

Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
Domanda di Autorizzazione Unica ex art. 12 DLgs 387/2003

Ministero dell'Ambiente  
Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale ex DLgs.152/2006

PROGETTO PRELIMINARE  
PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO  
OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA

Relazione Idrologica e idraulica



Progetto  
Dott. Ing. Luigi Severini

Elaborazioni  
**iLStudio.**  
Engineering & Consulting **Studio**

Concept & Innovations:  
**NiceTechnology®**

**R09**

F0119T.R09.RELIDR.00.b

00	24/07/2019	EMESSO PER APPROVAZIONE		A.Spinelli / S. Bray
REV	DATA	DESCRIZIONE	DESIGNER	PLANNER

Codice:

<b>F</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	<b>T</b>	<b>R</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>R</b>	<b>E</b>	<b>L</b>	<b>I</b>	<b>D</b>	<b>R</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>b</b>
NUM.COMM.		ANNO			COD.	NUM.ELAB.				DESCRIZIONE ELABORATO					REV.	R.I.		

	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
<b>ilStudio.</b> Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data <b>Luglio 2019</b>	
<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>		Pagina <b>3</b>	Di <b>25</b>

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA CANALE DI SICILIA.....</b>	<b>5</b>
	2.1 Circolazione generale .....	6
	2.2 Qualità delle acque marine .....	11
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO IDROLOGICO DELLE AREE A TERRA .....</b>	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>24</b>

	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data <b>Luglio 2019</b>	
<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>		Pagina <b>4</b>	Di <b>25</b>

## 1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione vengono descritte le caratteristiche idrologiche delle aree a mare e a terra dove saranno posizionate le opere costituenti il parco eolico offshore di tipo floating da realizzarsi nel Canale di Sicilia.

L'analisi effettuata illustra e caratterizza l'idrologia superficiale e profonda del Canale di Sicilia e dei territori interessati dal passaggio delle opere a terra, fornendo un quadro completo delle aree oggetto di indagine caratterizzandole secondo la normativa vigente.

A tali obiettivi si è giunti tramite questo primo studio di rilevamento idrologico esteso ad un intorno significativo del sito alla quale seguirà una campagna più dettagliata di indagini dirette e indirette del sottosuolo.

 <b>ilStudio.</b> <small>Engineering &amp; Consulting Studio</small>	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data <b>Luglio 2019</b>	Pagina <b>5</b> Di <b>25</b>
<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>			

## 2 CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA CANALE DI SICILIA

La distribuzione nello spazio e nel tempo delle correnti marine nel Mar Mediterraneo è stata studiata tramite misure su scala globale utilizzando appositi satelliti, campagne di misura in situ e l'ausilio di simulazioni numeriche al calcolatore.

Studi passati hanno messo in evidenza la presenza nel Mar Mediterraneo di un sistema di circolazione determinato dalla distribuzione spaziale e temporale del vento atmosferico alla superficie del mare, dai flussi di calore e di acqua (flussi di densità) che trasferiscono energia attraverso l'interfaccia aria/acqua e dal flusso di massa attraverso lo stretto di Gibilterra.

Attualmente l'evaporazione sulla superficie del mare eccede, in media, la somma delle precipitazioni e degli apporti fluviali (bilancio d'acqua negativo).

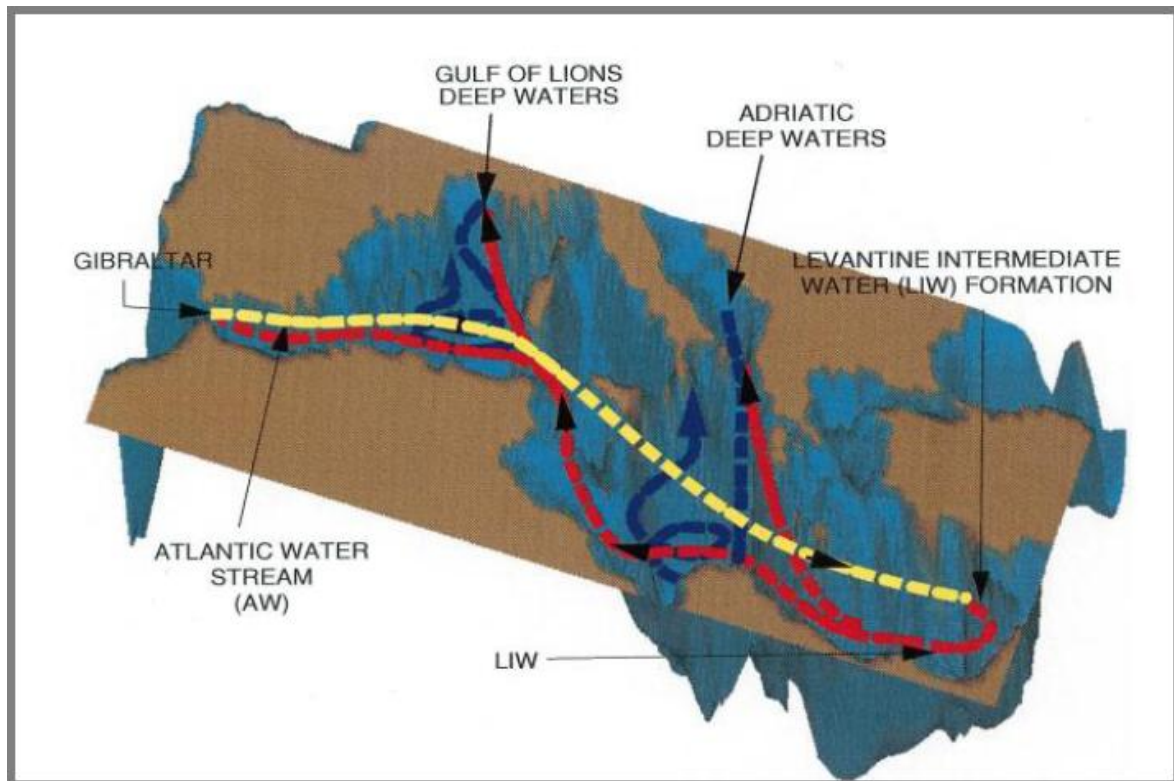
Queste caratteristiche rendono il Mar Mediterraneo capace di aumentare il contenuto di Sali nelle masse d'acqua (bacino di densificazione) diventando, di fatto, una sorgente di sale.

Per mantenere il bilancio d'acqua e il bilancio di sale a un valore di equilibrio nel bacino si deve verificare un ingresso d'acqua attraverso lo Stretto di Gibilterra con una salinità inferiore.

Per effetto del bilancio del calore e del bilancio d'acqua (e quindi anche del sale, noto anche come principio di conservazione del sale) nello Stretto di Gibilterra si generano l'ingresso di una corrente superficiale di acqua atlantica (AW Atlantic Water), relativamente fredda e poco salata, e l'uscita di una corrente profonda caratterizzata da un tipo d'acqua con caratteristiche tipiche del Mar Mediterraneo, relativamente più calda e salata, quindi più profonda.

Questo tipo di circolazione è nota come circolazione anti-estuarina (Figura 2.1 –Schema della circolazione termoalina che caratterizza il bacino del Mediterraneo. Le linee tratteggiate rappresentano: in giallo l'acqua superficiale atlantica (AW), in rosso l'acqua intermedia di origine levantina (LIW), ed infine in blu le celle meridionali indotte dalle acque profonde.) che condiziona la distribuzione spaziale (sia orizzontale che verticale) delle caratteristiche idrologiche delle masse d'acqua dell'intero Mar Mediterraneo.

 <b>ilStudio.</b> Engineering & Consulting Studio	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data <b>Luglio 2019</b>	Pagina <b>6</b> Di <b>25</b>
<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>			



*Figura 2.1 – Schema della circolazione termoalina che caratterizza il bacino del Mediterraneo. Le linee tratteggiate rappresentano: in giallo l'acqua superficiale atlantica (AW), in rosso l'acqua intermedia di origine levantina (LIW), ed infine in blu le celle meridionali indotte dalle acque profonde.*

## 2.1 Circolazione generale

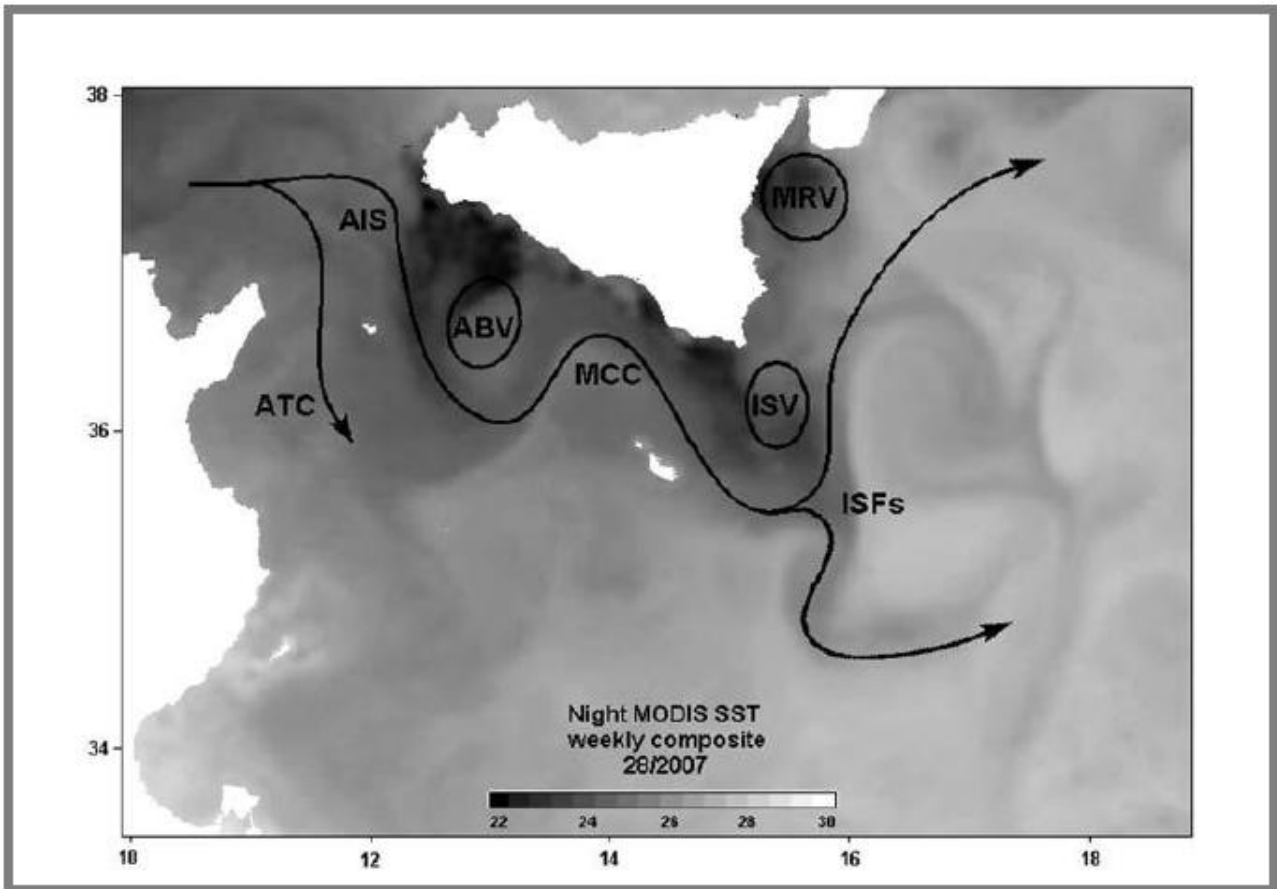
La circolazione oceanografica nell'area di studio è caratterizzata da numerosi processi dinamici che coprono l'intero spettro di scale spaziali e temporali.

All'interno del Canale di Sicilia, l'acqua superficiale atlantica (Atlantic Water, AW) si biforca dando origine a due flussi principali, la Atlantic Ionian Stream (AIS) che fluisce verso sud-est vicino alla costa della Sicilia e la Atlantic Tunisian Current (ATC) che scorre verso sud sulla piattaforma tunisina.

In estate, la maggior parte della AW è convogliata nella AIS, formando dei meandri nel Canale di Sicilia da ovest verso est attorno alle tre strutture semipermanenti: il ciclonico Adventure Bank Vortex (ABV), l'anticiclonica Maltese Channel Crest (MCC) e il ciclonico Ionian Shelfbreak vortex (ISV), prima di diffondersi nel mar Ionio (Figura 2.21).



 <b>ilStudio.</b> Engineering & Consulting Studio	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data <b>Luglio 2019</b>	
<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>		Pagina <b>7</b>	Di <b>25</b>



*Figura 2.2–Tipico pattern di circolazione superficiale estiva nel Canale di Sicilia. Atlantic Tunisian Current (ATC), Atlantic Ionian Stream (AIS), Adventure Bank Vortex (ABV), Maltese Channel Crest (MCC), Ionian Shelf Vortex (ISV), Messina Rise Vortex (MRV), Ionian Slope Fronts (ISFs).*

Nel mar Ionio, al di sopra dello shelf break, le dinamiche di mesoscala coinvolgono meandri e biforcazioni causate da strutture frontali superficiali e subsuperficiali (ISFs), che nascono come acque di scambio tra il Canale di Sicilia e il bacino Ionico.

La ATC è più marcata in inverno mentre invece la AIS è più intensa in estate e tipicamente caratterizzata da un'alta variabilità spaziale. Entrambi i flussi vengono considerati come caratteristiche permanenti o semi-permanenti dell'area.

Come descritto in studi precedenti [12] sulla caratterizzazione delle masse d'acqua nel Canale di Sicilia e la loro variabilità interannuale, la colonna d'acqua viene divisa principalmente in tre strati.

Due di questi strati, quello superficiale (0-200m) e quello intermedio (200-500m), rappresentano le due principali masse d'acqua nello stretto di Sicilia; il terzo strato (>500m) viene considerato per la caratterizzazione delle masse d'acqua profonde.

La Figura 2.32 riassume in maniera schematica le principali masse d'acqua nei tre diversi strati (superficiale, intermedio e profondo) che attraversano il Canale di Sicilia.

 <b>SEAS med</b>	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data <b>Luglio 2019</b>	
 <b>ilStudio.</b> Engineering & Consulting Studio	<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	Pagina <b>8</b>	Di <b>25</b>

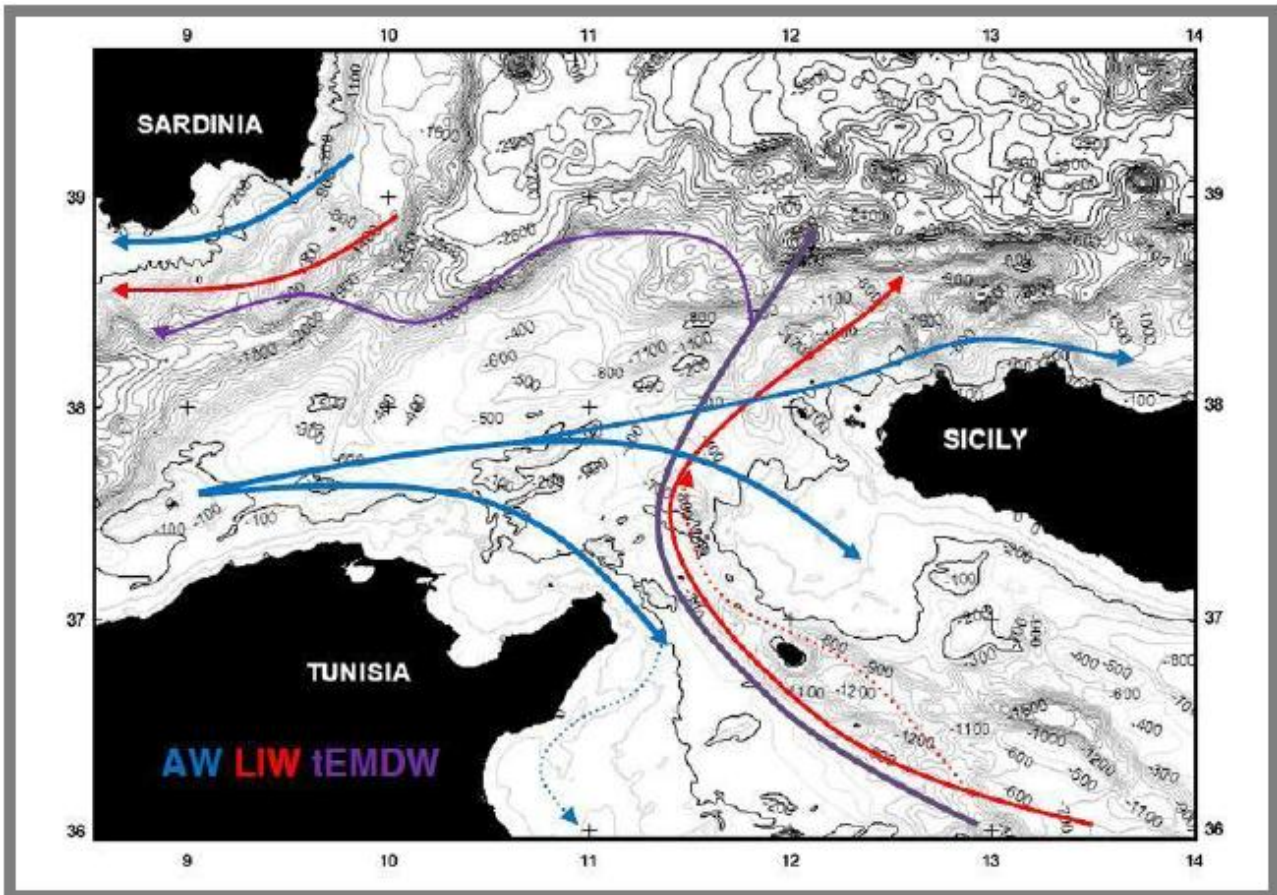


Figura 2.3–Illustrazione schematica delle principali masse d'acqua che attraversano il Canale di Sicilia (modificato da [17]).  
 AW - Atlantic Water (blu); LIW – Levantine Intermediate Water (rosso); tEMDW – transitional Eastern Mediterranean Deep Water (viola)

### 2.1.1 Circolazione superficiale

Lo strato superficiale (0-200m) è caratterizzato da un'alta variabilità sia intra- che inter-annuale.

Come descritto in precedenza, lo strato superficiale del Canale di Sicilia è principalmente costituito da AW che proviene dall'Oceano Atlantico attraverso lo stretto di Gibilterra. La circolazione superficiale è soggetta a significative variabilità di mesoscala e agli effetti della topografia di fondo che creano patterns altamente complessi.

La caratteristica principale che descrive il pattern di circolazione superficiale è la presenza di due flussi di AW: il primo che forma meandri lungo la costa sud della Sicilia ed è conosciuto come AIS e il secondo, l'ATC, che fluisce lungo la costa tunisina. La presenza di una massa d'acqua di origine Atlantica viene messa in evidenza dal minimo di salinità nei profili verticali.

Nel Canale di Sicilia, dagli studi condotti in un periodo compreso tra il 1998 e il 2013, i valori medi della Salinità minima ( $S_{min}$ ) variavano tra 37.22 psu e 37.863 psu, mentre invece la Temperatura potenziale (alla profondità della Salinità minima) variava tra 17.577°C e 20.342°C.



 	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE <b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	Data <b>Luglio 2019</b>	Pagina <b>9</b>

Tra la AW e la LIW è stato osservato, nel maggio 2005, lungo una significativa porzione del passaggio tunisino, un'acqua più fredda ( $\square\square < 13.8^{\circ}\text{C}$ ) ad una profondità di circa 100-200m e con una salinità compresa tra 37.9 e 38.2.

È stato inoltre recentemente osservato che questa nuova massa d'acqua all'interno dello strato di transizione (tra la superficie e lo strato intermedio), nella sezione tra Cape Bon - Mazara del Vallo, è contraddistinta da un minimo relativo di temperatura sul fondo della AW che è stato associato alla Western Intermediate Water (WIW).

Diversi dati raccolti sono in accordo con questi risultati e confermano l'entrata della WIW nel Canale di Sicilia ed è stata estesamente riscontrata anche nel Canale di Sardegna. Sono state successivamente identificate due vene sul lato algerino e sardo del Canale. Ulteriori evidenze sono state ottenute in un altro lavoro, dove è stata trovata chiaramente la WIW tra la Sicilia e la Sardegna e nel sud Tirreno.

Le sezioni CTD (Conductivity, Temperature, Depth) attraverso il Canale di Sardegna mostrano una Tmin a 170 metri di profondità. Nella loro campagna, inoltre, alcuni autori hanno evidenziato la presenza di minimi di temperatura in uno strato più superficiale di alcune decine di metri rispetto a quanto descritto in precedenza; altri autori, invece, la trovarono anche tra i 200 e i 400 metri.

La WIW si genera, comunque, durante il periodo di convezione invernale nell'area nord del bacino mediterraneo occidentale come risultato di un raffreddamento superficiale della AW e dei processi di mescolamento con la LIW sottostante. Generalmente la WIW forma una porzione della colonna d'acqua con la stessa direzione di flusso della AW.

Nel Marzo 2009, inoltre, è stata osservata un'acqua calda e relativamente più dolce. Essa si trova tra i 100 e i 200 metri di profondità col suo punto più ampio, ma il core è stato trovato a 120-160 metri di profondità. Il suo segnale cambia significativamente col tempo, essendo ben sviluppato e più caldo in inverno e meno marcato in estate ed autunno.

Quest'acqua, che è stata associata all'acqua ionica, IW è caratterizzata da un massimo relativo di temperatura (Tmax) che varia da  $14.6^{\circ}\text{C}$  a  $14.8^{\circ}\text{C}$  e corrisponde alla isopicna di 28.7. La presenza della IW, tra la AW e la parte superiore della LIW, è stata riscontrata nella parte ovest dello stretto di Sicilia, con una direzione est-ovest.

### **2.1.1.1 Velocità della corrente marina superficiale**

Sono stati utilizzati i dati forniti dal modello numerico per il Mar Mediterraneo del progetto MyOcean per il periodo 2001 - 2010.

Tali dati della velocità della corrente sono stati raggruppati per stagione al fine di valutare le medie stagionali e annuali dell'intensità e della direzione della componente orizzontale della velocità in corrispondenza della superficie. Nell'area ipotizzata per l'impianto eolico il valor medio della velocità della corrente è da ritenersi compreso tra 0,2 e 0,4 m/s, con direzione che vira da ovest-est a nord-sud.

 <b>ilStudio.</b> Engineering & Consulting Studio	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data <b>Luglio 2019</b>	Pagina <b>10</b>
<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>			

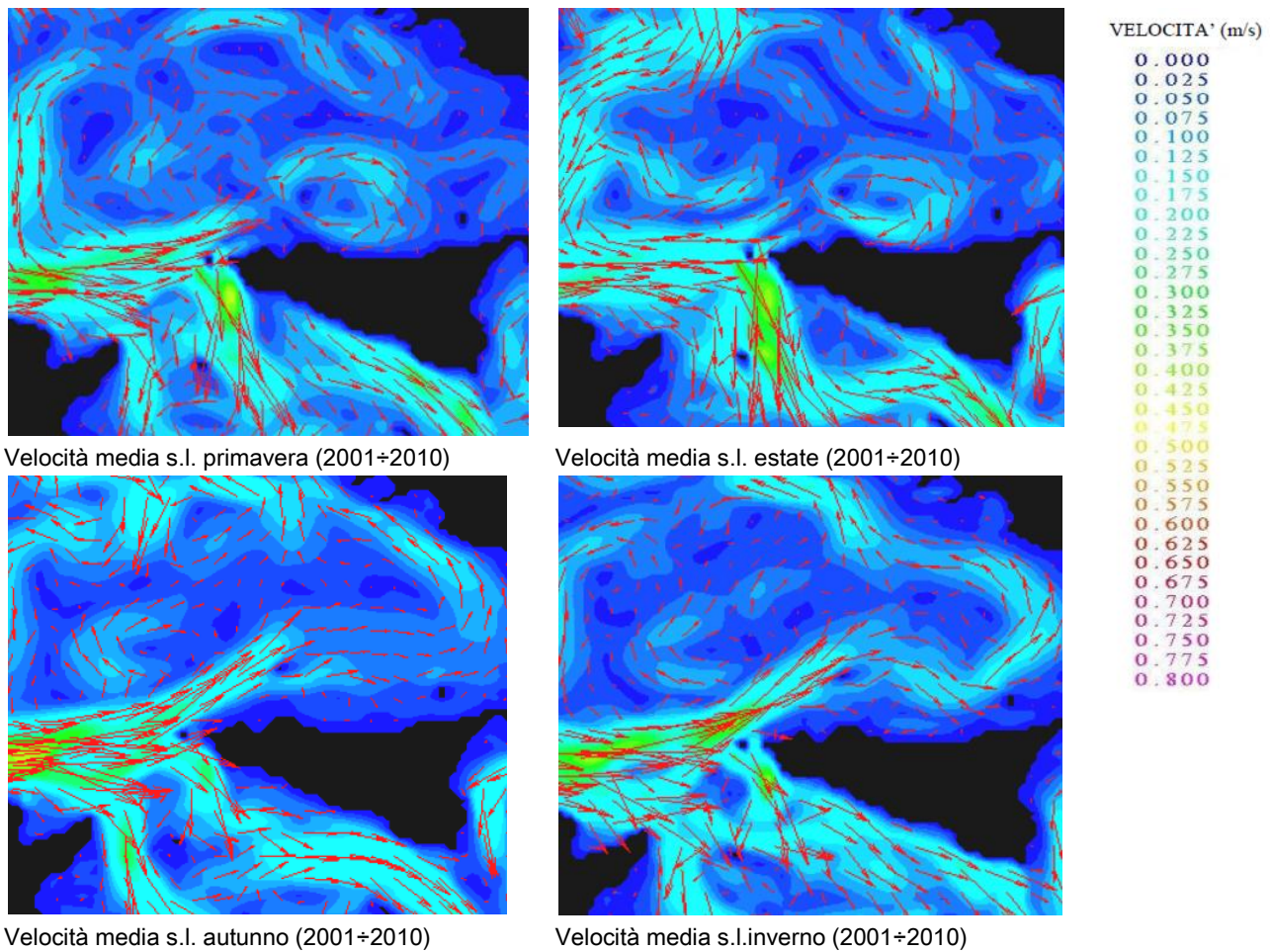


Figura 2.4- Correnti marine in diverse stagioni

### 2.1.2 Circolazione intermedia


La LIW si forma principalmente nel settore nord-orientale del bacino levantino durante l'inverno, come risultato di processi di raffreddamento ed evaporazione ed entra nel Canale di Sicilia attraverso la soglia di Medina. Il core della LIW è caratterizzato da un massimo di salinità collocato tra i 200 metri e i 350 metri di profondità.

Studi recenti mostrano come si sia registrato un generale incremento nei valori di salinità della LIW dal 1998 al 2013, specialmente negli anni 2007 e 2013, mentre la temperatura e la profondità risultano essere molto più variabili.

Valori medi di  $S_{max}$  per la LIW in un range compreso tra 38.73 e 38.86 ed una  $TS_{max}$  che varia da 13.95°C a 14.57°C.

L'intera LIW si muove nel Mar Tirreno costretta dalle caratteristiche topografiche e dall'effetto di Coriolis e parzialmente mescolata con le acque dello strato superiore e dello strato inferiore, diventando più salata.

Il flusso della LIW non è costante, ma è soggetto ad una variabilità stagionale, calcolata essere di 2 o 3 volte più alta in inverno (3.2 Sv) rispetto alla stagione estiva (1.5 Sv).

 <b>SEAS med</b>	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento	
		<b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
 <b>ilStudio.</b> Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data	<b>Luglio 2019</b>
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	Pagina	<b>11</b> Di <b>25</b>

Nella parte orientale del Canale di Sicilia, ossia dal 15° E, è stata registrata da vari autori, in diversi anni, la presenza di una ulteriore massa d'acqua che ha origine nel Mar Egeo.

Quest'acqua, la Cretan Intermediate Water (CIW), è caratterizzata da valori leggermente più alti di salinità rispetto alla LIW, una temperatura potenziale di 14.5-15°C ed una densità minore di 29.1 kg m<sup>-3</sup>.

### 2.1.3 Circolazione profonda

Sebbene il bacino centrale, occupando una significativa porzione dello stretto, abbia una profondità media di circa 800 metri, in diverse fosse può essere anche più profondo, raggiungendo i 1700m. Durante la metà degli anni '90 è stato riscontrato un significativo volume di transitional Eastern Mediterranean Deep Water (tEMDW) al di sotto della LIW, che rappresenta il risultato del mescolamento tra la LIW, la vecchia EMDW (Eastern Mediterranean Deep Water) e la nuova EMDW. Queste acque mostrano una temperatura e una salinità più basse rispetto alla LIW. La LIW e la tEMDW escono dallo stretto di Sicilia ed entrano nel Mar Tirreno come due vene indipendenti. La tEMDW è una parte dello strato più superficiale delle acque profonde del mar Ionio, che entra attraverso la soglia est del Canale di Sicilia, si abbassa sul fondo data la sua elevata densità e segue la topografia di fondo come una corrente densa e profonda.

È stato inoltre dimostrato, da alcuni autori, che la tEMDW essendo più densa delle acque residenti, sprofonda generando una intensa cascata, dal momento che essa scende da circa 200m a più di 1500m di profondità.

Nello Stretto di Sicilia la tEMDW ha un core caratterizzato da una temperatura minima di 13.63°C, una salinità di 38.73 e una densità di 29.15 kg m<sup>-3</sup>, sebbene si sia registrato, negli ultimi anni, un incremento in questo strato d'acqua di fondo, sia per quanto riguarda la temperatura potenziale che la salinità.

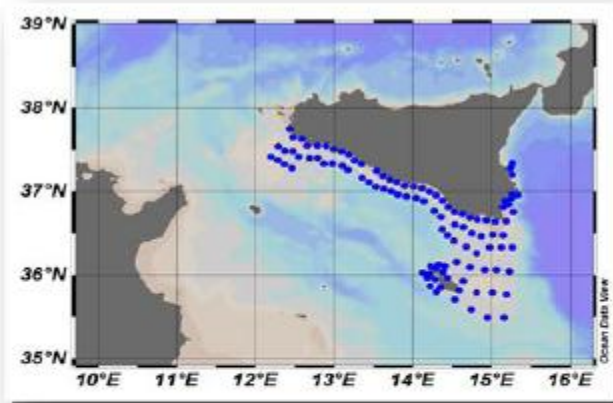
## 2.2 Qualità delle acque marine

Una massa d'acqua è definita dalla sua temperatura e salinità prese come parametri conservativi alterati solo dal mescolamento.

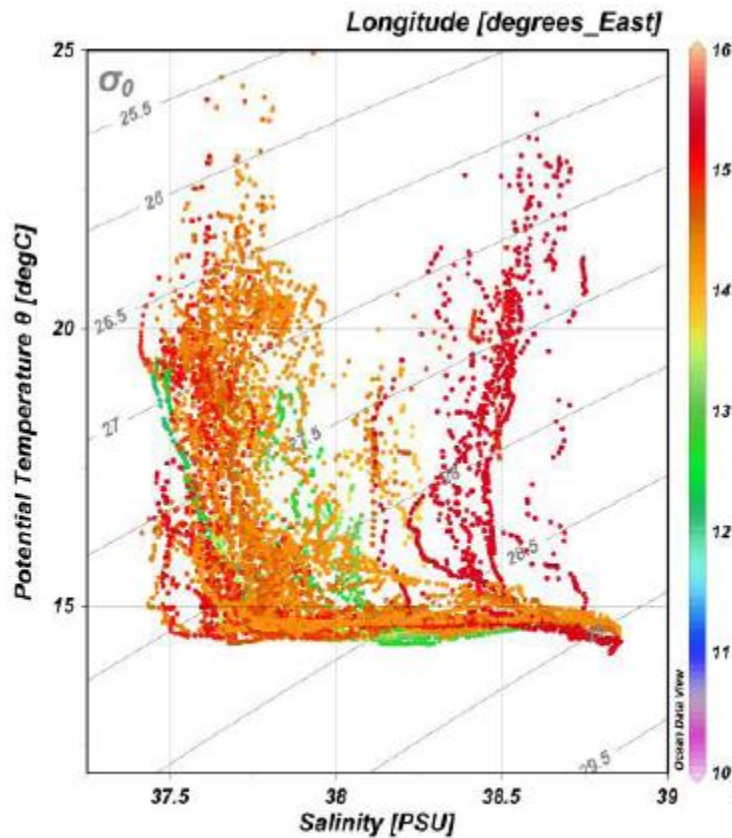
Sebbene non esista una pratica comune accettata nella terminologia delle masse d'acqua, è comunque generalmente accettato che il "tipo d'acqua" si riferisce ad un singolo punto su un diagramma caratteristico (come può esserlo, ad esempio, il diagramma  $\Theta$ -S), mentre invece la "massa d'acqua" si riferisce ad alcune porzioni o segmenti delle curve caratteristiche che descrivono le proprietà del core di quella massa d'acqua.

La presenza di determinate masse d'acqua così come la loro distribuzione spaziale sarà discussa in questo paragrafo analizzando i diagrammi  $\Theta$ -S corrispondenti all'area oggetto di studio, i quali si rivelano, a tal proposito, un utile strumento di indagine.

Il diagramma  $\Theta$ -S correla la densità ai valori osservati di temperatura e salinità. Per ovviare al problema dovuto al mescolamento e al riscaldamento e/o raffreddamento degli strati superficiali che si verifica in determinate stagioni dell'anno, tali diagrammi sono stati separati in relazione a periodi dell'anno diversi (Figura 2.51, Figura 2.62).



**a**



**b**

Figura 2.5–Punti di campionamento della campagna “Ancheva 2013” che si è svolta nel mese di Giugno 2013 (a) e il corrispondente diagramma  $\theta$ -S (b), che correla la densità ai valori CTD osservati di temperatura e salinità



 <b>SEAS med</b>	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	<b>Luglio 2019</b>
 <b>iLStudio.</b> Engineering & Consulting Studio	<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	Pagina	<b>13</b>
		Di	<b>25</b>

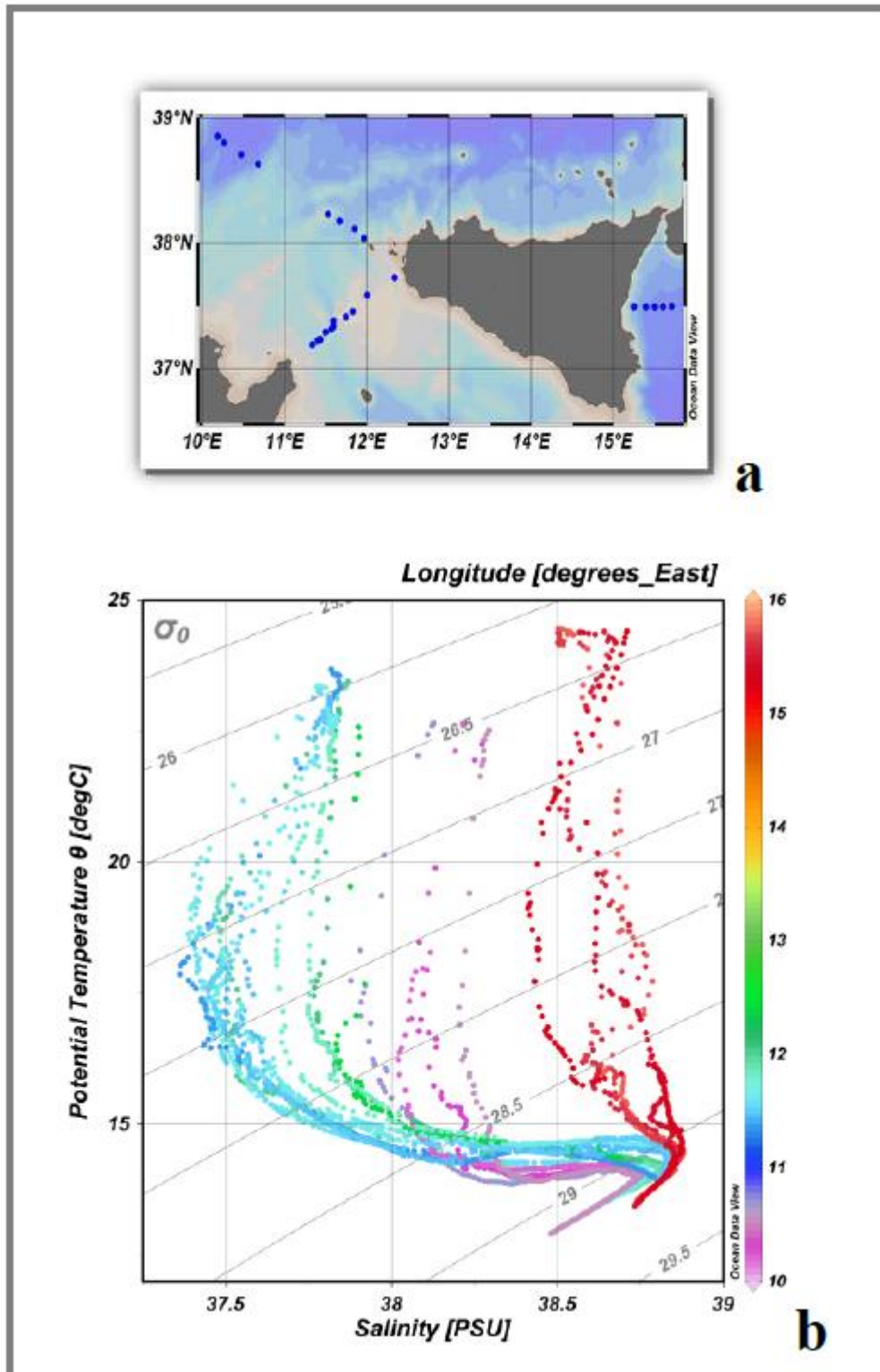


Figura 2.6–Punti di campionamento della campagna “Ichnussa 2013” che ha avuto luogo nel mese di Ottobre 2013 (c) e il corrispettivo diagramma  $\theta$ -S (d).

Il diagramma mette in evidenza la presenza di una massa d’acqua superficiale di origine atlantica individuabile dai minimi di salinità: la MAW; una superficiale più salata la cui



 <b>SEAS med</b>	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data	<b>Luglio 2019</b>
 <b>ilStudio.</b> Engineering & Consulting Studio	<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	Pagina	<b>14</b> Di <b>25</b>

presenza è possibile osservare verso est a partire dal 15°E di longitudine: la ISW; ed una intermedia di origine levantina messa in evidenza da un massimo assoluto di salinità: la LIW.

## 2.2.1 Acqua superficiale

Con lo scopo di seguire ed esaminare il flusso dell'acqua atlantica che entra nel Canale di Sicilia, sono state costruite delle isosuperfici a diverse profondità, per quanto riguarda i profili di temperatura potenziale e salinità (Figura 2.73).

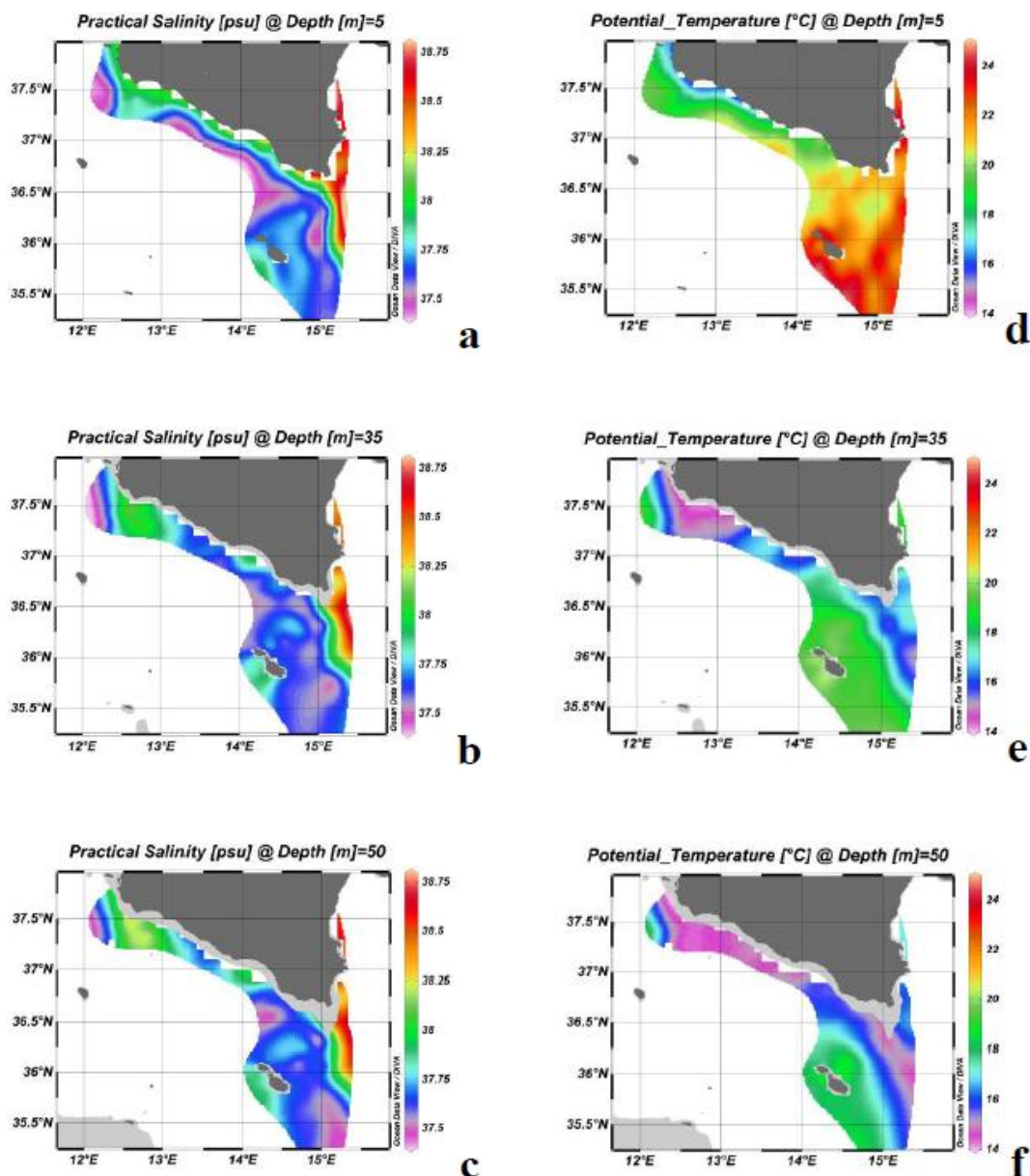


Figura 2.7–Isosurface di salinità (a, b, c) e di temperatura potenziale (d, e, f) relative alla campagna di misura Ancheva 2013 condotta nel canale di Sicilia e riferite a tre diverse profondità: 5 metri (a, d), 35 metri (b, e), 50 metri (c, f).

Tali isosuperfici, come si può notare dalla figura, mettono in evidenza sia a 5m che a 35m di profondità alcuni minimi relativi di salinità che rispecchiano quanto riportato in bibliografia

 <b>ilStudio.</b> Engineering & Consulting Studio	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE <b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	Data <b>Luglio 2019</b>	Pagina <b>15</b>

riguardo la traiettoria della AIS, il cui core viene identificato dal minimo di salinità approssimativamente intorno ai 35-40 metri di profondità.

Dai profili CTD analizzati per i valori di salinità e temperatura potenziale (Figura 2.84) lungo il transetto Cape Bon-Mazara del Vallo effettuato durante la campagna Ichnussa 2013, è possibile osservare il minimo di salinità intorno ai 50 metri di profondità nelle vicinanze della costa tunisina, mentre è quasi del tutto assente, o comunque poco marcato, in prossimità della costa siciliana.

Questa evidenza può essere spiegata tenendo presente che il periodo di campionamento della campagna di riferimento è Ottobre e in questo periodo la ATC è più intensa rispetto alla AIS.

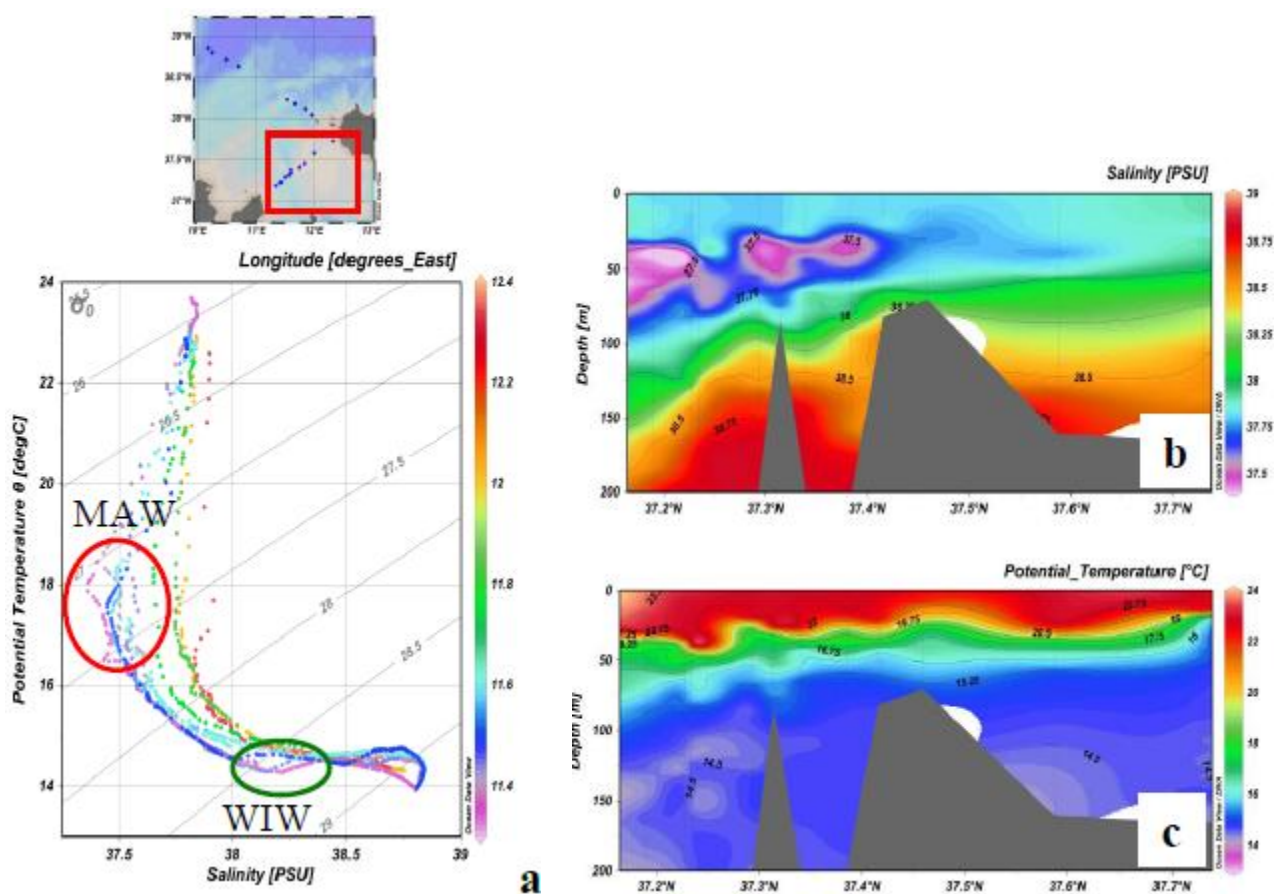


Figura 2.8– (a) Diagramma  $\theta$ -S relativo al transetto Cape Bon-Mazara del Vallo effettuato durante la campagna Ichnussa 2013. b, c: Profili CTD di salinità (b) e di temperatura potenziale (c) dei primi 200 metri di profondità, relativi alle stazioni presenti nel riquadro rosso della figura in alto.

Il minimo di salinità risulta ancora più evidente dal diagramma  $\Theta$ -S corrispondente (valori cerchiati in rosso nella Figura 2.84a).

A condizione che bassi valori di  $S_{min}$  corrispondono ad una MAW più giovane, è stato osservato che la MAW entra nell'area di studio da ovest in stretta vicinanza alla costa algerina; a circa 11°E la vena di bassa salinità gira verso sud intorno a Cape Bon (Figura 2.84).

	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data <b>Luglio 2019</b>	
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	Pagina <b>16</b>	Di <b>25</b>

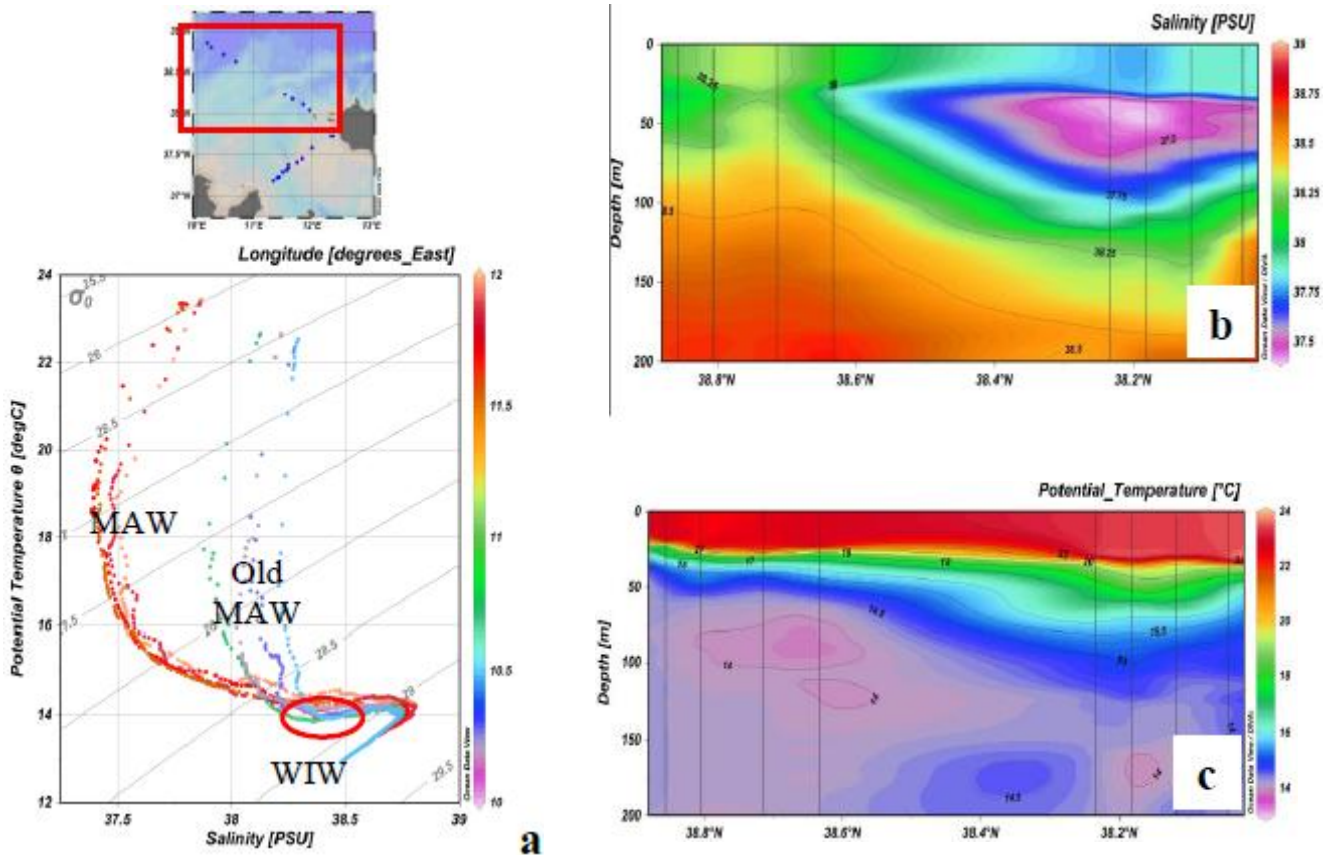


Figura 2.9- (a) Diagramma  $\theta$ -S relativo al transetto Sardegna-Sicilia effettuato durante la campagna Ichnussa 2013. b, c: Profili CTD di salinità (b) e di temperatura potenziale (c) dei primi 200 metri di profondità, relativi alle stazioni presenti nel riquadro rosso della figura in alto

È evidente, invece, dalla Figura 2.95b il ramo della MAW che fluisce a Nord-Est verso il Tirreno lungo la costa siciliana con valori di salinità pari a 37.5 psu.

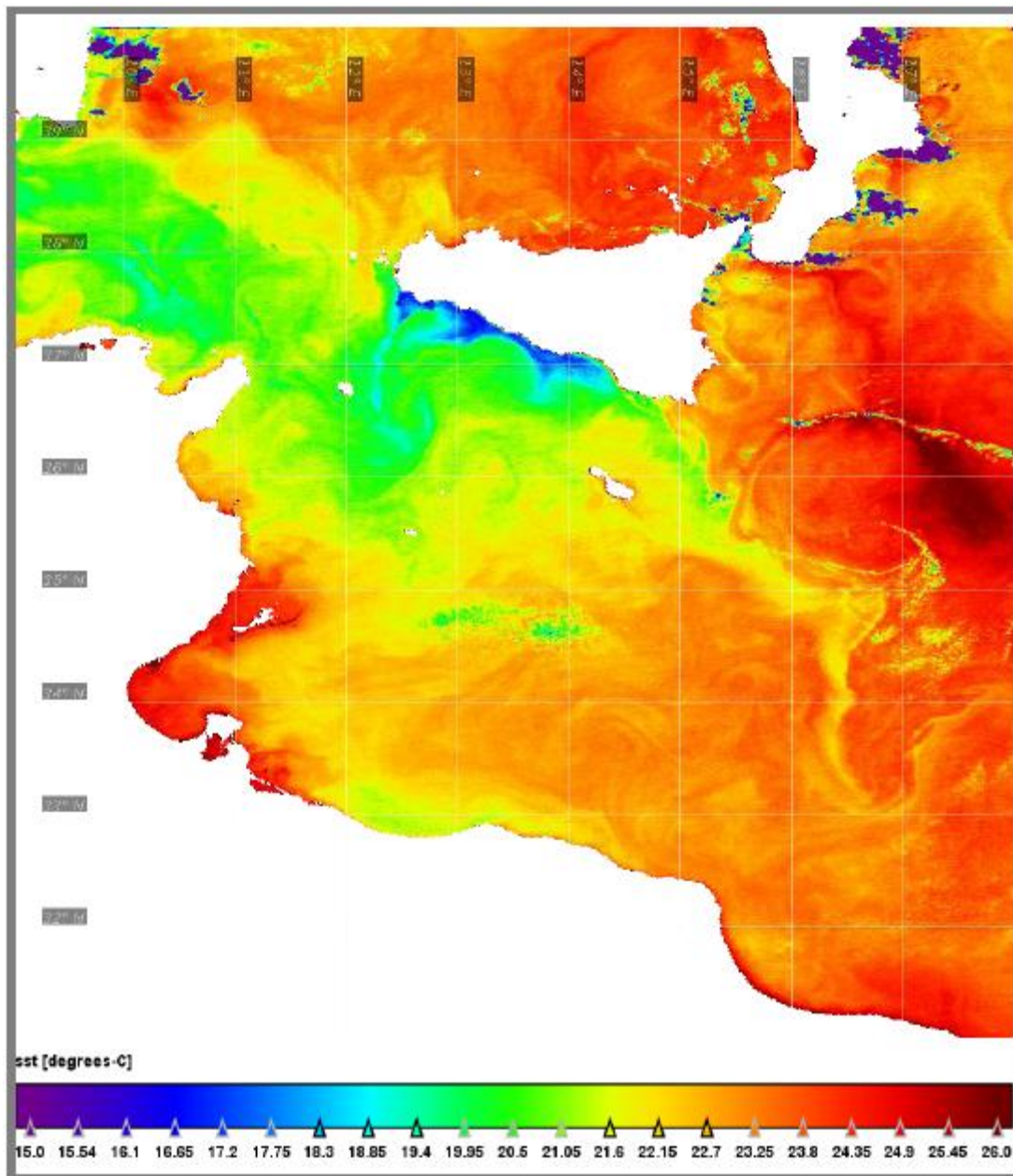
Esiste una chiara evidenza di un flusso di ritorno della suddetta MAW dal mar Tirreno formando probabilmente un vortice ciclonico a scala di bacino nel Tirreno e ritornando verso il Canale di Sardegna.

Gli alti valori di  $S_{min}$  a Sud-Est della Sardegna superano i 37.8 psu suggerendo che questa MAW sia abbastanza vecchia.

Il contrasto in temperatura della AIS in uscita con il più caldo mar Ionio produce quello che viene chiamato Fronte Maltese, visibile dall'immagine satellitare di SST riportata in Figura 2.106.



 <b>SEAS med</b>	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data <b>Luglio 2019</b>	
 <b>ilStudio.</b> Engineering & Consulting Studio	<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	Pagina <b>17</b>	Di <b>25</b>



*Figura 2.10–Immagine satellitare della Sea Surface Temperature (SST) del Canale di Sicilia relativa al mese di Giugno 2013 che corrisponde al medesimo periodo della campagna di misura “Ancheva 2013*

### 2.2.2 Acqua intermedia

La principale massa d’acqua intermedia che attraversa il Canale di Sicilia e si riversa nel Tirreno è rappresentata dall’acqua levantina (LIW). Quest’acqua è individuabile dal massimo di salinità ( $S_{max}$ ) che è stato osservato lungo il transetto Cape Bon-Mazara del Vallo ad una profondità compresa tra i 200 e 300 metri e con un valore di  $S_{max}=38.84$  psu (Figura 2.117), in accordo con risultati ottenuti in studi precedenti, dove i più alti valori di  $S_{max}$  (38.8 psu) sono stati trovati vicino a Pantelleria.

	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
	ilStudio. Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data <b>Luglio 2019</b>
<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>		Pagina <b>18</b>	Di <b>25</b>

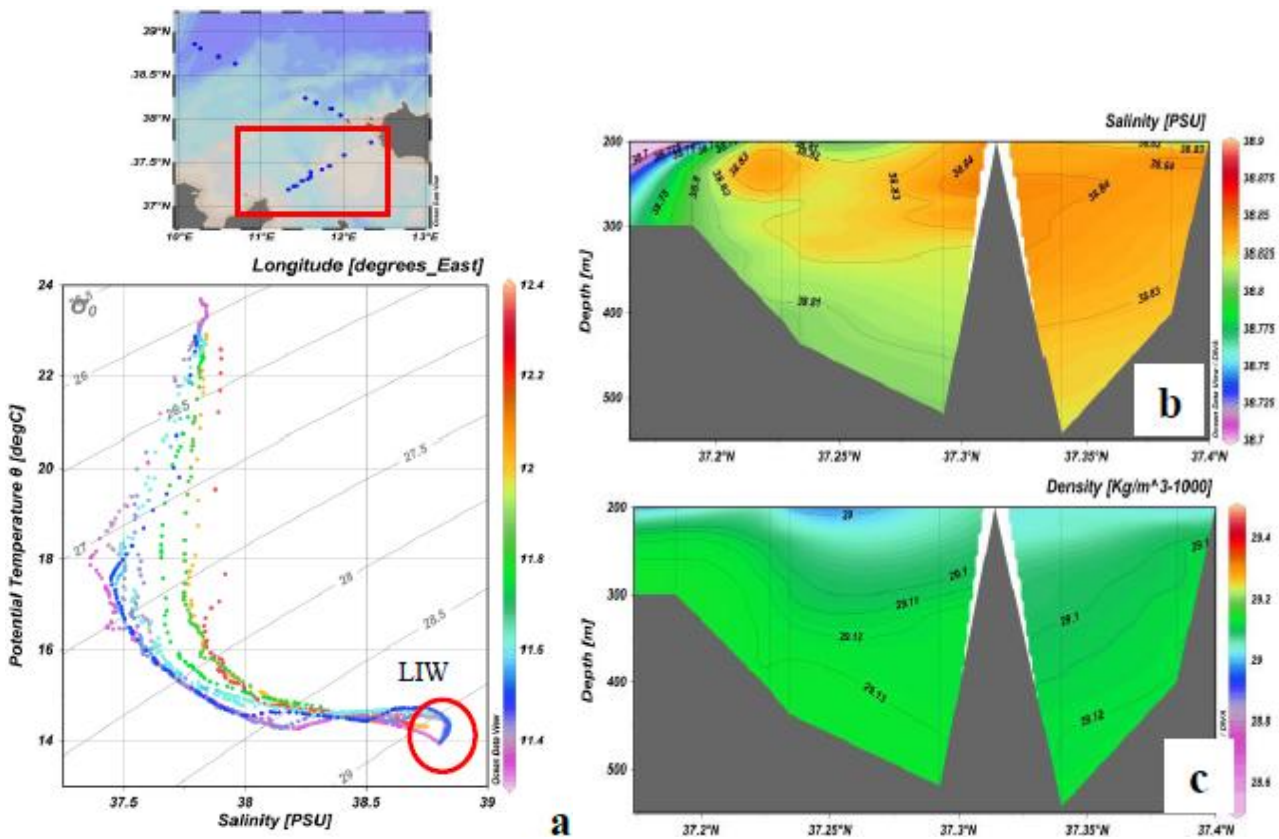


Figura 2.11– (a) Diagramma  $\theta$ -S relativo al transetto Cape Bon-Mazara del Vallo effettuato durante la campagna Ichnussa 2013. b, c: Profili CTD di salinit  (b) e densit  (c) dai 200 metri di profondit  al fondo per meglio mettere in evidenza la presenza di masse d'acqua intermedie. Si noti, inoltre, che nei profili verticali si arriva fino al 37.4°N di latitudine, poich  per le stazioni pi  vicine alla costa siciliana la batimetria non supera i 200 metri.

Inoltre, verso nord-ovest, la  $S_{max}$  decresce rapidamente di circa 0.1 psu quando si avvicina al banco di Skerki, indicando un forte mescolamento verticale.

E' comunque evidente una suddivisione del flusso che avviene, ovviamente, nel canale di Sardegna, dove una lingua di alta salinit    annessa alla piattaforma ovest della Sardegna e un'altra si estende a sud attraverso il banco di Galite (Figura 2.117).



 <b>SEAS med</b>	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data <b>Luglio 2019</b>	
 <b>iLStudio.</b> Engineering & Consulting Studio	<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	Pagina <b>19</b>	Di <b>25</b>

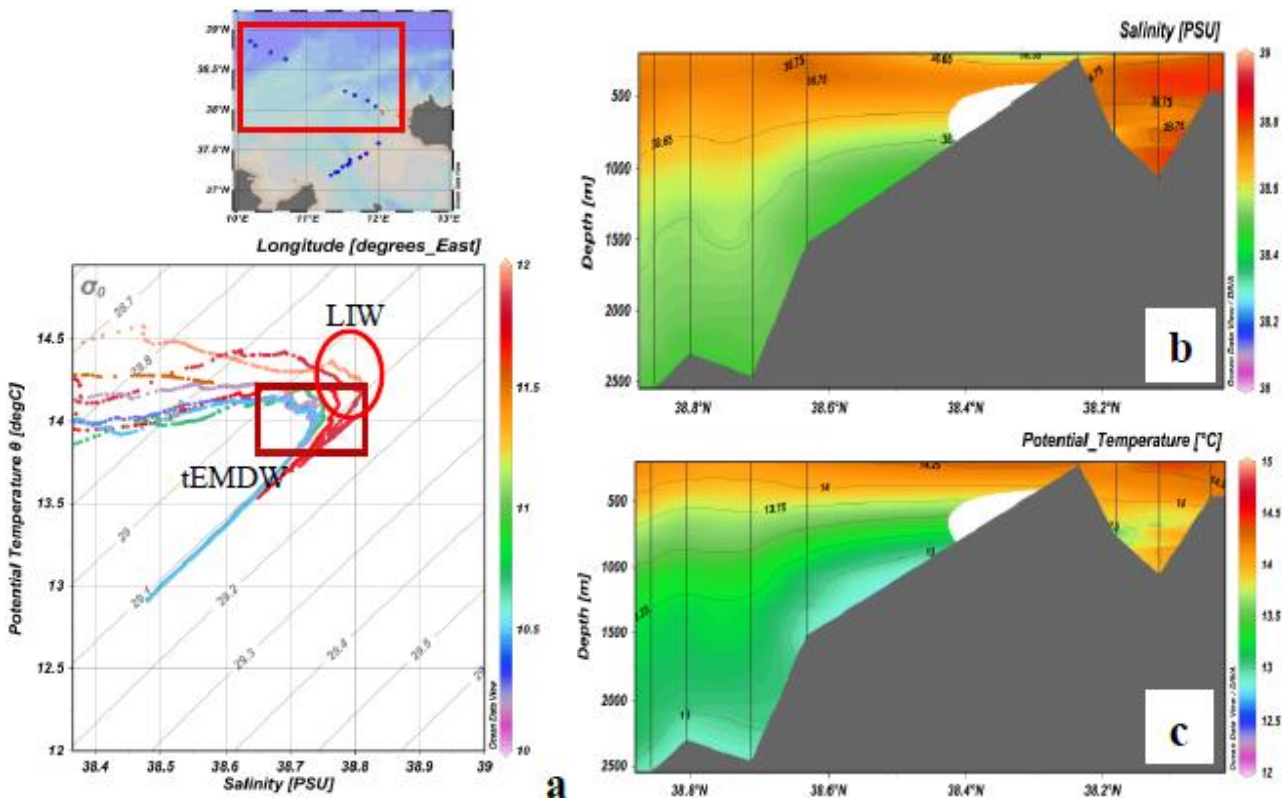


Figura 2.12– (a) Diagramma  $\theta$ -S relativo al transetto Sardegna-Sicilia effettuato durante la campagna Ichnussa 2013. b, c: profili CTD di salinità (b) e di temperatura potenziale (c) dai 200 metri di profondità al fondo.

Tra la AW e la LIW, è stato invece osservato, nel maggio 2005 lungo una significativa porzione del passaggio tunisino, un'acqua più fredda ( $\Theta < 13.8$ ) ad una profondità di 100-200 metri che corrisponde ad una salinità di 37.9-38.2 PSU.

Recentemente è stato osservato che questa nuova massa d'acqua all'interno dello strato di transizione (tra la superficie e lo strato intermedio), nella sezione tra Cape Bon-Mazara del Vallo, è contraddistinta da un minimo relativo di temperatura sul fondo della AW, che è stato associato alla Western Intermediate Water (WIW).

Nella parte occidentale del Canale di Sicilia è stata identificata acqua con caratteristiche della WIW, ma solo in inverno e in primavera e mai in autunno e in estate. E' stata studiata una rimanenza di quella che potrebbe essere la WIW all'interno del Canale di Sicilia e tra la Sicilia e la Sardegna.

Nel primo caso, infatti, è stato osservato lungo il transetto Cape Bon-Mazara del Vallo un minimo relativo di temperatura ( $\Theta \approx 14.5$ ) in vicinanza della costa tunisina, ad una profondità compresa tra 100-150 metri, tra l'acqua atlantica e quella levantina (Figura 2.117).

Allo stesso modo, segnali di quella che potrebbe essere la WIW sono stati osservati lungo il transetto Sardegna-Sicilia con un minimo relativo di temperatura  $\Theta \approx 14$  tra 100 e 150 metri di profondità e per lo più in vicinanza della costa sarda (Figura 2.128).

	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data <b>Luglio 2019</b>	
<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>		Pagina <b>20</b>	Di <b>25</b>

### 2.2.3 Acqua profonda

La  $t_{EMDW}$  è una parte dello strato d'acqua profondo più superficiale del mar Ionio, che entra attraverso la soglia orientale del canale Tunisia-Sicilia e segue la topografia di fondo come una corrente densa e profonda. Questa si trova al di sotto della LIW ed è caratterizzata da valori di salinità e temperatura più bassi rispetto a quest'ultima.

La LIW e la  $t_{EMDW}$  escono dallo stretto di Sicilia ed entrano nel Mar Tirreno come due vene indipendenti (Fig. 3). Quest'acqua ha un core caratterizzato da una  $T_{min}=13.63^{\circ}C$ , una salinità pari a 38.73 PSU ed una densità  $\sigma=29.15$ , sebbene si sia registrato, dal 1998 al 2013, un graduale aumento nei valori di temperatura ( $13.8^{\circ}C$ ) e di salinità (38.77 PSU)

 <b>ilStudio.</b> <small>Engineering &amp; Consulting Studio</small>	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data <b>Luglio 2019</b>	
<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>		Pagina <b>21</b>	Di <b>25</b>

### 3 INQUADRAMENTO IDROLOGICO DELLE AREE A TERRA

L'area interessata dalla progettazione ed esecuzione delle opere a terra (percorso cavidotto terrestre) rientra nell'area territoriale tra il Bacino Idrografico del Fiume Birgi ed il Bacino Idrografico del Fiume Lenzi, nell'area territoriale tra il Bacino Idrografico del Fiume Birgi e il Bacino Idrografico del Fiume Mazaro e nell'area territoriale del Bacino Idrografico del Fiume Arena.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

All'interno del bacino del Fiume Birgi è presente l'invaso artificiale costituito dal Lago Rubino, realizzato sul Torrente della Cuddia mediante uno sbarramento di materiale sciolto, alto circa 30 m, con nucleo centrale di tenuta di materiale argilloso.

Il serbatoio Rubino, in esercizio da diversi anni, è situato nell'area a monte del Bacino del Birgi, sul lato occidentale di Montagna Grande, ed ha una capacità utile di progetto di 10.2 Mm<sup>3</sup> d'acqua, con funzione di accumulo e modulazione dei deflussi naturali a servizio della vasta piana sottostante.

Come si osserva dalla figura Figura 3.1 il cavo attraversa, in parte, proprio l'area dove è ubicato l'invaso artificiale (zone in blu e azzurro) definite dal PAI "Area di esondazione per manovra improvvisa degli organi di scarico di superficie e di fondo e Area di esondazione per ipotetico collasso della diga Rubino".

Dato che sono aree dove si ipotizza un eventuale rischio di esondazione senza nessuna particolare limitazione e dato che il cavo passerà al di sotto di tali aree, non si ritengono rilevanti ai fini della progettazione.

Un elemento morfologico di notevole rilevanza, seppure di origine antropica, è invece rappresentato dalle numerose cave di calcarenite presenti diffusamente nei territori in studio. Si tratta in prevalenza di cave a cielo aperto ormai quasi del tutto inutilizzate, e spesso riempite da materiali di risulta delle lavorazioni di estrazione.

Verso le aree più interne, le pianure costiere di natura calcarenitica ed i terrazzi marini lasciano il posto ai depositi prevalentemente plastici di età miocenica e pliocenica, caratterizzati da un assetto morfologico collinare molto blando ed arrotondato.

Lungo tali versanti, il principale processo morfodinamico è quello legato allo scorrimento delle acque libere e all'erosione e al trasporto solido delle acque incanalate.

Laddove affiorano i terreni lapidei costituiti dalle calcilutiti del Cretaceo-Oligocene, la morfologia è rappresentata da rilievi modesti (la quota massima è di 751 m s.l.m. di Montagna Grande) ma dai versanti acclivi, a volte associati a fasce detritiche; i principali processi geomorfologici che interessano questi terreni sono la disgregazione fisica e l'erosione delle masse litoidi, con conseguenti frane di crollo e ribaltamento.



 <b>ilStudio.</b> Engineering & Consulting Studio	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data <b>Luglio 2019</b>	Pagina <b>22</b>
<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>			

La buona permeabilità delle varie coltri affioranti detritiche ed eluviali/colluviali e delle sottostanti calcareniti determina la rapida infiltrazione delle acque meteoriche e l'accumulo delle stesse nel locale acquifero a pelo libero, il cui l.f. si imposta più o meno alla quota dello zero topografico.

La generale permeabilità delle litologie affioranti inibisce il ruscellamento e la formazione di una vera e propria idrografia superficiale, che è praticamente assente nell'ambito di tutta l'area urbana marsalese.

La circolazione idrica sotterranea per lo più potrebbe risultare rallentata verticalmente e lateralmente dalle coltri eluviali un po' meno permeabili delle coltri detritiche.

In ogni caso la ragguardevole profondità nel sottosuolo degli strati saturi scongiura che un'eventuale risalita della falda, che in area litorale è per lo più subordinata al moto ondoso e delle maree, possa in qualche modo interferire con i piani di posa delle opere in progetto.



**Figura 3.1– Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico - PAI – Carta della Pericolosità Idraulica 2006 (Fonte: <http://www.sitr.regione.sicilia.it/webgisportal/default.aspx>)**

Come si osserva dalla Figura 3.1, il percorso del cavidotto di collegamento elettrico (linea fucsia), tra il punto di approdo e la stazione di consegna per l'allaccio alla rete elettrica nazionale, attraversa alcune aree (zone in celeste) definite dal Piano come "Siti di Attenzione".

	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
<b>ilStudio.</b> Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data <b>Luglio 2019</b>	
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	Pagina <b>23</b>	Di <b>25</b>

Nelle Norme tecniche del PAI i siti di attenzione vanno intesi come *“aree su cui approfondire il livello di conoscenza delle condizioni geomorfologiche e/o idrauliche in relazione alla potenziale pericolosità e rischio e su cui comunque gli eventuali interventi dovranno essere preceduti da adeguate approfondite indagini”*.

Sarà necessario pertanto verificare con l’Autorità di bacino se è necessario effettuare tali approfondimenti.



 <b>ilStudio.</b> <small>Engineering &amp; Consulting Studio</small>	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
	PROGETTO PRELIMINARE	Data <b>Luglio 2019</b>	
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	Pagina <b>24</b>	Di <b>25</b>

## 4 CONCLUSIONI

Il presente studio è stato rivolto a determinare una visione il più possibile ampia delle condizioni idrologiche del sito di progetto per fornire le informazioni necessarie e sufficienti per una progettazione a regola d'arte e in ossequio alle normative vigenti in territorio regionale e nazionale. Nell'ambito del sito di progetto, non si riconoscono condizioni, potenziali e/o in atto, di rischio o pericolosità idrologiche e idrauliche, forme d'erosione o anomalie morfologiche che andrebbero a condizionare la progettazione delle opere previste.

Alla luce di quanto relazionato in precedenza, i fenomeni di dissesto nell'area territoriale in studio sono piuttosto rari e poco estesi arealmente. Unica attenzione deve essere posta nei riguardi delle zone definite dal PAI "siti di attenzione" prevedendo, se necessario, indagini aggiuntive atte a migliorare ed approfondire la conoscenza delle stesse.

La sintesi di tutte le peculiarità geomorfologiche e idrologiche dell'area rilevata; è stata ricostruita anche grazie alla Carta dei Dissesti e della Carta delle Pericolosità e del Rischio idraulico e Geomorfologico, allegati del P.A.I. (PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO - A.R.T.A. Reg. Sicil.) che verificano l'assenza di pericolosità rilevanti nell'area in esame.

Per quanto concerne le opere da realizzare off-shore, è possibile confermare la presenza nel Canale di Sicilia di determinate masse d'acqua, strutture permanenti e semi-permanenti e di evidenziare la loro variabilità annuale.

Le misure confermano comunque la presenza di acqua atlantica che entra nel Canale di Sicilia con valori di  $S_{min}=37.5$  PSU, la cui presenza, nel mese di Ottobre, è più marcata in vicinanza della costa Tunisina. Dallo studio della variabilità di  $S_{min}$ , diversi autori hanno confermato nei loro studi l'ipotesi di un incremento dei valori di salinità per l'AW, in entrata nel canale, a partire dal 2003.

Viene confermata anche la presenza di una old MAW come flusso di ritorno dal Tirreno centrale lungo le coste sud est della Sardegna.

Nello strato intermedio, la presenza dell'acqua levantina è messa in evidenza dai valori di  $S_{max}$  (38.84 PSU), valori che diminuiscono, nel flusso in uscita, in corrispondenza del banco di Skerki a causa probabilmente di un mescolamento verticale.

I pattern di salinità hanno messo anche in evidenza la presenza di un fronte termoclinico ad est dello stretto di Sicilia, in corrispondenza del canale di Malta (intorno al 15°E), il che indica una sorta di barriera fisica alle dinamiche di circolazione superficiale.

	<b>PARCO EOLICO OFFSHORE NEL CANALE DI SICILIA</b>	Documento <b>F0119T.R09.RELIDR.00.b</b>	
<b>ilStudio.</b> Engineering & Consulting Studio	PROGETTO PRELIMINARE	Data <b>Luglio 2019</b>	
	<b>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</b>	Pagina <b>25</b>	Di <b>25</b>

*Il presente documento, composto da n. 25 pagine è protetto dalle leggi nazionali e comunitarie in tema di proprietà intellettuali delle opere professionali e non può essere riprodotto o copiato senza specifica autorizzazione.*

Taranto, Luglio 2019

Dott. Ing. Luigi Severini