazione standard e n° di immagini): dati notturni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

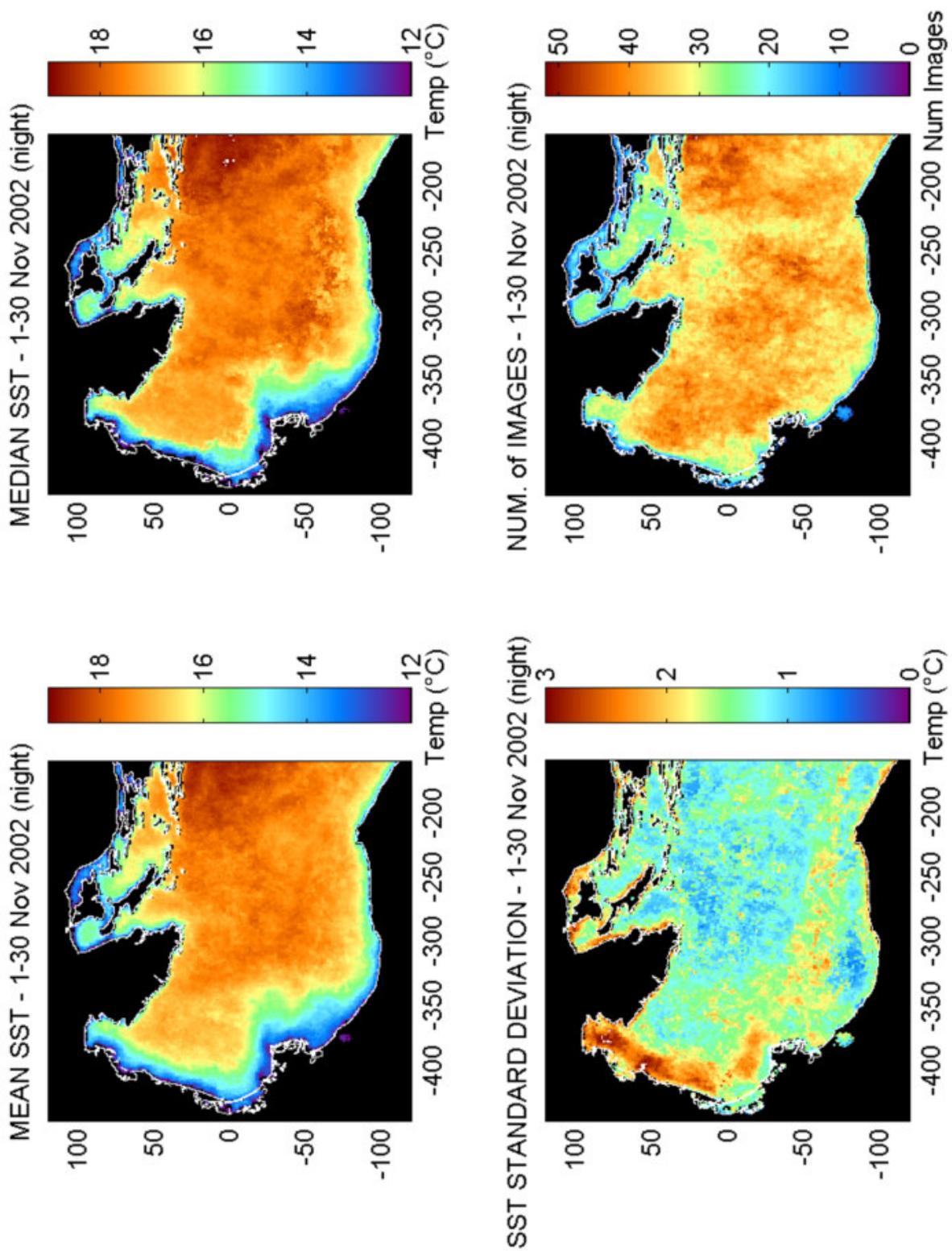


Fig. 4 – immagini composite mensili per novembre 2002 (media, mediana, deviazione standard e n° di immagini): dati notturni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

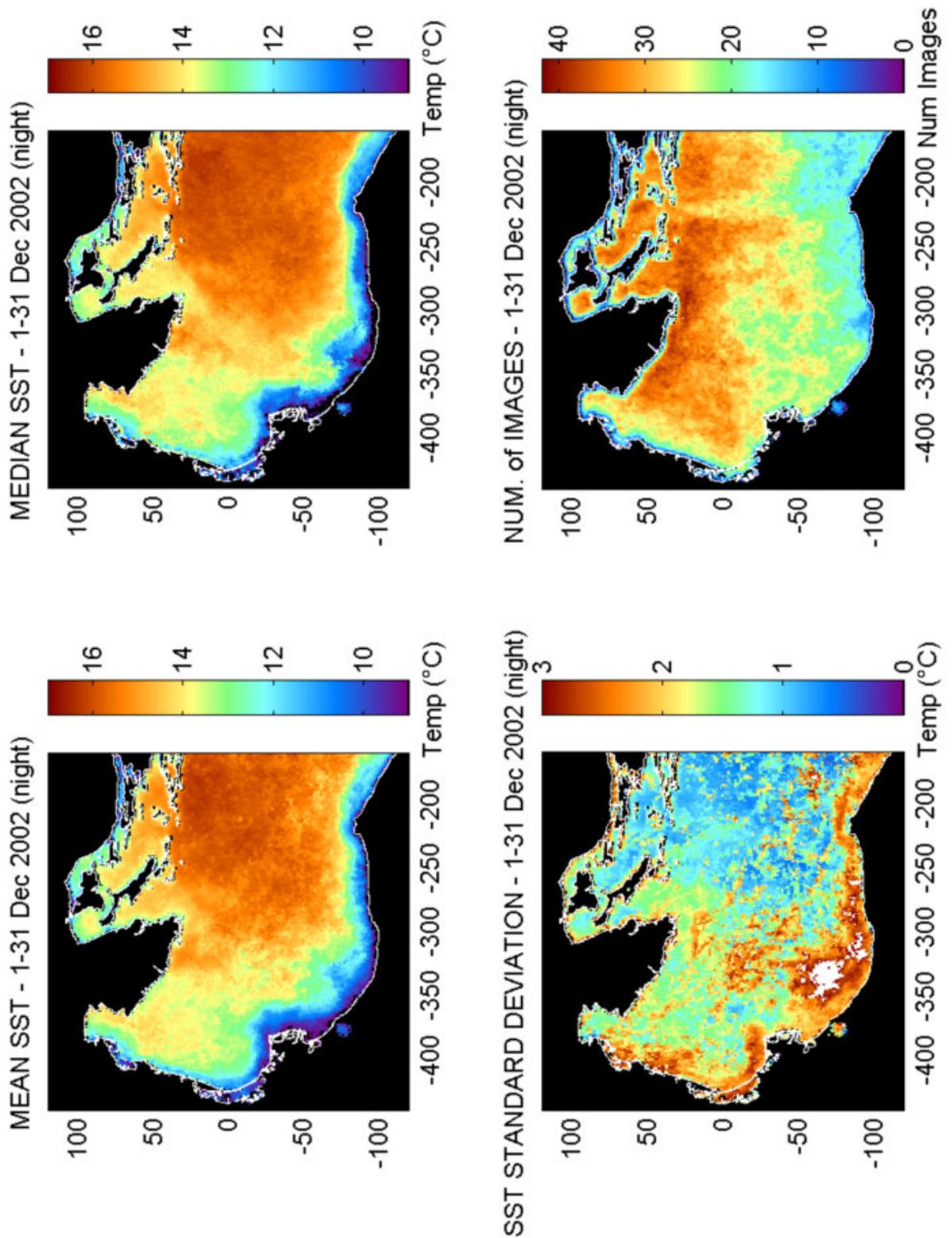


Fig. 5 – immagini composite mensili per dicembre 2002 (media, mediana, deviazione standard e n° di immagini): dati notturni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

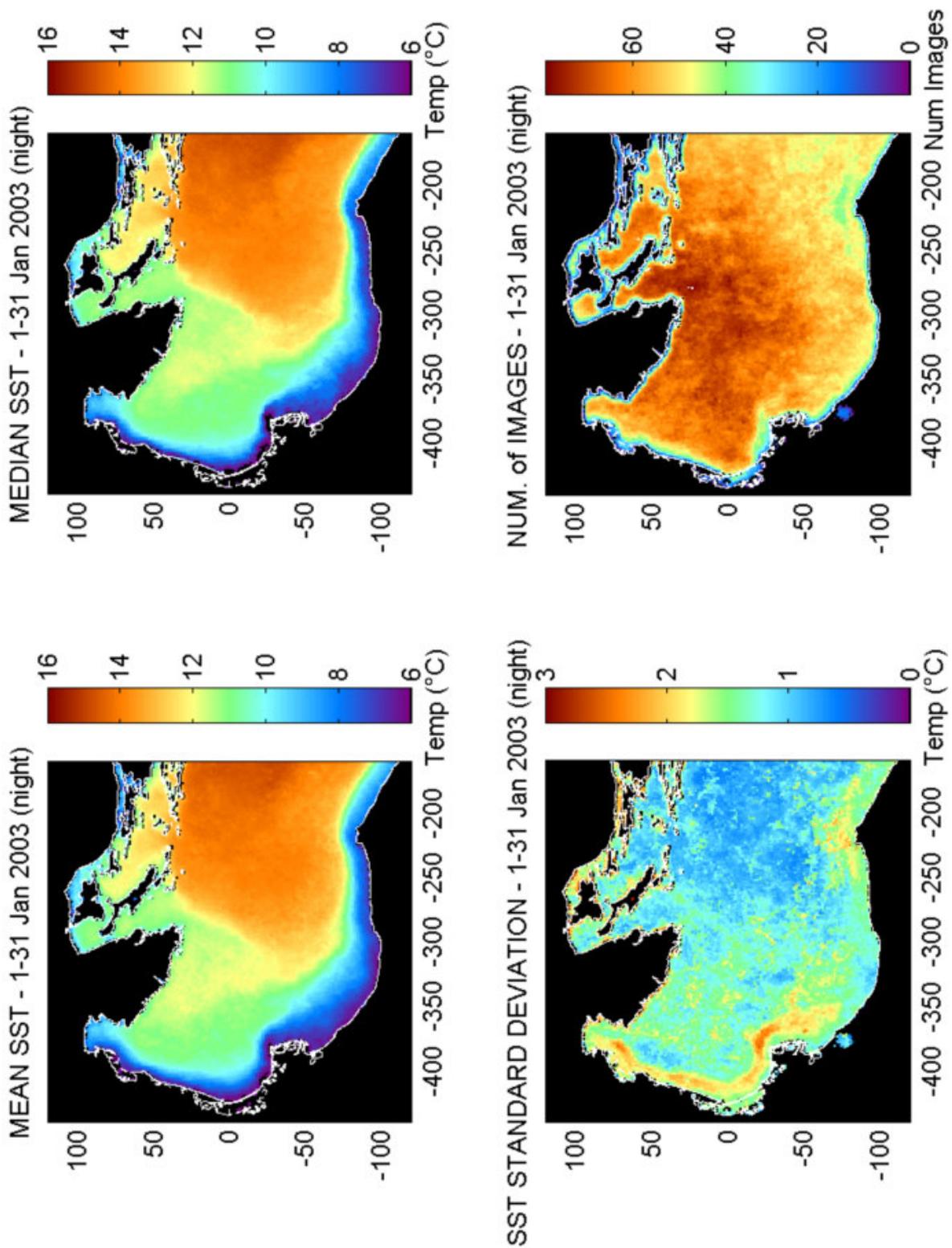


Fig. 6 – immagini composite mensili per gennaio 2003 (media, mediana, deviazione standard e n° di immagini): dati notturni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

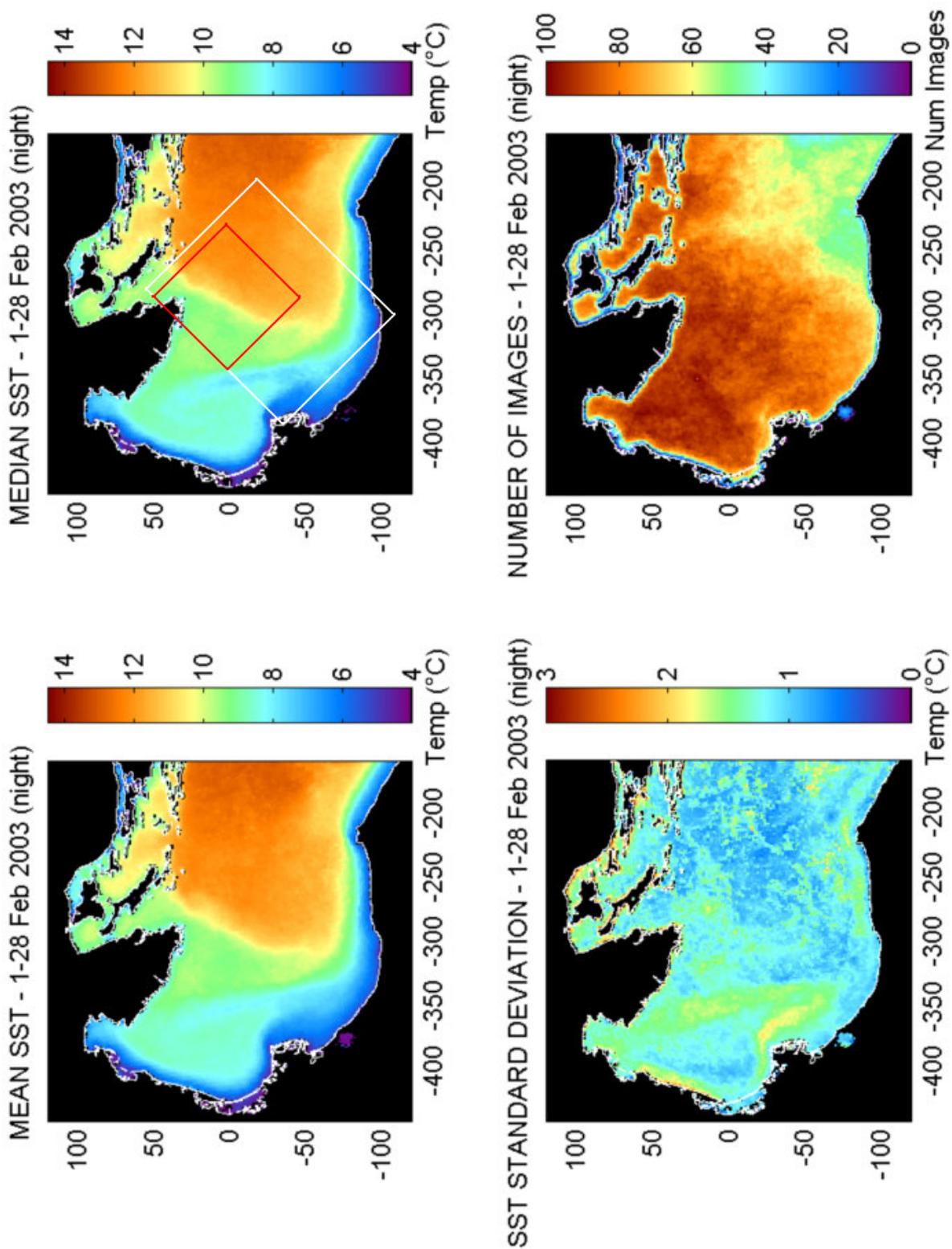


Fig. 7a – immagini composite mensili per febbraio 2003 (media, mediana, deviazione standard e n° di immagini): dati notturni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E. I riquadri in bianco e rosso sono le aree in cui è stato studiato il fronte termico.

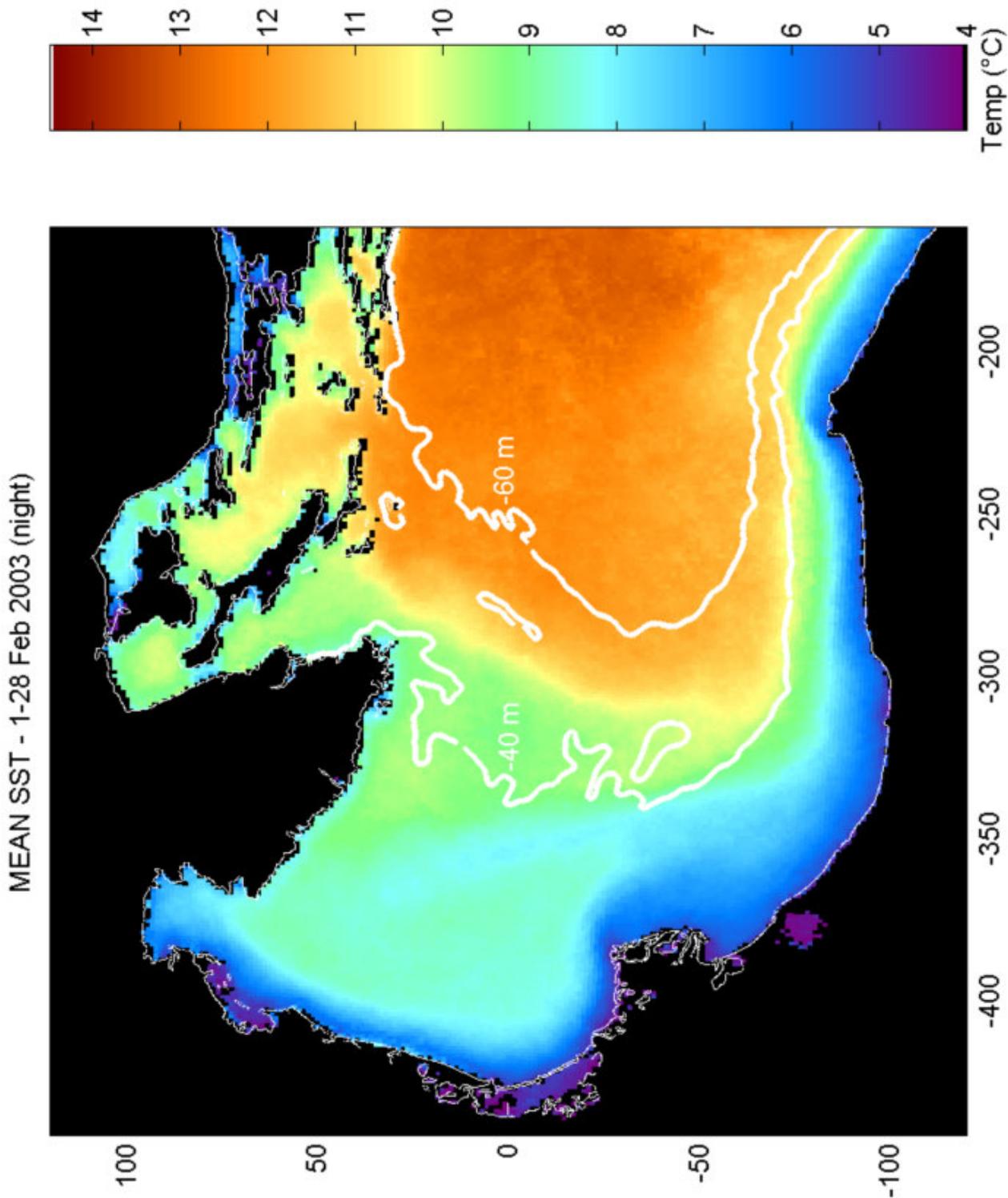


Fig. 7b – immagine composita mensile della media di SST per febbraio 2003; dati notturni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E. Vengono riportate le batimetriche delle profondità a 40 e 60 metri.

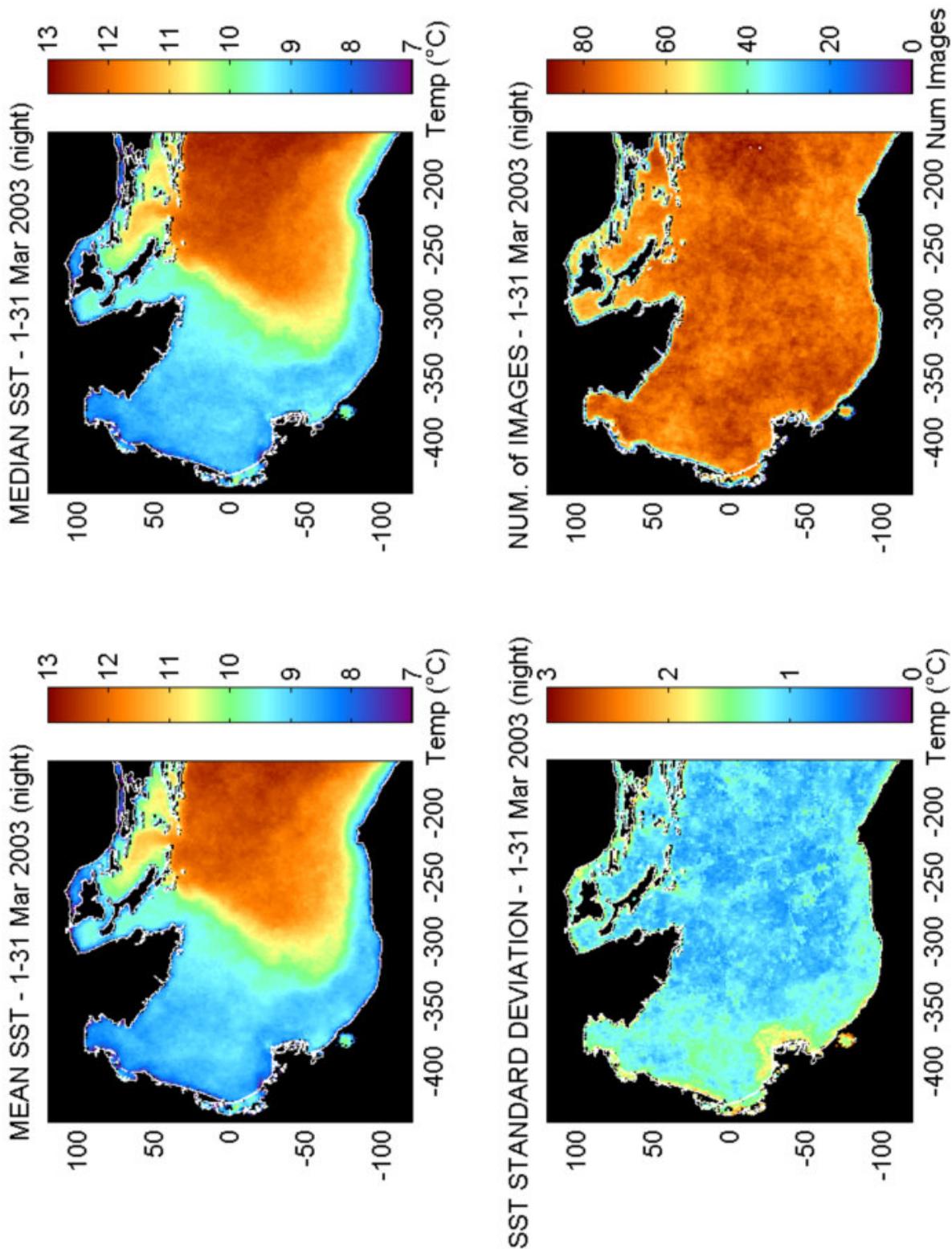


Fig. 8 – immagini composite mensili per marzo 2003 (media, mediana, deviazione standard e n° di immagini): dati notturni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

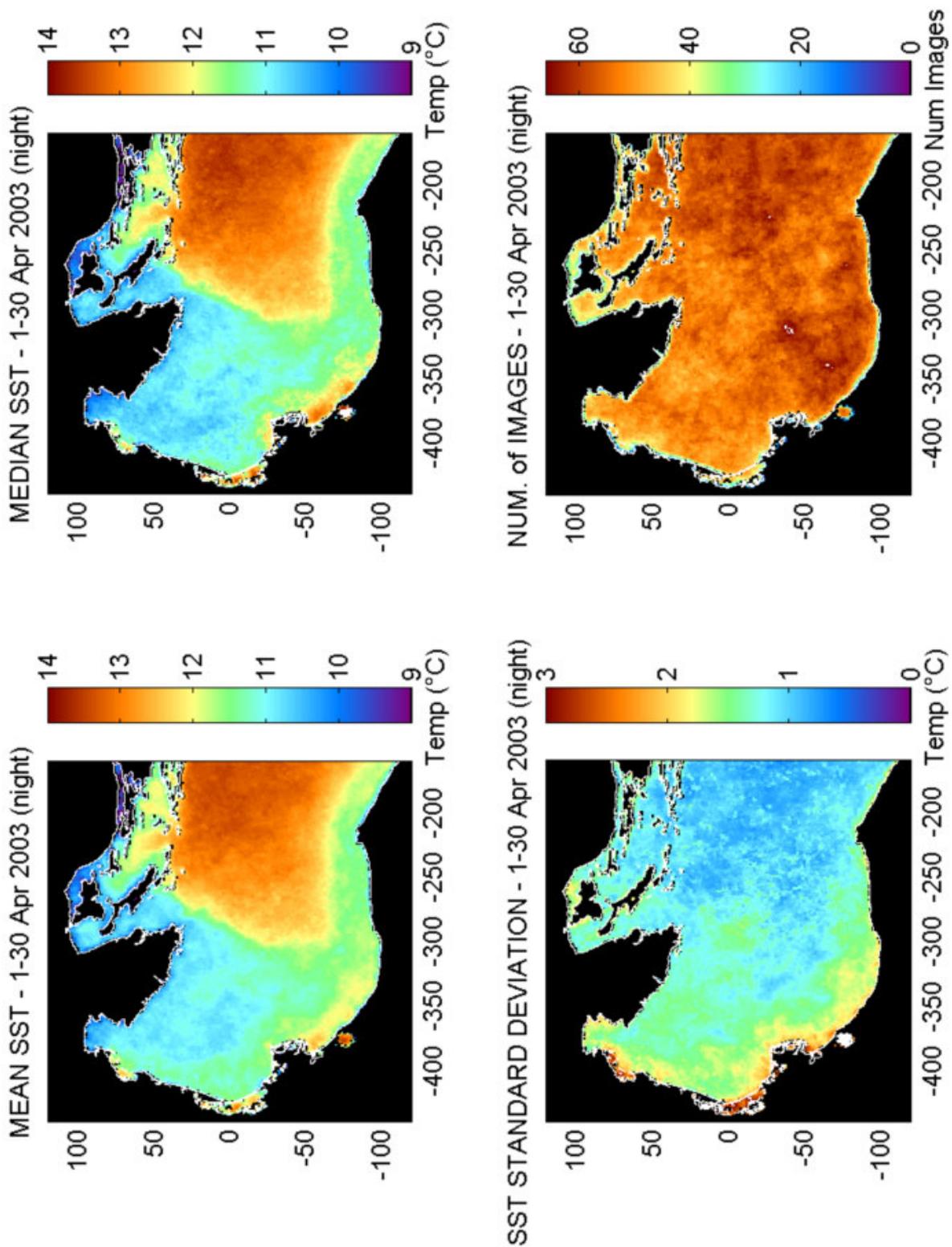


Fig. 9 – immagini composite mensili per aprile 2003 (media, mediana, deviazione standard e n° di immagini): dati notturni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

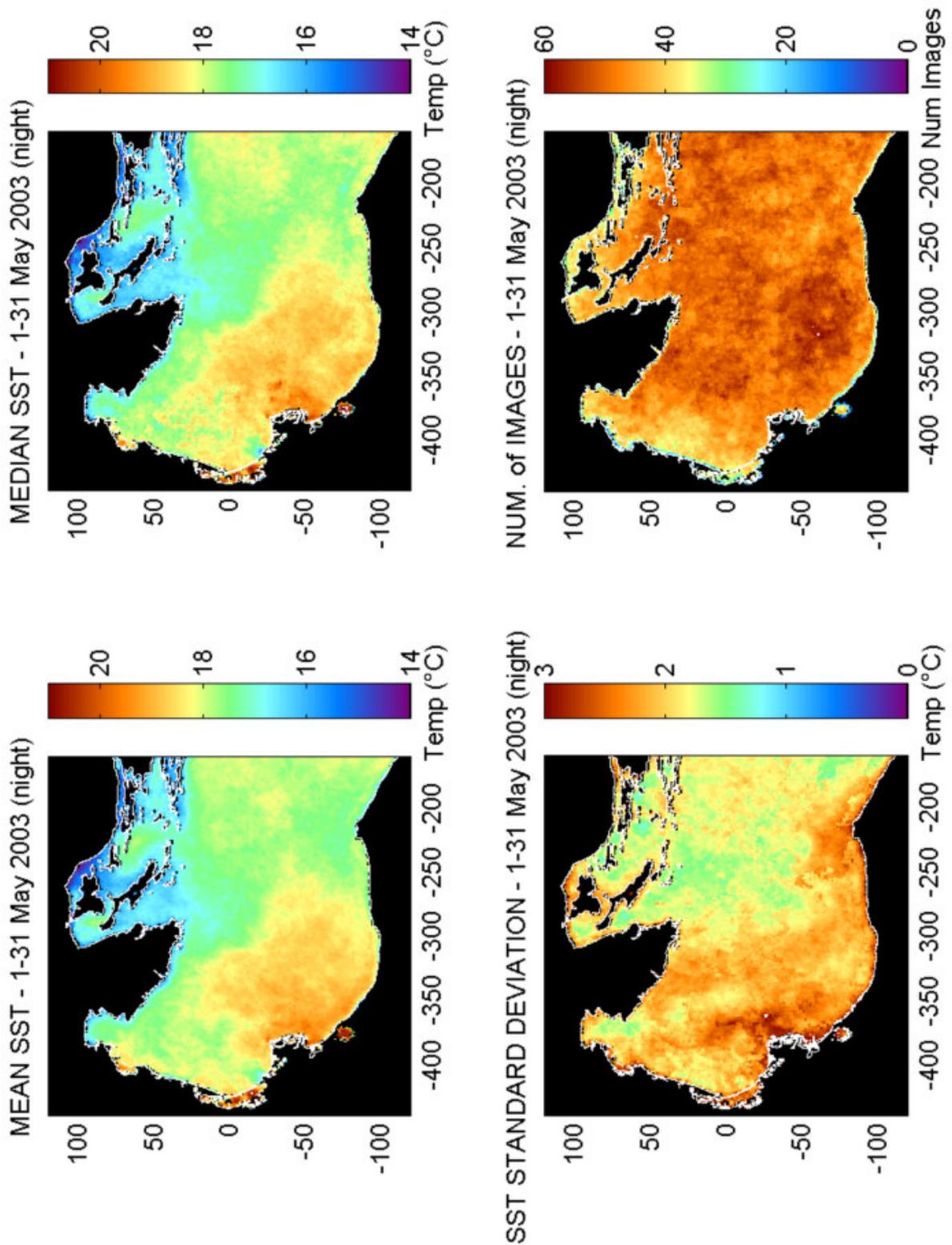


Fig. 10 – immagini composite mensili per maggio 2003 (media, mediana, deviazione standard e n° di immagini): dati notturni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

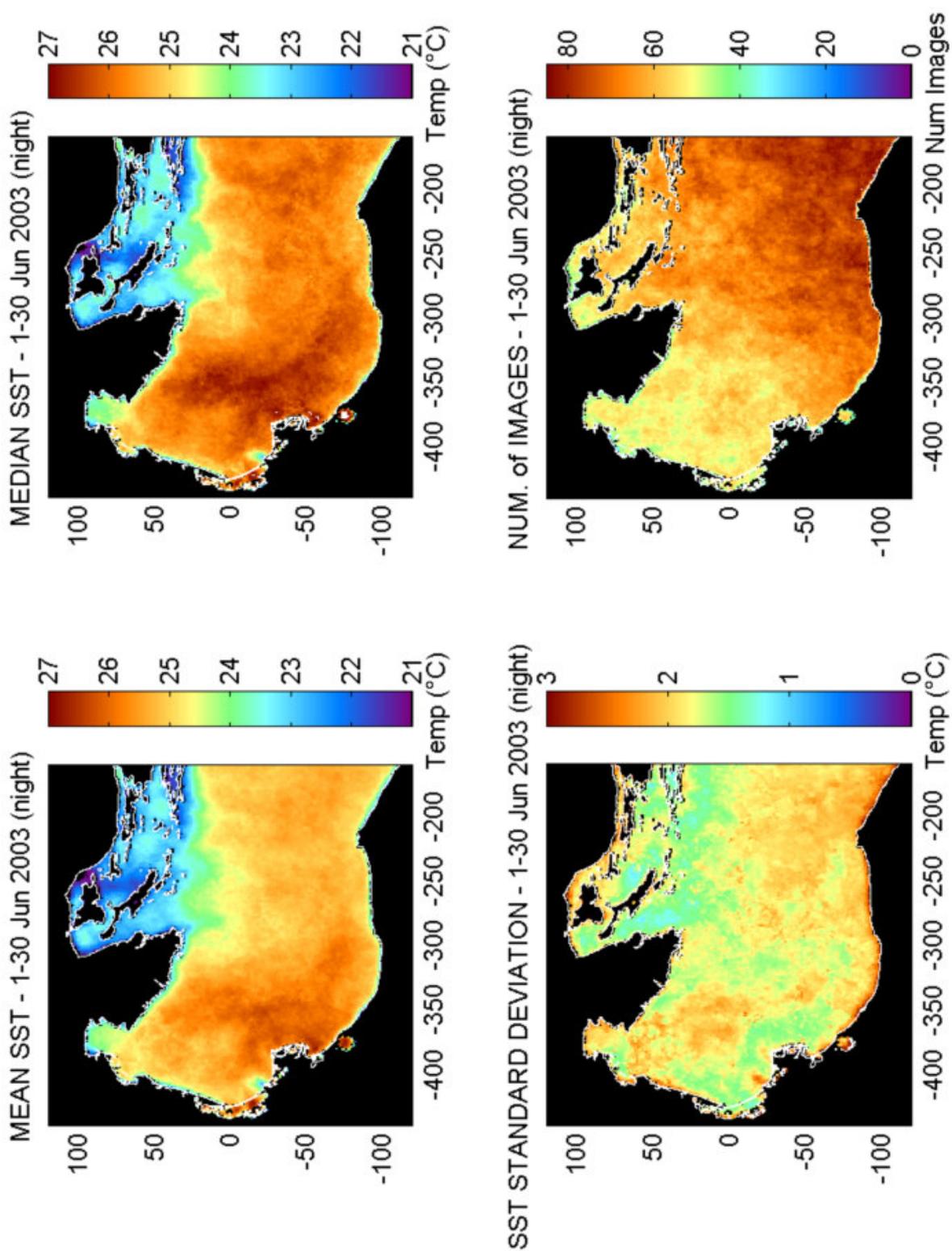


Fig. 11 – immagini composite mensili per giugno 2003 (media, mediana, deviazione standard e n° di immagini): dati notturni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

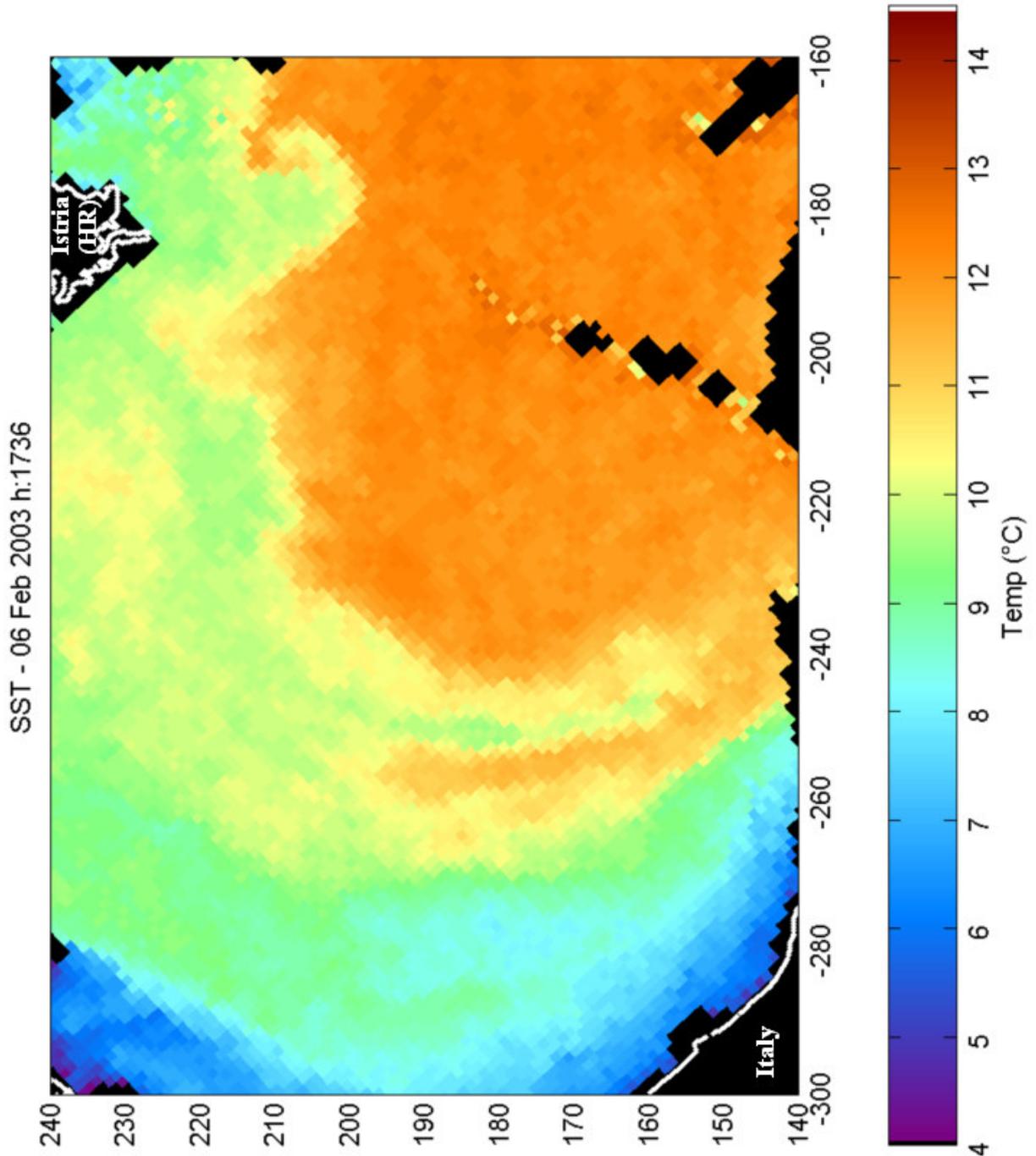


Fig. 12 – immagine di SST del 6 febbraio 2003 alle 1736 (area del fronte di temperatura a sud della penisola istriana). Vedere la figura 7 per la posizione dell'area. L'immagine è stata ruotata per avere il nord sopra. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

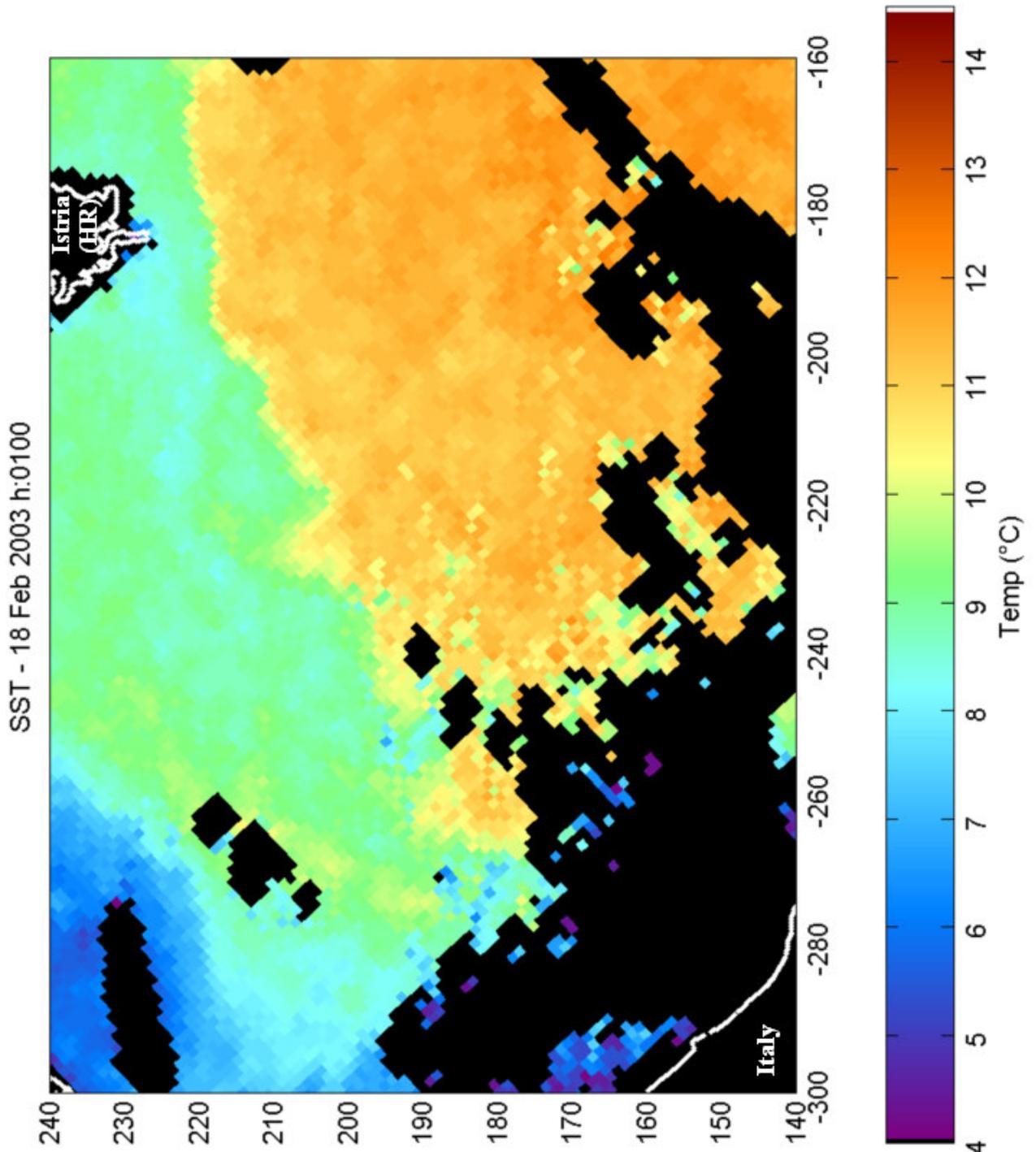


Fig. 13 – immagine di SST del 18 febbraio 2003 alle 0100 (area del fronte di temperatura a sud della penisola istriana). Vedere la figura 7 per la posizione dell'area. L'immagine è stata ruotata per avere il nord sopra. Coordinate x e y in km. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

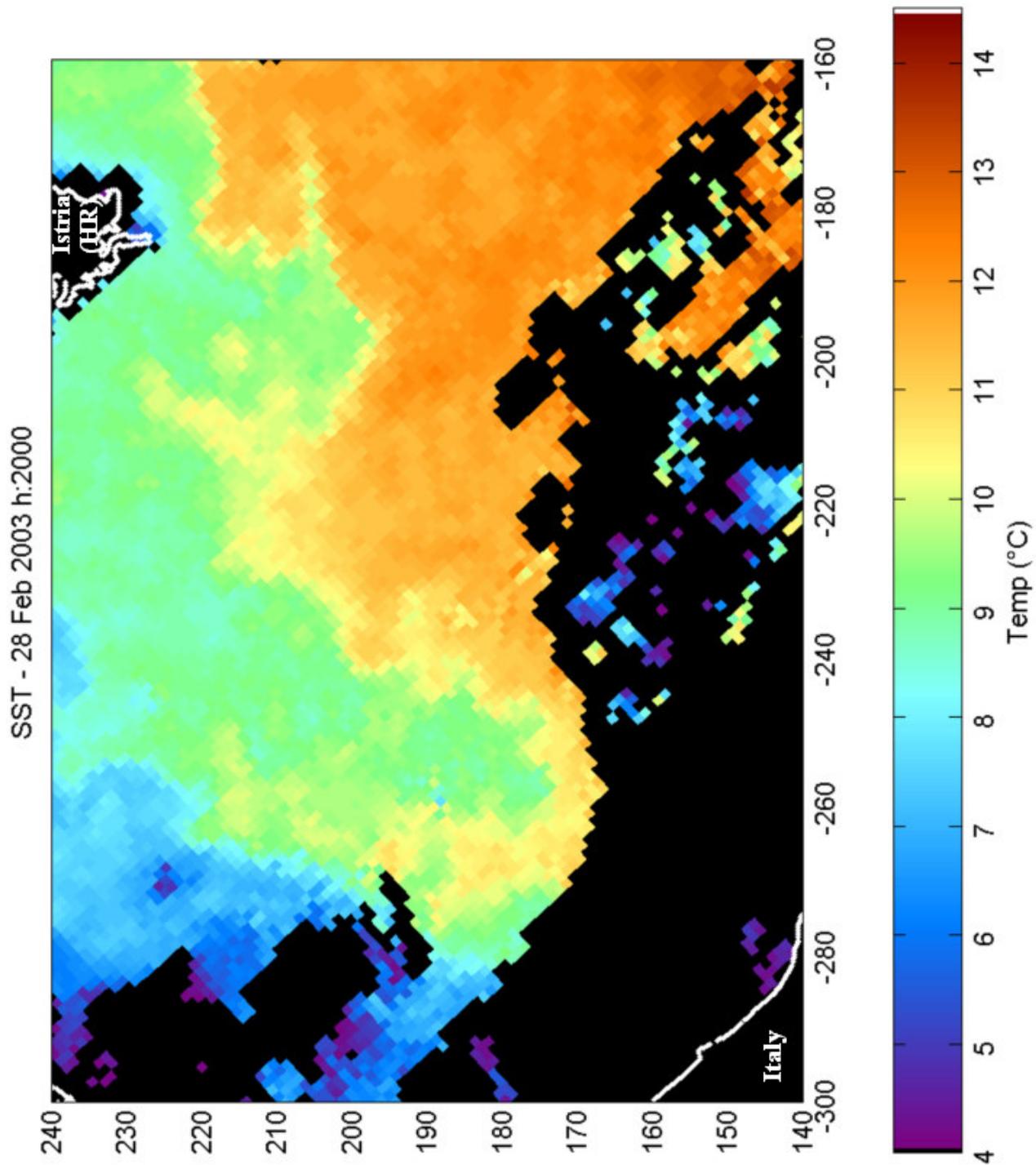


Fig. 14 – immagine di SST del 28 febbraio 2003 alle 2000 (area del fronte di temperatura a sud della penisola istriana). Vedere la figura 7 per la posizione dell'area. L'immagine è stata ruotata per avere il nord sopra. Coordinate x e y in km. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

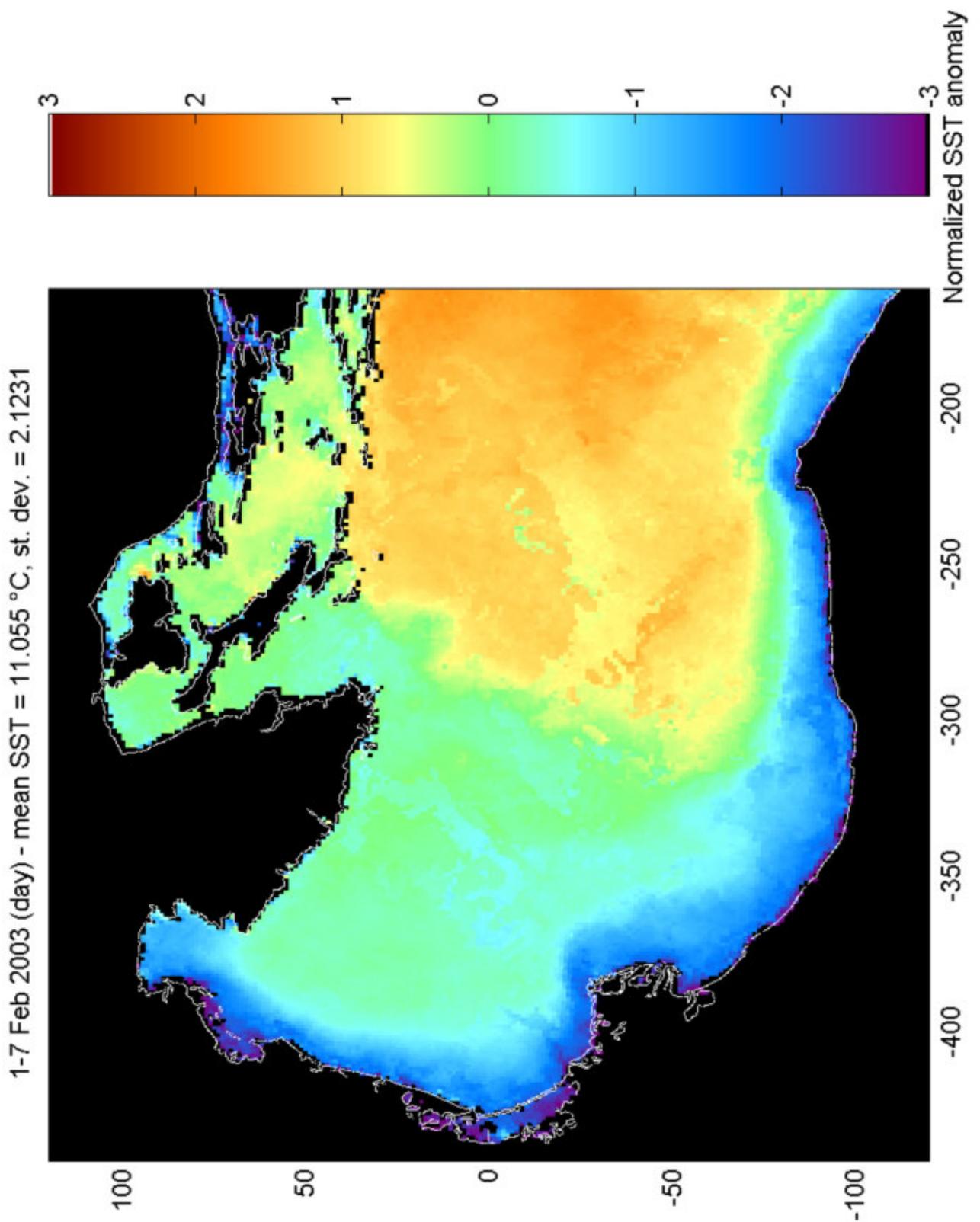


Fig. 15 – immagine composita diurna di 7 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (1-7 febbraio 2003): dati diurni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

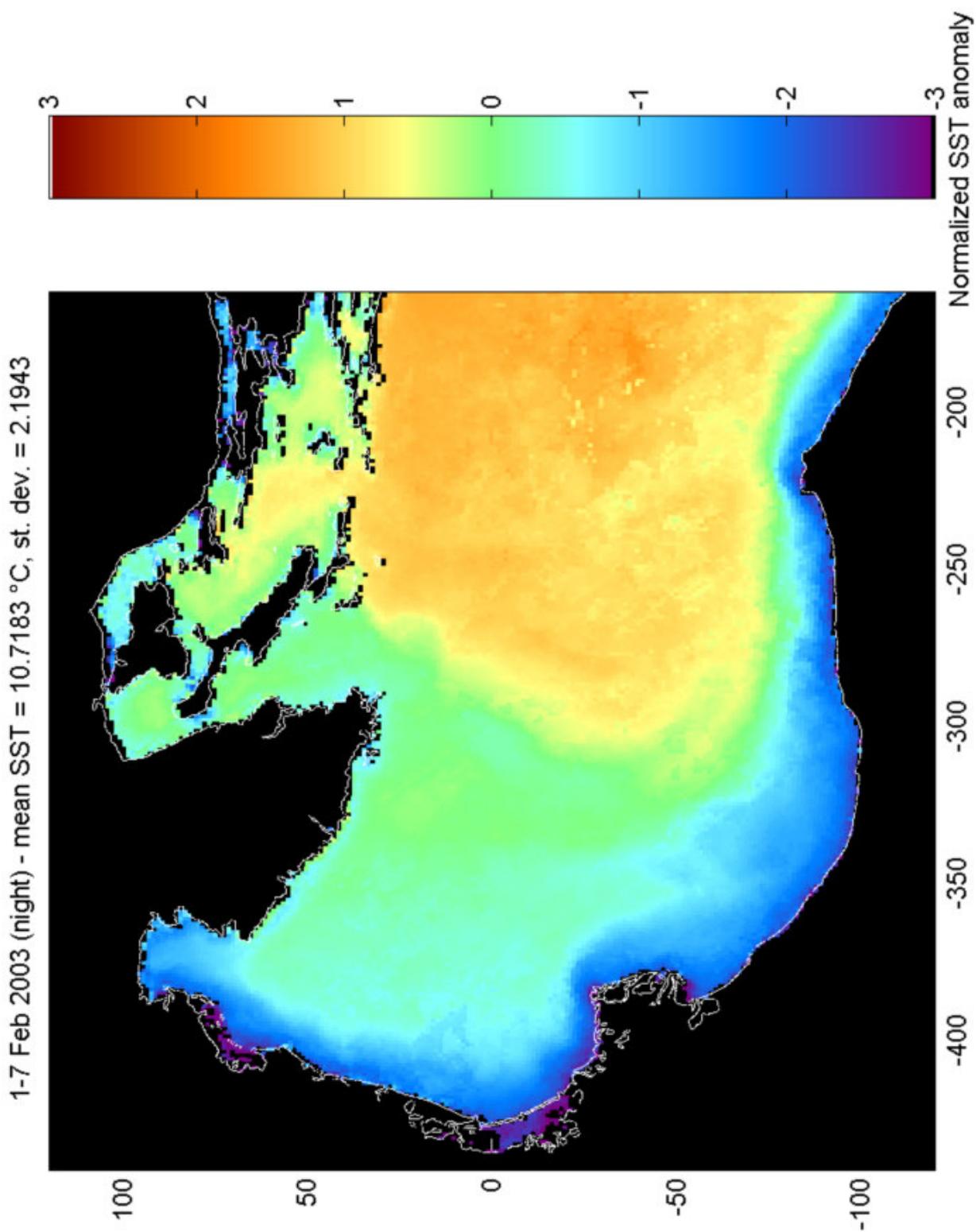


Fig. 16 – immagine composita notturna di 7 giorni dell’anomalia normalizzata di SST (1-7 febbraio 2003): dati notturni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

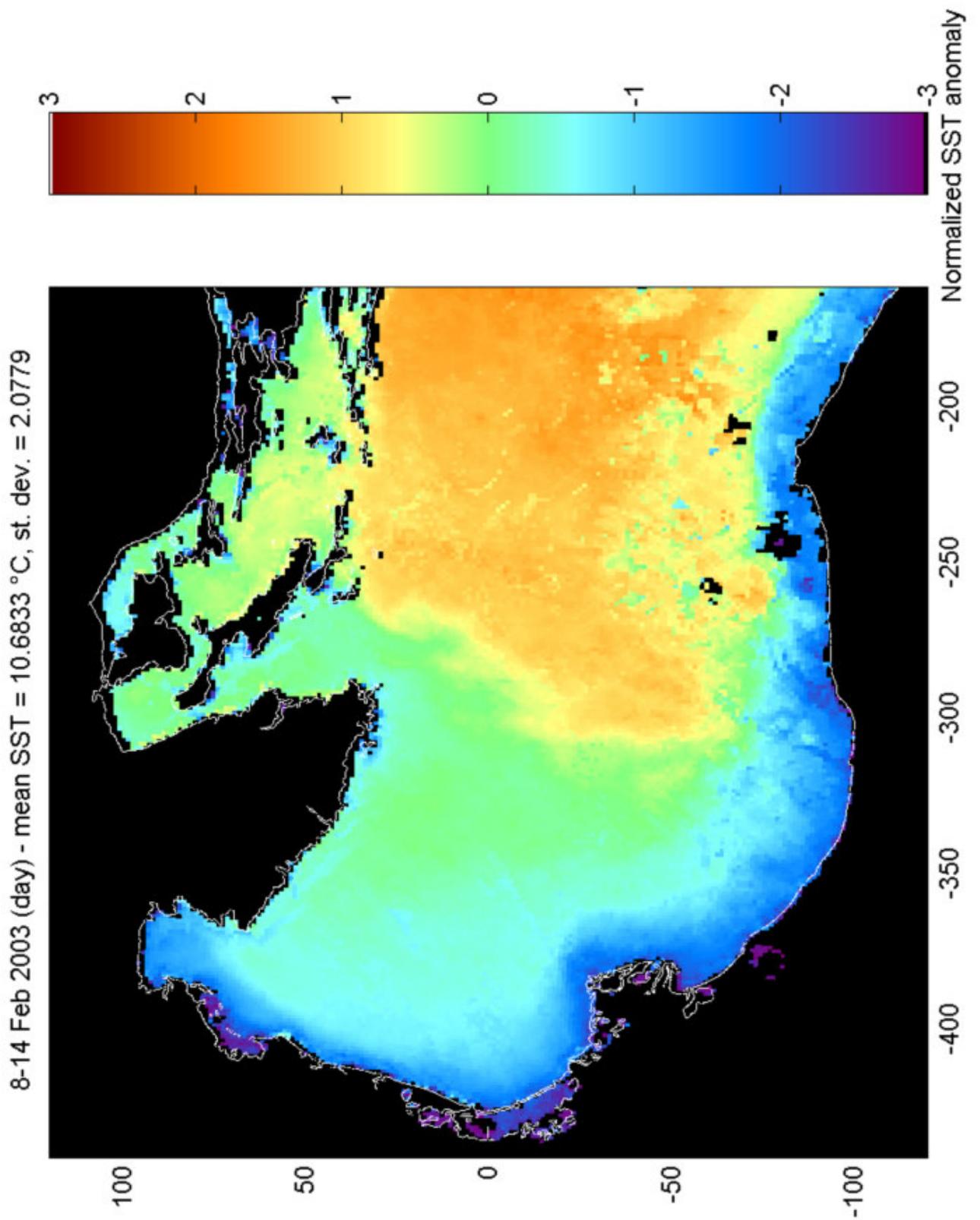


Fig. 17 – immagine composita diurna di 7 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (8-14 febbraio 2003): dati diurni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

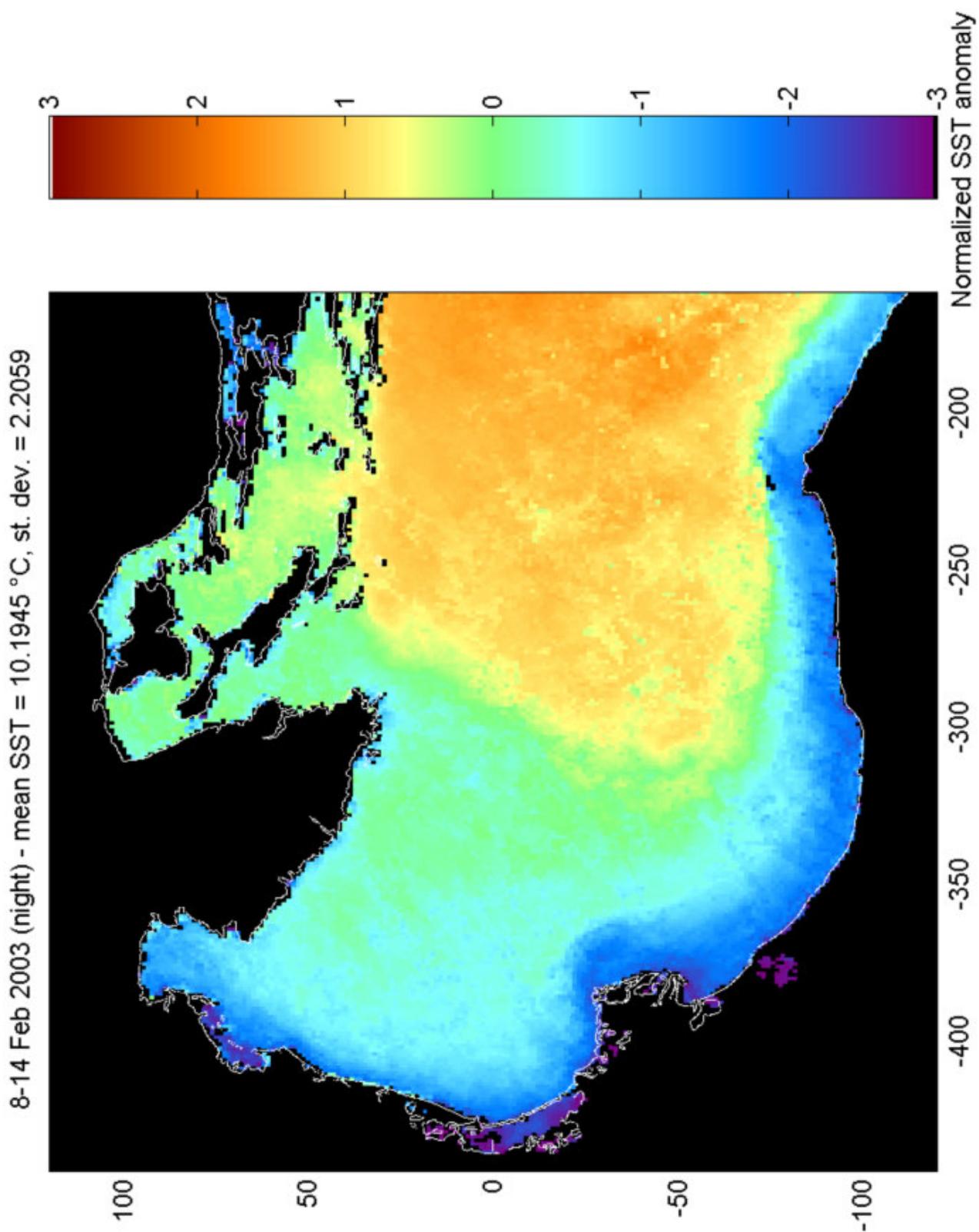


Fig. 18 – immagine composita notturna di 7 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (8-14 febbraio 2003): dati notturni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

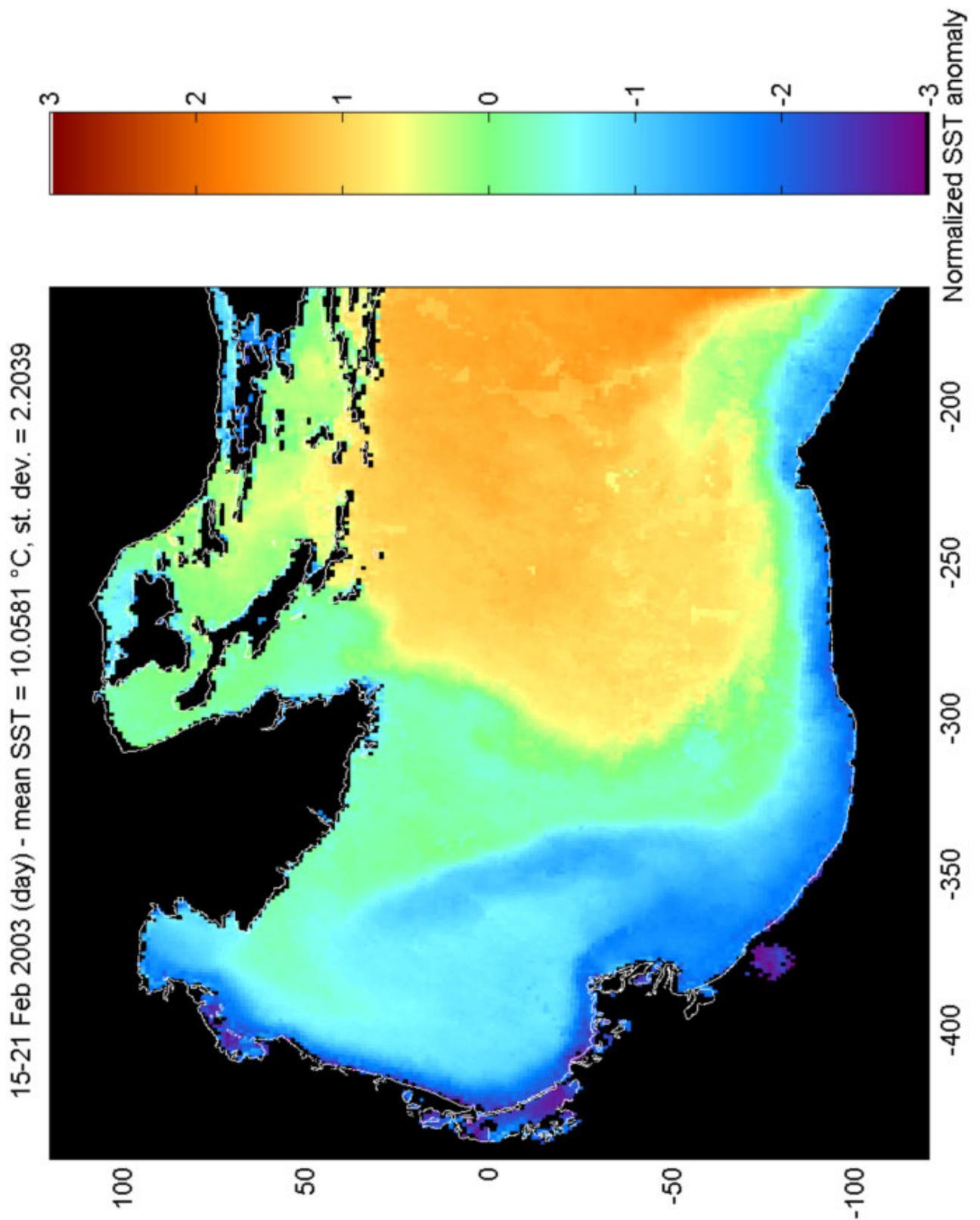


Fig. 19 – immagine composita diurna di 7 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (15-21 febbraio 2003): dati diurni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

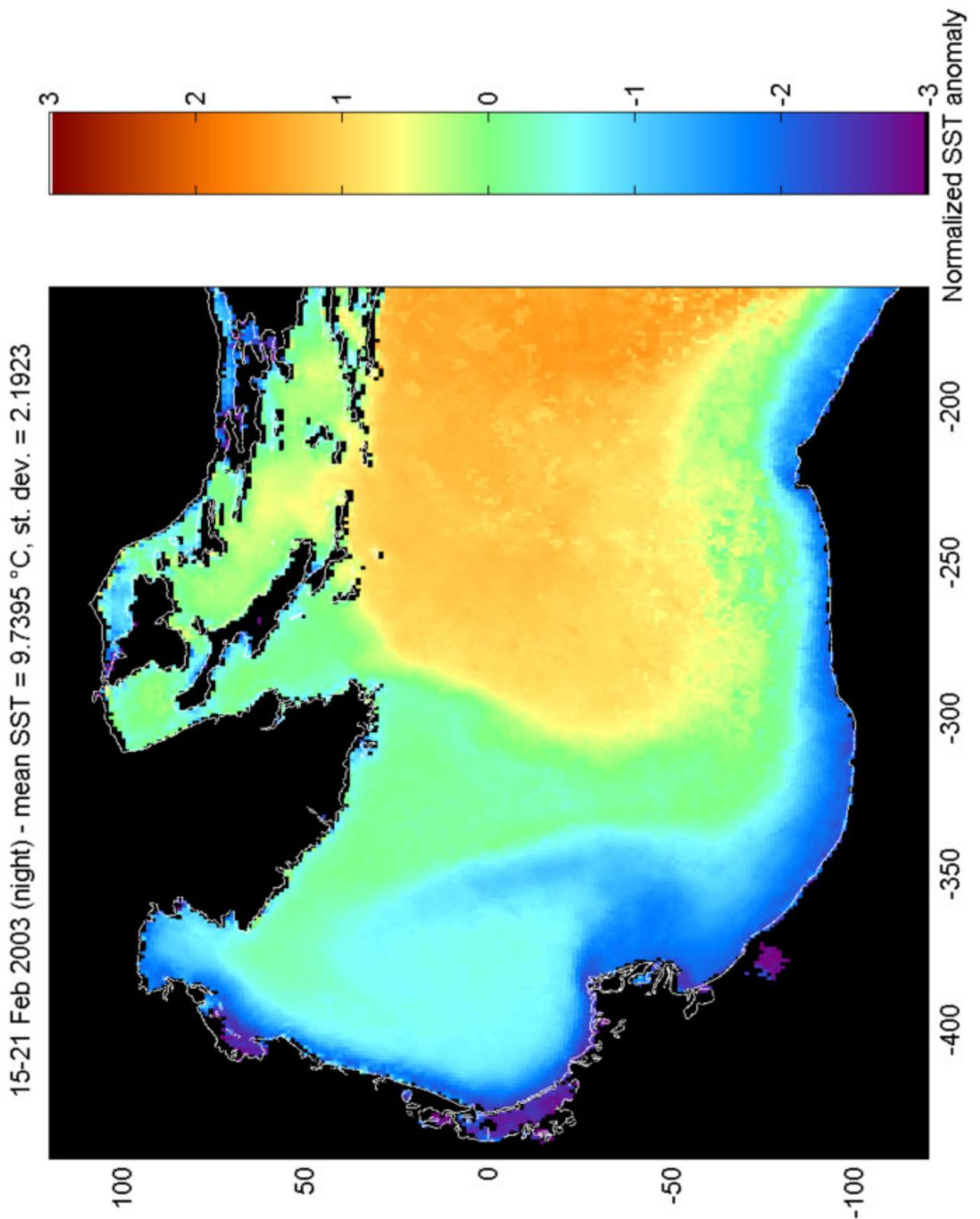


Fig. 20 – immagine composita notturna di 7 giorni dell’anomalia normalizzata di SST (15-21 febbraio 2003): dati notturni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

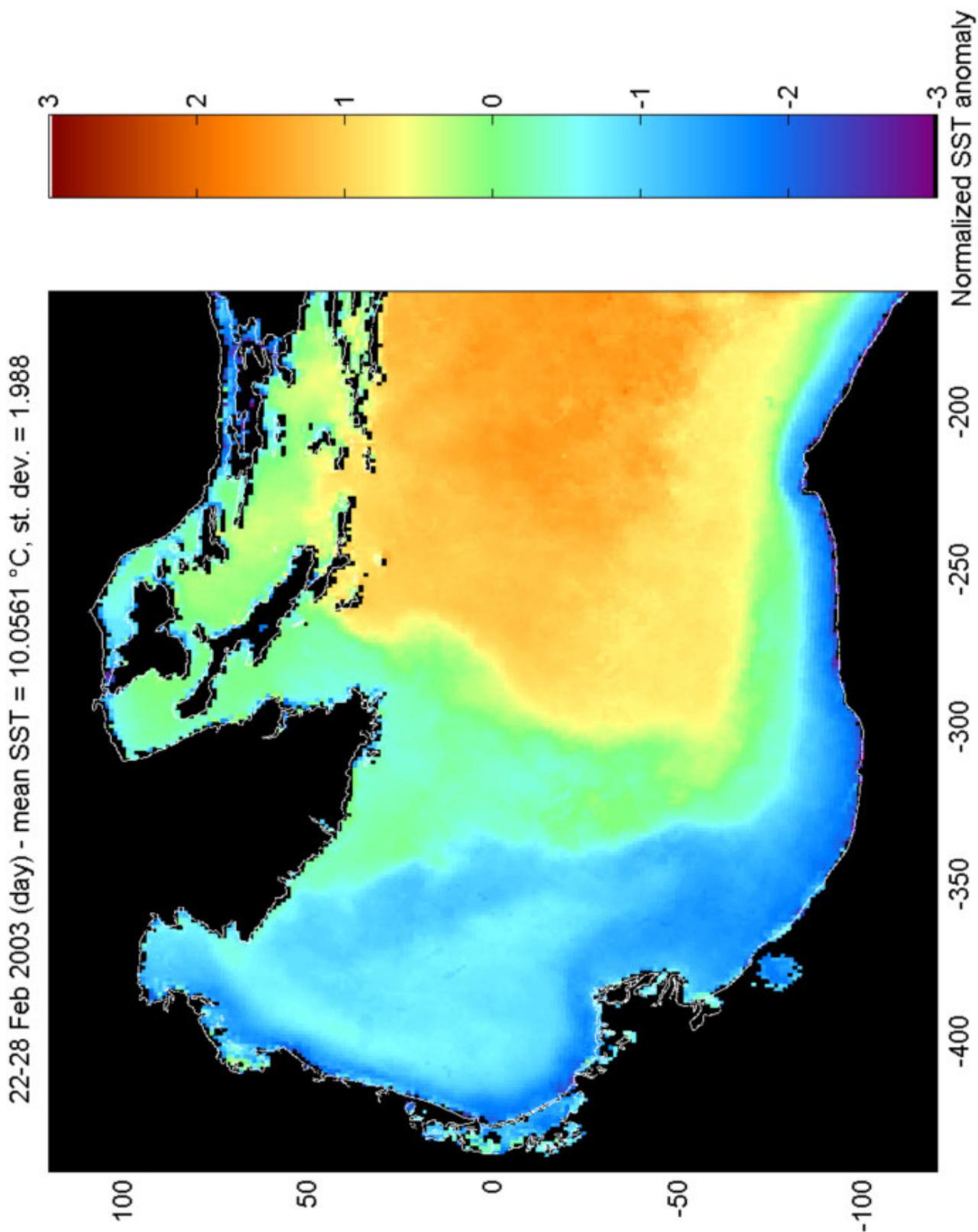


Fig. 21 – immagine composita diurna di 7 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (22-28 febbraio 2003): dati diurni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

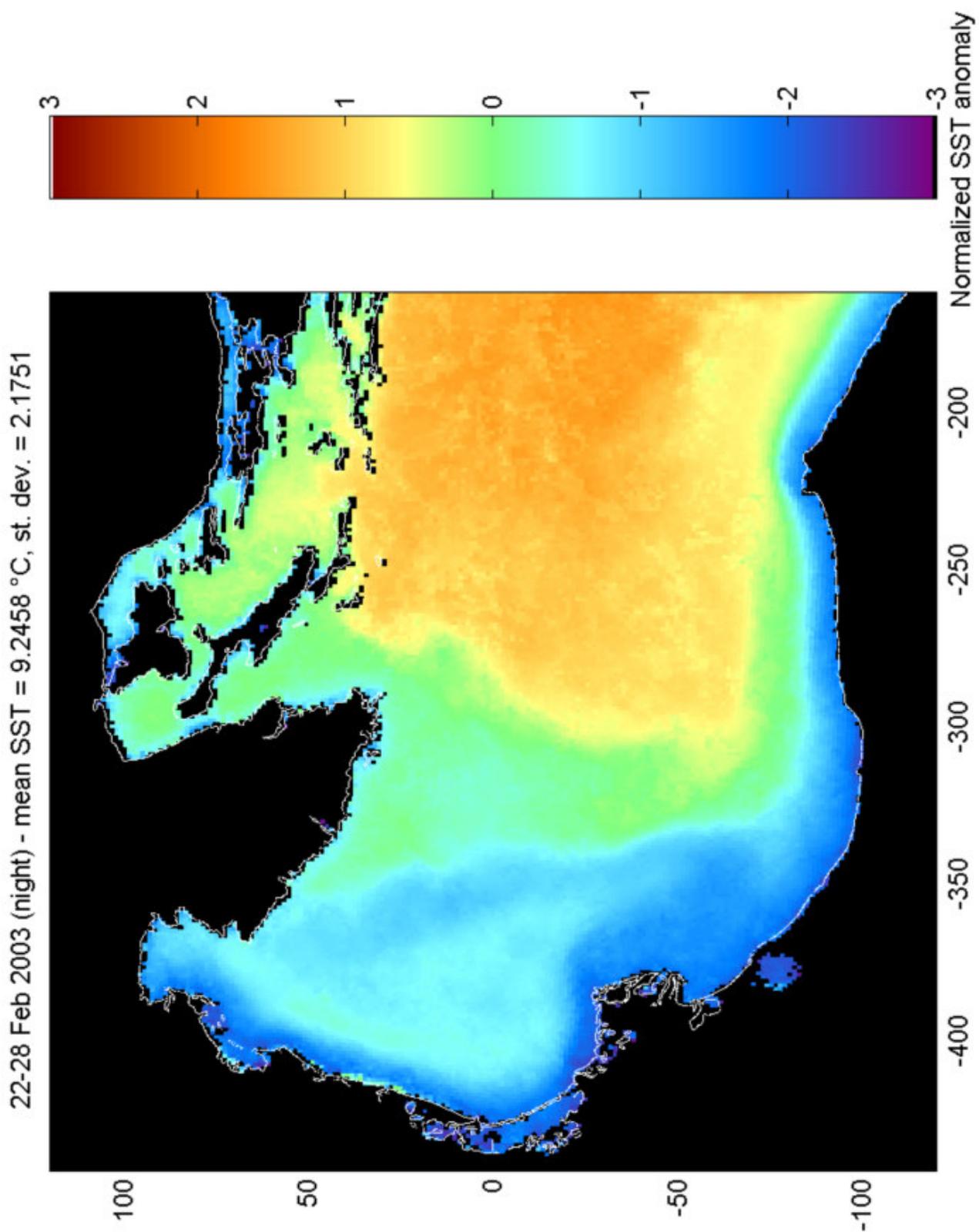


Fig. 22 – immagine composita notturna di 7 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (22-28 febbraio 2003): dati notturni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

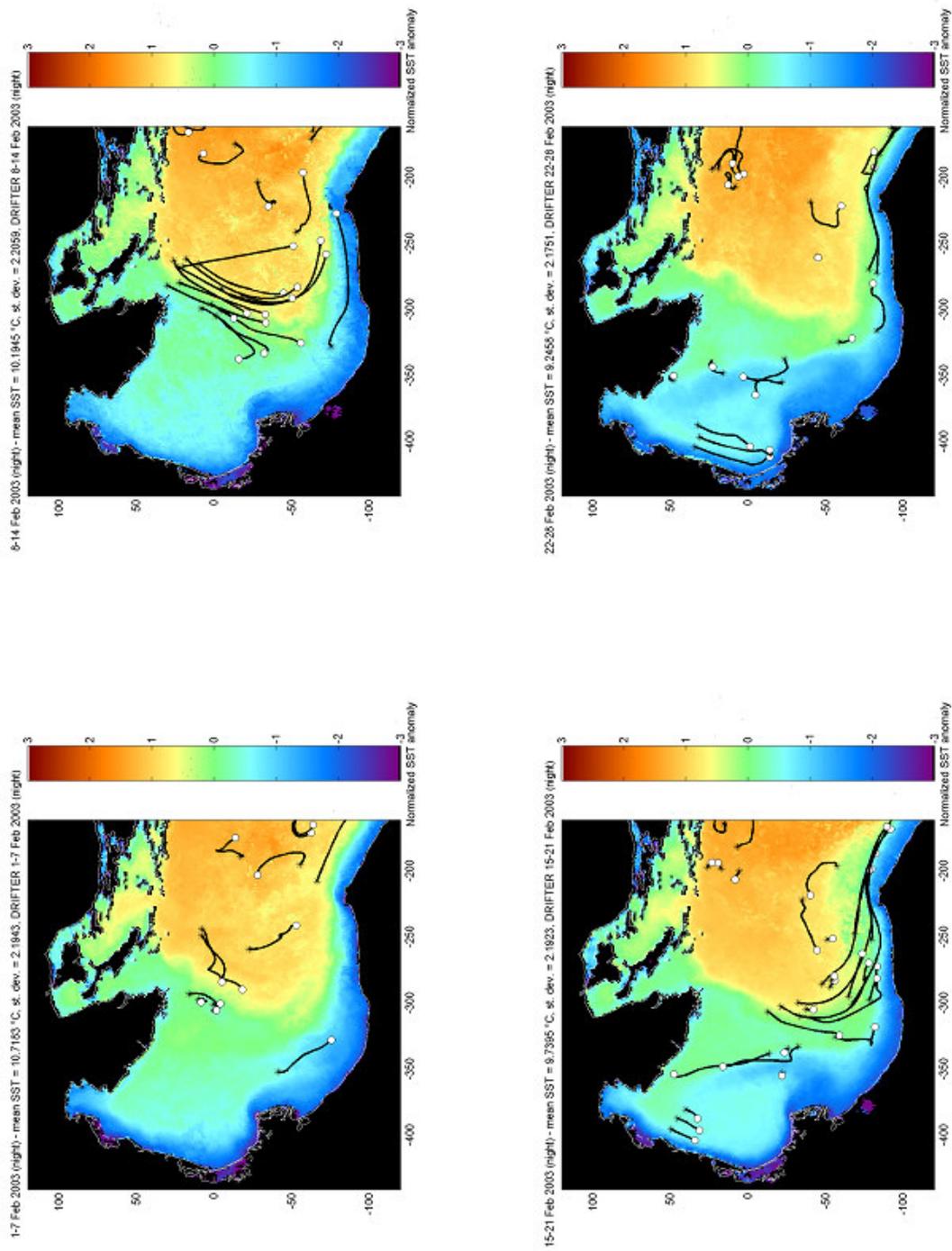


Fig 23 - immagini composte notturne di 7 giorni dell'anomalia normalizzata di SST con le tracce dei drifter sovrapposte (febbraio 2003); dati notturni. Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.23°E.

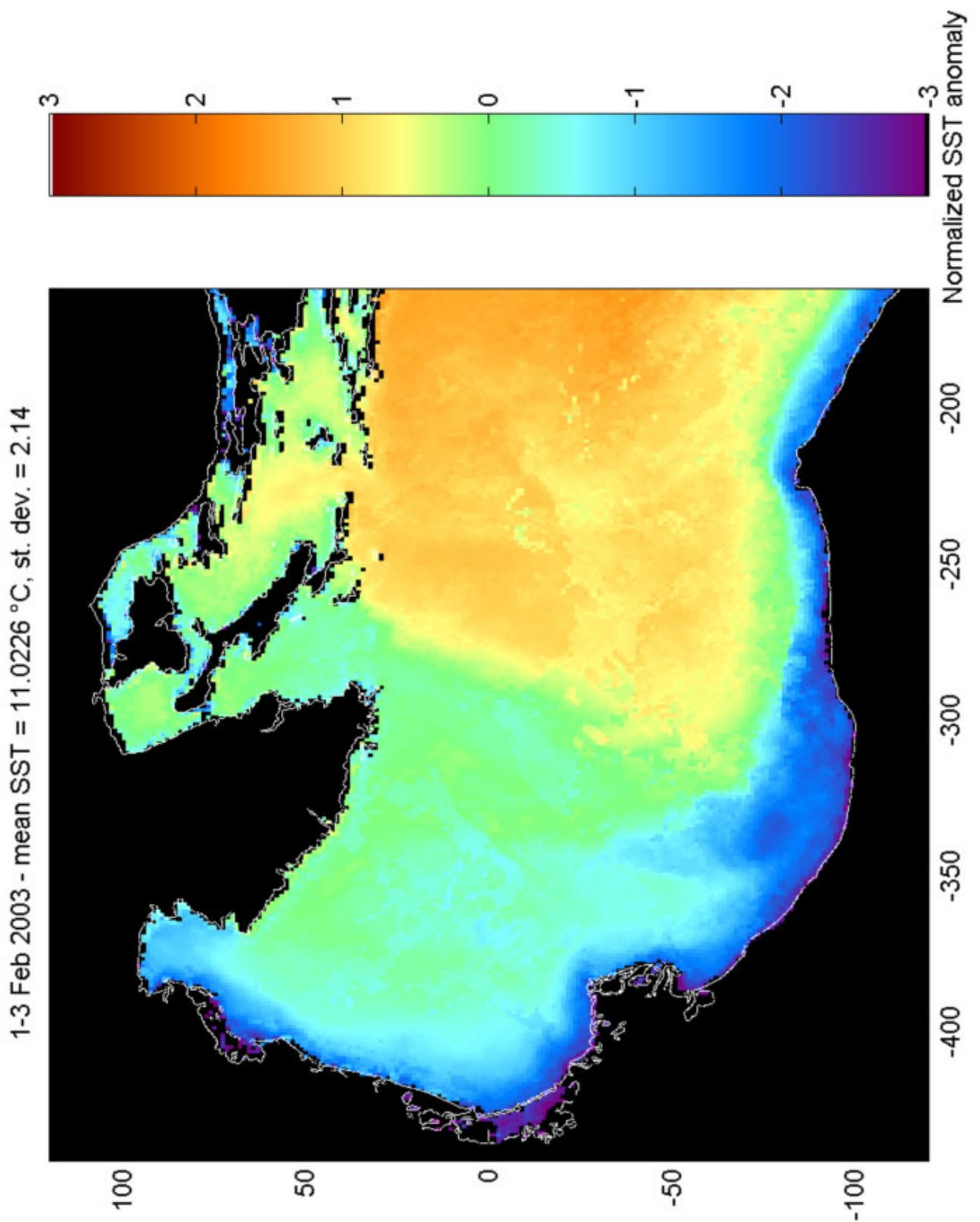


Fig. 24 – immagine composita di 3 giorni dell’anomalia normalizzata di SST (1-3 febbraio 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

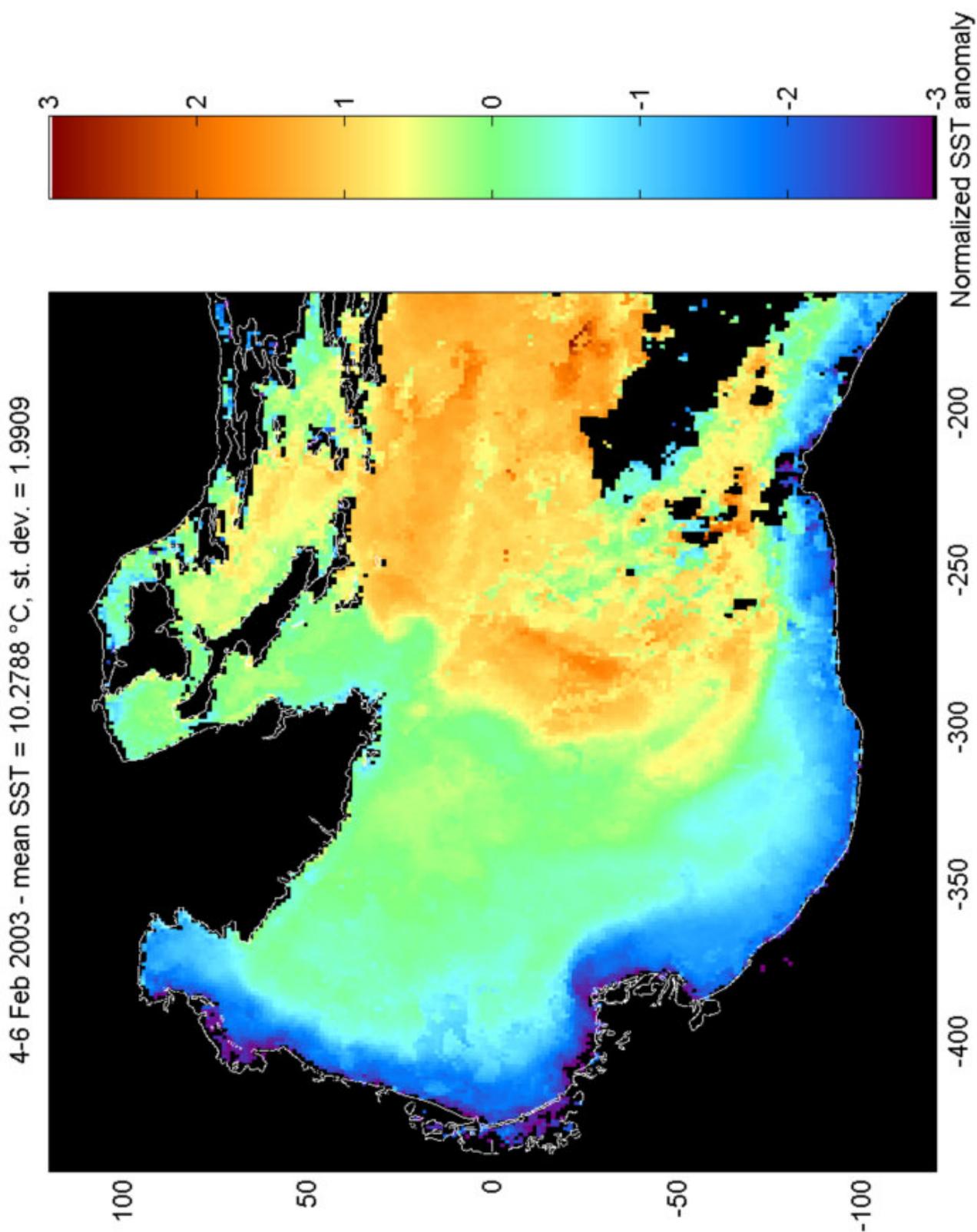


Fig. 25 – immagine composta di 3 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (4-6 febbraio 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

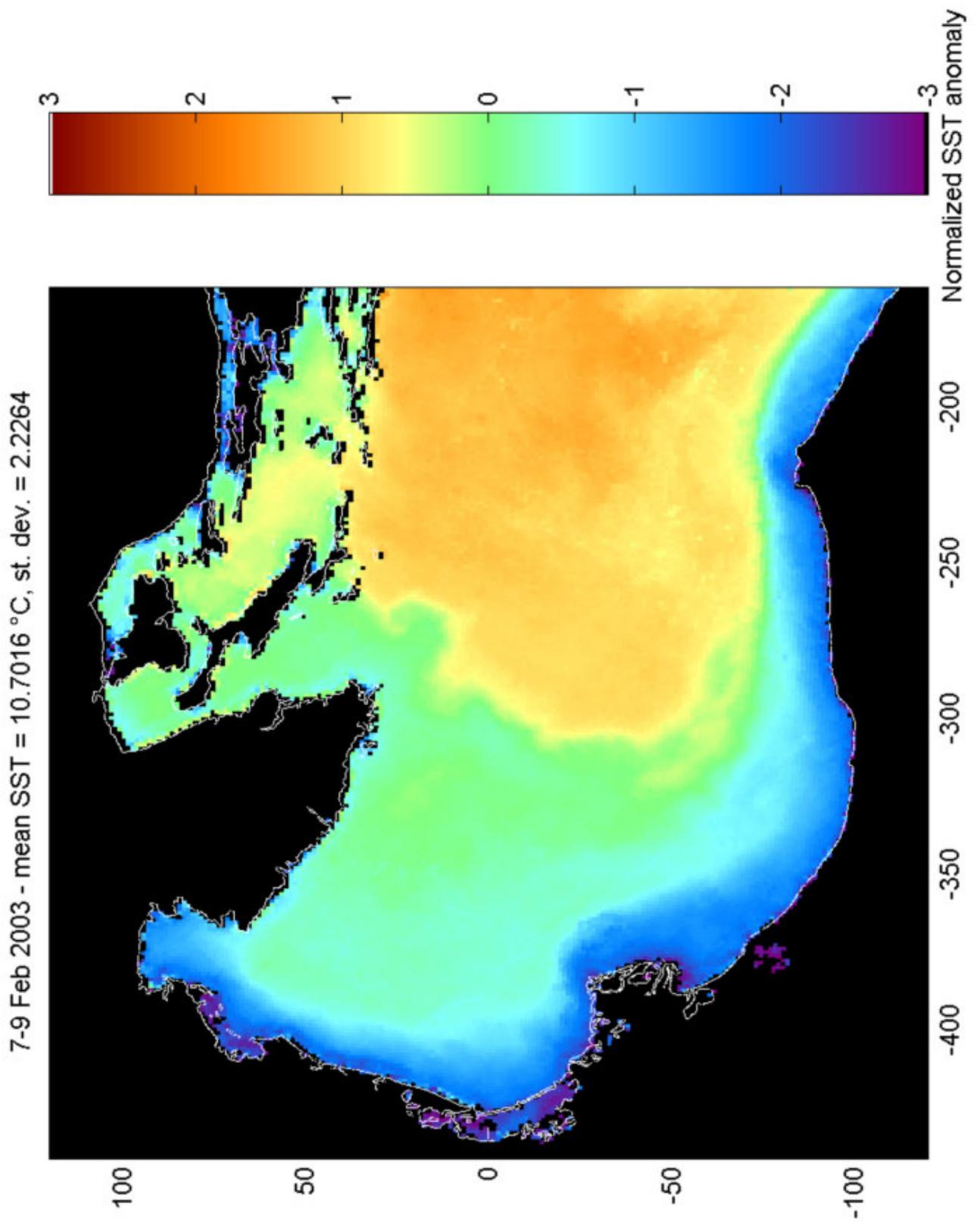


Fig. 26 – immagine composita di 3 giorni dell’anomalia normalizzata di SST (7-9 febbraio 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

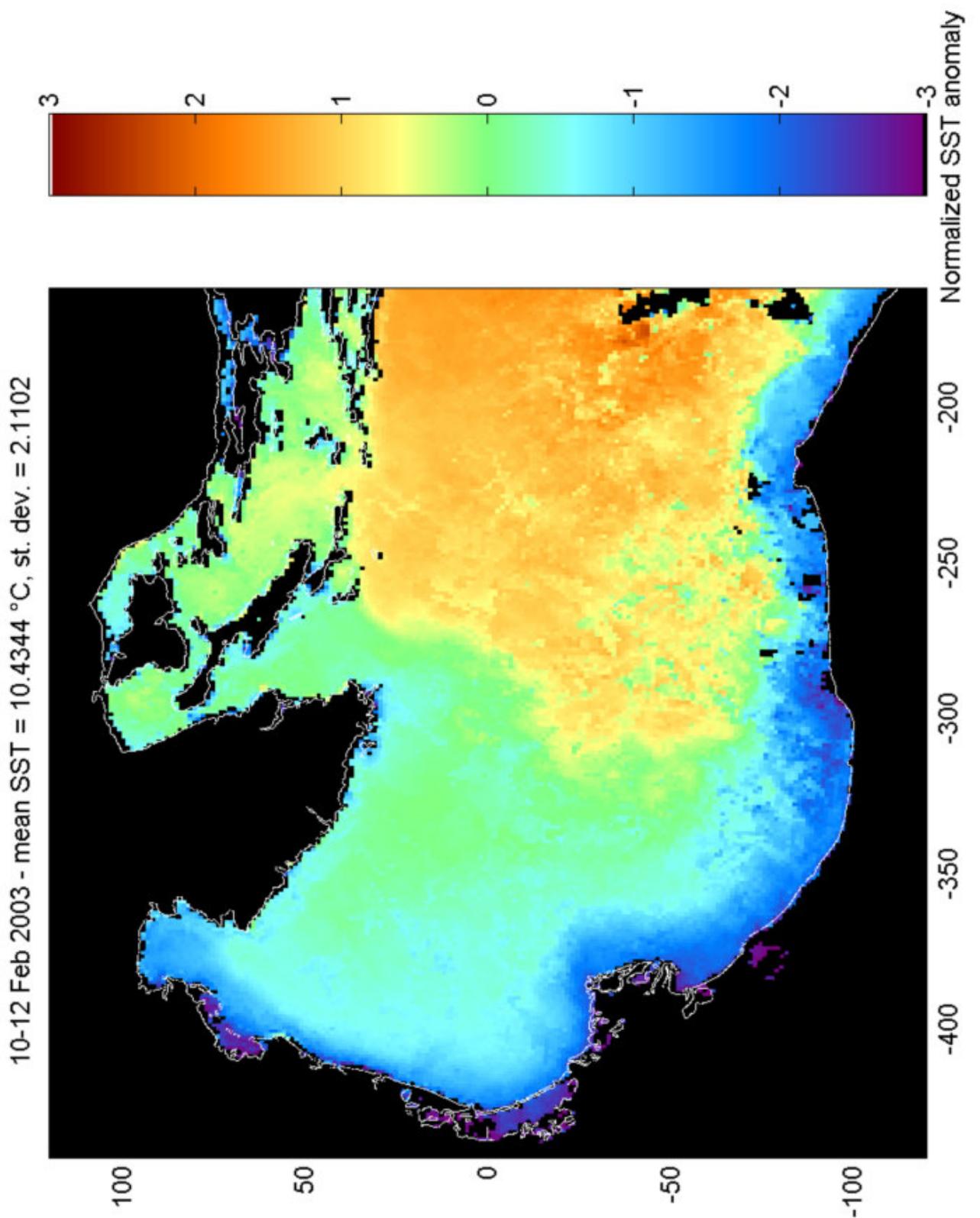


Fig. 27 – immagine composta di 3 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (10-12 febbraio 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

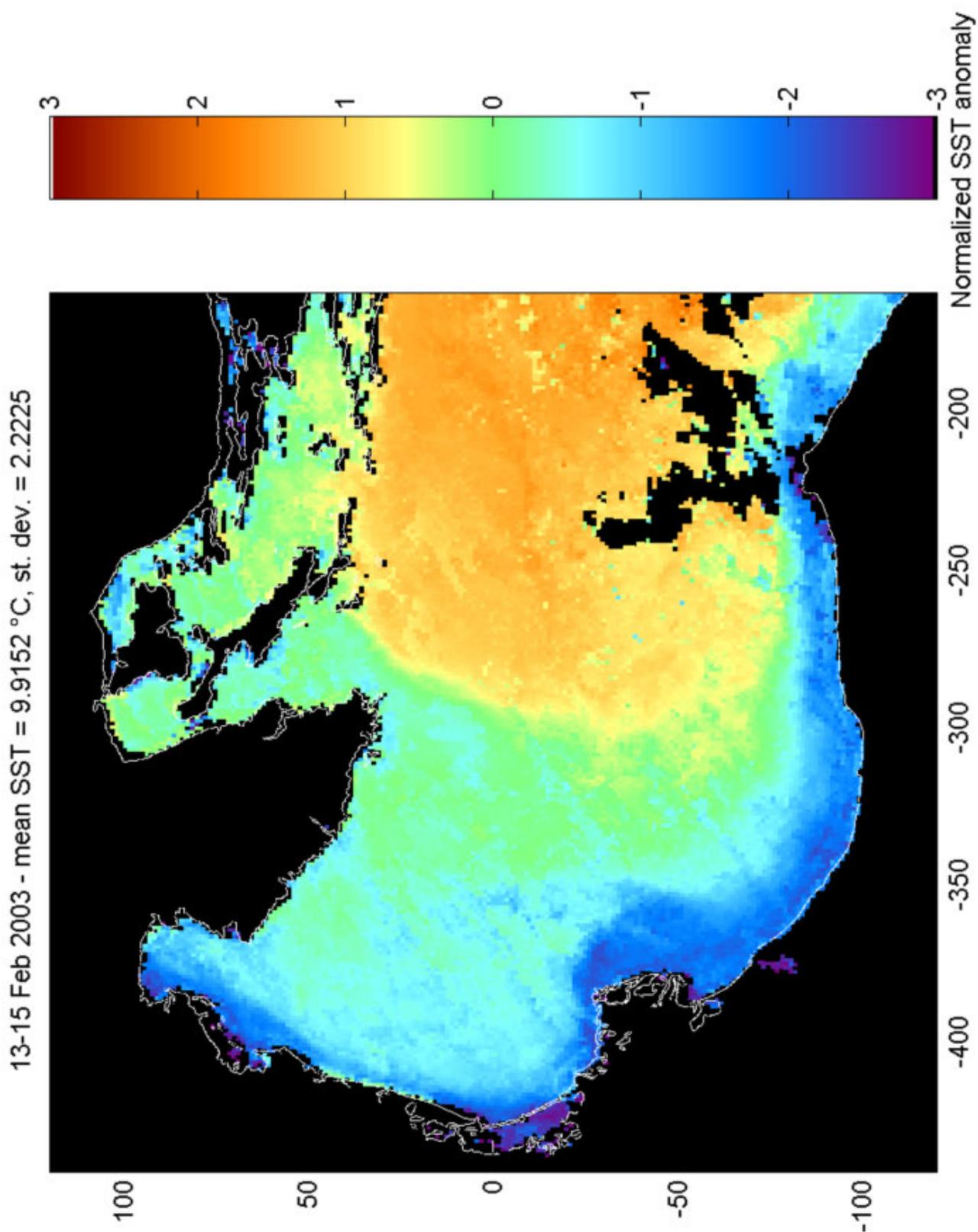


Fig. 28 – immagine composita di 3 giorni dell’anomalia normalizzata di SST (13-15 febbraio 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

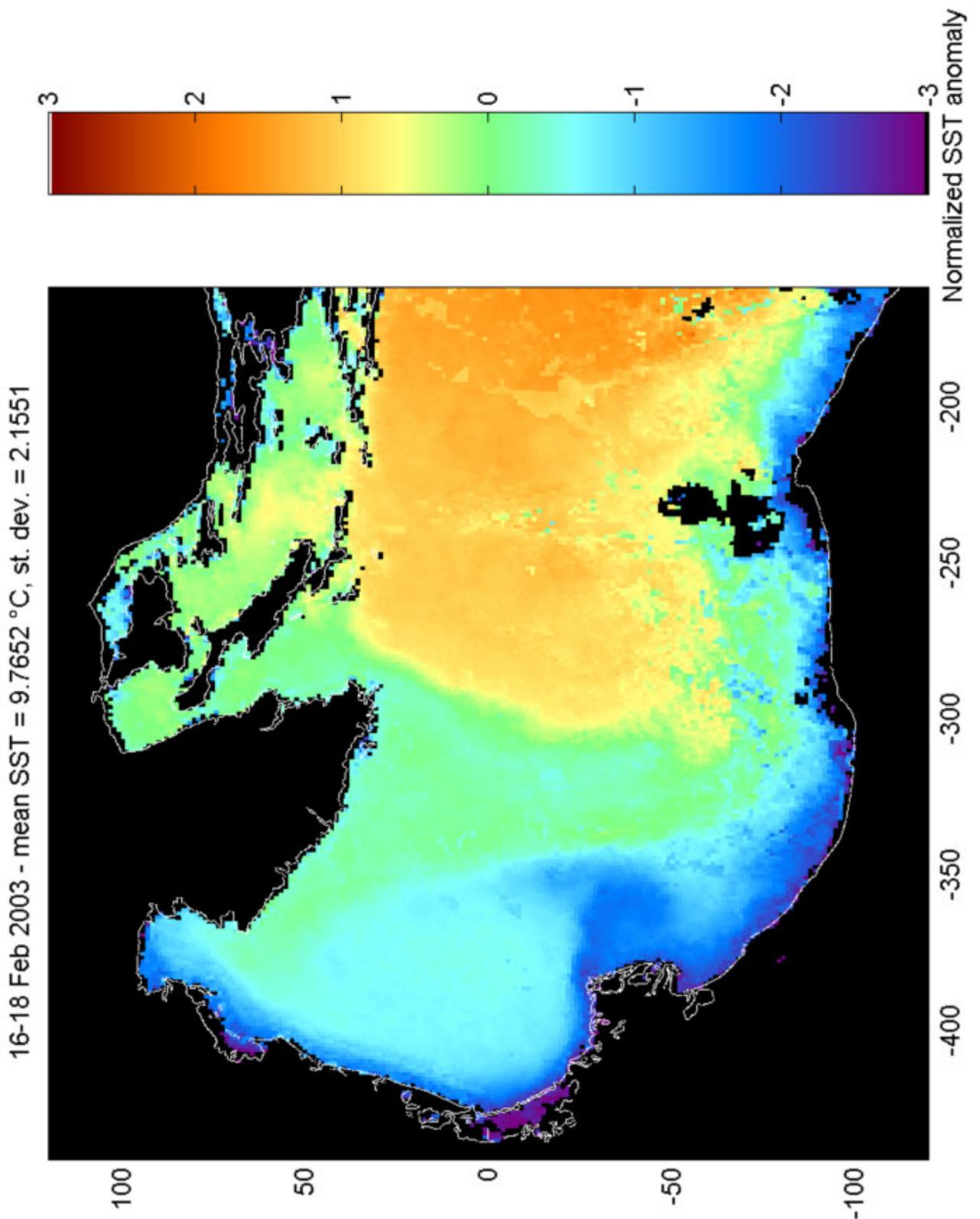


Fig. 29 – immagine composita di 3 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (16-18 febbraio 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

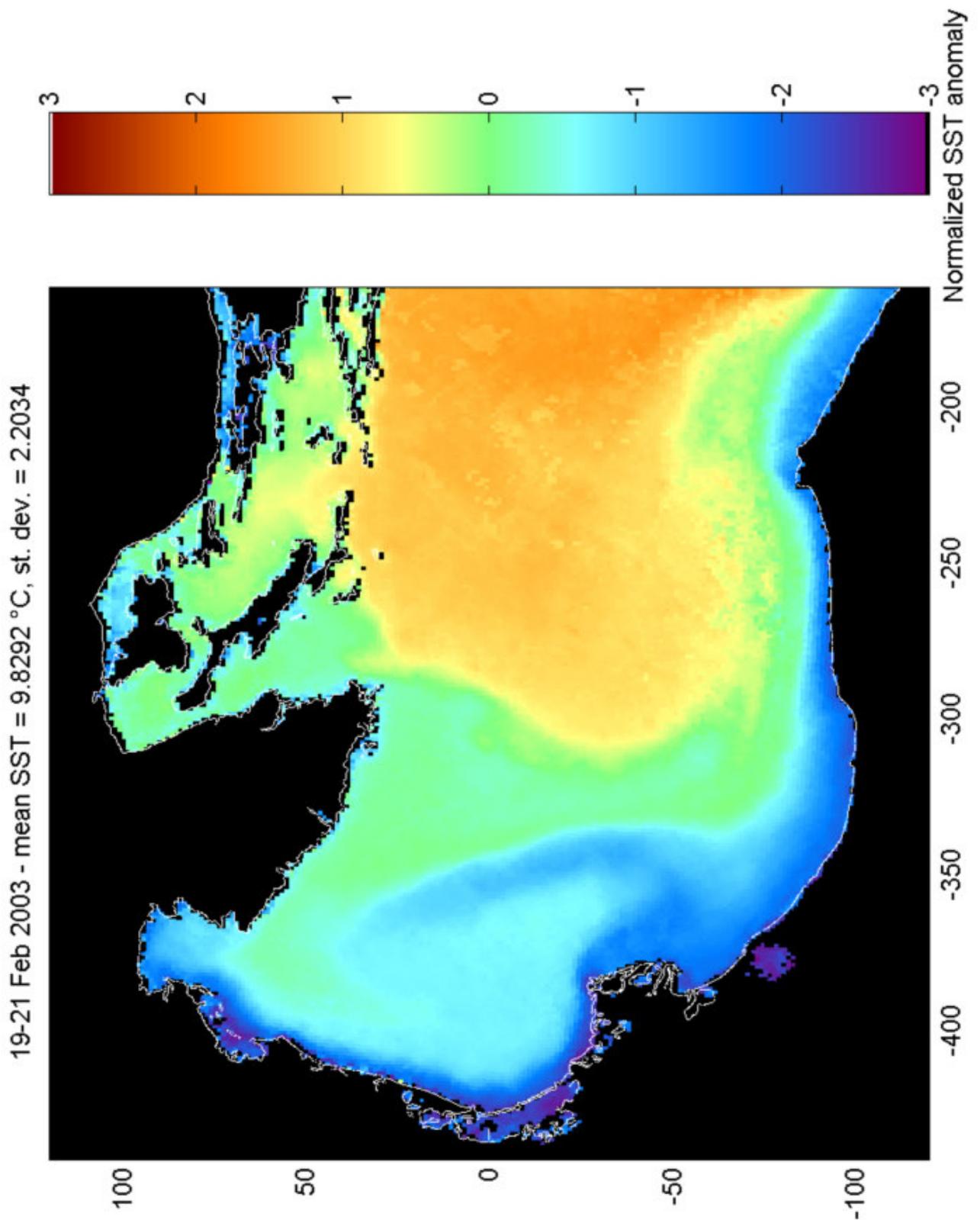


Fig. 30 – immagine composta di 3 giorni dell’anomalia normalizzata di SST (19-21 febbraio 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

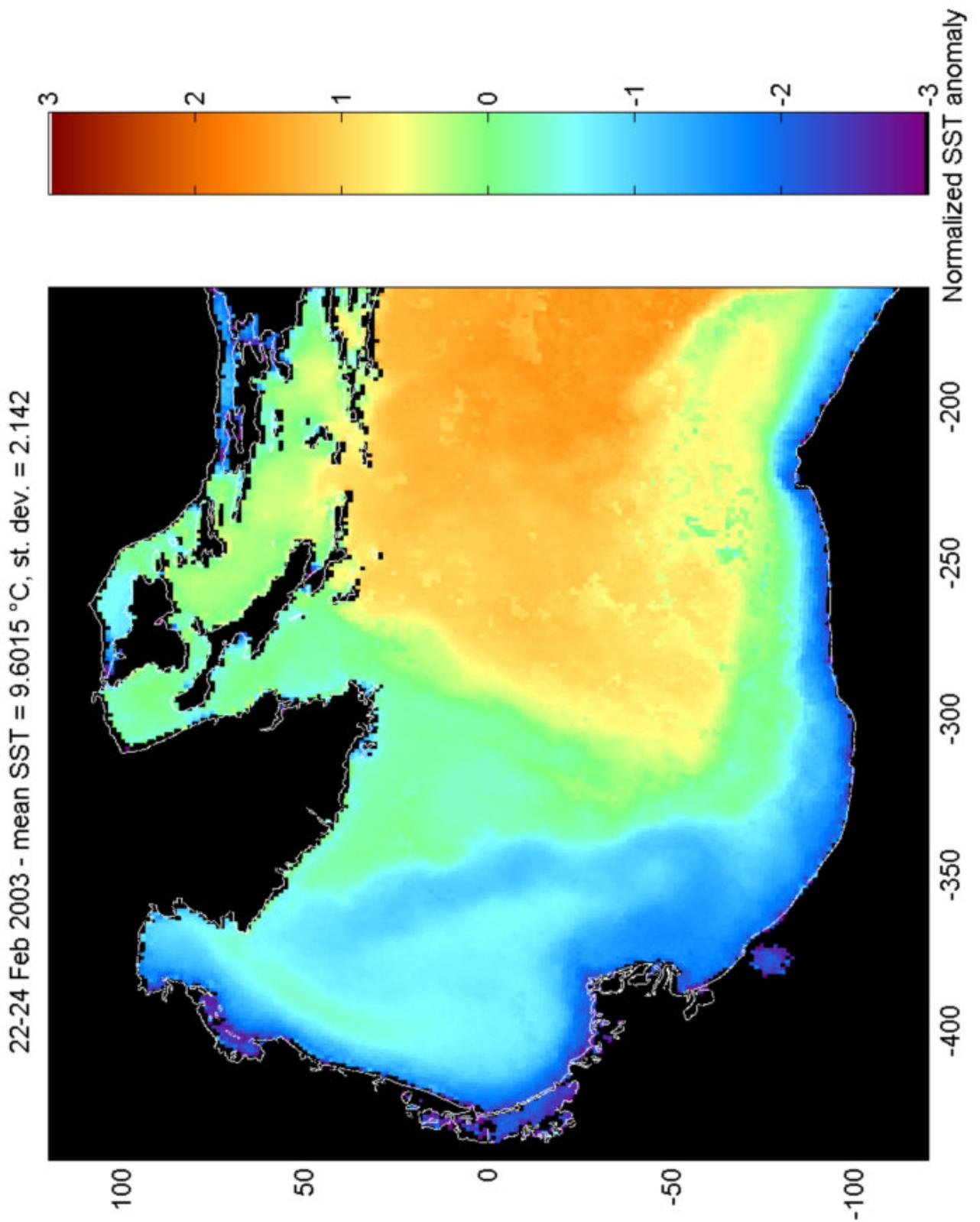


Fig. 31 – immagine composta di 3 giorni dell’anomalia normalizzata di SST (22-24 febbraio 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

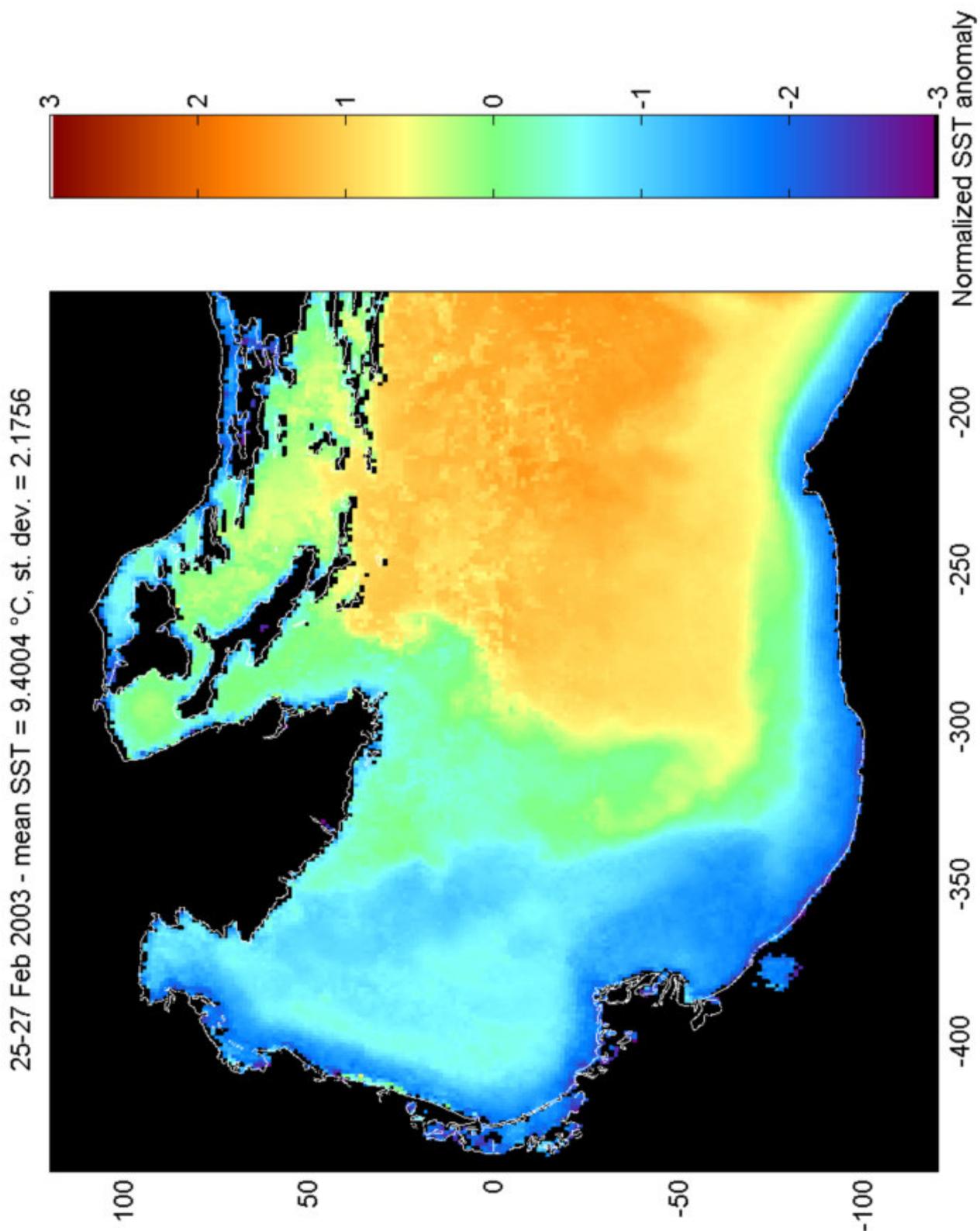


Fig. 32 – immagine composta di 3 giorni dell’anomalia normalizzata di SST (25-27 febbraio 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

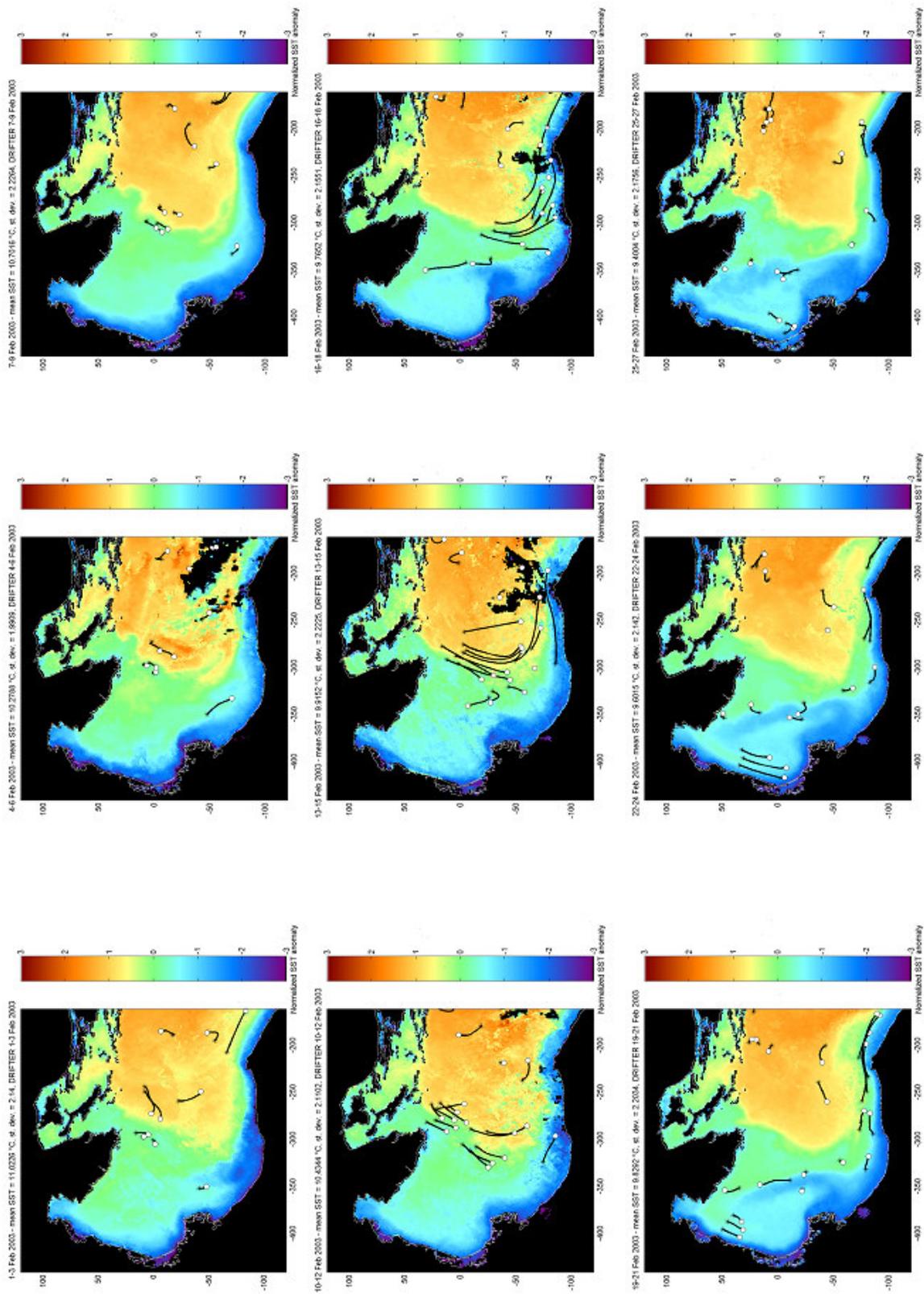


Fig. 33 - immagini composite di 3 giorni dell'anomalia normalizzata di SST con le tracce dei drifter sovrapposte (febbraio 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

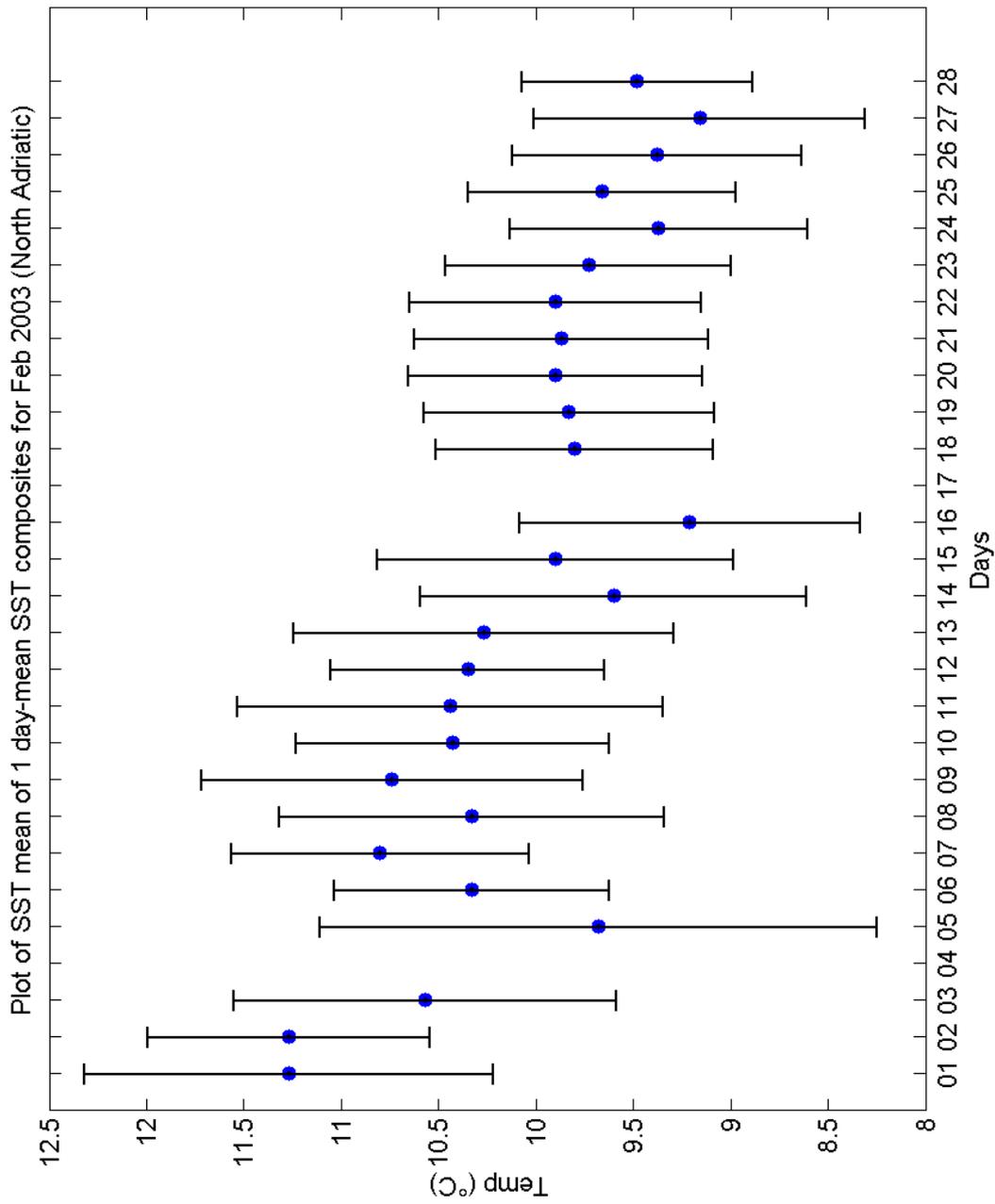


Fig. 34 – andamento della SST media delle immagini composite di 1 giorno per febbraio 2003 (mare Adriatico settentrionale). Le barre in nero rappresentano la deviazione standard.

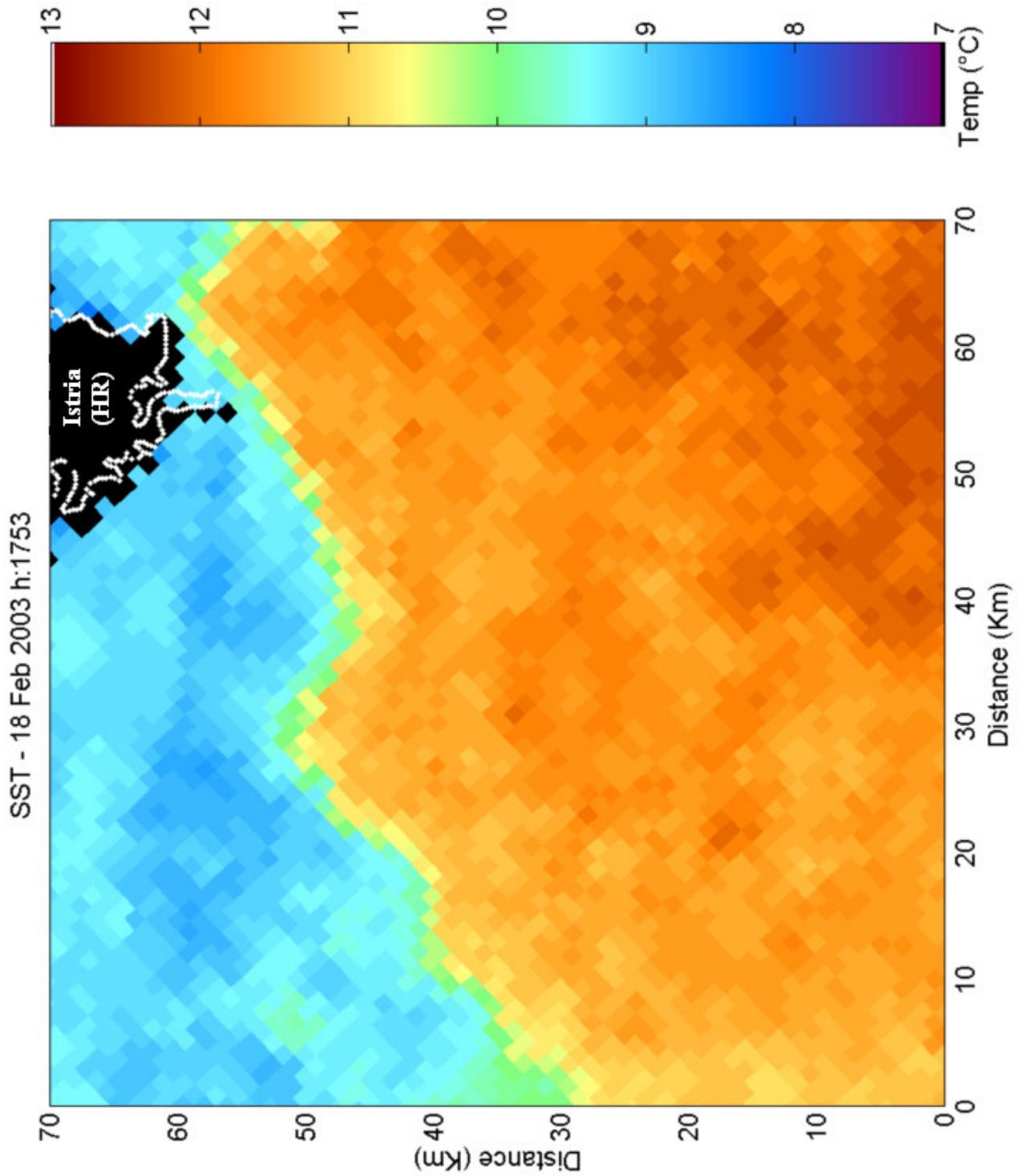


Fig. 35a – immagine di SST del 18 febbraio 2003 alle 1753 (area del fronte di temperatura a sud della penisola istriana). Vedere la figura 7 per la posizione dell'area. L'immagine è stata ruotata per avere il nord sopra. Le coordinate x e y sono la distanza in km dall'angolo sud-ovest dell'immagine.

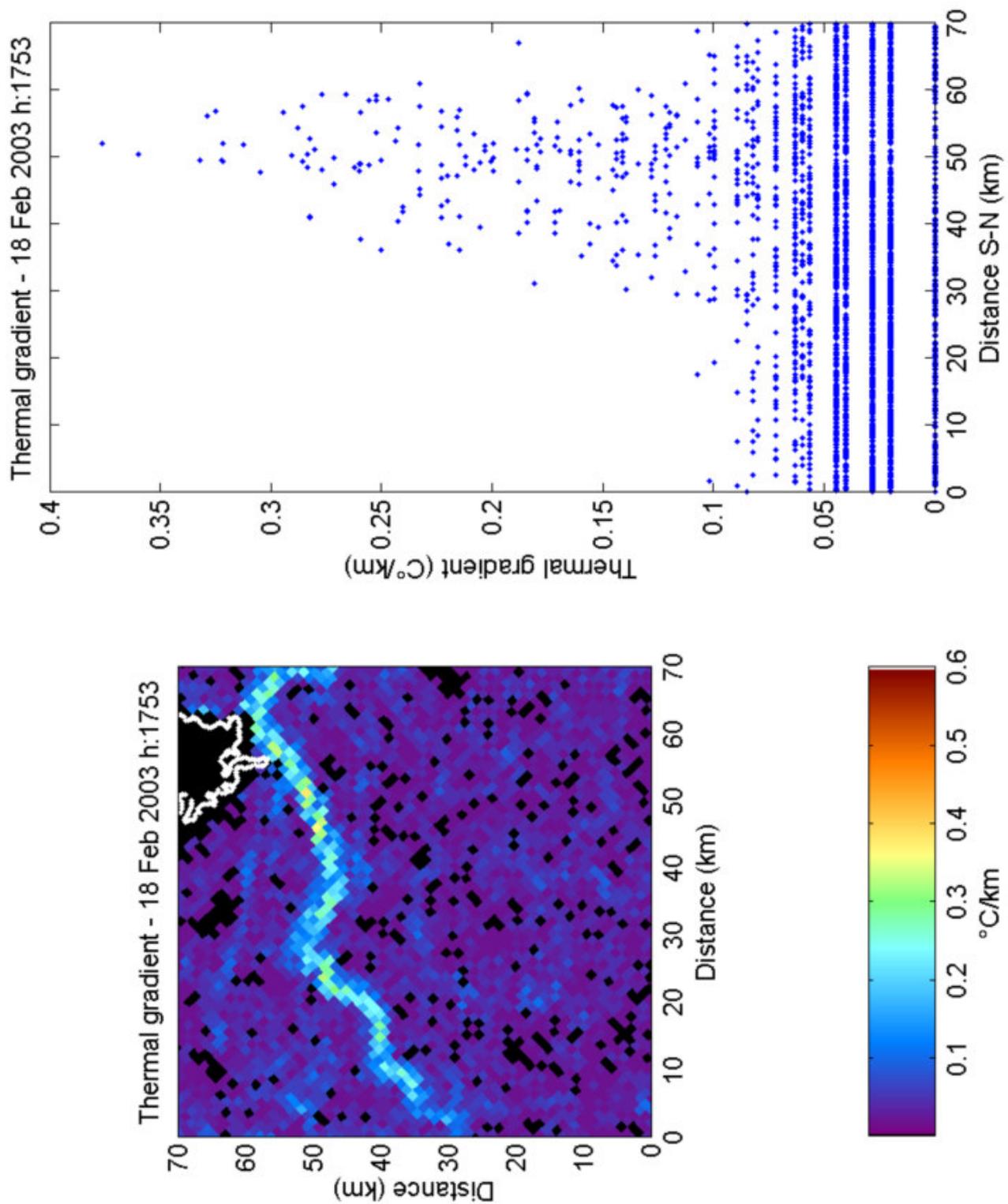


Fig. 35b – valore assoluto del gradiente termico: snapshot del 18 febbraio 2003 alle 1753. Le coordinate x e y sono la distanza in km dall'angolo sud-ovest dell'immagine.

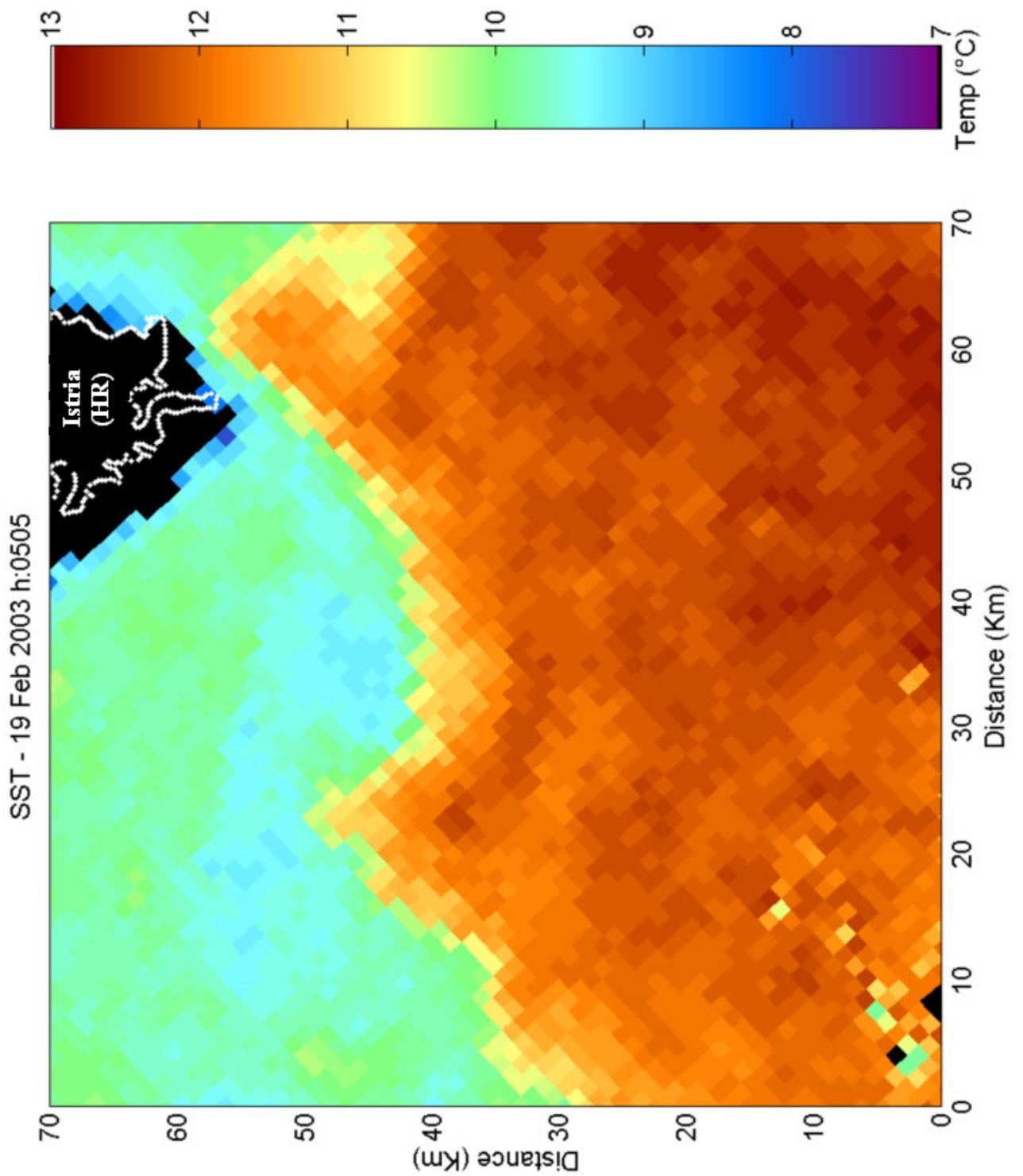


Fig. 36a – immagine di SST del 19 febbraio 2003 alle 0505 (area del fronte di temperatura a sud della penisola istriana). Vedere la figura 7 per la posizione dell’area. L’immagine è stata ruotata per avere il nord sopra. Le coordinate x e y sono la distanza in km dall’angolo sud-ovest dell’immagine.

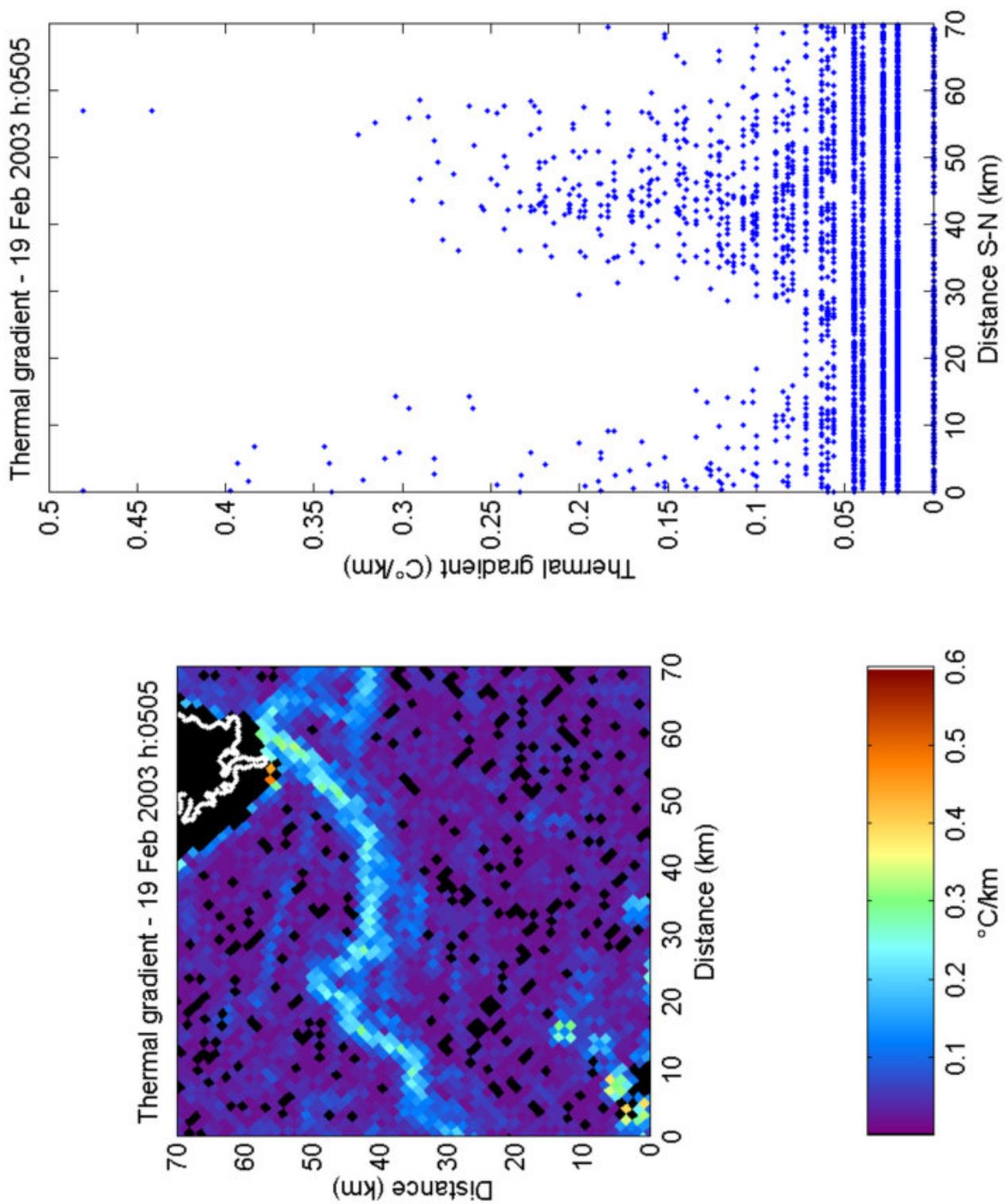


Fig. 36b – valore assoluto del gradiente termico: snapshot del 19 febbraio 2003 alle 0505. Le coordinate x e y sono la distanza in km dall'angolo sud-ovest dell'immagine.

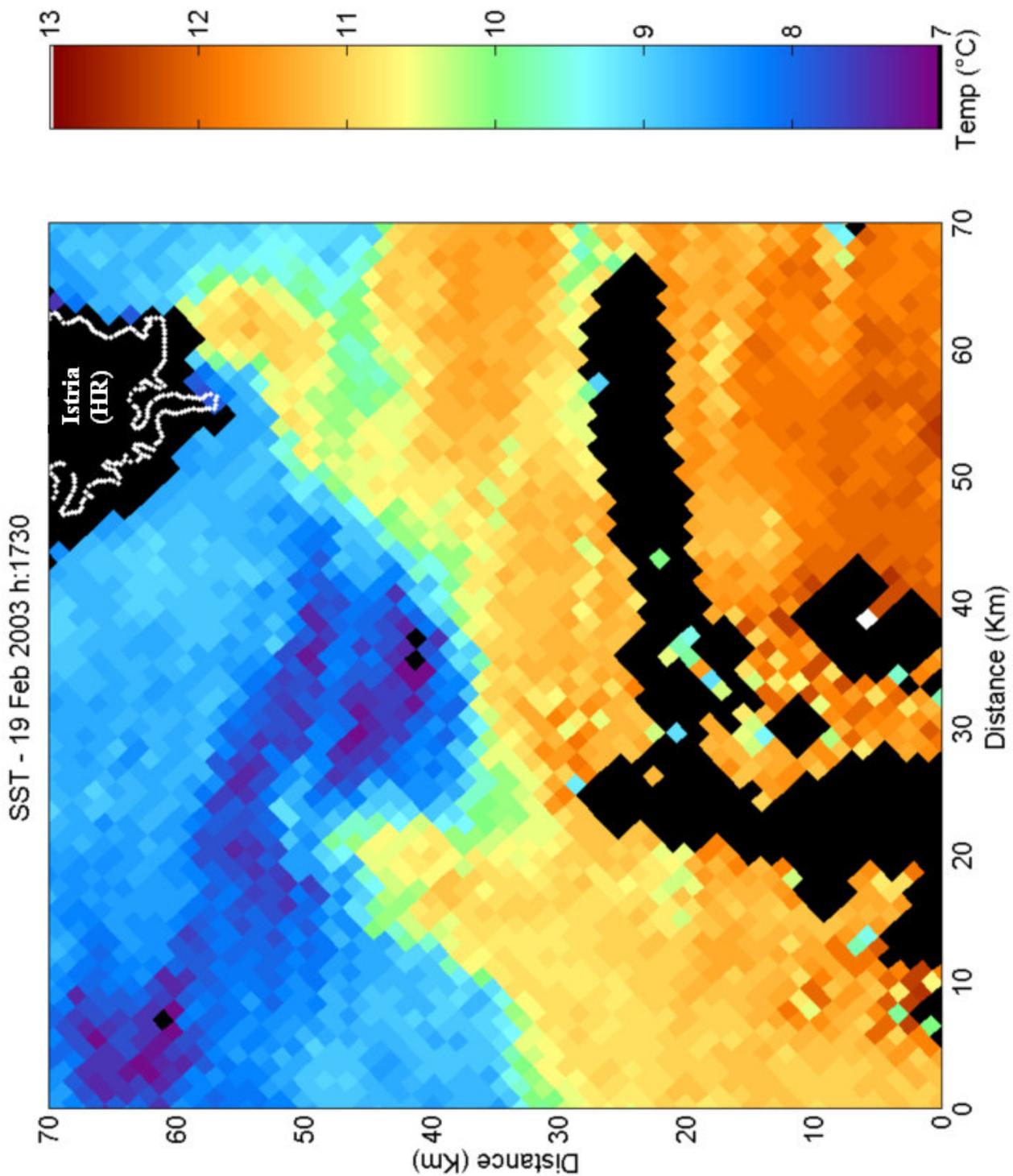


Fig. 37a – immagine di SST del 19 febbraio 2003 alle 1730 (area del fronte di temperatura a sud della penisola istriana). Vedere la figura 7 per la posizione dell'area. L'immagine è stata ruotata per avere il nord sopra. Le coordinate x e y sono la distanza in km dall'angolo sud-ovest dell'immagine.

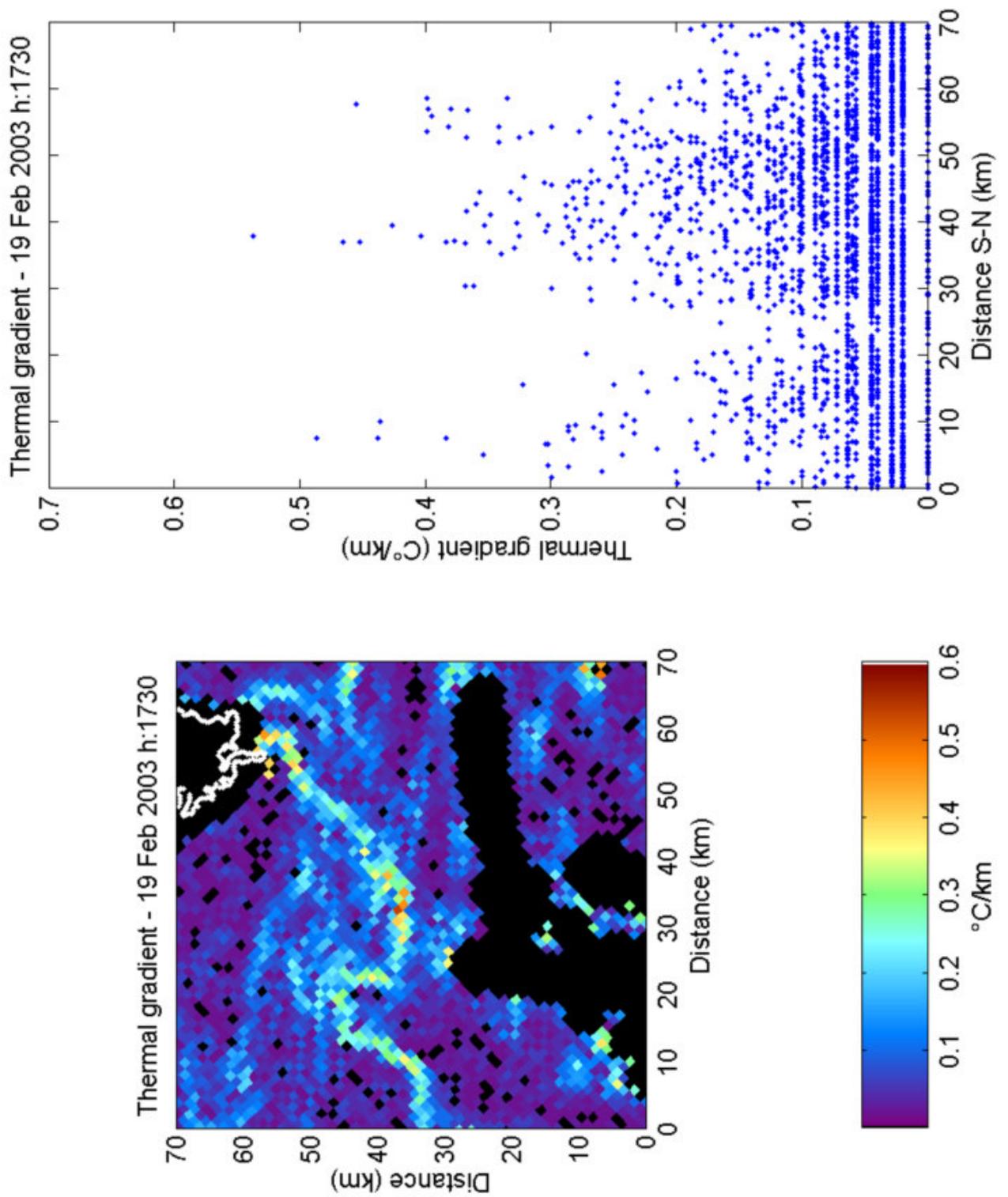


Fig. 37b – valore assoluto del gradiente termico: snapshot del 19 febbraio 2003 alle 1730. Le coordinate x e y sono la distanza in km dall'angolo sud-ovest dell'immagine.

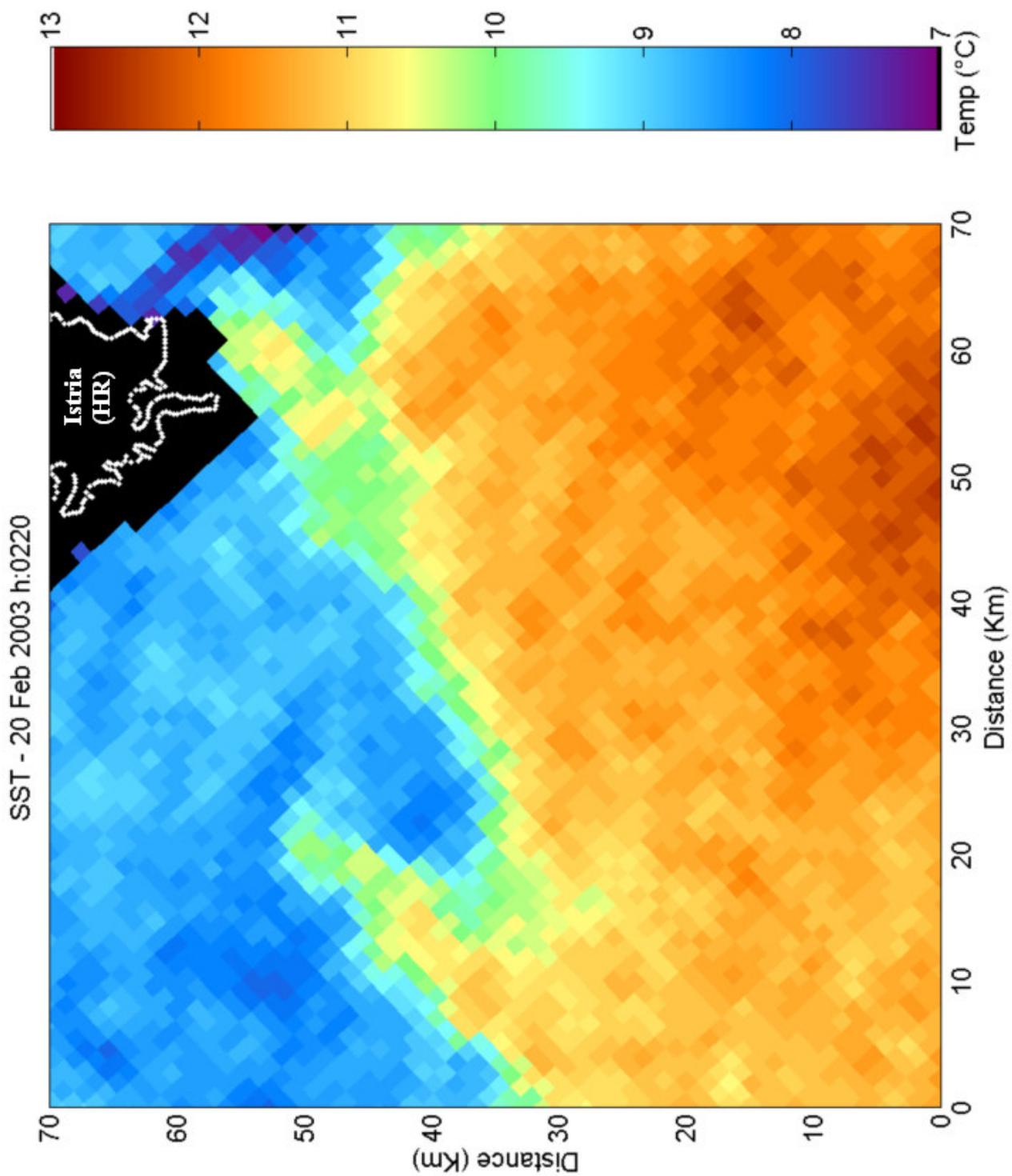


Fig. 38a – immagine di SST del 20 febbraio 2003 alle 0220 (area del fronte di temperatura a sud della penisola istriana). Vedere la figura 7 per la posizione dell'area. L'immagine è stata ruotata per avere il nord sopra. Le coordinate x e y sono la distanza in km dall'angolo sud-ovest dell'immagine.

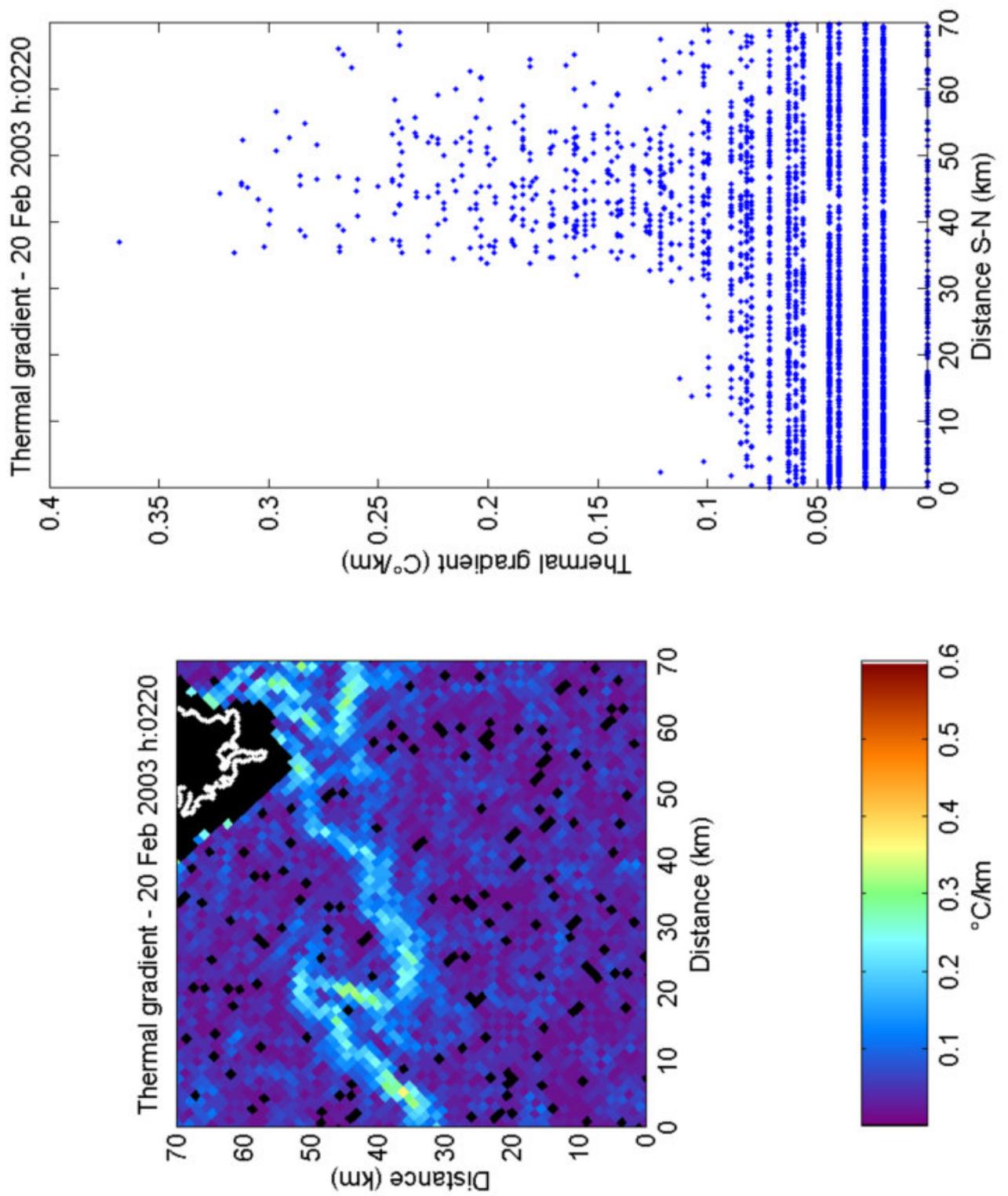


Fig. 38b – valore assoluto del gradiente termico: snapshot del 20 febbraio 2003 alle 0220. Le coordinate x e y sono la distanza in km dall'angolo sud-ovest dell'immagine.

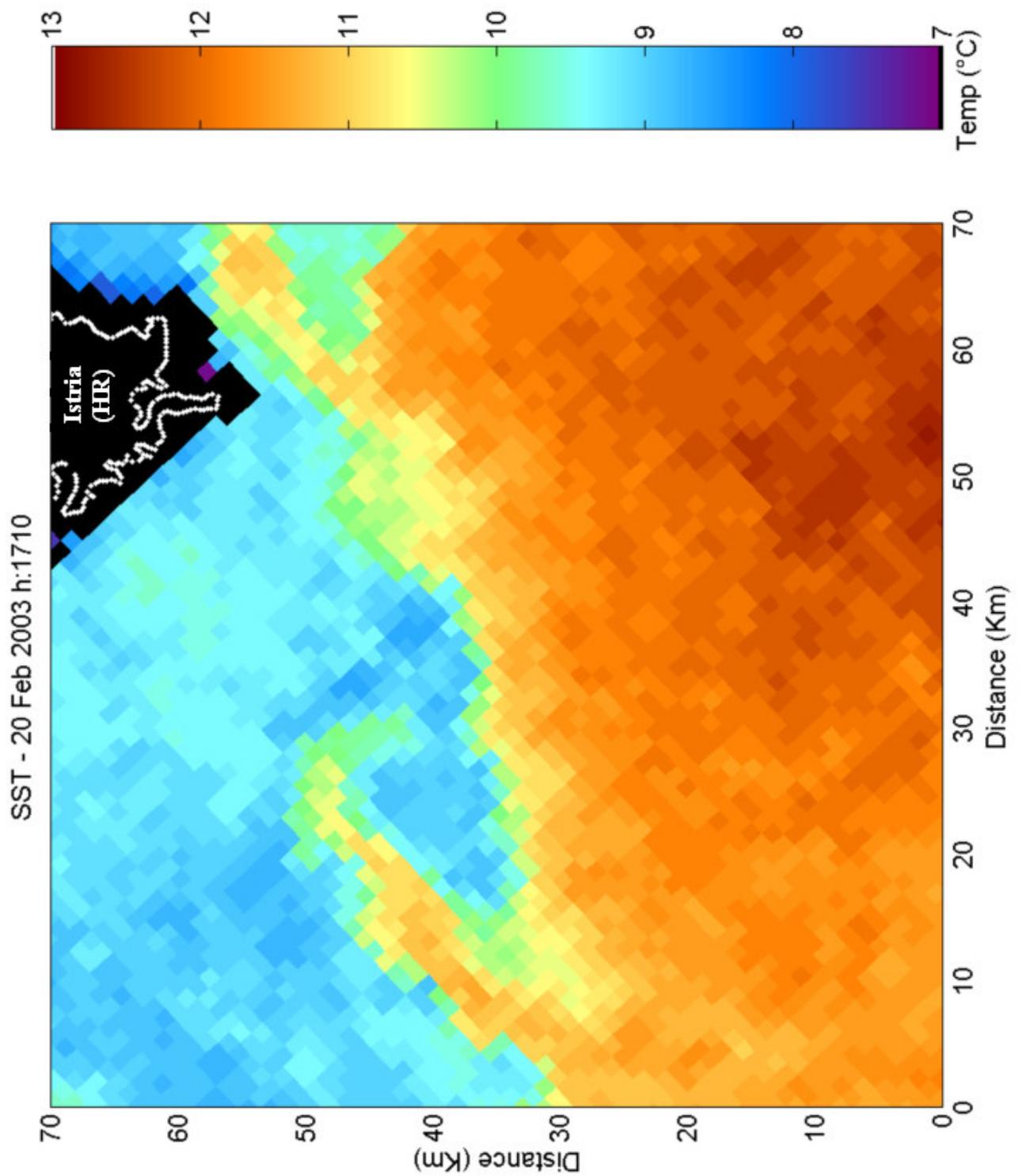


Fig. 39a – immagine di SST del 20 febbraio 2003 alle 1710 (area del fronte di temperatura a sud della penisola istriana). Vedere la figura 7 per la posizione dell'area. L'immagine è stata ruotata per avere il nord sopra. Le coordinate x e y sono la distanza in km dall'angolo sud-ovest dell'immagine.

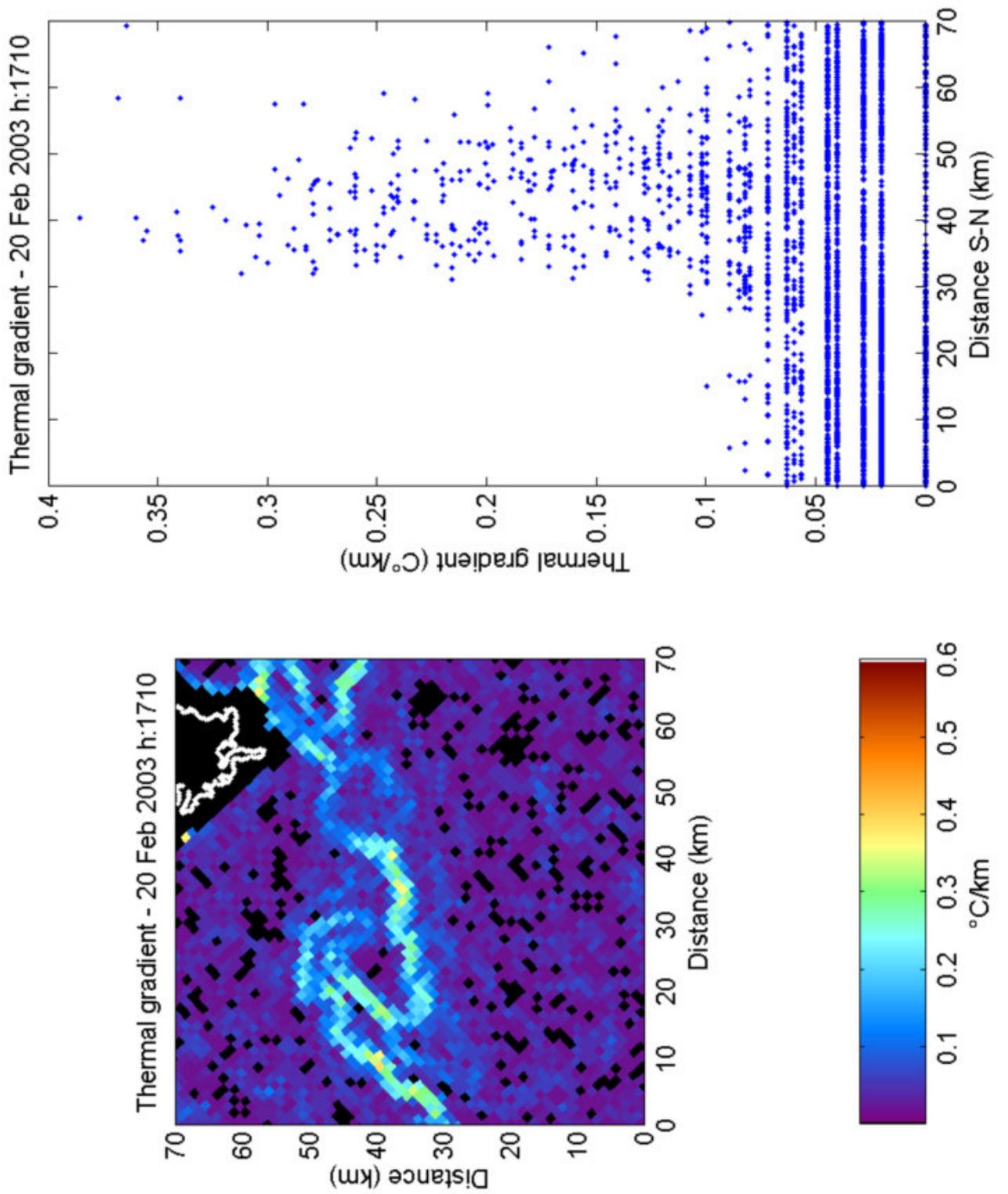


Fig. 39b – valore assoluto del gradiente termico: snapshot del 20 febbraio 2003 alle 1710. Le coordinate x e y sono la distanza in km dall'angolo sud-ovest dell'immagine.

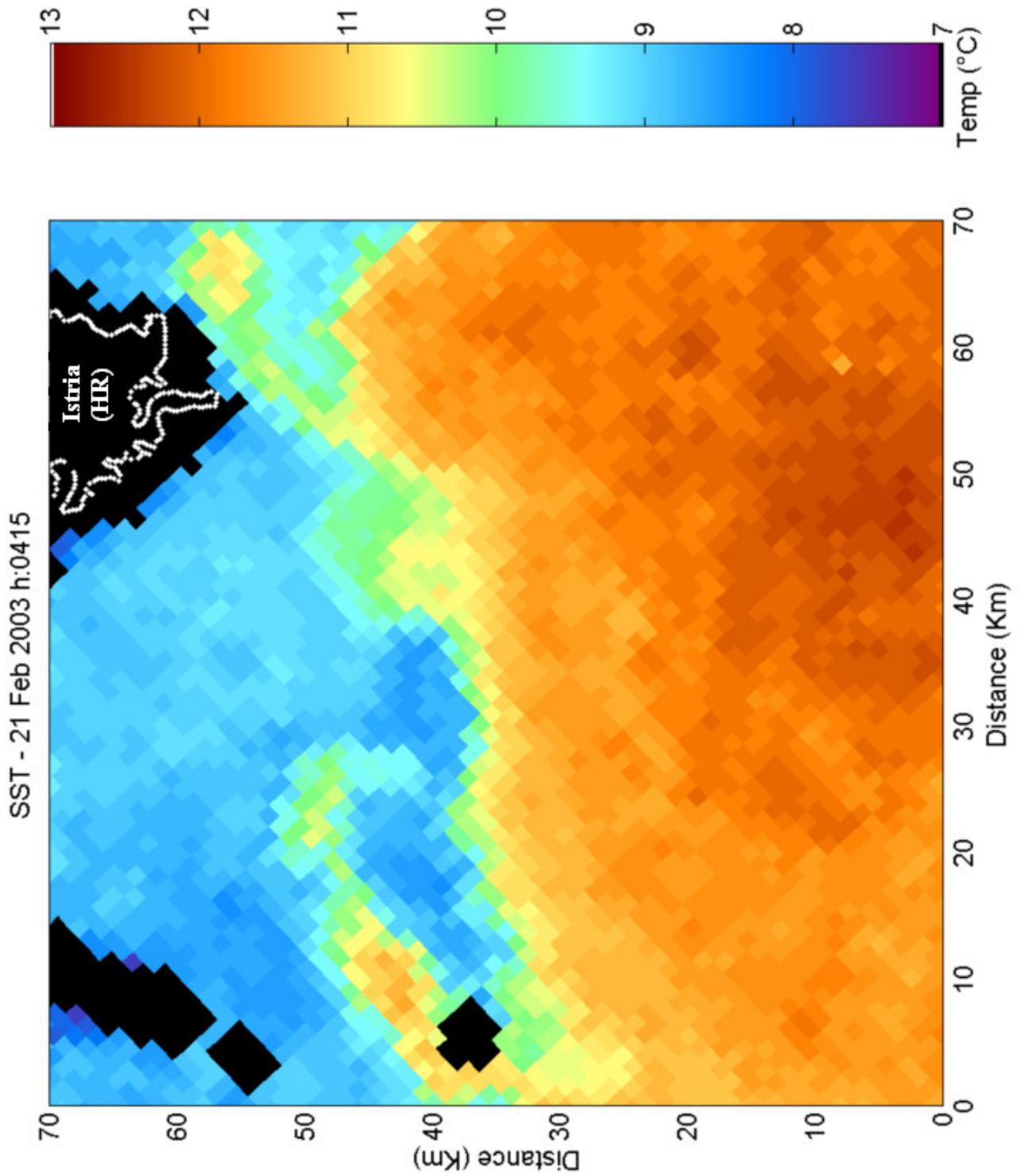


Fig. 40a – immagine di SST del 21 febbraio 2003 alle 0415 (area del fronte di temperatura a sud della penisola istriana). Vedere la figura 7 per la posizione dell'area. L'immagine è stata ruotata per avere il nord sopra. Le coordinate x e y sono la distanza in km dall'angolo sud-ovest dell'immagine.

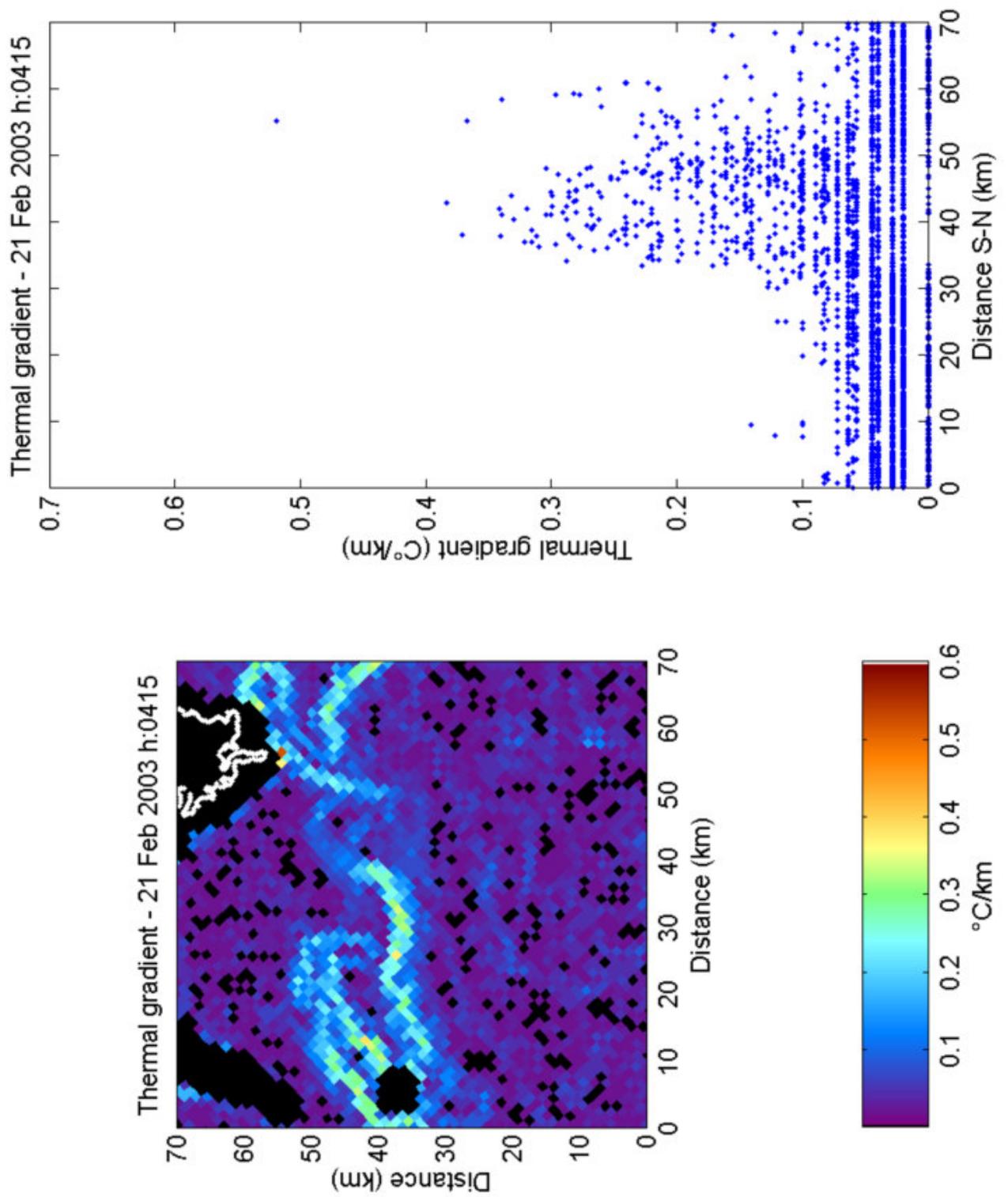


Fig. 40b – valore assoluto del gradiente termico: snapshot del 21 febbraio 2003 alle 0415. Le coordinate x e y sono la distanza in km dall'angolo sud-ovest dell'immagine.

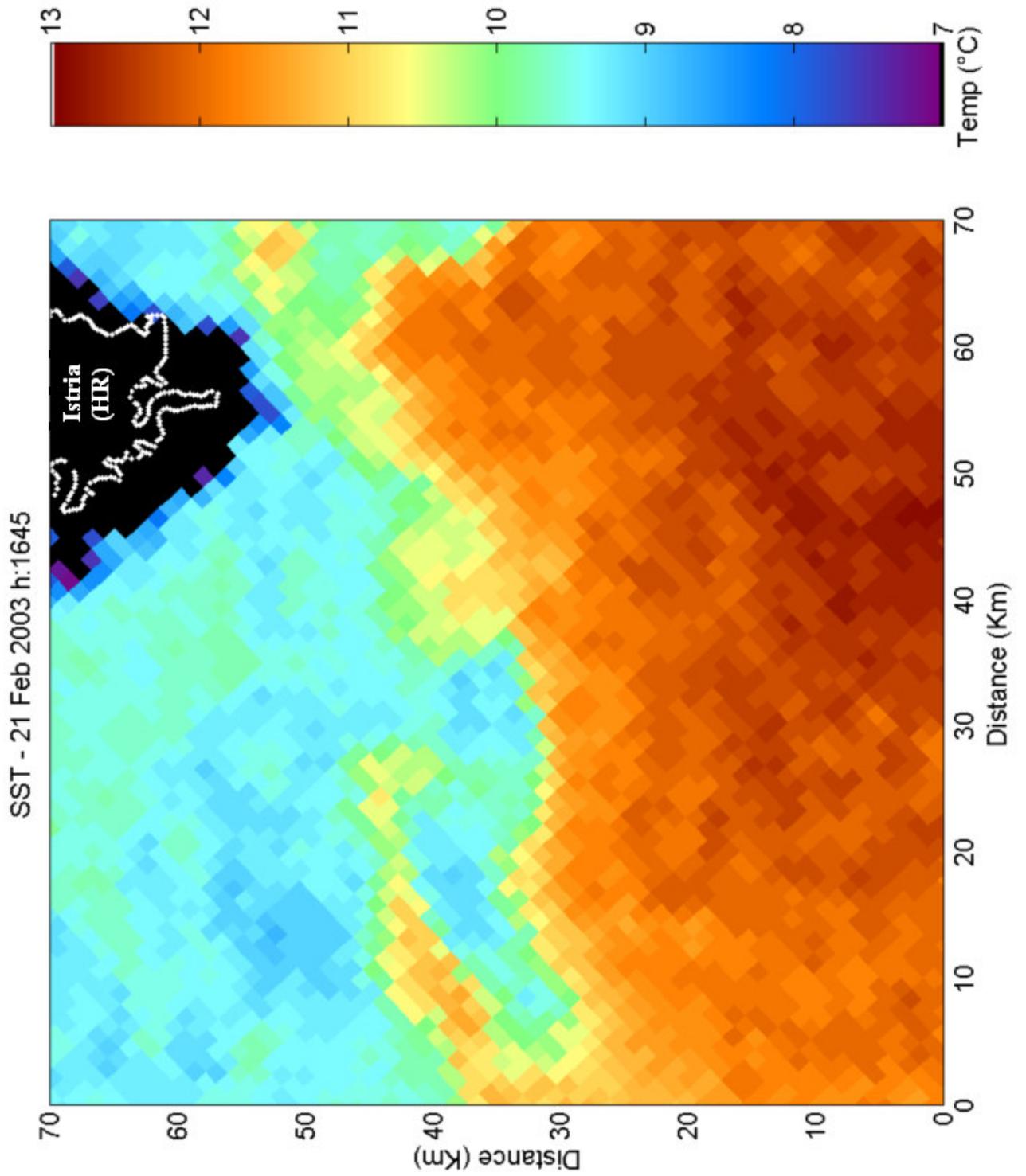


Fig. 41a – immagine di SST del 21 febbraio 2003 alle 1645 (area del fronte di temperatura a sud della penisola istriana). Vedere la figura 7 per la posizione dell’area. L’immagine è stata ruotata per avere il nord sopra. Le coordinate x e y sono la distanza in km dall’angolo sud-ovest dell’immagine.

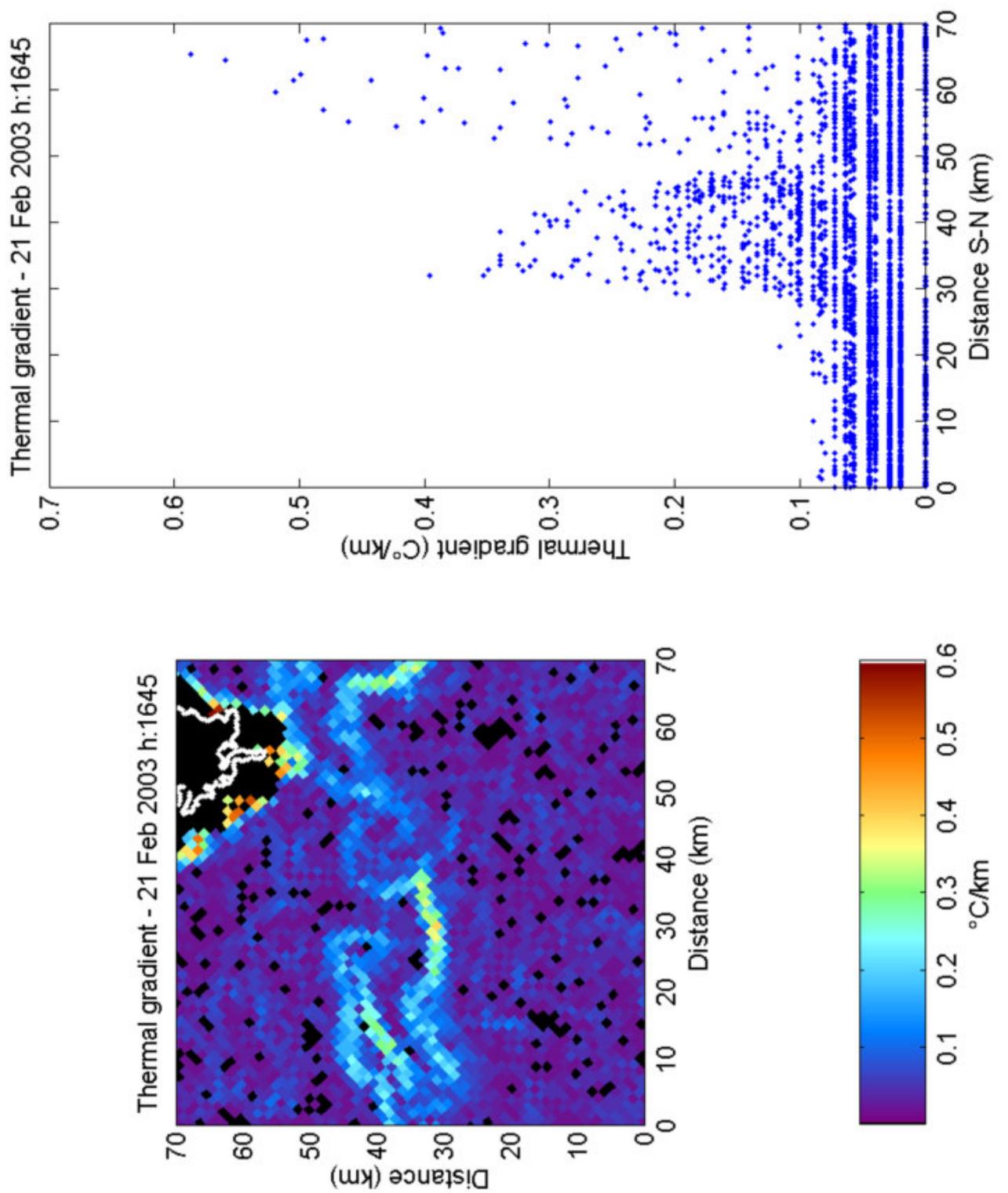


Fig. 41b – valore assoluto del gradiente termico: snapshot del 21 febbraio 2003 alle 1645. Le coordinate x e y sono la distanza in km dall'angolo sud-ovest dell'immagine.

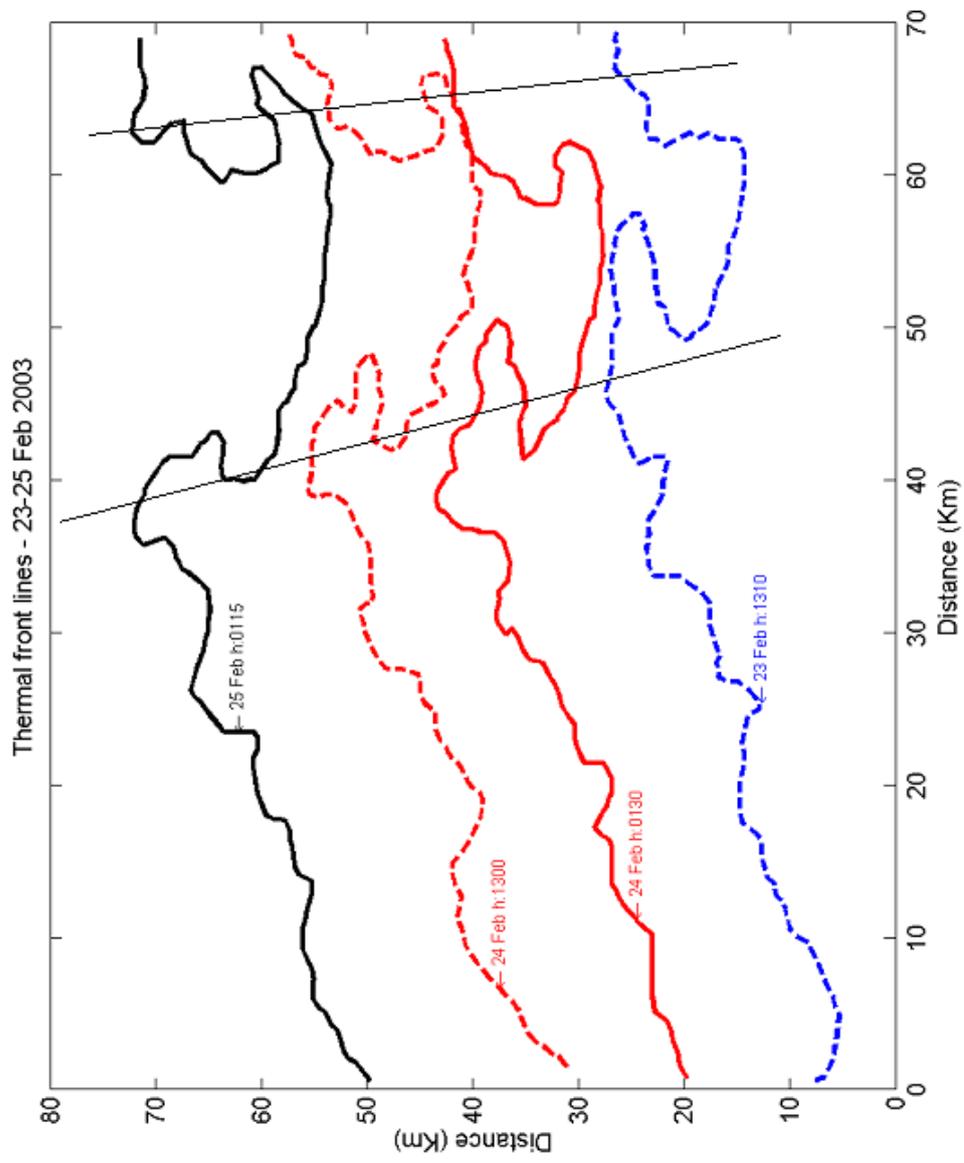


Fig. 42 – digitalizzazione delle linee del fronte termico. Le rette mostrano l'evoluzione di una struttura termica.

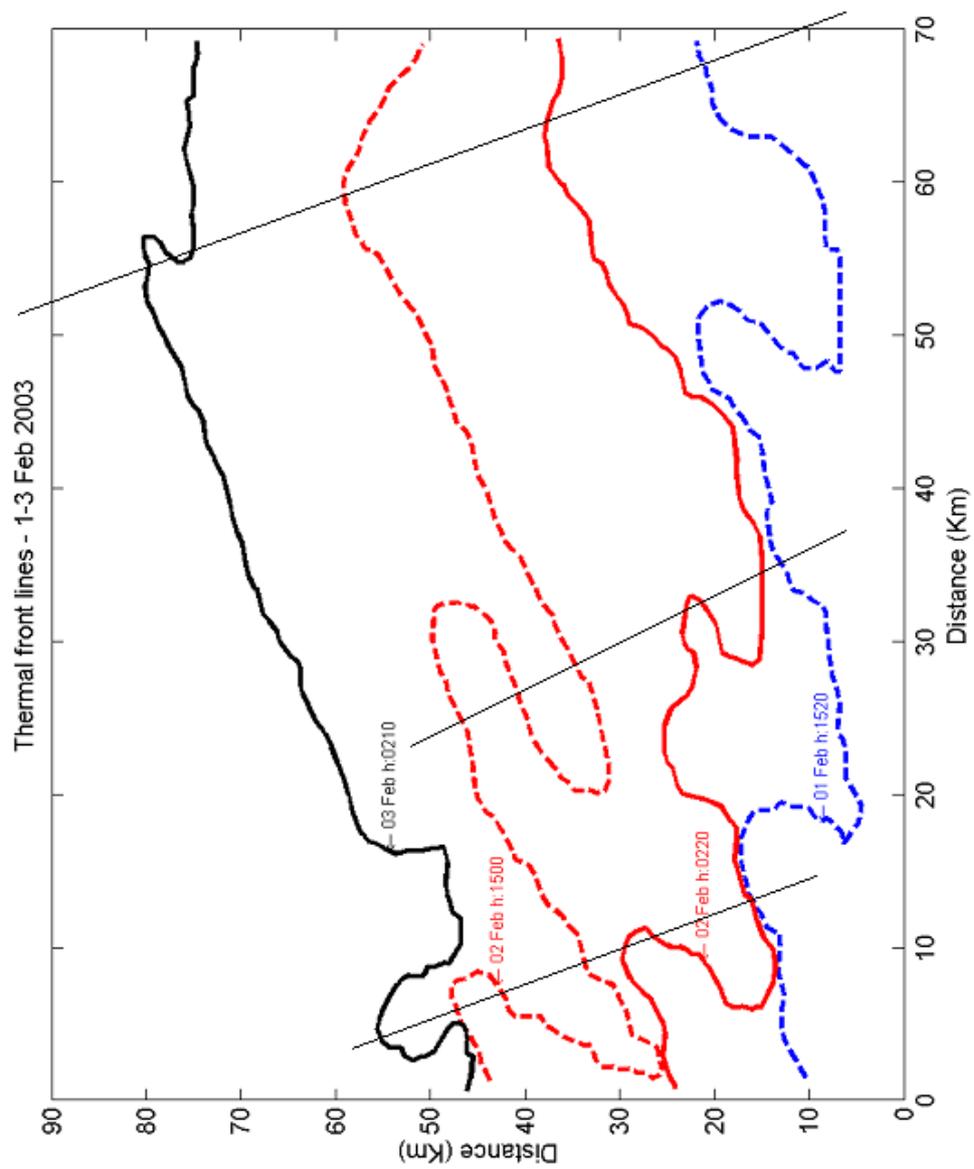


Fig. 43 – digitalizzazione delle linee del fronte termico. Le rette mostrano l'evoluzione di una struttura termica.

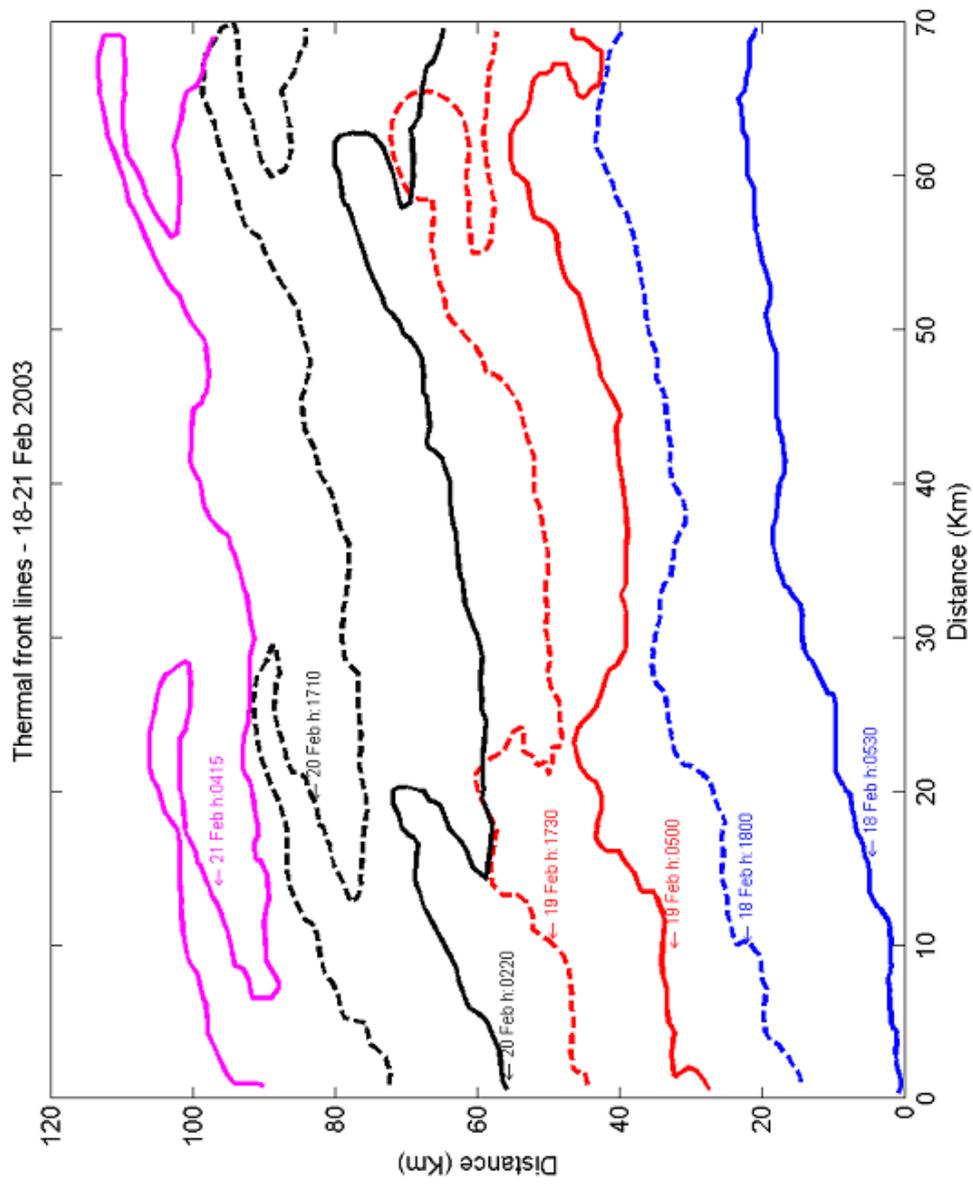


Fig. 44 - digitalizzazione delle linee del fronte termico.

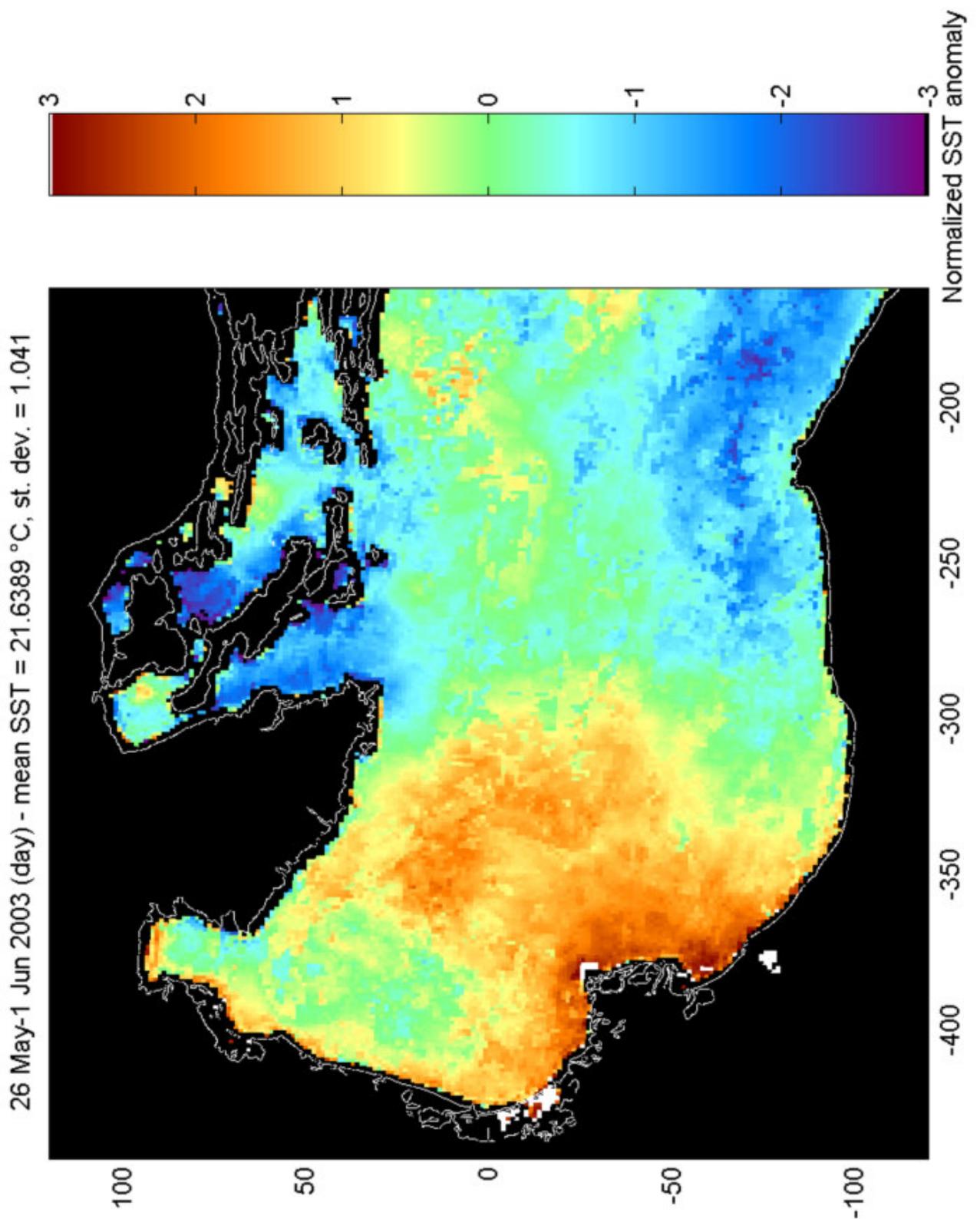


Fig. 45 – immagine composita diurna di 7 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (26 maggio-1 giugno 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

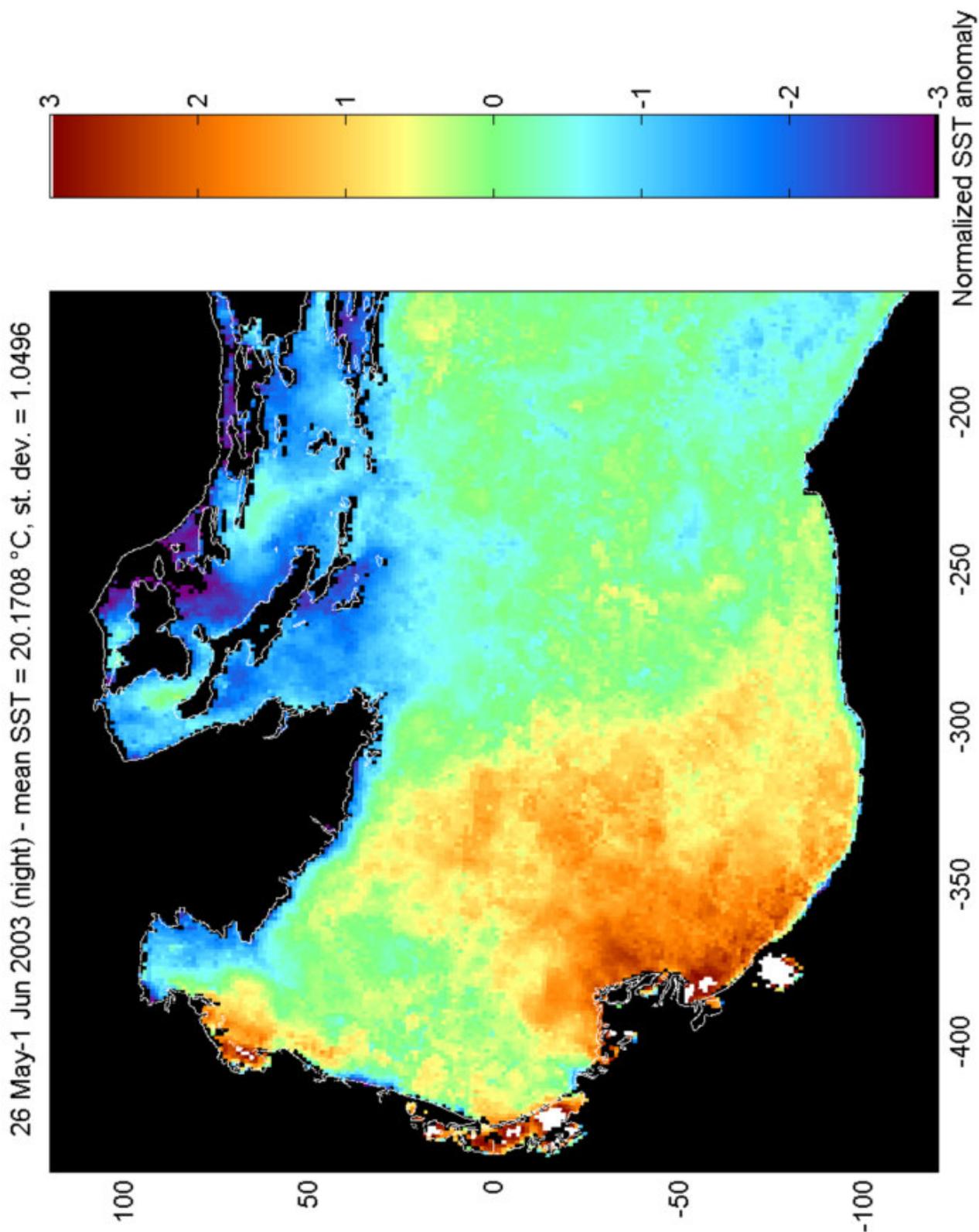


Fig. 46 – immagine composita notturna di 7 giorni dell’anomalia normalizzata di SST (26 maggio-1 giugno 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

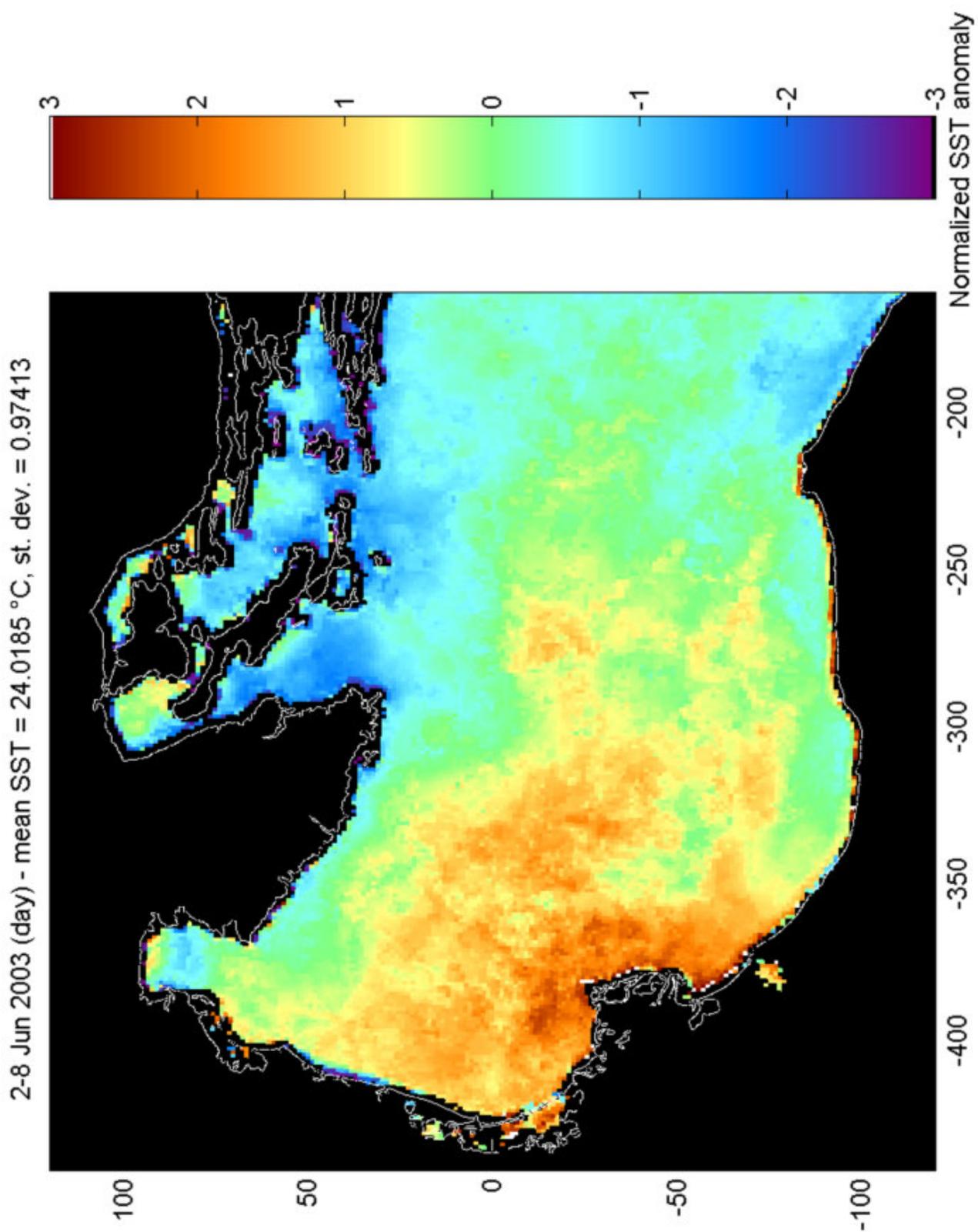


Fig. 47 – immagine composita diurna di 7 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (2-8 giugno 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

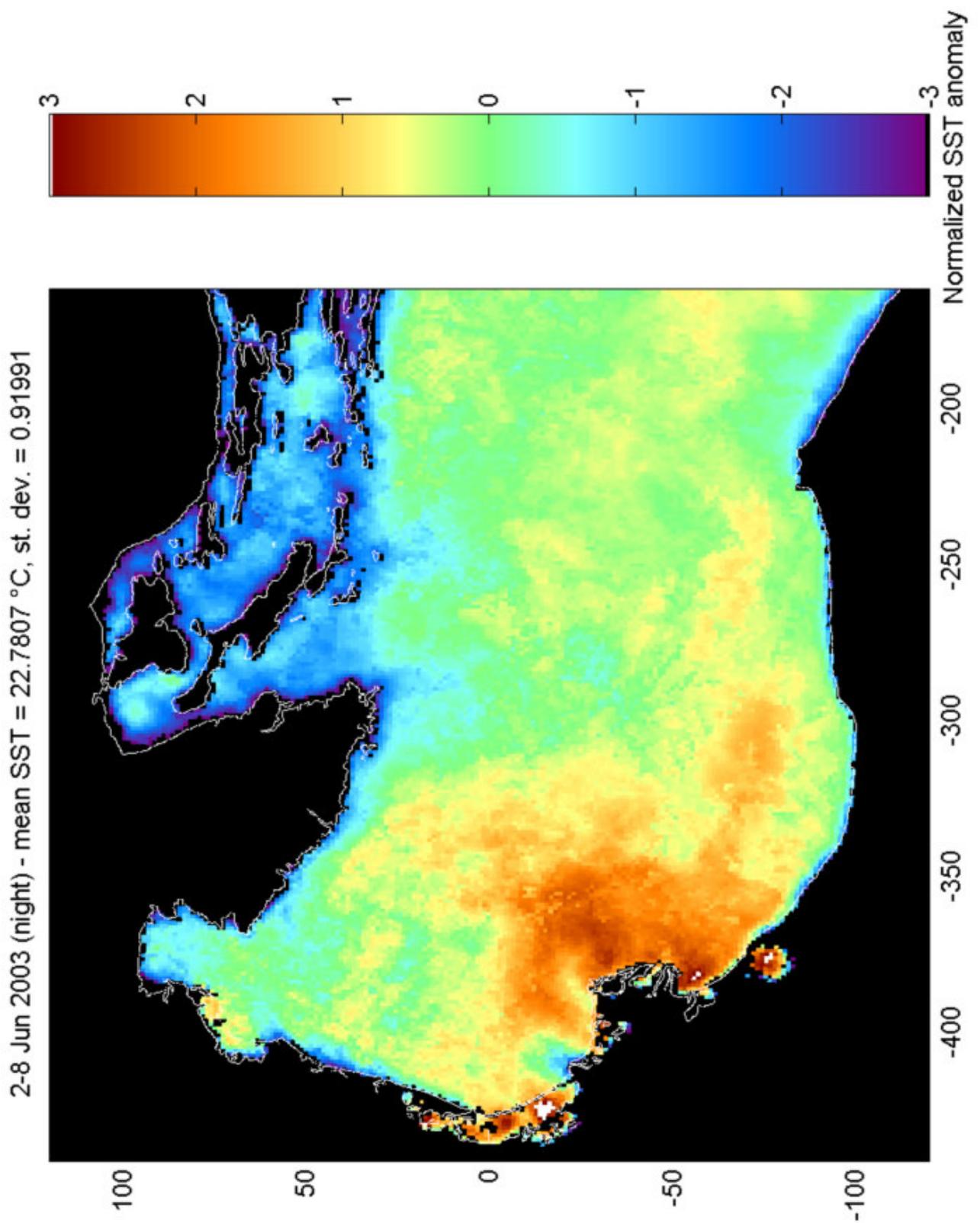


Fig. 48 – immagine composita notturna di 7 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (2-8 giugno 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

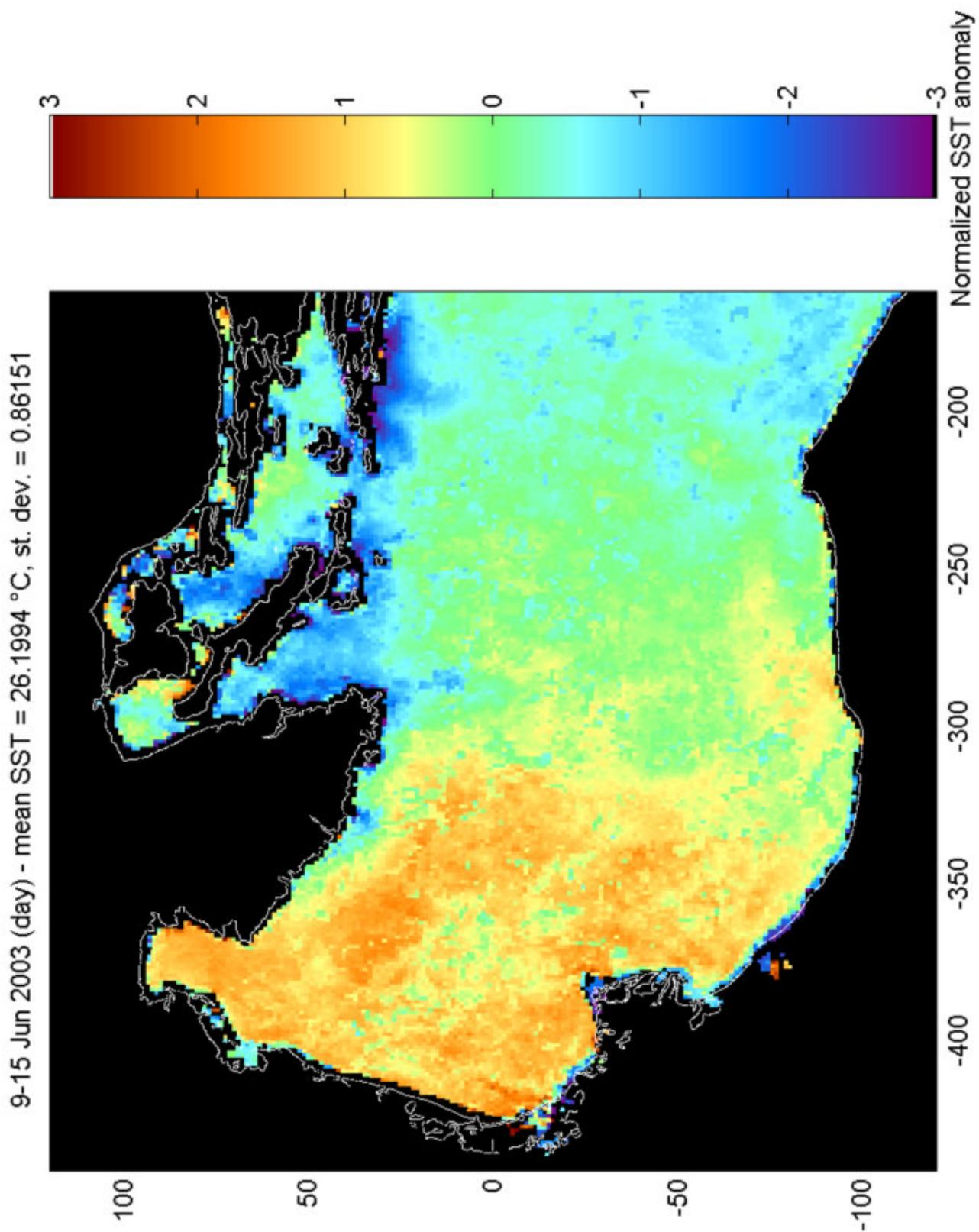


Fig. 49 – immagine composita diurna di 7 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (9-15 giugno 2003).
Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

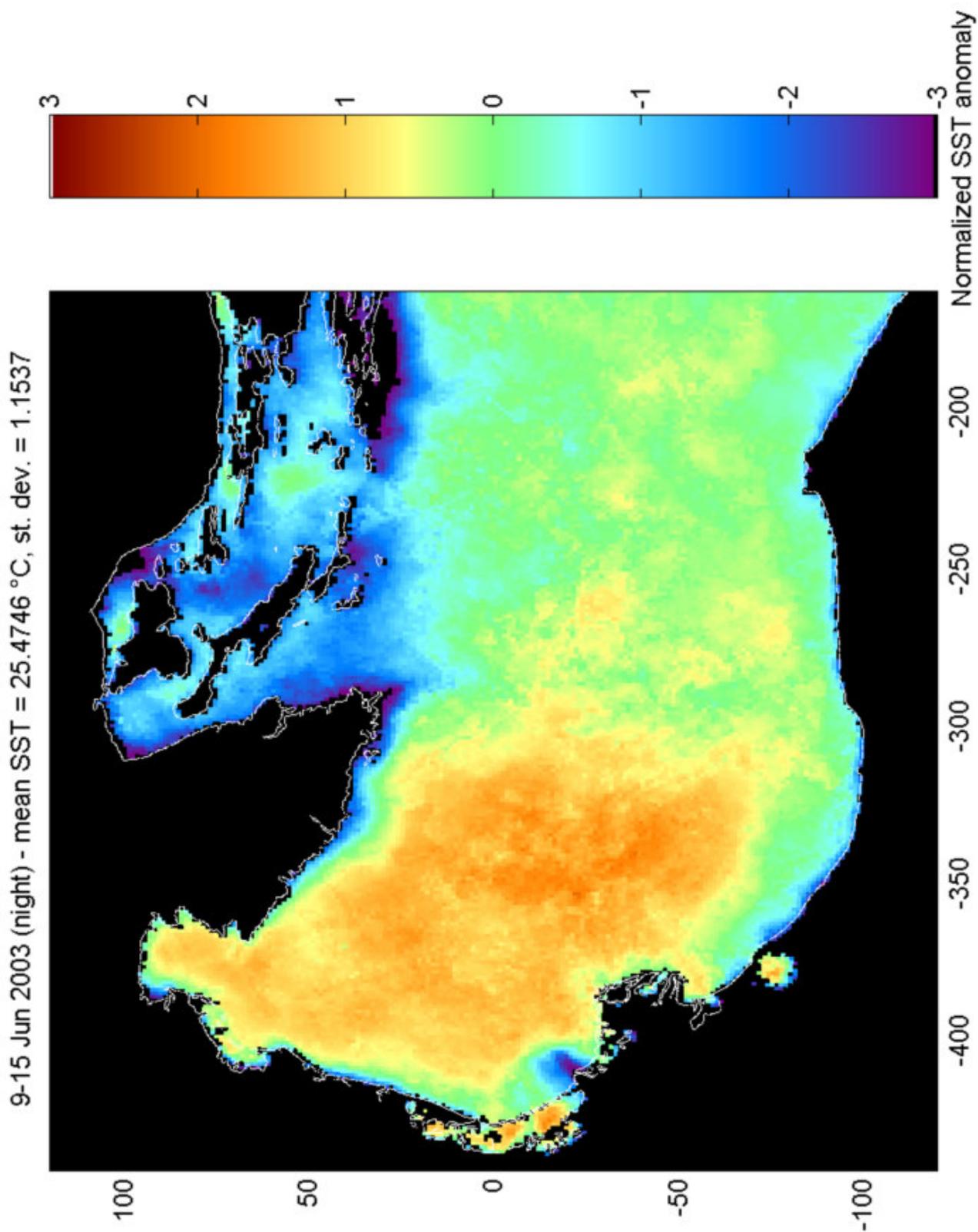


Fig. 50 – immagine composita notturna di 7 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (9 -15 giugno 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

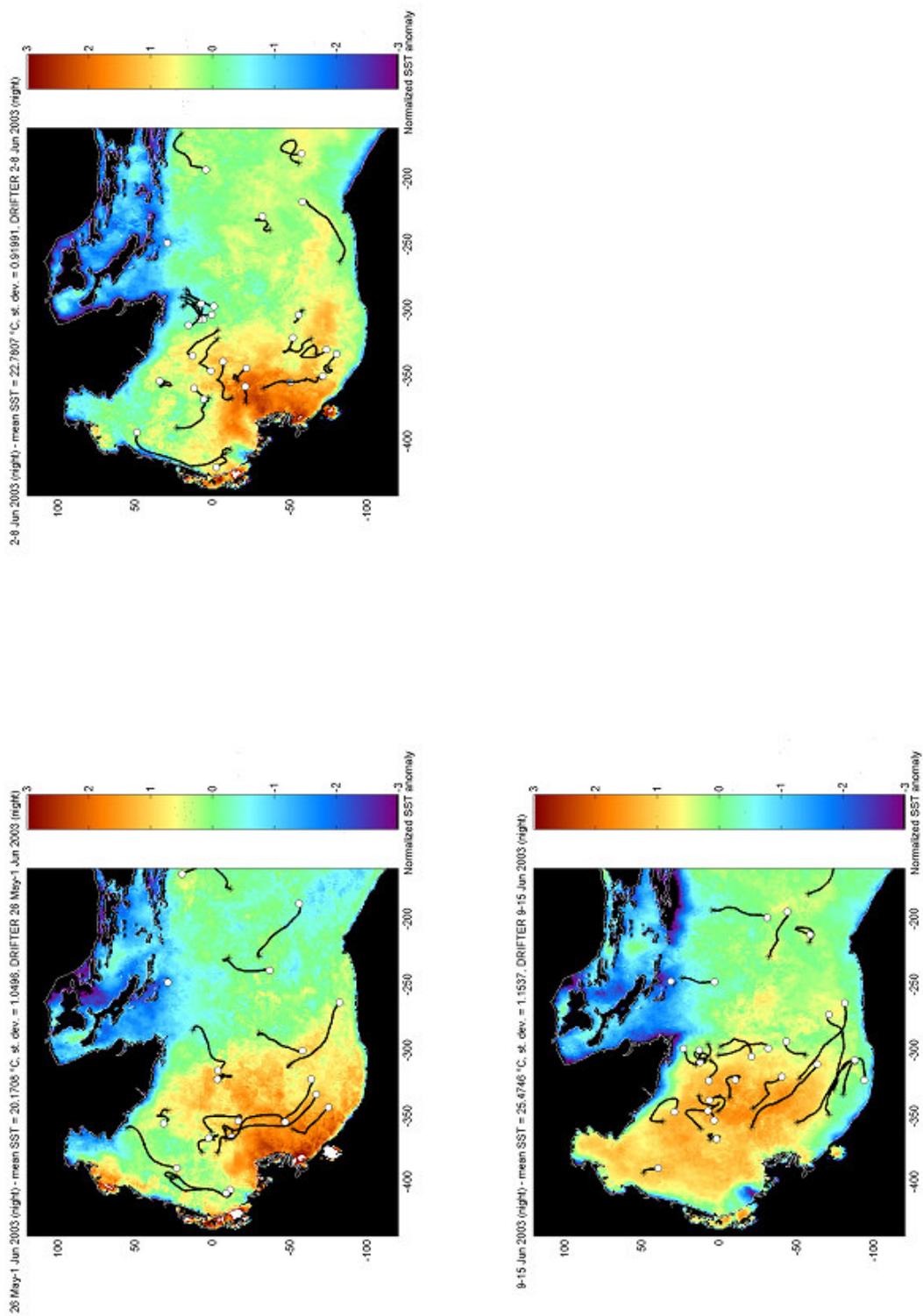


Fig 51 - immagini composite notturne di 7 giorni dell'anomalia norm alizzata di SST con le tracce dei drifter sovrapposte (26 maggio-15 giugno 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

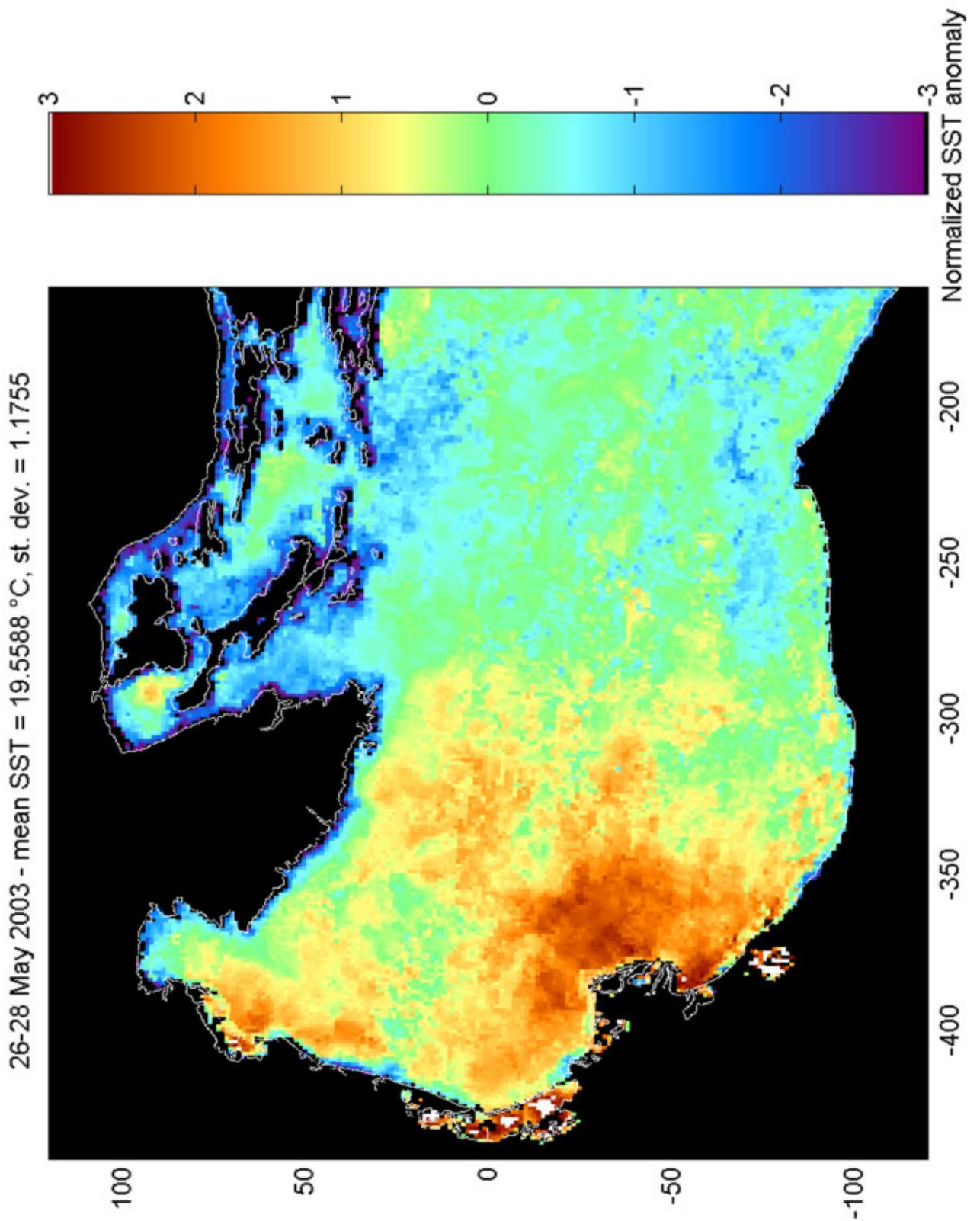


Fig. 52 – immagine composita di 3 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (26-28 maggio 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

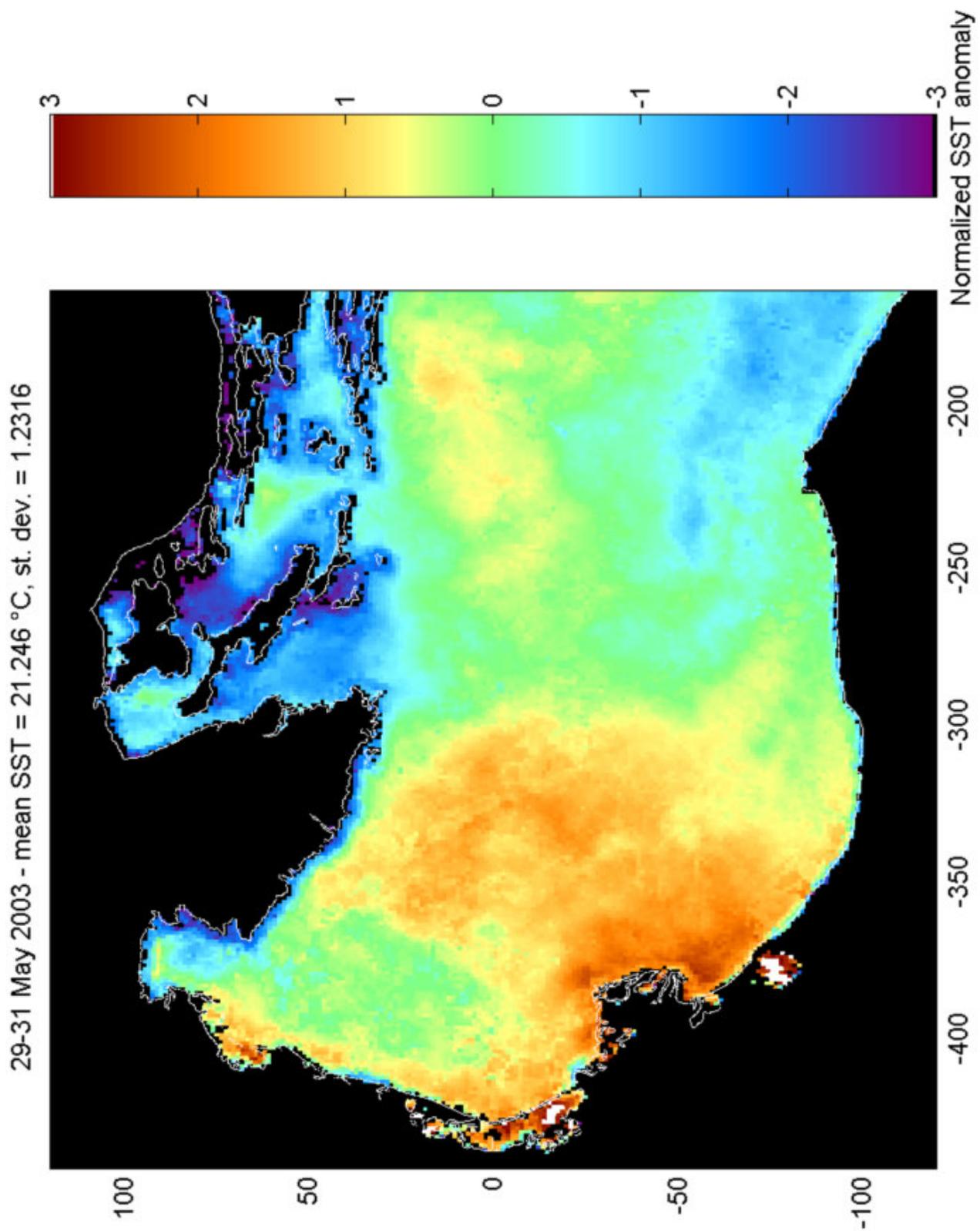


Fig. 53 – immagine composta di 3 giorni dell’anomalia normalizzata di SST (29-31 maggio 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

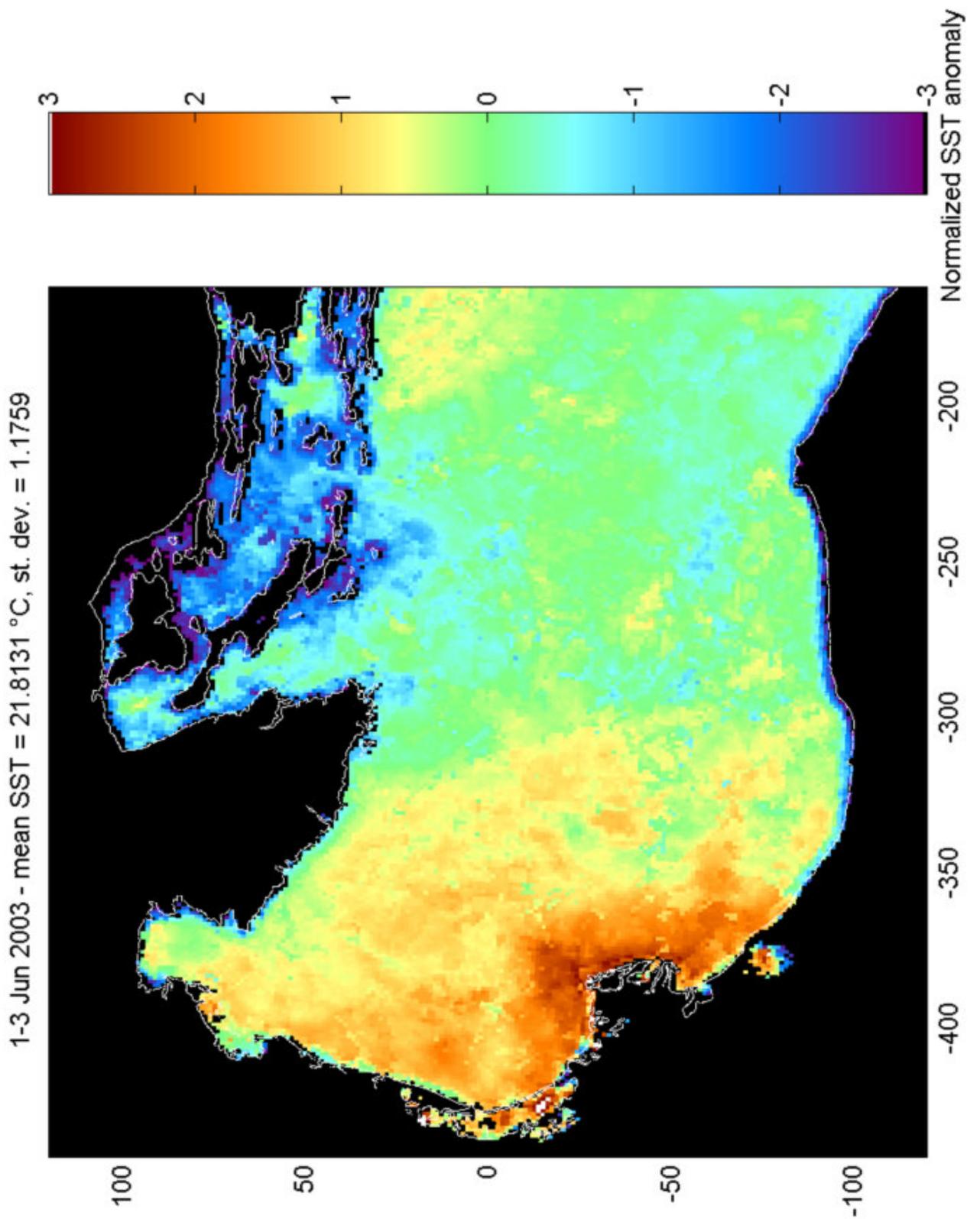


Fig. 54 – immagine composta di 3 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (1-3 giugno 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

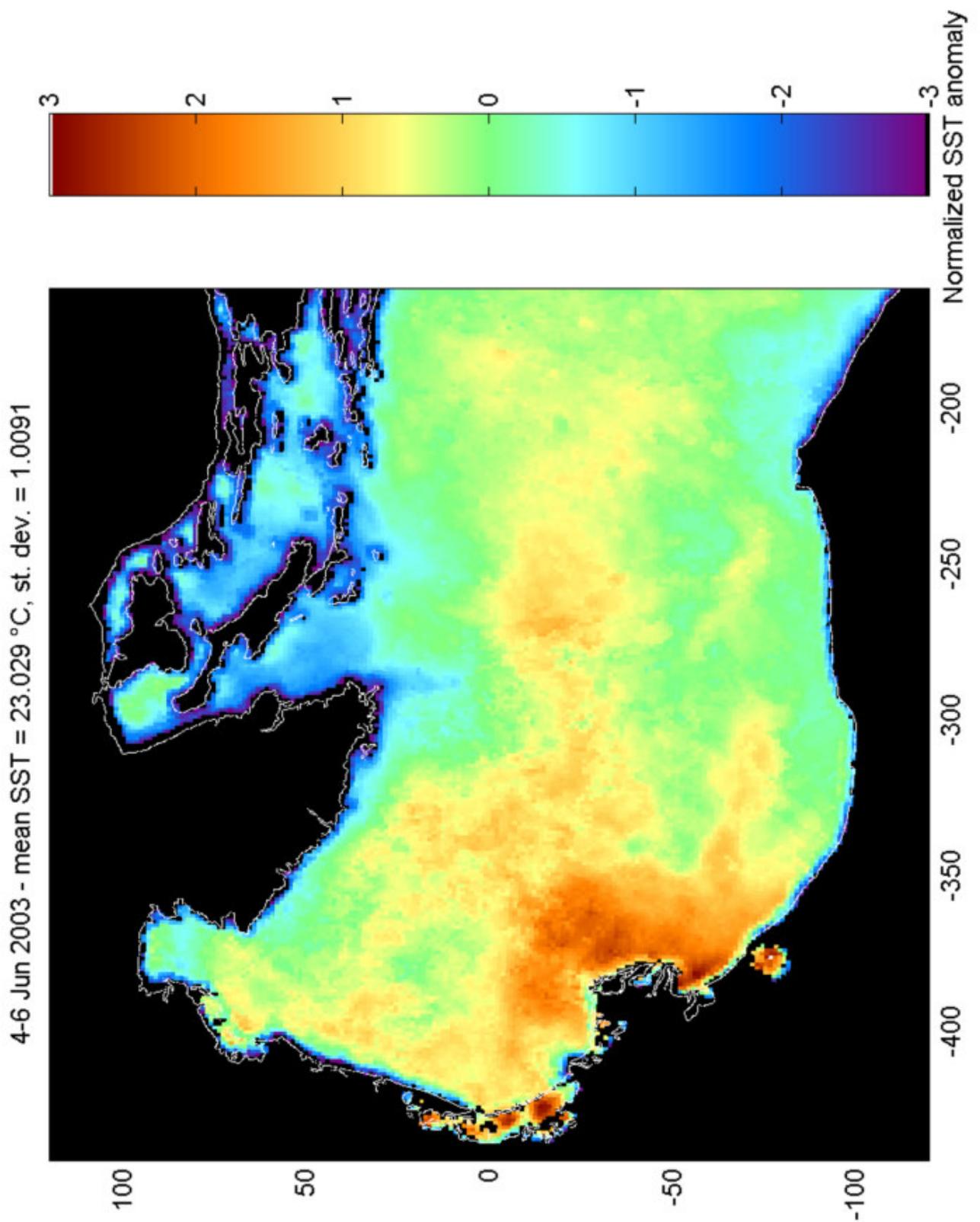


Fig. 55 – immagine composta di 3 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (4-6 giugno 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

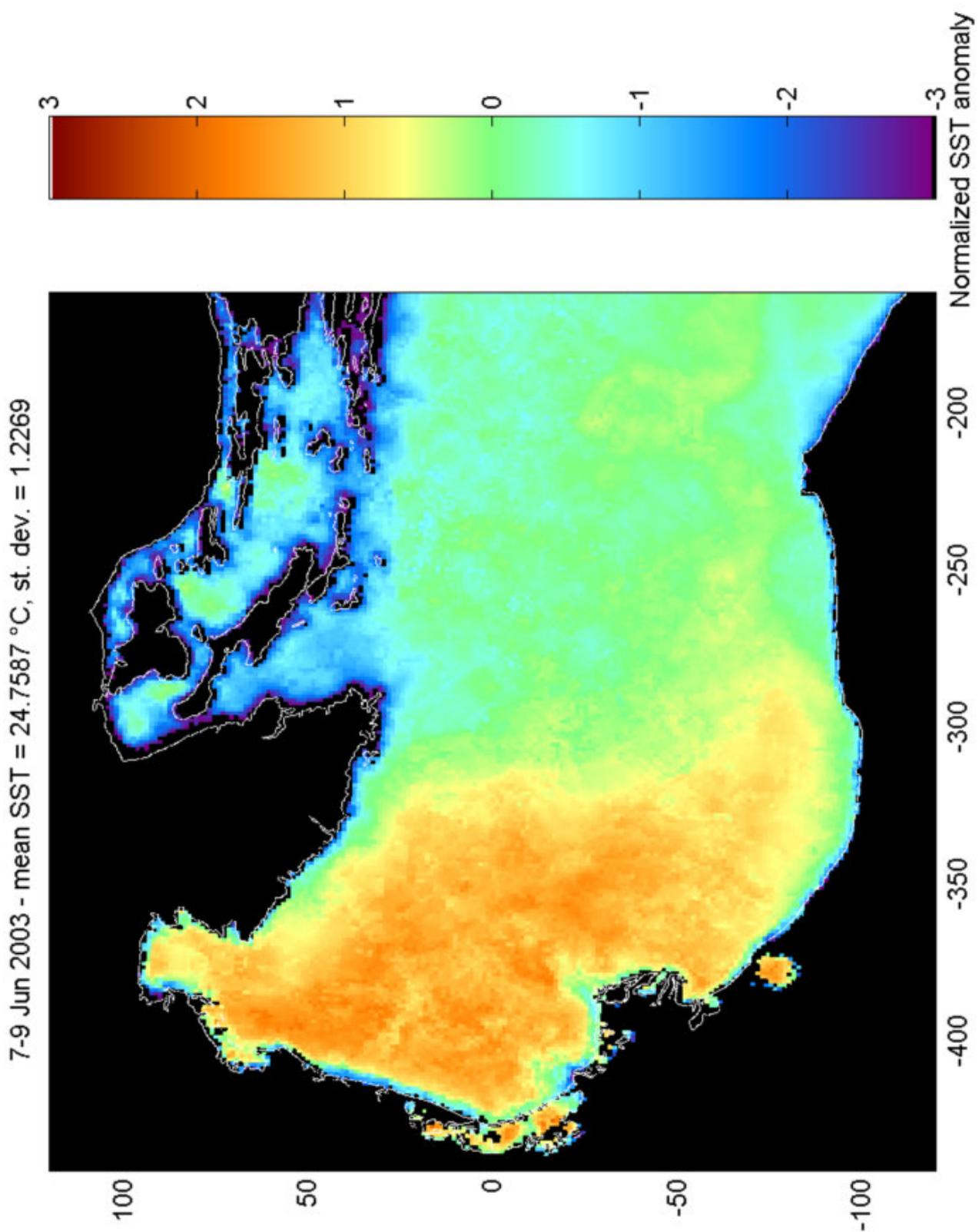


Fig. 56 – immagine composta di 3 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (7-9 giugno 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

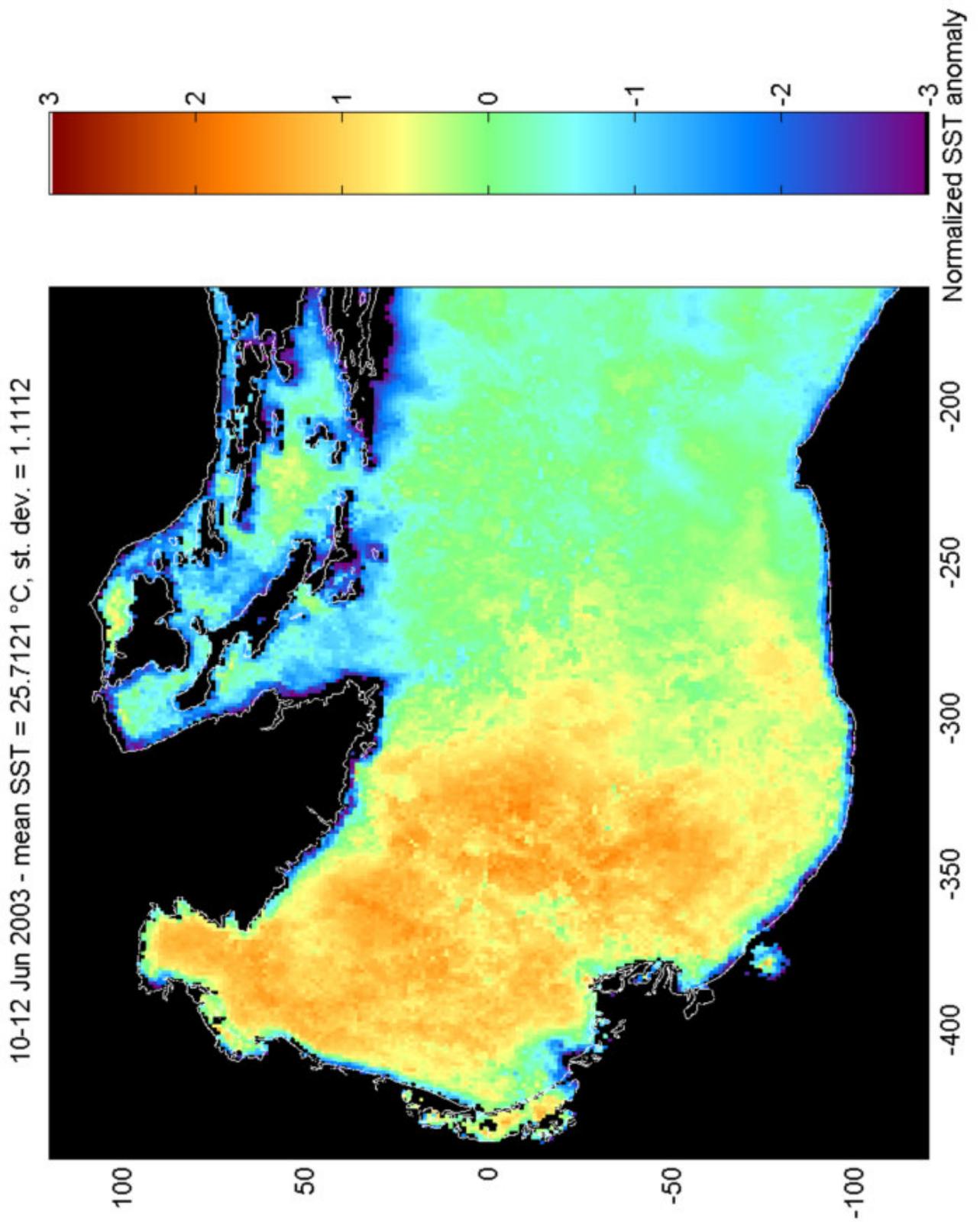


Fig. 57 – immagine composita di 3 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (10-12 giugno 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

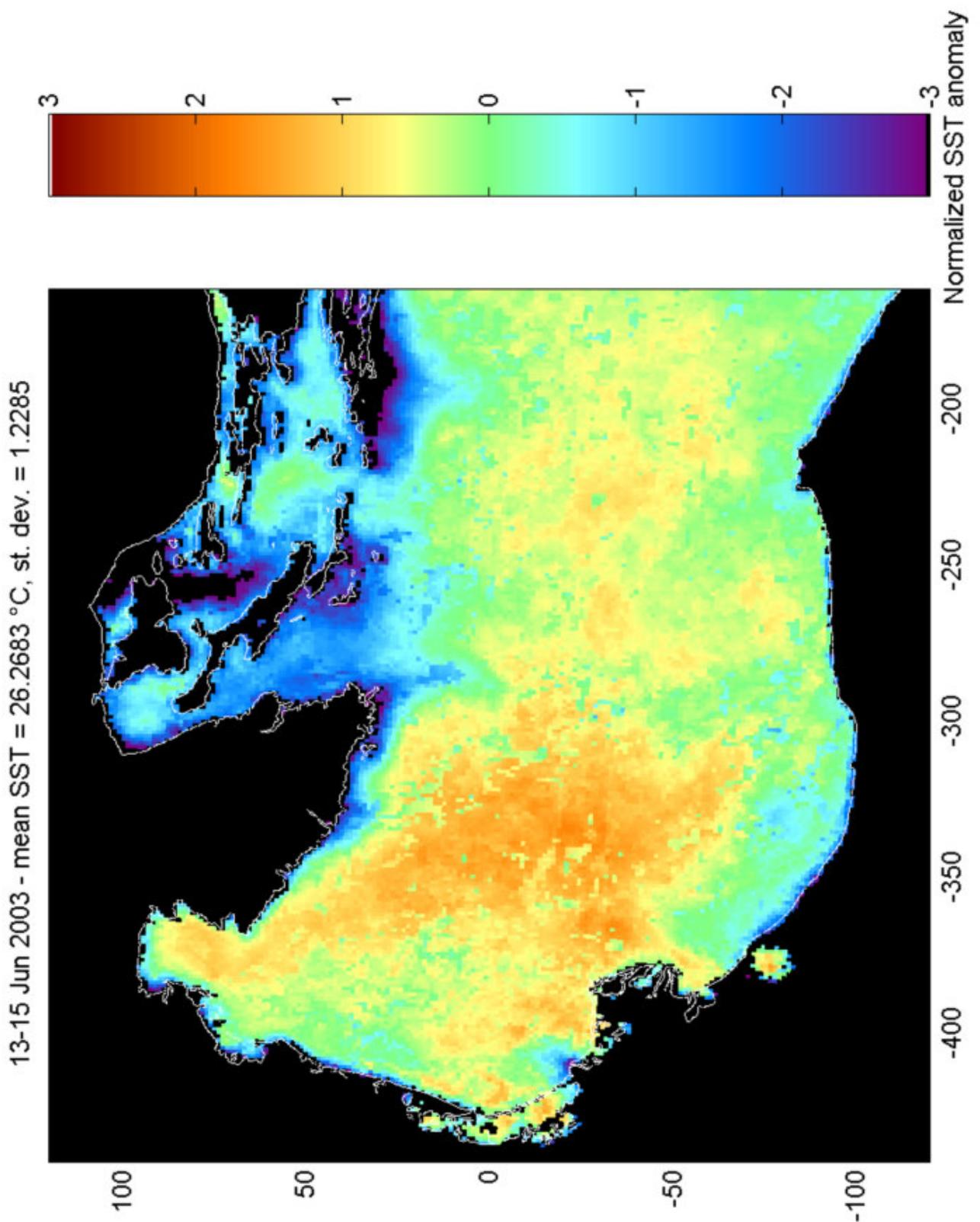


Fig. 58 – immagine composta di 3 giorni dell'anomalia normalizzata di SST (13-15 giugno 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

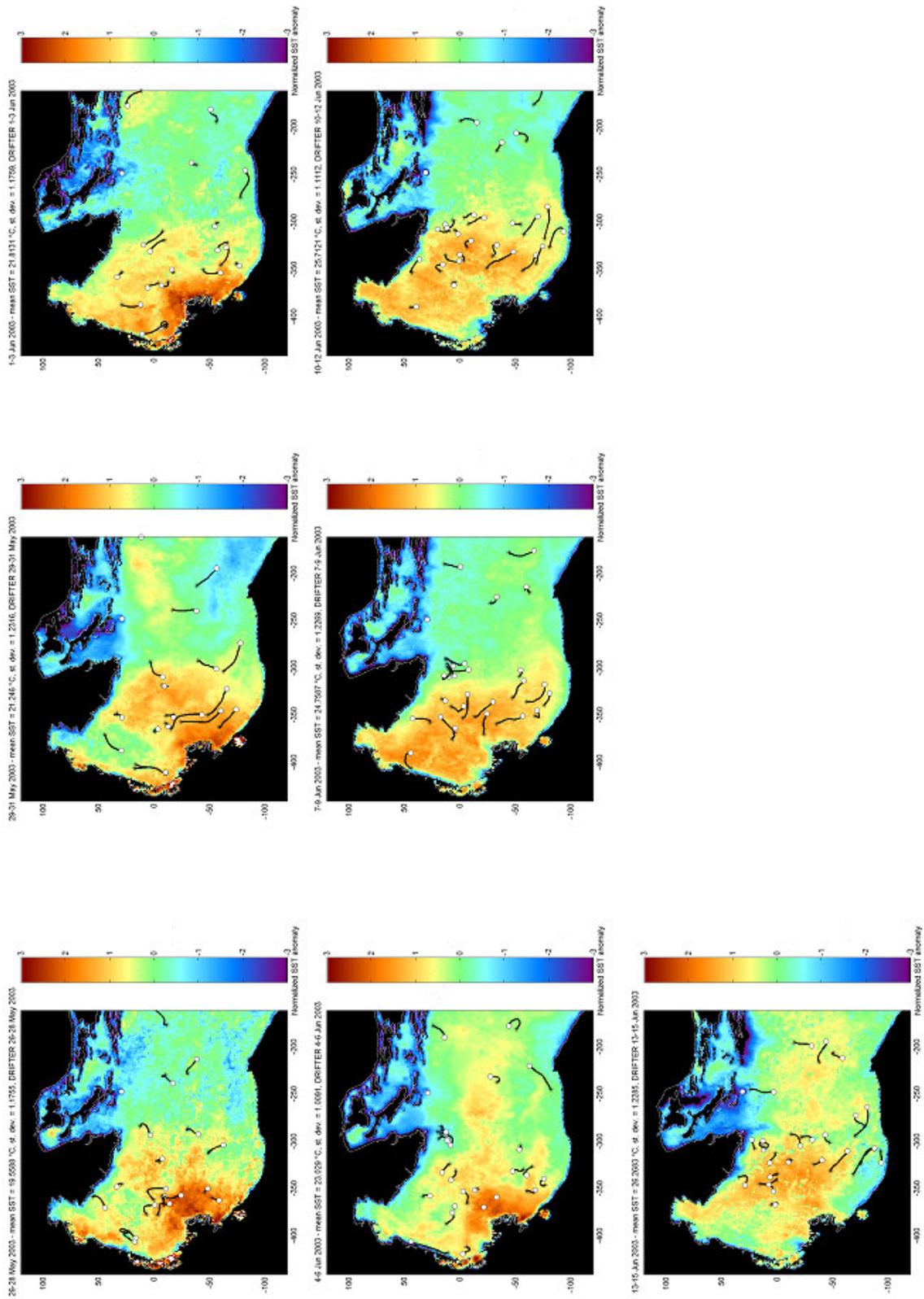


Fig. 59 - immagini composite di 3 giorni dell'anomalia normalizzata di SST con le tracce dei drifter sovrapposte (26 maggio-15 giugno 2003). Le coordinate x e y sono la distanza in km dal centro di rotazione posto a 42.75°N e 16.25°E.

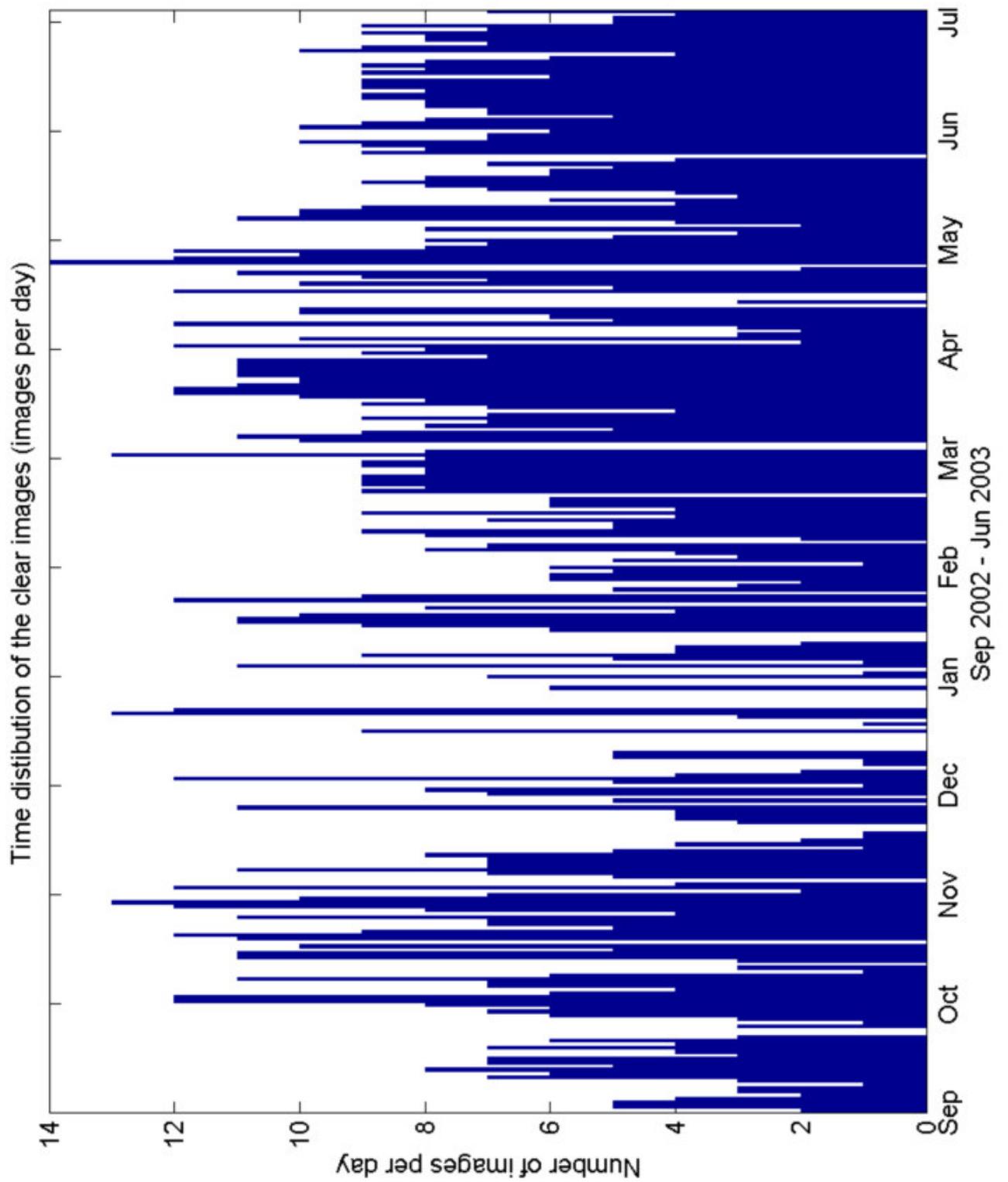


Fig. 60 – numero di immagini giornaliere, con copertura nuvolosa minore del 50%, utilizzate per produrre le immagini composite.