

APRILE 2013

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Istanza di Permesso di Ricerca di Idrocarburi a Mare “d 68 F.R.-TU”



TRANSUNION PETROLEUM Italia S.r.l.
Viale Isacco Newton n.6
00151 Roma (Italia)

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	12
2	QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO E NORMATIVO	13
2.1	IMPOSTAZIONE DELL'ELABORATO	13
2.1.1	<i>Direttiva 2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino.....</i>	<i>13</i>
2.2	QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	14
2.3	DESCRIZIONE DEL COMMITTENTE	15
2.4	UBICAZIONE DELL'AREA DI ISTANZA DI PERMESSO DI RICERCA	16
3	QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE	18
3.1	GENERALITÀ DELL'INTERVENTO	18
3.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	18
3.2.1	<i>Complesso appenninico meridionale</i>	<i>22</i>
3.2.2	<i>Arco Calabro-peloritano.....</i>	<i>33</i>
3.2.3	<i>Relazioni tra Catena Appenninica e Arco Calabro.....</i>	<i>41</i>
3.3	TEMI DI RICERCA NELL'AREA IN ISTANZA.....	46
3.3.1	<i>Roccia serbatoio.....</i>	<i>46</i>
3.3.2	<i>Roccia di Copertura.....</i>	<i>54</i>
3.3.3	<i>Roccia madre</i>	<i>55</i>
3.3.4	<i>Trappole.....</i>	<i>56</i>
3.4	PROGRAMMA LAVORI	58
3.4.1	<i>Fase operativa di ricerca.....</i>	<i>58</i>
3.4.2	<i>Fase operativa di perforazione</i>	<i>59</i>
3.5	CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE SISMICA OFF-SHORE	59
3.5.1	<i>Indagine geofisica: generalità.....</i>	<i>59</i>
3.5.2	<i>Sorgenti di propagazione dell'energia</i>	<i>61</i>
3.5.3	<i>Generazione dei segnali sismici.....</i>	<i>62</i>
3.6	DESCRIZIONE DELLE TECNOLOGIE ADOTTATE NELLA RICERCA SISMICA OFF-SHORE	65
3.6.1	<i>Sorgente di energizzazione: l'air-gun.....</i>	<i>66</i>
3.6.2	<i>Parametri operativi di progetto per l'acquisizione sismica con air-gun.....</i>	<i>69</i>
3.6.3	<i>Tipologia delle attrezzature di registrazione.....</i>	<i>72</i>
3.6.4	<i>Navi per la prospezione sismica a mare.....</i>	<i>75</i>
3.6.5	<i>Modalità operative</i>	<i>77</i>
3.6.6	<i>Specifiche tecniche delle metodologie adottate e tempi di esecuzione</i>	<i>77</i>
3.6.7	<i>Eventuali opere di ripristino</i>	<i>78</i>
3.7	DESCRIZIONI DELLE EVENTUALI OPERAZIONI DI PERFORAZIONE	78
3.7.1	<i>Tipologia delle piattaforme di perforazione off-shore</i>	<i>78</i>
3.7.2	<i>Sistema di posizionamento dinamico.....</i>	<i>84</i>
3.7.3	<i>Tecniche di perforazione del pozzo</i>	<i>85</i>
3.7.4	<i>Attività conclusive</i>	<i>88</i>
3.7.5	<i>Tecniche di prevenzione dei rischi ambientali.....</i>	<i>89</i>
4	QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE.....	90
4.1	DELIMITAZIONI DELLE AREE INTERESSATE DALLE OPERAZIONI	90
4.2	SUOLO E SOTTOSUOLO.....	91
4.2.1	<i>Inquadramento geologico dell'area.....</i>	<i>91</i>
4.2.2	<i>Inquadramento geomorfologico e batimetrico.....</i>	<i>93</i>

4.3	AMBIENTE MARINO.....	98
4.3.1	Condizioni meteo marine	98
4.3.2	Salinità	101
4.3.3	Venti.....	110
4.3.4	Correnti marine	111
4.4	AREE VINCOLATE	115
4.4.1	Siti Rete Natura 2000.....	115
4.4.2	Aree Marine Protette	116
4.4.3	Aree di ripopolamento	122
4.4.4	Aree marine archeologiche	124
4.4.5	Aree marine militari	126
4.4.6	Vincoli paesaggistici.....	128
4.5	FLORA E FAUNA	130
4.5.1	Plancton	132
4.5.2	Fauna ittica	134
4.5.3	Mammiferi	138
4.5.4	Rettili marini	157
4.5.5	Benthos e Biocenosi	160
4.5.6	Nursery.....	171
4.6	ATTIVITÀ COMMERCIALI.....	173
4.6.1	Pesca	173
4.6.2	Traffico marittimo.....	176
5	ANALISI E STIMA DEGLI IMPATTI POTENZIALI.....	179
5.1	INTRODUZIONE	179
5.2	EMISSIONI SONORE E IMPATTO ACUSTICO	179
5.2.1	Limiti acustici per la tutela dei mammiferi marini	181
5.3	SALUTE PUBBLICA.....	184
5.4	RISCHIO SISMICO.....	184
5.5	SOTTOFONDO MARINO E SUBSIDENZA	187
5.6	IMPATTI SULLA PERCEZIONE DEL PAESAGGIO	187
5.7	AMBIENTE IDRICO MARINO.....	189
5.8	RIFIUTI	189
5.9	IMPATTI IN ATMOSFERA.....	190
5.10	OCCUPAZIONE DELLO SPECCHIO D'ACQUA.....	191
5.10.1	Interferenza con il traffico marittimo	191
5.10.2	Interferenza con le attività di pesca	192
5.11	IMPATTI SU ECOSISTEMI FLORA E FAUNA	193
5.11.1	Il metodo della matrice di Leopold	194
5.11.2	Descrizione ed esposizione delle matrici impiegate.....	196
5.11.3	Impatti sui cetacei	201
5.12	INCIDENZA SU AREE PROTETTE S.I.C. – Z.P.S.....	203
5.12.1	Valutazione degli impatti potenziali	203
5.13	IMPATTI CUMULATIVI CON ALTRI PIANI O PROGETTI	207
6	MITIGAZIONI	210
6.1	LINEE GUIDA PER LA TUTELA DEI MAMMIFERI MARINI	210
6.1.1	Linee guida emanate dal JNCC – Joint Natural Conservation Committee.....	210

6.1.2	Linee guida emanate da ACCOBAMS – Agreement on the Conservation of Cetaceans of Black Sea, Mediterranean Sea and contiguous Atlantic Area	212
6.1.3	Linee guida redatte dall' ISPA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale	216
6.2	MITIGAZIONI CHE VERRANNO ATTUATE A TUTELA DEI CETACEI	217
6.3	MITIGAZIONI ATTE AD EVITARE L'INTRAPPOLAMENTO DI TARTARUGHE	218
6.4	MITIGAZIONE DELLE INTERFERENZE CON LE ATTIVITÀ DI PESCA.....	219
7	BIBLIOGRAFIA	220
	SITOGRAFIA.....	225

INDICE DELLE FIGURE

Figura 2.1	– Ubicazione con relativo perimetro dell'area in istanza di permesso di ricerca “d 68 F.R.-TU” con indicazioni della batimetria	16
Figura 2.2	– Ubicazione dell'area in Istanza di Permesso di Ricerca (in rosso) sulla carta Nautica n° 919 “Da Punta Stilo a Campo S. Maria di Leuca”	17
Figura 3.1	– Distribuzione delle linee sismiche eseguite in passato nella zona di interesse e in tutto il Golfo di Taranto	18
Figura 3.2	– Quadro geodinamico attuale. Si possono osservare quattro zone di subduzione: zona Appennino-Magrebide da ovest verso est; zona dei Carpazi da ovest verso est; zona Dinarica-greco-taurica direzione nord-est; zona Alpina in direzione sud-est (fonte: Carminati e Doglioni 2004).....	19
Figura 3.3	– Evoluzione paleodinamica dell'area mediterranea dal Miocene superiore al presente (fonte: Finetti 2005)	20
Figura 3.4	– Vettori GPS mostrano la deriva della penisola italiana verso nord-est (fonte: Devoti et al. 2008)	21
Figura 3.5	– Evoluzione delle tre principali zone di subduzione nel Mediterraneo negli ultimi 45 Ma: Subduzione alpina, subduzione l'Appenninica e subduzione Dinarica-Ellenide (fonte: Carminati e Doglioni 2004).....	21
Figura 3.6	– Distribuzione dei tre diversi domini tettonici (Catena, Avanfossa e Avampaese) e le diverse unità sedimentarie (Carbonati Piattaforma Appenninica, Unità del bacino di Lagonegro, Depositi Plio-Pleistocenici, Carbonati Piattaforma Apula)	22
Figura 3.7	– Particolare della Carta geologica italiana della parte settentrionale del Mar Ionio.....	23
Figura 3.8	– Ricostruzione paleogeografica dell'area del Mediterraneo durante il Giurassico e Cretaceo. È possibile osservare la posizione della Piattaforma Appenninica e la Piattaforma Apula separate dal Bacino di Lagonegro (fonte: Zappaterra 1990)	24
Figura 3.9	– Schema evolutivo dell'Appennino meridionale attraverso il dominio della Piattaforma Appenninica, il Bacino di Lagonegro e la Piattaforma Apula (fonte: Scrocca et al. 2010)	25
Figura 3.10	– Cinematica semplificata dell'Appennino Meridionale con la migrazione da ovest verso est delle unità appartenenti alla Catena, Avanfossa (o <i>Foredeep</i>) e Avampaese (o <i>Foreland</i>) (fonte: Turrini et al. 2004).....	26

Figura 3.11 – Sezione geologica che mostra lo sviluppo da SO verso NE della catena. È possibile osservare le unità della Piattaforma Appenninica accavallarsi alle unità lagonegresi verso l'avampaese apulo (fonte: Turrini et al. 2004)	27
Figura 3.12 – Sezione tipo dei Calcari con Selce presso l'affioramento a Sasso di Castalda (PZ)	28
Figura 3.13 – Immagini sismiche dell'Avanfossa Bradanica (fonte: Nicolai e Gambini 2007).....	29
Figura 3.14 – Sezione strutturale che mostra come le unità della Piattaforma Apula vengono sovrascorse dalle unità appenniniche, del Bacino di Lagonegro e dalle unità del cuneo accrezionale dell'Avanfossa (fonte: Turrini et al. 2004)	30
Figura 3.15 – Parte inferiore del pozzo Puglia 1. La base della Piattaforma Apula è posta alla profondità di 6112 m ed è rappresentata da dolomie del Triassico superiore. La parte superiore del pozzo è rappresentata dai carbonati del Cretaceo medio	31
Figura 3.16 – Esempio di un banco di calcari di piattaforma biocostruito a Rudiste	32
Figura 3.17 – Particolare della Carta tettonica italiana nell'area dell'Arco Calabro-peloritano. È possibile osservare come le unità del Complesso delle Calabridi (in blu) siano delimitate a nord dalla "linea di Sangineto" e a sud dalla "linea di Taormina" (C.N.R. – Progetto finalizzato Geodinamica – Pubblicazione n. 269).....	35
Figura 3.18 – Carta morfotettonica della Calabria meridionale e Sicilia orientale. È possibile osservare la distribuzione dei numerosi segmenti di faglie normali (fonte: Monaco et al. 2007).....	37
Figura 3.19 – Sezione geologica crostale che attraversa la Calabria (fonte: Van Dijk et al. 2000).....	38
Figura 3.20 – Ipotetico lineamento tectonico da Soverato a Capo Vaticano che divide il settore settentrionale da quello meridionale dell'Arco Calabro (C.N.R. – Progetto finalizzato Geodinamica – Pubblicazione n. 269)	38
Figura 3.21 – Schema geologico-strutturale del settore settentrionale dell'Arco-calabro; 1 = sequenze medio-suprapliocenico-pleistocenico; 2 = sequenze tortoniano-infraplioceniche; 3 = Unità di Stilo; 4 = Unità di Polia-Copanella; 5 = Unità di Castagna; 6 = Unità di Bagni; 7 = Unità ofiolitifere (Unità del Frido + Unità ofiolitifera superiore); 8 = Unità di Longobucco, basamento; 9 = Unità di Longobucco, copertura; 10 = Unità sicilidi; 11 = Unità del Cilento; 12 = Unità carbonatiche della catena appenninica (fonte: Tortorici 1982)....	40
Figura 3.22 – Distribuzione delle Linee CROP in Italia meridionale. Evidenziata in viola è la linea CROP M-5 che più si avvicina all'aria in Istanza di permesso "d 68.F.R.-TU"	41
Figura 3.23 – Linea sismica regionale "CROP M-5" nello Ionio lungo l'intero sviluppo della Catena Appenninica; a) settore di Catena; b) settore di Avanfossa e Avampaese (fonte: Merlini et al. 2000).....	42
Figura 3.24 – Porosità vacuolare dovuta alla dissoluzione dei gusci di rudiste nei calcari del Cretaceo superiore della piattaforma Apula nelle Murge.....	48
Figura 3.25 – Distribuzione verticale dei processi legati al carsismo (fonte: André e Doulcet 1991).....	51
Figura 3.26 – Paleocarsismo sviluppato durante il corso del Miocene. La foto mostra due superfici di discontinuità che segnano il passaggio tra i calcari di piattaforma del Cretaceo e i depositi calcarei del Miocene. La seconda superficie di discordanza segna il passaggio tra i calcari del Miocene e le unità clastiche plioceniche (Cave di Apricena)	52

Figura 3.27 – Particolare di fenomeni paleocarsici presenti nelle Cave di Apricena	52
Figura 3.28 – Processo di formazione di una dolina o <i>sinkhole</i> (fonte: Palmer 1991)	53
Figura 3.29 – <i>Composite log</i> del pozzo Monica 1 mostra la stratigrafia nei pressi del campo petrolifero Rospo Mare. Sono visibili i calcari della Piattaforma Apula carsificati (Formazione di Cupello) ricoperti dalle unità della Formazione del Bolognano e dalle evaporiti del Messiniane.....	54
Figura 3.30 – Contatto tra la roccia di copertura pliocenica e il <i>reservoir</i> carbonatico della Piattaforma Apula nel pozzo Letizia 1.....	55
Figura 3.31 – Modello deposizionale della Piattaforma Apula con bacini di intra-piattaforma che hanno permesso l’accumulo di materiale organico e lo sviluppo di ambienti anossici	56
Figura 3.32 – Schemi delle varie tipologie di trappole nei relativi campi petroliferi. Si può osservare come i calcari della Piattaforma Apula fungano da roccia serbatoio mentre l’alloctono Plio-pleistocenico la roccia di copertura. Il sistema: Roccia madre, roccia serbatoio, roccia di copertura e trappola costituiscono il Sistema Petrolifero (fonte: Sella et al. 1988, modificata)	57
Figura 3.33 – Altri esempi di possibili trappole per idrocarburi (fonte: energy-alaska.wdfiles.com)	58
Figura 3.34 – Esempio di sezione sismica non interpretata (Progetto ViDEPI – www.nmig.sviluppoeconomico.gov.it).....	63
Figura 3.35 – Esempio di sistema di registrazione a copertura multipla. L’onda sismica riflessa dallo stesso punto P viene registrata da diversi geofoni per ogni spostamento dello stendimento (fonte: www.oilandgaslawyerblog.com)	64
Figura 3.36 – Esempio di acquisizione sismica <i>on-shore</i> e <i>off-shore</i> (fonte: www.aapg.org)	65
Figura 3.37 – Esempio di stendimento e linea di acquisizione sismica in mare (fonte: www.aapg.org)	66
Figura 3.38 – Schema di funzionamento di un “ <i>air-gun</i> ”, diviso nelle fasi di Carica “Armed”, Scoppio “Fired” e Rilascio “Implosion” (fonte: www.usgs.gov)	67
Figura 3.39 – Ampiezza normalizzata in dB per un <i>array</i> di <i>air-gun</i> configurato nella direzione parallela al moto della nave sismica (a) e perpendicolare al moto della nave (b), (fonte: www.nmfs.noaa.gov)	68
Figura 3.40 – Disposizione spaziale dei singoli elementi che compongono l’ <i>array</i> secondo il modello 4330. In verde sono rappresentati i cluster (elementi sorgente che sono sufficientemente vicini tra loro da agire come sorgente unica) in bianco le sorgenti singole ed in nero le sorgenti di appoggio nel caso di mal funzionamento	70
Figura 3.41 – Modello dello spettro della pressione sonora per un’emissione di energia in un campo lontano, secondo la configurazione 4330	71
Figura 3.42 – Modello dello spettro di ampiezza per un’emissione di energia in un campo lontano, secondo la configurazione 4330	72
Figura 3.43 – Serie di idrofoni usati per la prospezione sismica <i>off-shore</i> (fonte: www.oilonline.com)	73
Figura 3.44 – <i>Streamer</i> o cavo sismico per l’acquisizione (fonte: www.geo.uib.no)	74
Figura 3.45 – Boa di coda alla quale viene fissata l’altra estremità dello <i>streamer</i> (fonte: www.mitchamindustries.com)	74

Figura 3.46 – Piattaforma di perforazione autosollevante in navigazione trainata da rimorchiatori, a sinistra (fonte: www.en.murmanshelf.ru) e in fase di perforazione, a destra (fonte: www.pvdrilling.com.vn).....	80
Figura 3.47 – Pilone di sostegno in navigazione per una Compilant tower (a sinistra) e piattaforma operativa (a destra) (fonte: www.off-shore-technology.com)	81
Figura 3.48 – Schema di un impianto di perforazione semisommergibile, a sinistra (fonte: Treccani, 2009) e immagine di una piattaforma <i>semisub</i> in navigazione, a destra (fonte: www.worldmaritimeneews.com).....	82
Figura 3.49 – Esempio di nave di perforazione o <i>drilling ship</i> (fonte: www.drillingahead.com)	83
Figura 3.50 – <i>Thrusters</i> , generatori di spinta, che servono a contrastare le correnti marine e i venti in superficie, i quali porterebbero il mezzo alla deriva. Il <i>thrusters</i> è il mezzo per il posizionamento satellitare dinamico, associato al GPS, più utilizzato ed è in grado di mantenere perfettamente la verticale sulla testa del pozzo (fonte: www.sname.org)	84
Figura 3.51 – Torre di perforazione dove il moto rotazionale è affidato al <i>top drive</i>	86
Figura 3.52 – Profilo di un pozzo. A destra è possibile osservare che il diametro del casing diminuisce con l'aumentare della profondità (fonte: www.sciencedirect.com). A sinistra particolare di una batteria di <i>casing</i>	87
Figura 4.1 – Ubicazione del blocco in istanza di permesso di ricerca "d 68 F.R.-TU"	90
Figura 4.2 – A) Schema tettonico dell'Italia meridionale. È indicata la posizione del Golfo settentrionale del Mar Ionio e della Fossa Bradanica. Le tracce del margine della Piattaforma Apula e dell'asse del <i>forebulge</i> sono tratte da Gambini & Tozzi (1996). B) Sezione geologica (A-A') schematica trasversale al fronte della Catena Appenninica e all'Avanfossa Bradanica (Periodico dell'Ordine dei Geologi di Basilicata n. 6 ottobre, 2004).....	91
Figura 4.3 – Linea sismica interpretata che attraversa la Fossa Bradanica. È possibile osservare come i depositi pliocenici giacciono in discordanza angolare sopra i calcari della Piattaforma Apula. La linea sismica mette in evidenza le unità alloctone impilarsi attraverso faglie inverse andando a costituire il cuneo accrezionale dell'Appennino Meridionale. La Piattaforma Apula presenta una faglia normale (NW-SE) interpretabile come il risultato dei processi deformativi subiti e ancora in corso.	92
Figura 4.4 – Carta fisiografica del Golfo di Taranto. Vengono distinti le varie unità morfologiche quali: piattaforma continentale, scarpata continentale, fascia intermedia e fianchi del fondo valle con le rispettive informazioni su assi, rotture di pendenza e gradienti (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)	93
Figura 4.5 – Profilo ecografico del Banco dell'Amendolara (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)	94
Figura 4.6 – Profilo ecografico che evidenzia la presenza di episodi di scivolamenti gravitativo (o slump) nella scarpata continentale della parte settentrionale del Mar Ionio (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)	95
Figura 4.7 – Profilo ecografico nella fascia intermedia che mostra un classico esempio di piano ondulato (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978).....	96
Figura 4.8 – Carta batimetrica del Mar Ionio settentrionale.....	97
Figura 4.9 – Variazione della temperatura dell'acqua nelle stazioni di Taranto e Crotona per il periodo di riferimento dal 01/01/2009 al 04/02/2013 (fonte: www.mareografico.it)	100

Figura 4.10 – Variazione della temperatura dell’aria nelle stazioni di Taranto e Crotona per il periodo di riferimento dal 01/01/2009 al 04/02/2013 (fonte: www.mareografico.it)	101
Figura 4.11 – Variazione del livello idrometrico nelle stazioni di Taranto e Crotona per il periodo di riferimento dal 01/01/2009 al 01/05/2012 (fonte: www.mareografico.it)	101
Figura 4.12 – Mappa della distribuzione della salinità in PSU nel Mar Mediterraneo a 30 metri di profondità (fonte: www.gnoo.bo.ingv.it)	102
Figura 4.13 – Mappa delle profondità alla quale il rimescolamento delle acque (fonte: www.gnoo.bo.ingv.it)	102
Figura 4.14 – Valore medio dei minimi di salinità nell’intervallo di profondità 0-250 metri calcolato in aree di 0.5° x 0.5° per gli anni 2004, 2005, 2006 (fonte: Barbanti e Poulain, 2007)	104
Figura 4.15 – Valore medio massimi di salinità nell’intervallo di profondità 0-2000 metri, calcolato in aree di 0.5° x 0.5° per gli anni 2004, 2005, 2006 (fonte: Barbanti e Poulain, 2007)	105
Figura 4.16 – Valori medi di temperatura potenziale, salinità e numero di osservazioni per mese (fonte: Barbanti e Poulain, 2007)	106
Figura 4.17 – Profondità alla quale si trova il massimo di salinità per gli anni 2004, 2005, 2006 (fonte: Barbanti e Poulain, 2007)	107
Figura 4.18 – Temperatura potenziale alla profondità del massimo di salinità per gli anni 2004, 2005, 2006 (fonte: Barbanti e Poulain, 2007)	108
Figura 4.19 – Densità potenziale alla profondità del massimo di salinità per gli anni 2004, 2005, 2006 (fonte: Barbanti e Poulain, 2007)	109
Figura 4.20 - Confronto tra le direzioni dei venti nelle stazioni più vicine all’area di permesso di ricerca: Taranto e Crotona nel periodo compreso tra gennaio 2009 e febbraio 2013 (fonte: www.mareografico.it)	110
Figura 4.21 – Circolazione semplificata delle correnti all’interno del bacino mediterraneo. “G” sta per Gyre: sistemi di circolazione parzialmente chiusa, in cui una determinata massa d’acqua assume localmente un moto circolare indotto dalla frizione con/fra correnti maggiori e/o venti dominanti. Effetti: isolamento (in senso generale) di porzioni di oceano o di mare (fonte: Università di Padova)	111
Figura 4.22 – Carta delle correnti superficiali dei mari italiani, periodo gennaio-aprile (fonte: Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani, Istituto idrografico della Marina)	112
Figura 4.23 – Carta delle correnti superficiali dei mari italiani, periodo maggio-agosto (fonte: Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani, Istituto idrografico della Marina)	113
Figura 4.24 – Carta delle correnti superficiali dei mari italiani, periodo settembre-dicembre (fonte: Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani, Istituto idrografico della Marina)	114
Figura 4.25 – Localizzazione delle aree protette (SIC, ZPS) entro un raggio di 12 miglia nautiche rispetto l’ubicazione dell’istanza di permesso di ricerca a mare “d 68 F.R.-TU”	116
Figura 4.26 – Elenco e distribuzione delle 27 aree marine protette (fonte: www.minambiente.it)	117
Figura 4.27 – Aree marine protette nelle vicinanze della zona in oggetto di studio	118

Figura 4.28 – Area marino protetta “Porto Cesareo” su carta nautica n.27 alla scala 1:100.000 (www.minambiente.it)	119
Figura 4.29 – Area marino protetta “Capo Rizzuto” su carta nautica n. 24 e n. 25 alla scala 1:100.000 (fonte: www.minambiente.it)	121
Figura 4.30 – Esempi di oasi e barriere artificiali, composte da blocchi di cemento (fonte: www.metis-srl.eu)	123
Figura 4.31 – Aree archeologiche marine per il database di ARCHEOMAR. In arancione sono siti che presentano relitti, in verde reperti isolati mentre in giallo strutture (fonte: www.archeomar.it)	125
Figura 4.32 – Immagini del relitto n.108 probabilmente corrispondente al cacciatorpediniere “Regia marina Geniere”, sono ben visibili la prua e il cannone (fonte: www.rosetocapospulico.info).....	125
Figura 4.33 – Zone normalmente impiegate per le esercitazioni navali e di tiro e zone dello spazio aereo soggette a restrizioni Scala 1:1.700.000 (fonte: www.difesa.it)	127
Figura 4.34 – Vincoli presenti nelle zone antistanti l’area in istanza (fonte: www.sitap.beniculturali.it)	128
Figura 4.35 – Periodi riproduttivi delle specie ittiche dei mari italiani (fonte: Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell’Abruzzo e del Molise “Giuseppe Corporale”)	135
Figura 4.36 – Nove settori biogeografici dei mari italiani (fonte: Biologia Marina Mediterranea, 2010; www.sibm.it)	138
Figura 4.37 – Distribuzione della Balenottera Comune nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)	143
Figura 4.38 – Avvistamenti della Balenottera minore nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)	144
Figura 4.39 – Distribuzione dei Capodogli nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)	145
Figura 4.40 – Avvistamenti di Orche nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)	146
Figura 4.41 – Distribuzione dello Zifio nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010) ...	147
Figura 4.42 – Distribuzione del Globocefalo nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)	148
Figura 4.43 – Distribuzione del Grampo nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)	149
Figura 4.44 – Distribuzione del Tursiope nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)	150
Figura 4.45 – Distribuzione della Stenella striata nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010).....	151
Figura 4.46 – Distribuzione del Delfino comune nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010).....	152
Figura 4.47 – Distribuzione a cadenza temporale degli avvistamenti di foca validati dal 1998 al 2010. I cerchi neri indicano le località, le stelle la presenza di documentazione fotografica, i numeri tra parentesi indicano il numero di avvistamenti riferiti all’anno (fonte: Mo et al., 2011).....	153

Figura 4.48 – Mappa dei 13 settori in cui sono state divise le coste italiane per la raccolta dei dati sugli spiaggiamenti (fonte: www.mammiferimarini.unipv.it)	155
Figura 4.49 – Per un totale di 464 spiaggiamenti avvenuti nel periodo 1986 fino a settembre 2012 solo nel 22% dei casi non è stato possibile la determinazione della specie (fonte dei dati: www.mammiferimarini.unipv.it).....	157
Figura 4.50 – Spiaggiamenti di tartarughe nella parte settentrionale del Mar ionio nel periodo compreso tra il 1997 a marzo 2006 (fonte: www.sidimar.tutelamare.it).....	159
Figura 4.51 – Mappature delle praterie di <i>Posidonia Oceanica</i> nel Golfo di Taranto (fonte: www.sidimar.tutelamare.it , modificata).....	162
Figura 4.52 – I dati provenienti dalle campagne sperimentali MEDITS condotte dal 1994 al 2010 hanno reso possibile la realizzazione delle mappe di distribuzione geografica delle Nursery per: a) Nasello (<i>Merluccius merluccius</i>); b) Gambero Rosa (<i>Parapeneus longirostris</i>); c) Scampo (<i>Nephrops norvegicus</i>), (fonte: www.politicheagricole.it – Stato della natura della pesca 2011 – Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali).....	172
Figura 4.53 – Distribuzione delle sub-aree geografiche che compongono la ripartizione del Mediterraneo istituite dalla Commissione Generale per la Pesca nel Mediterraneo (fonte: www.politicheagricole.it – Stato della natura della pesca 2011 – Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali)	174
Figura 4.54 – Delimitazione geografica della GSA 19. Le linee blu e blu scuro indicano rispettivamente le profondità batimetriche di 200 e 800 metri. Sono inoltre riportate le Capitanerie di porto dei rispettivi Compartimenti marittimi (fonte: www.politicheagricole.it – Stato della natura della pesca 2011 – Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali).....	175
Figura 4.55 – La carta evidenzia quali porti sono maggiormente coinvolti nelle rotte del mare. Cerchiati in rosso si segnalano i passaggi strategici come lo stretto di Gibilterra, il canale di Suez e il corridoio siculo-tunisino. In blu sono rappresentate le principali rotte delle navi che collegano il nord Europa all’Asia (fonte: www.temi.repubblica.it/limes)	177
Figura 4.56 – Dati relativi al traffico navale del porto di Taranto nel periodo febbraio-marzo 2013 (fonte: www.marinetraffic.com)	178
Figura 5.1 - Curve di Wenz: l'asse verticale mostra i valori dei livelli sonori (dB re 1 μ Pa), mentre quello orizzontale le frequenze (fonte: Wenz, 1962).....	180
Figura 5.2 – Grafico riportante il range di frequenze percepite dai mammiferi marini, con indicazione delle frequenze prodotte dagli <i>air-gun</i> (fonte: Lanfredi et al., 2009).....	182
Figura 5.3 – Mappa della classificazione sismica per il territorio italiano nei diversi comuni. Da notare i comuni che si affacciano nel Golfo di Taranto sono classificati da rischio medio (Zona 2) a rischio molto basso (Zona 4) (fonte: www.protezionecivile.gov.it)	185
Figura 5.4 – Particolare della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale italiano nella zona del Golfo di Taranto; è riportata la posizione dell’area in istanza (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, modificata).....	186
Figura 5.5 – Distanza geometrica dell’orizzonte	188

Figura 5.6 – La linea gialla indica la distanza di 15,6 km dalla linea di costa. Il limite dunque segna la distanza massima in condizioni ottimali di visibilità entro cui è possibile osservare da un’altezza di 2 metri sulla linea di costa una nave altezza di 7 metri. 189

Figura 5.7 – Esempio di matrice azioni-componenti ambientali e le eventuali interazioni nelle caselle di intersezione 195

Figura 5.8 – Aree SIC e ZPS presenti nel Golfo Ionico. La circonferenza indica una distanza di 12 miglia nautiche dal perimetro esterno dell’area in istanza. 204

Figura 5.9 – Mappature delle praterie di Posidonia Oceanica in corrispondenza dell’area protetta denominata “Secca di Amendolara” (IT9310053) (fonte: www.sidimar.tutelamare.it) 205

Figura 5.10 – Localizzazione dell’area oggetto di istanza di permesso di ricerca “d 68 F.R.-TU” e distribuzione delle altre istanze o titoli minerari presenti nelle zone limitrofe..... 208

Figura 6.1 – A sinistra: esempio di Boa di coda, fissata all’estremità del cavo sismico (fonte: www.mitchamindustries.com).A destra: dispositivo che esclude la possibilità di intrappolamento delle tartarughe marine, (fonte: www.ketosecology.co.uk)..... 219

INDICE DEGLI ALLEGATI

- Allegato 1:** carta nautica;
- Allegato 2:** carta batimetrica;
- Allegato 3:** carta dei Siti Rete Natura 2000;
- Allegato 4:** descrizione dei Siti Rete Natura 2000;
- Allegato 5:** schede tecniche siti SIC-ZPS.

Studio preparato da G.E.Plan Consulting S.r.l.

Redatto	Approvato
Dott. Valentina Negri, Dott. Stefano Borello	Dott. Geol. Raffaele di Cuia

1 INTRODUZIONE

L'area che comprende l'Appennino meridionale ed il suo avampaese è stata coinvolta negli ultimi milioni di anni in vari eventi deformativi che hanno interessato sia i sedimenti di avanfossa che il substrato calcareo Meso-Cenozoico. Questa parte della catena appenninica meridionale ha sempre avuto grandi potenzialità per la ricerca e la produzione di idrocarburi, potenzialità confermate dall'intensa attività di esplorazione e produzione che, soprattutto tra gli anni '60 e '80 ha portato alla scoperta di numerosi accumuli di idrocarburi gassosi e liquidi (nella porzione più orientale della catena e nella zona di avanfossa) e negli anni '90 ha consentito di scoprire importanti giacimenti di idrocarburi liquidi che tutt'ora sono tra i più importanti accumuli di idrocarburi in terraferma in Europa. L'attività esplorativa in queste varie fasi si è concentrata prevalentemente a terra, mentre la porzione a mare dello stesso segmento di catena appenninica è stato esplorato in maniera molto marginale. Questo dato è confermato dalla scarsità di pozzi esplorativi *off-shore* e di campagne di acquisizione sismica in mare. In questo quadro geologico-esplorativo Transunion Petroleum Italia S.r.l. ha raccolto tutte le informazioni disponibili sulla geologica e sull'evoluzione strutturale dell'area oltre che tutti i dati possibili riguardanti le precedenti campagne esplorative per costruire un proprio modello geologico strutturale che, in base alle informazioni al momento presenti, conferma le potenzialità dell'area in oggetto. Su questo modello Transunion Petroleum Italia s.r.l. ha costruito una strategia esplorativa innovativa per l'area in esame, al fine di evidenziare, grazie alle moderne tecnologie, la presenza di accumuli di idrocarburi economicamente sfruttabili.

Per quest'area Transunion ha presentato un'istanza di permesso di ricerca proponendo, nel programma lavori, studi che possano portare alla miglior comprensione della situazione geologica e della potenzialità geomineraria. Il permesso di ricerca è un titolo minerario esclusivo, rilasciato dal Ministero dello Sviluppo Economico, su istanza della parte interessata che presenta il programma di ricerca che intende sviluppare. I progetti sono sottoposti alla procedura di valutazione di impatto ambientale (VIA) e all'espressione del giudizio di compatibilità ambientale da parte del Ministero dell'Ambiente. Per i titoli minerari in mare sono coinvolti il Ministero dello Sviluppo Economico, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, il Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, Ministero per i Beni e le Attività Culturali, il Ministero della Difesa e le Capitanerie di Porto.

In linea con il nuovo Piano Energetico Nazionale e considerando il punto di vista delle opportunità nel settore dell'oil & gas, è doveroso considerare che l'Italia dispone delle risorse necessarie per aumentare in modo significativo la produzione nazionale di idrocarburi, riducendo la propria dipendenza dalle importazioni. Lo sviluppo di questo potenziale può giocare un ruolo strategico per l'Italia e Transunion può offrire un importante contributo in termini di investimenti, esperienza acquisita in situazioni geologicamente e ambientalmente simili, competenze tecnologiche all'avanguardia e sostenibilità.

La procedura di VIA a cui è soggetto il presente studio, si riferisce all'attività di acquisizione di dati geofisici, condotta grazie all'utilizzo di una particolare strumentazione denominata *air-gun*. I rilievi geofisici rappresentano uno strumento fondamentale per esplorare le caratteristiche geologiche e le risorse del nostro sottosuolo.

È importante precisare che un'eventuale fase di perforazione dovrà essere oggetto di una nuova proposta progettuale da sottoporre a procedura di Valutazione di Impatto Ambientale e soggetta a specifica autorizzazione da parte del Ministero dello Sviluppo Economico.

2 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO E NORMATIVO

2.1 IMPOSTAZIONE DELL'ELABORATO

Lo scopo di questo studio è quello di analizzare e valutare i potenziali impatti legati alle attività che verranno svolte nell'ambito dell'acquisizione di linee simiche all'interno dell'istanza di permesso di ricerca di idrocarburi a mare denominata "d 68 F.R.-TU".

Il presente elaborato è stato redatto ai sensi della normativa nazionale in materia di valutazione di impatto ambientale (D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152 recante "Norme in materia ambientale" e s.m.i.). Inoltre, al fine di individuare e valutare i principali effetti che il progetto potrebbe avere sui siti Natura 2000 presenti lungo le coste limitrofe all'area in istanza, il presente studio di impatto ambientale contiene anche gli elementi sulla compatibilità fra progetto e finalità conservative di tali siti, in base agli indirizzi dell'allegato G al D.P.R. 357/97.

Lo studio si articola secondo cinque sezioni:

- quadro di riferimento programmatico e normativo;
- quadro di riferimento progettuale;
- quadro di riferimento ambientale;
- analisi e stima degli impatti potenziali;
- mitigazioni proposte.

Il primo punto raccoglie le informazioni sulla normativa di riferimento e dà una descrizione dell'ubicazione dell'area in istanza.

Proseguendo nel quadro di riferimento progettuale vengono fornite le generalità dell'intervento insieme ad una dettagliata descrizione del progetto. Verrà presentato un ampio inquadramento del territorio in termini geologici con particolari riferimenti all'area in istanza, ai temi della ricerca ed agli obiettivi previsti. Una particolare sezione mostrerà le caratteristiche tecnico-fisiche dell'attività proposta con una descrizione degli interventi, delle attività necessarie alla realizzazione dell'opera, dell'eventuale utilizzo di risorse naturali e delle misure di prevenzione adottate.

Successivamente, all'interno del quadro di riferimento ambientale, verrà fornita una valutazione delle componenti ambientali quali l'inquadramento geomorfologico e batimetrico, le condizioni meteo marine, eventuali aree vincolate, una descrizione della flora e fauna dell'area ed eventuali ricettori sensibili presenti nell'area.

La sezione dell'analisi e stima degli impatti ambientali fornirà, invece, uno studio sui probabili impatti indotti dalle attività in progetto sul sistema ambientale nel suo complesso, ponendo particolare attenzione ai potenziali impatti sui siti Rete Natura 2000, aree SIC e ZPS, presenti nelle aree limitrofe dell'area oggetto di indagine sismica.

In conclusione verranno presentate le misure di mitigazione degli effetti da adottare per il contenimento degli impatti e per la prevenzione dei rischi.

2.1.1 Direttiva 2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino

La direttiva 2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino è stata redatta dal Parlamento Europeo e dal Consiglio il 17 giugno 2008 ed istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per

l'ambiente marino. Con il successivo decreto italiano "D.Lgs. n. 190" del 13 ottobre 2010 "Attuazione della direttiva 2008/56/CE" la direttiva viene recepita costituendo il primo strumento normativo vincolante che considera l'ambiente marino un patrimonio prezioso da proteggere, salvaguardare e, ove possibile e necessario, da ripristinare al fine di proteggere la biodiversità e preservare la vitalità di mari e oceani.

Il motivo che ha portato il Parlamento Europeo, con il benessere dei paesi facenti parte l'Unione, a promuovere tale Direttiva è il raggiungimento, entro l'anno 2020, del "Good Environmental Status" ("Buono Stato Ambientale") delle acque marine degli Stati membri dell'Unione Europea. Il significato di "Good Environmental status", rappresenta uno dei concetti cardine della Direttiva in esame e viene definito come lo "stato ambientale delle acque marine tale per cui le stesse preservano la diversità ecologica e la vitalità di mari e oceani puliti, sani e produttivi nelle proprie condizioni intrinseche e tale per cui l'utilizzo dell'ambiente marino si svolge in modo sostenibile, salvaguardandone le potenzialità per gli usi e le attività delle generazioni presenti e future". La Direttiva mira allo sviluppo, da parte degli Stati membri, di una "Strategia Marina" atta a finalizzata al conseguimento del "Good Environmental Status" entro il 2020 per tutte le acque marine sottoposte alla giurisdizione di ciascun paese a partire da un miglio dalla costa o dalla linea di costa per i comparti che non sono considerati acque costiere nell'ambito della Direttiva 2000/60/9CE (direttiva quadro sulle acque).

Il D.Lgs. 190/2010 che ha permesso l'attuazione a livello nazionale la Direttiva, prevede che il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare promuova e coordini "la valutazione iniziale dello stato attuale e dell'impatto delle attività antropiche sull'ambiente marino, sulla base dei dati e delle informazioni esistenti". Ai sensi del D.Lgs. 190/2010 tale valutazione deve includere principalmente:

- un'analisi degli elementi, delle caratteristiche essenziali e dello stato ambientale attuale di ciascuna regione marina, sulla base dell'elenco indicativo degli elementi riportati nella tabella 1 dell'allegato III della Direttiva;
- un'analisi dei principali impatti e delle pressioni che influiscono sullo stato ambientale della regione o sottoregione marina, e che tenga conto delle tendenze rilevabili e consideri i principali effetti cumulativi e sinergici, nonché delle valutazioni pertinenti, effettuate in base alla vigente legislazione comunitaria;
- un'analisi degli aspetti socio-economici dell'utilizzo dell'ambiente marino e dei costi del suo degrado.

2.2 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

- Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 4 marzo 2011, recante "Disciplinare tipo per i permessi di prospezione e di ricerca e per le concessioni di coltivazione di idrocarburi liquidi e gassosi in terraferma, nel mare e nella piattaforma continentale";
- Decreto Legislativo del 10 dicembre 2010, n. 219, recante "Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norma in materia ambientale, a norma dell'articolo 12 della legge 18 giugno 2009, n. 69" (D.Lgs. 128/10);
- Decreto Legislativo del 13 ottobre 2010, n. 190, recante "Attuazione della direttiva 2008/56/CE" (D.Lgs. n. 190);
- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 22 gennaio 2009, recante "Modifica del decreto 17 ottobre 2007, concernente i criteri minimi uniformi per la

- definizione di misure di conservazione relative a Zone Speciali di Conservazione (ZSC) e Zone di Protezione Speciale (ZPS)”;
- Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 novembre 2009, n. 2009/147/CE, “Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio concernente la conservazione degli uccelli selvatici”;
 - Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 17 giugno 2008, n. 2008/56/CE, concernente la strategia per l’ambiente marino;
 - Decreto Legislativo 16 gennaio 2008, n. 4, recante “Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale” (D.Lgs. 4/08);
 - Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 7 marzo 2007, recante “Modifiche al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 3 settembre 1999, recante: "Atto di indirizzo e coordinamento per l'attuazione dell'articolo 40, comma 1, della legge 22 febbraio 1994, n. 146, concernente disposizioni in materia di valutazione dell'impatto ambientale";
 - Decreto del Presidente della Repubblica del 12 marzo 2003, n. 120, recante “Modifiche ed integrazioni al decreto del Presidente della Repubblica 8 settembre 1997, n.357, concernente attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche” (D.P.R. 120/03);
 - Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 maggio 1992, n. 92/43/CEE, relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche (Direttiva Habitat);
 - Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 27 dicembre 1988, recante “Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale e la formulazione del giudizio di compatibilità di cui all'art. 6, L. 8 luglio 1986, n. 349, adottate ai sensi dell'art. 3 del D.P.C.M. 10 agosto 1988, n. 377”;
 - Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio del 2 aprile 1979, n. 79/409/CEE, concernente la conservazione degli uccelli selvatici (Direttiva Uccelli).

2.3 DESCRIZIONE DEL COMMITTENTE

La Transunion Petroleum Italia S.r.l. (TUPI) ha sede legale a Roma ed è una compagnia interamente controllata dalla Cairn Energy PLC (CAIRN). Cairn è una società indipendente, tra i maggiori leader in Europa, che opera nel settore petrolifero in ambito di esplorazione e sviluppo, quotata nella Borsa di Londra. Cairn ha sede a Edimburgo, in Scozia, sostenuto da sedi operative a Londra, Groenlandia, Norvegia, Spagna e Marocco.

La sua grande esperienza svolta in varie sedi, ha permesso di scoprire e sviluppare riserve di petrolio e gas in diverse parti del mondo. La società ha storicamente concentrato le sue attività sulle regioni meridionali dell’Asia dove ha operato per più di 20 anni. Durante questo periodo ha scoperto, sviluppato e prodotto olio e gas sia *off-shore* che *on-shore* in Bangladesh e in India, effettuando più di 40 importanti scoperte. In particolare, Cairn ha realizzato un’importante scoperta di petrolio in Rajasthan nel nord-ovest dell’India, all’inizio del 2004, in cui oltre 25 scoperte da allora sono state fatte con il potenziale di fornire più del 30% della produzione di greggio in India. Oggi, Cairn continua a detenere una partecipazione del 10% in Cairn India Limited.

Le operazioni commerciali di Cairn sono ora principalmente concentrate in tre aree geografiche:

- Europa nord-occidentale tra il Mare del Nord;
- coesplorazione di frontiera che include il margine settentrionale della Groenlandia;

- Mediterraneo nel Nord Africa.

2.4 UBICAZIONE DELL'AREA DI ISTANZA DI PERMESSO DI RICERCA

La procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, relativa alla fase operativa di ricerca del programma lavori, rientra all'interno del procedimento unico di conferimento del permesso di ricerca "d 68 F.R.-TU", per il quale è stata presentata un'istanza al Ministero dello Sviluppo Economico in data 31 luglio 2009 e successivamente pubblicata sul Bollettino Ufficiale degli Idrocarburi e della Geotermia (BUIG), Anno LIII n. 8, del 31 agosto 2009.

L'area in istanza è situata nel Golfo di Taranto di fronte alle coste della Basilicata e della Calabria (tra Policoro, MT, e Trebisacce, CS). Il limite occidentale dell'area si trova ad oltre cinque miglia nautiche (9,3 km) dalla costa e la profondità dell'acqua va da un minimo di 45 metri, nel margine occidentale dell'area, ad oltre 1300 metri nella zona più orientale (Figura 2.1).

Lo specchio d'acqua interessato dall'area in istanza ha un'estensione complessiva di 623,47 km² e ricade all'interno delle zone marine convenzionalmente denominate "D" e "F".

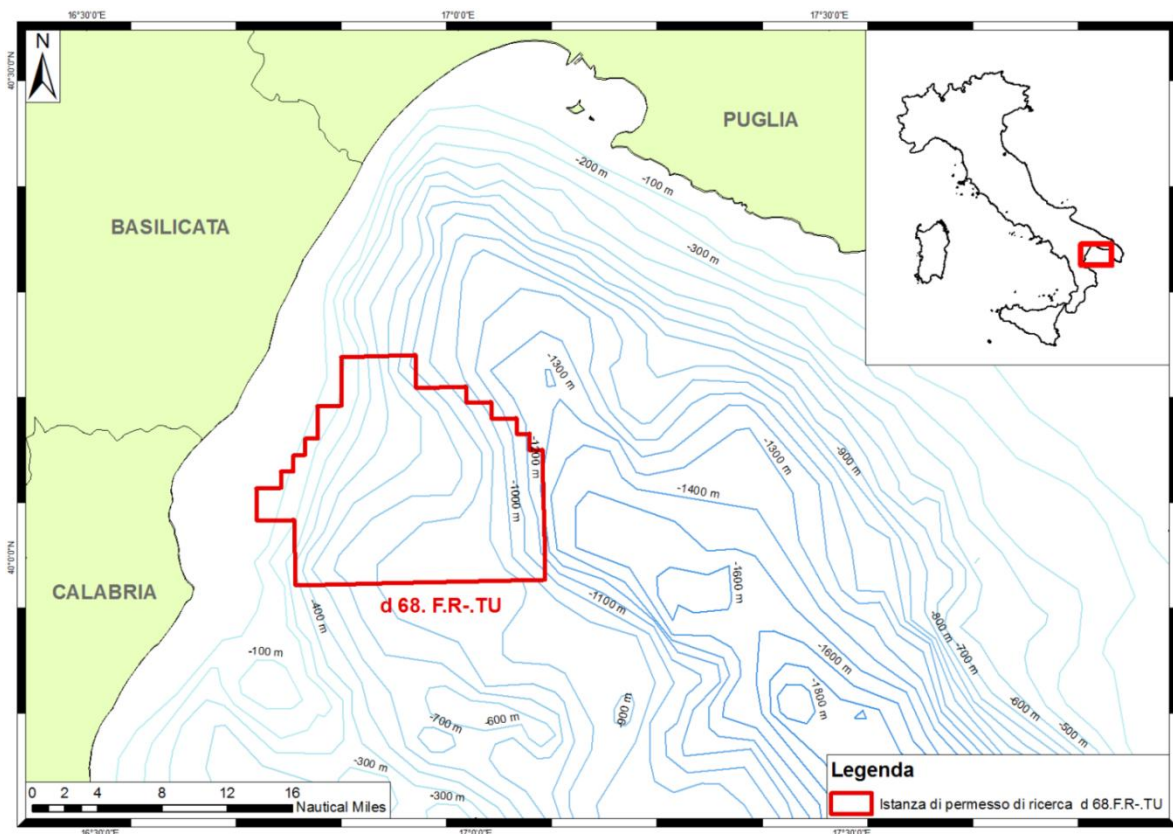


Figura 2.1 – Ubicazione con relativo perimetro dell'area in istanza di permesso di ricerca "d 68 F.R.-TU" con indicazioni della batimetria

L'attività proposta ha carattere temporaneo e non prevede in alcun modo la realizzazione di opere permanenti in mare o a terra. Una volta terminata l'attività di indagine geofisica, tutte le apparecchiature utilizzate saranno issate a bordo e sul posto non verrà lasciato alcun tipo di strumentazione.

La Figura 2.2 mostra l'area in istanza di permesso di ricerca sulla cartografia Nautica dell'Istituto Idrografico della Marina (carta n° 919 "Da Punta Stilo a Campo S. Maria di Leuca").

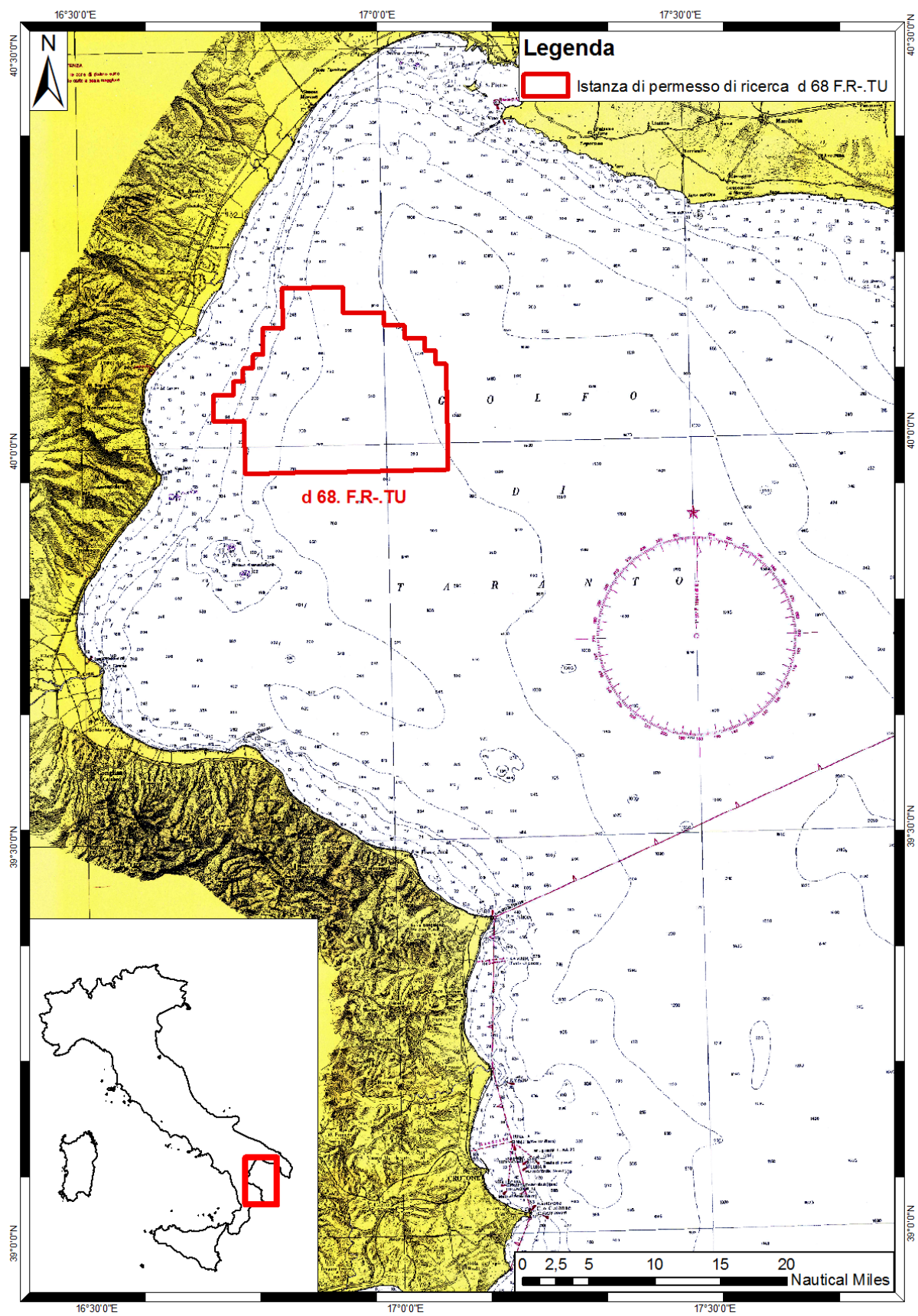


Figura 2.2 – Ubicazione dell’area in Istanza di Permesso di Ricerca (in rosso) sulla carta Nautica n° 919 “Da Punta Stilo a Campo S. Maria di Leuca”

3 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

3.1 GENERALITÀ DELL'INTERVENTO

L'area di Istanza del permesso di ricerca "d 68 F.R.-TU" è ubicata nel Mar Ionio e più precisamente all'interno il Golfo di Taranto. Il blocco oggetto di studio ricade all'interno della zone marine "D" e "F" e si affaccia sulle coste calabresi, a oltre 10 chilometri da Capo Spulico (CS) e Lucane, a oltre 8 chilometri ad est della Foce del Sinni (MA).

L'indagine geofisica di rilievo sismico 2D in previsione mira a ridefinire le principali caratteristiche, tra cui estensione e natura, delle strutture geologiche sommerse presenti nella zona del Mar Ionio oggetto dell'istanza. Gli scopi scientifici principali di questa indagine sono quelli di estendere e completare la copertura sismica già esistente. Questi obiettivi avranno come risultato una rivalutazione del bacino sedimentario dell'area del Golfo di Taranto, una mappatura della "roccia madre" degli idrocarburi, nonché la direzione e l'estensione massima di migrazione degli stessi, attraverso l'analisi dei dati che verranno ricavati utilizzando le più moderne tecnologie. In Figura 3.1 si possono visualizzare in blu le linee sismiche eseguite in passato.

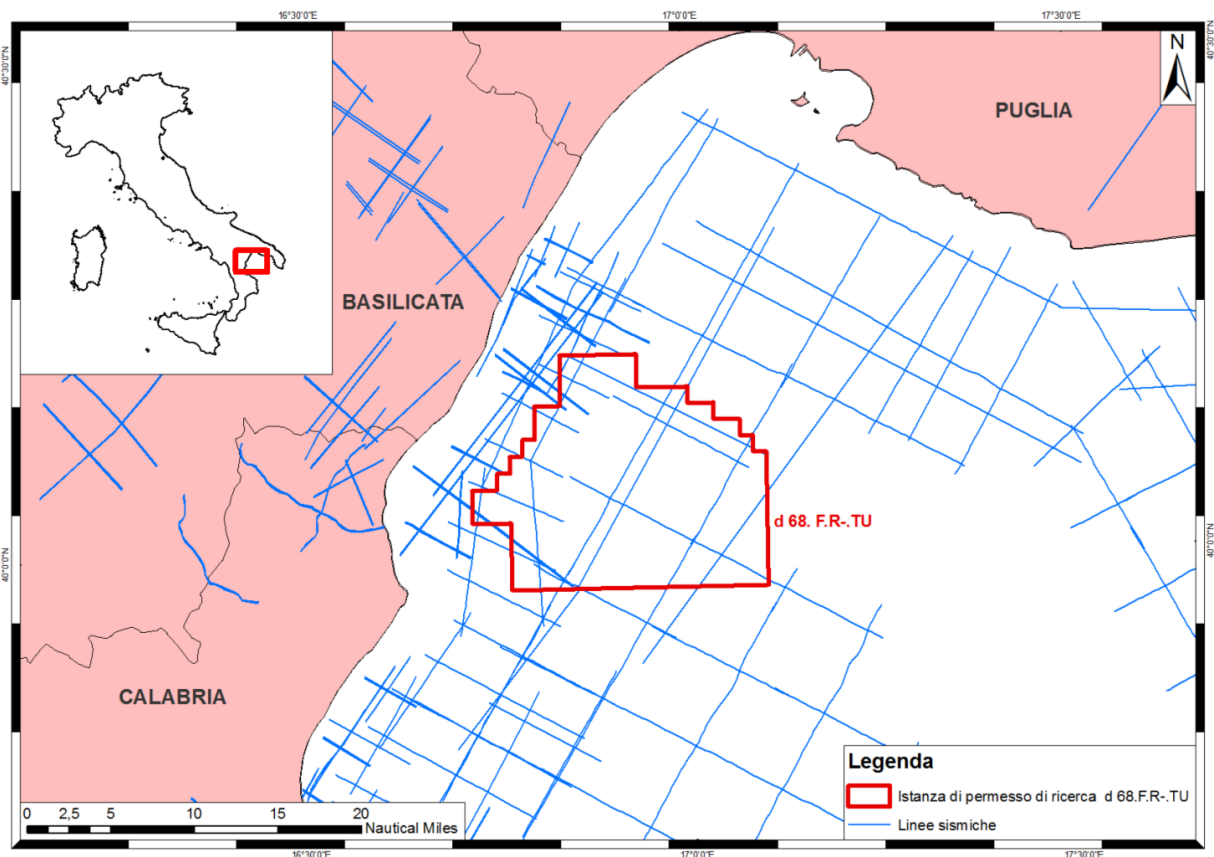


Figura 3.1 – Distribuzione delle linee sismiche eseguite in passato nella zona di interesse e in tutto il Golfo di Taranto

3.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Sotto un punto di vista dell'inquadramento geologico-regionale, l'area in istanza di permesso di ricerca ricade nella porzione meridionale della Catena Appenninica, un sistema di faglie e sovrascorrimenti prodotto dall'interazione di sedimenti appartenenti sia a domini di placca continentale europea sia a quelli

africani. La situazione geologica rappresenta il risultato dell'orogenesi del Mediterraneo avvenuta durante la collisione continentale del Neogene – Quaternario tra l'Africa con la placca Adria o promontorio Apulo e la placca europea (Viti et al. 2011). Il promontorio Apulo viene considerato a volte come una microplacca che ha un ruolo importante nell'evoluzione generale del Mar Mediterraneo (Channell et al. 1979).

La storia evolutiva dell'area mediterranea è molto complessa ed è stata influenzata principalmente dal *rifting* dopo l'orogenesi del Varisico. Durante il Mesozoico è possibile osservare lo sviluppo di estese piattaforme carbonatiche diffuse nelle aree oceaniche della Tetide e lungo i margini continentali passivi. Il regime estensionale durante il tardo Mesozoico vede un'inversione con lo sviluppo di margini continentali e la formazione di zone di subduzione (Figura 3.2, Figura 3.5) (Carminati e Doglioni 2004).

La composizione eterogenea della crosta continentale e quella oceanica, la densità e lo spessore ereditato dalla spaccatura Mesozoica controllano la posizione, la distribuzione e l'evoluzione delle nuove zone di subduzione.

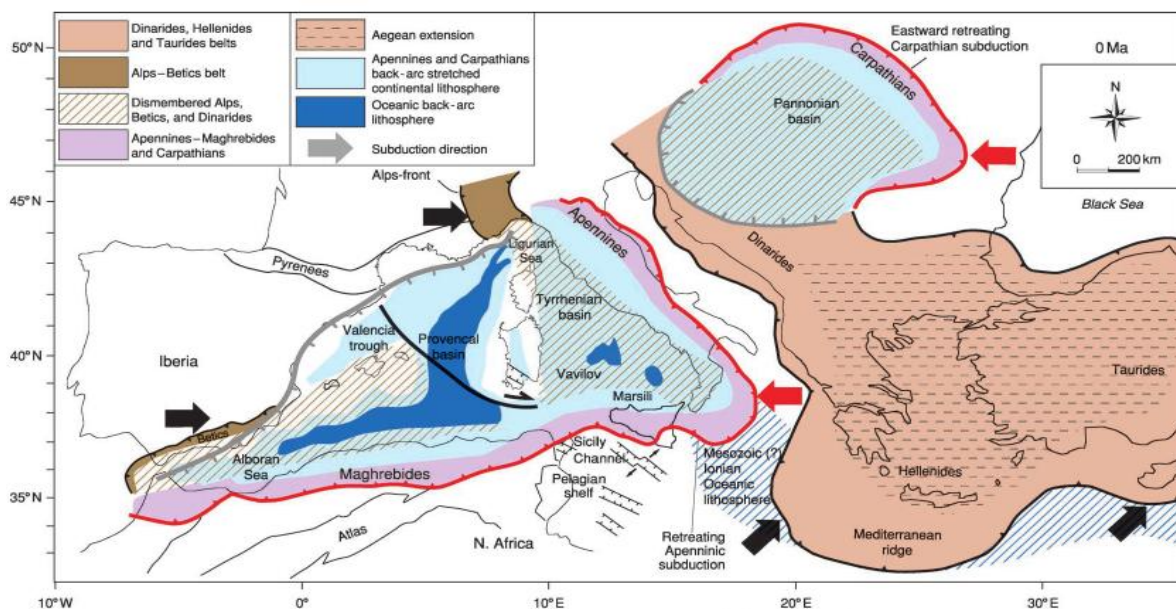
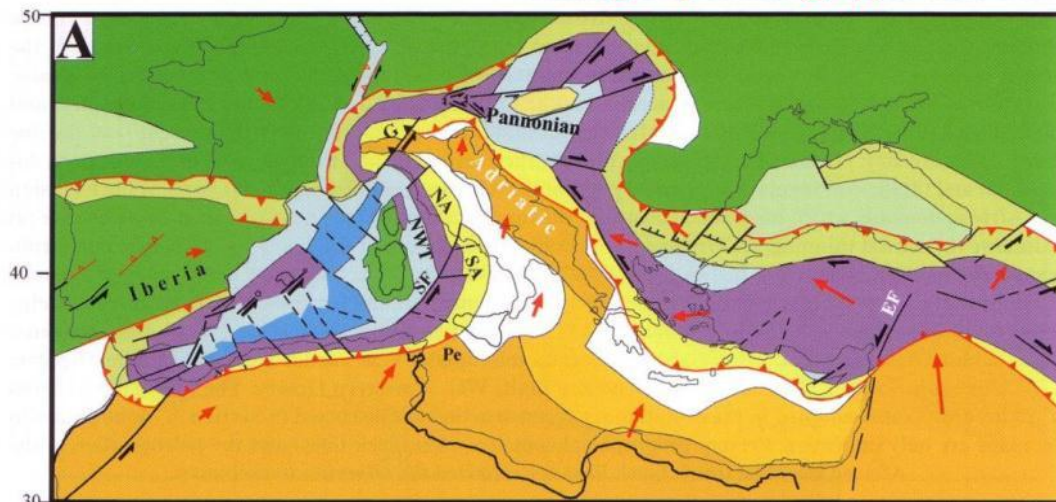


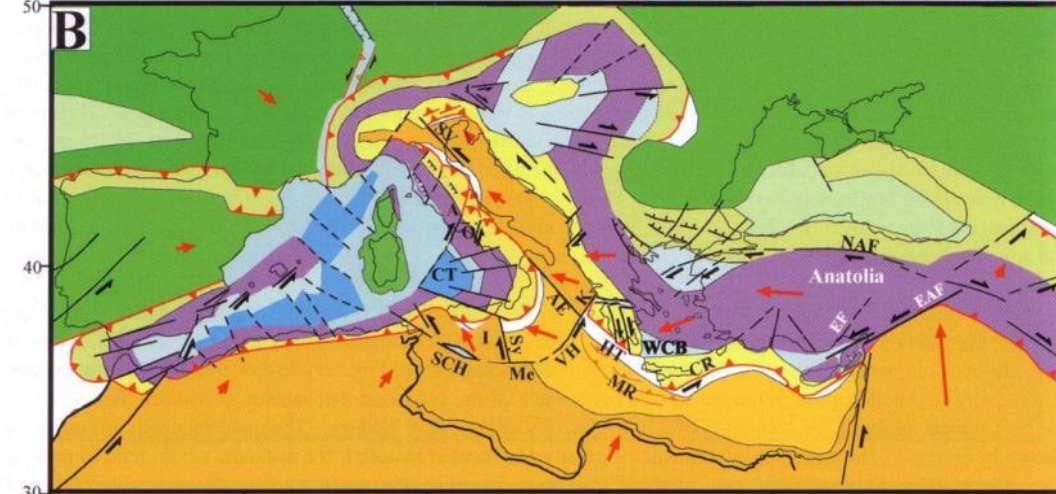
Figura 3.2 – Quadro geodinamico attuale. Si possono osservare quattro zone di subduzione: zona Appennino-Magrebide da ovest verso est; zona dei Carpazi da ovest verso est; zona Dinarica-greco-taurica direzione nord-est; zona Alpina in direzione sud-est (fonte: Carminati e Doglioni 2004)

Il bacino del Mediterraneo rappresenta oltre ad un bacino sedimentario, anche un bacino evaporitico, che durante il Messiniano, si è prosciugato più volte, aumentando la salinità e conseguente deposizione di sequenze evaporitiche. Il moto relativo tra l'Africa e l'Europa a partire dal Neogene è ancora in discussione ma la maggior parte delle ricostruzioni mostrano direzioni di movimento relativo tra il nord-ovest e nord-est. Questo movimento è confermato dai dati spaziali geodetici recenti, in cui l'Africa mostra una componente nord-sud di relativa convergenza in Europa di circa 5 mm/anno. I moti assoluti delle placche Europa e Africa mostrano direzioni verso nord-est e non nord-ovest come di solito assunto (database NASA). L'attuale campo di stress è principalmente legato alla rotazione in senso antiorario d'Italia che si sta chiudendo nel mar Adriatico tra Appennino e la catena delle Dinaridi. Questa convergenza è evidente dai vettori GPS (Devoti et al. 2008) e anche dai meccanismi focali dei terremoti (Herak et al. 1995, Herak et al. 2005). I vari terremoti dell'area centro mediterranea presentano per lo più un campo di sollecitazione orientato NE-SO (Herak et al. 2005).

Palaeogeodynamics @ Upper Miocene



Palaeogeodynamics @ Upper Pliocene



Palaeogeodynamics @ Present

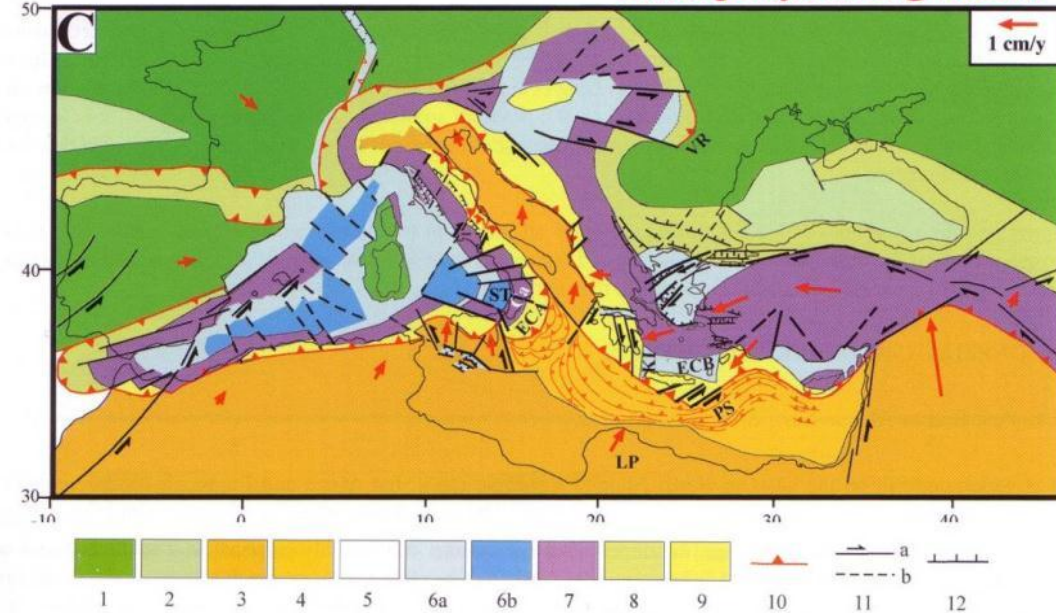


Figura 3.3 – Evoluzione paleodinamica dell'area mediterranea dal Miocene superiore al presente (fonte: Finetti 2005)

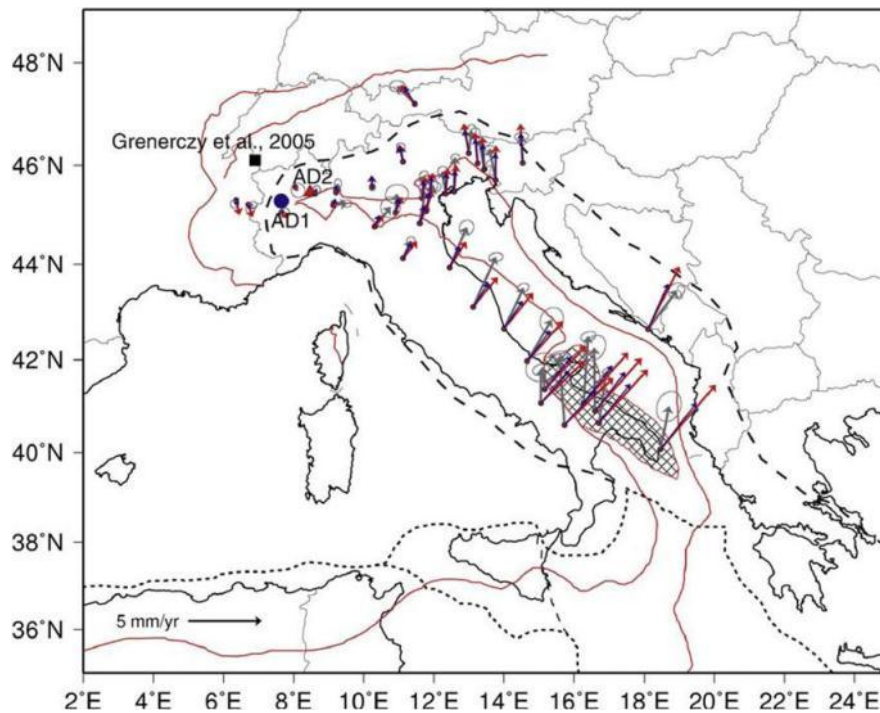


Figura 3.4 – Vettori GPS mostrano la deriva della penisola italiana verso nord-est (fonte: Devoti et al. 2008)

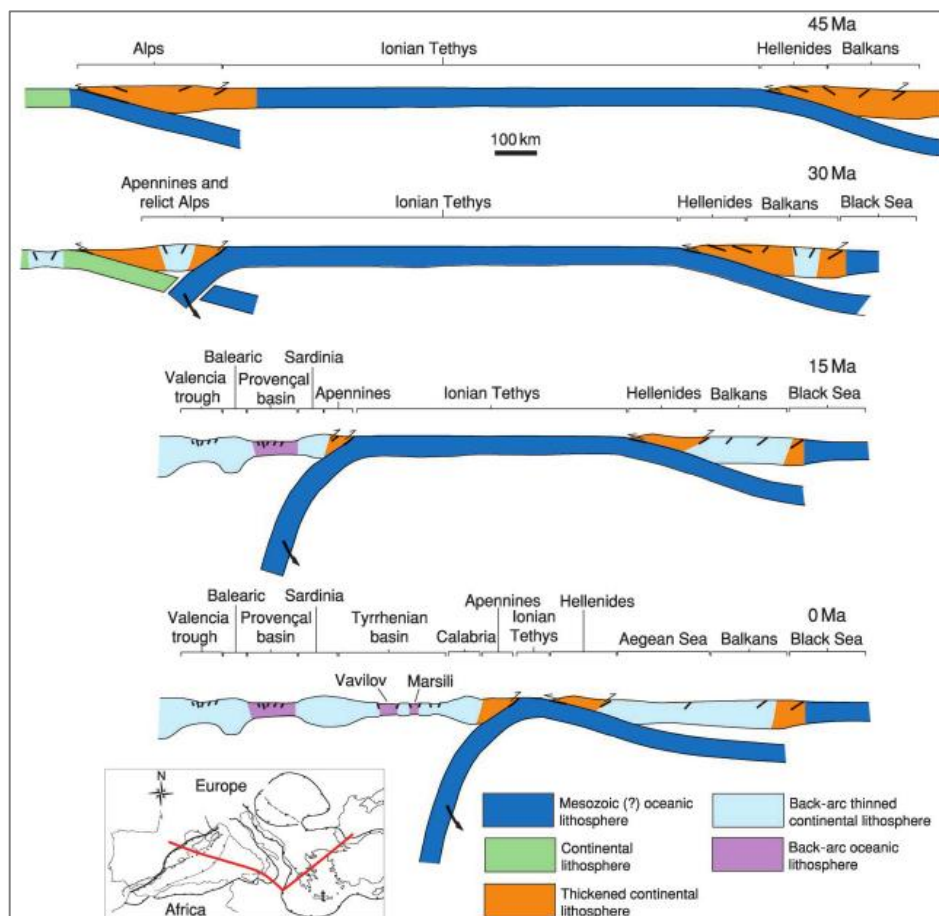


Figura 3.5 – Evoluzione delle tre principali zone di subduzione nel Mediterraneo negli ultimi 45 Ma: Subduzione alpina, subduzione l'Appenninica e subduzione Dinarica-Ellenide (fonte: Carminati e Doglioni 2004)

Il bacino del Mediterraneo può essere diviso in tre sottobacini: occidentale, centrale e orientale. Il Mediterraneo occidentale è il più giovane, con meno di 30 Milioni di anni mentre l'area centrale e orientale rappresentano i relitti dell'antico oceano Mesozoico-Cenozoico della Tetide.

L'area mediterranea mostra anomalie gravitative positive situate nelle aree più profonde (il bacino provenzale, mar Tirreno e Ionio), dove il mantello è stato sollevato durante le fasi estensionali, mentre anomalie negative sono presenti lungo le zone di subduzione (Carminati e Doglioni 2004).

3.2.1 Complesso appenninico meridionale

La catena Appenninica ha una forma ad arco i quali plasmano la penisola italiana, dal Piemonte-Monferrato nel nord Italia, fino al nord Africa con le Maghrebidi. L'arco si forma al di sopra della zona di subduzione verso ovest la quale è arretrata verso est a partire da 30 Milioni di anni. Le parti convesse dell'arco rappresentano le zone in cui l'arretramento della cerniera subduzione è massima. La parte più arcuata dell'Arco appenninico è la Calabria dove la migrazione verso est è stata di circa 775 km durante il tardo Oligocene.

Questa catena montuosa rappresenta una parte dell'Orogenesi Alpina Terziaria formata dalla collisione progressiva tra l'Africa e l'Europa (Dewey et al. 1989; Mazzoli et al. 1994; Patacca & Scandone, 1989). La collisione, a partire dal Miocene e attraverso il Pliocene, ha modificato la complessa paleogeografia promontorio adriatico e parte della placca africana si staccò per spostarsi sopra la Placca Adria. La geometria della catena inoltre è stata modificata dalle fasi successive con impostazione di faglie trascorrenti ed estensionali (Shirer et al. 2004).

La Catena, risulta costituita da tre diversi domini tettonici (Catena s.s., Avanfossa, Avampaese) con caratteristiche molto differenti ma con una continuità laterale frutto di complessi avvenimenti orogenetici succedutisi nel corso dei tempi geologici dettati dalla particolare geodinamicità dell'area (Figura 3.6).

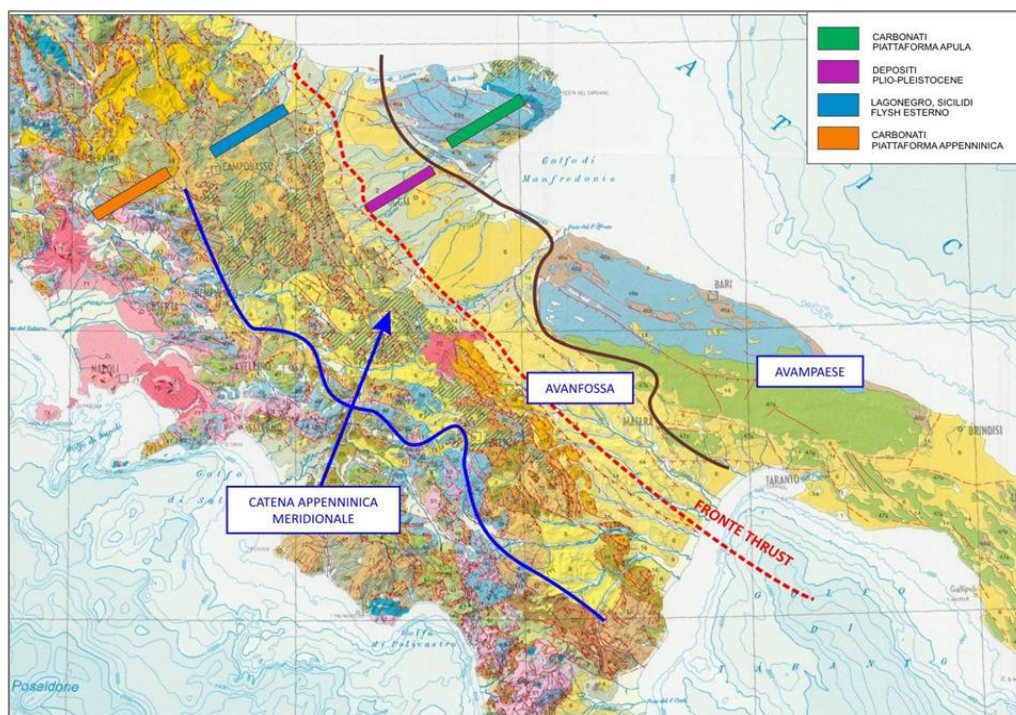


Figura 3.6 – Distribuzione dei tre diversi domini tettonici (Catena, Avanfossa e Avampaese) e le diverse unità sedimentarie (Carbonati Piattaforma Appenninica, Unità del bacino di Lagonegro, Depositi Plio-Pleistocenici, Carbonati Piattaforma Apula)

L'area oggetto di studio, ricade in corrispondenza della transizione tra il dominio della catena appenninica (Appennino Meridionale Campano-Lucano) e la parte più interna dell'Avanfossa Bradanica. Quest'ultimo dominio, in particolare, rappresenta l'area depocentrale che accoglie i sedimenti provenienti dalla messa in posto della Catena Appenninica prossima al settore più settentrionale dell'Arco Calabro Peloritano. L'area studio, ricade all'interno della sequenza plio-quadernaria formata da unità indeformate autoctone sovrastanti i corpi caotici alloctoni a tetto dei sedimenti relativi alla piattaforma Apula (Figura 3.7).

La mappa geologica mette in evidenza lo spessore in tempo, attraverso le curve isocrone, delle unità plioceniche e quaternarie che ricoprono le unità deformate più antiche. Con il colore verde la mappa geologica vuole mostrare, in metri, la profondità della base del Pliocene.

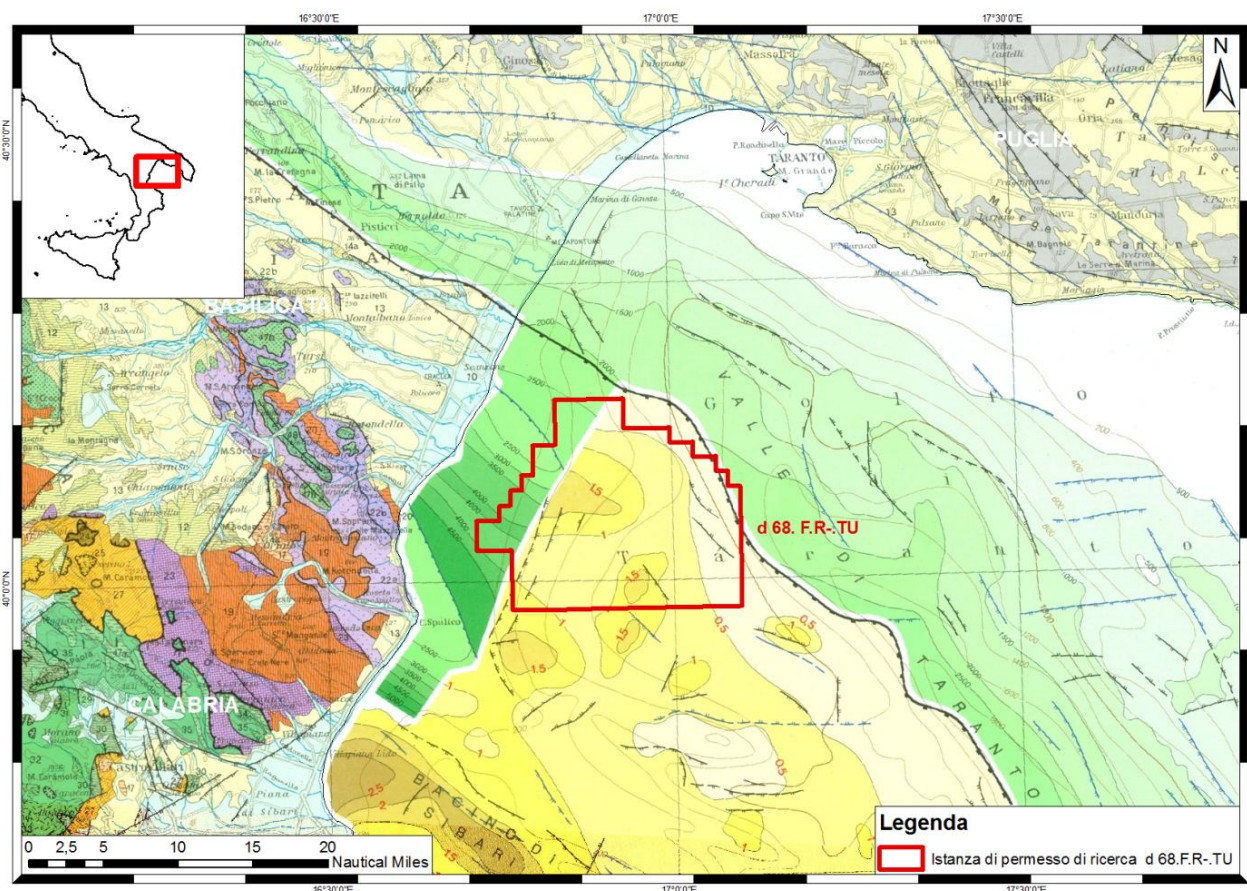


Figura 3.7 – Particolare della Carta geologica italiana della parte settentrionale del Mar Ionio

Evoluzione strutturale:

L'evoluzione strutturale del sistema appenninico meridionale, attraverso l'interazione tra i domini della Catena, Avanfossa e Avampaese, si colloca nell'ambito del complesso quadro evolutivo della Tetide sud occidentale e del margine settentrionale della placca africana. Lo stadio iniziale, dominato da tettonica distensiva, perdurato dall'inizio del Triassico fino al Cretaceo inferiore, viene collegato all'apertura della Tetide ed al successivo sviluppo della sua porzione sud-occidentale in termini di margine passivo. Una successiva inversione tettonica registratasi, nel corso del Cenozoico, ha instaurato nella regione mediterranea un regime tettonico prevalentemente compressivo che ha causato la chiusura del paleo-oceano tetideo.

A partire dal Mesozoico, durante il Triassico-Giurassico, l'area compresa tra la Placca africana e quella europea, è caratterizzata dalla formazione dell'oceano tetideo grazie all'instaurarsi, in tali aree, di un regime tettonico distensivo che ha favorito la formazione di ambienti di sedimentazione tipici di margini continentali. Durante il Giurassico si ha un aumento della subsidenza testimoniato dall'abbondanza di sedimenti pelagici profondi che caratterizza tutte le unità stratigrafico-strutturali appenniniche. La fase distensiva giurassica favorisce la formazione di faglie con cinematica diretta, seguita dalla riattivazione degli stessi lineamenti, interamente o parzialmente, in faglie inverse durante le fasi di tettonica compressiva cenozoica. Inoltre bisogna tenere in considerazione che la paleogeografia sviluppatasi durante questo periodo, ma più in generale durante tutto il Mesozoico, ha avuto un importante controllo sullo sviluppo delle successive fasi di deformazione (Figura 3.8).

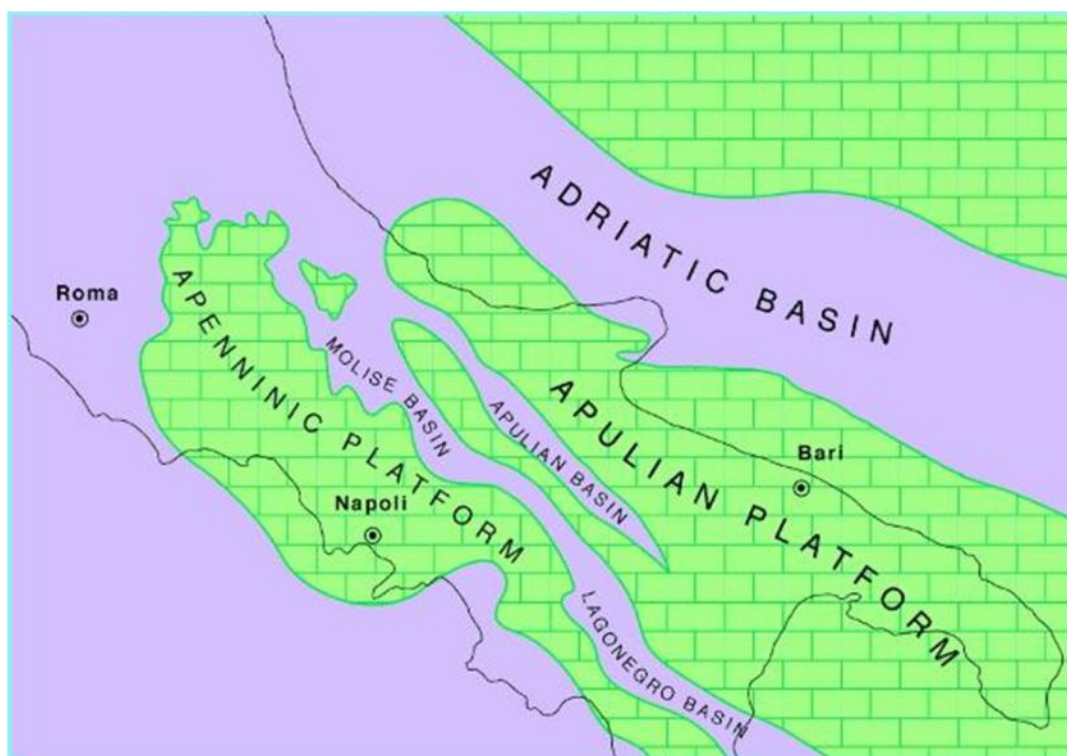


Figura 3.8 – Ricostruzione paleogeografica dell'area del Mediterraneo durante il Giurassico e Cretaceo. È possibile osservare la posizione della Piattaforma Appenninica e la Piattaforma Apula separate dal Bacino di Lagonegro (fonte: Zappaterra 1990)

Durante il tardo Mesozoico, all'inizio del Cretaceo si registra un rallentamento del tasso di subsidenza coincidente con la chiusura della Tetide. Tale processo si completa durante il Paleogene con la completa chiusura del paleo-oceano tetideo e l'accavallamento delle coltri dei domini più interni su quelle dei domini esterni, con una vergenza, a carattere regionale, verso oriente. Durante questo periodo si registrano importanti discontinuità nella sedimentazione, estese a tutte le unità, che possono essere correlate con le diverse fasi tettoniche e almeno in parte attribuibili a fenomeni puramente compressivi. Queste fasi rendono sempre più complessa e articolata l'evoluzione delle aree di sedimentazione e sono testimoniate dall'irregolarità della distribuzione dei sedimenti paleocenici ed eocenici (sin-tettonici).

Con la fine del Paleogene, probabilmente nell'Oligocene, il fronte compressivo raggiunge il sistema piattaforma appenninica-bacino lagonegrese-piattaforma Apula. Tale sistema, stabile fin dagli inizi del Mesozoico, inizia a subire le prime alterazioni. L'originale sistema è deformato in ciò che diverrà il sistema catena appenninica-avanfossa-avampaese apulo. Da un punto di vista sedimentario i depositi d'età

oligocenica non sono quasi mai presenti nelle successioni di piattaforma, che mostrano frequentemente, al tetto dell'Eocene, chiare superfici erosive tipiche di prolungati momenti d'emersione. Tali evidenze testimoniano l'intensa instabilità del substrato durante questo periodo e sono anche prova del fatto che la piattaforma appenninica, frammentata in varie scaglie tettoniche, è sovrascorsa al disopra del margine più occidentale del bacino di Lagonegro.

Nella fase iniziale del Neogene (Langhiano) il fronte compressivo, in migrazione verso oriente, ha ormai raggiunto anche il margine più orientale di quello che era il bacino di Lagonegro. In tale regione si sviluppano sovrascorrimenti a rampe, che causano la formazione di bacini di deposizione al tetto delle varie scaglie tettoniche, proprio alle spalle del fronte di sovrascorrimenti (i cosiddetti "bacini di *piggy back*"). In tali aree di sedimentazione si ha prevalentemente una deposizione torbiditica terrigena con apporto dei sedimenti principalmente dalle aree più orientali prossime al fronte di deformazione. Durante questo periodo di intensa deformazione tettonica, il dominio più orientale, associato alla piattaforma Apula, si trova ancora sottoposto ad una situazione di stress di tipo distensivo, che può essere associato alla formazione del "*peripheral bulge*" dovuto al carico litostatico prodotto ai margini della catena durante la formazione della stessa.

Il regime distensivo, che riutilizza le vecchie faglie normali d'età mesozoica, cessa nel Pliocene superiore-Pleistocene, quando il fronte degli accavallamenti raggiunge anche il margine esterno della piattaforma Apula. Quest'ultima fase tettonica è anche stata la più drammatica in quanto, durante tale periodo, si registra il massimo tasso di trasporto delle unità alloctone con il sovrascorrimento di buona parte del bacino di Lagonegro sull'avanfossa e quindi il coinvolgimento delle unità più esterne, sviluppatesi ad est del fronte dei sovrascorrimenti nel Pliocene inferiore. La fase pliocenica-pleistocenica dell'orogenesi appenninica è anche quella che ha causato l'emersione di buona parte dell'Appennino Calabro-Lucano (Figura 3.9, Figura 3.10).

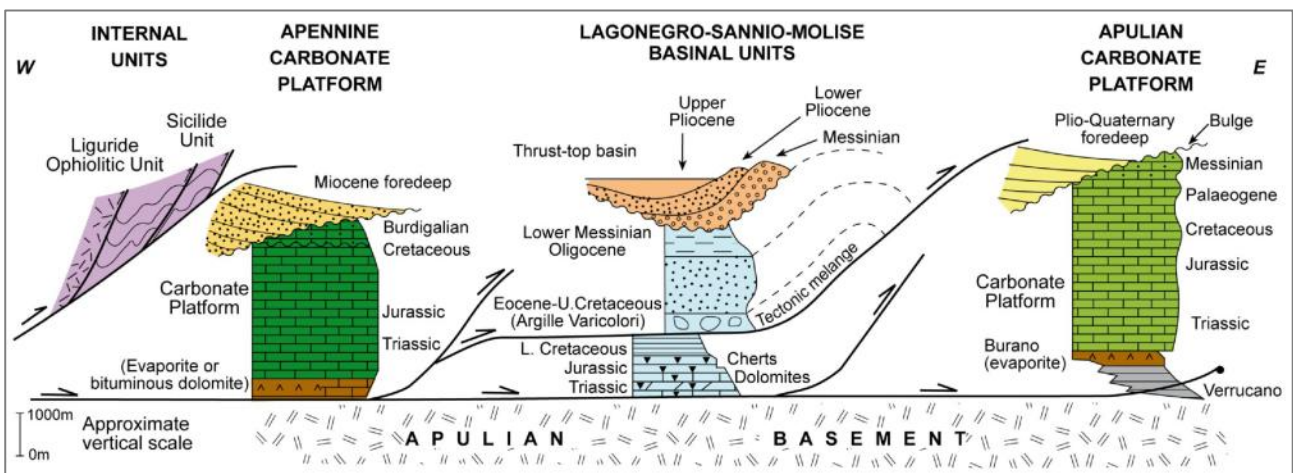


Figura 3.9 – Schema evolutivo dell'Appennino meridionale attraverso il dominio della Piattaforma Appenninica, il Bacino di Lagonegro e la Piattaforma Apula (fonte: Scrocca et al. 2010)

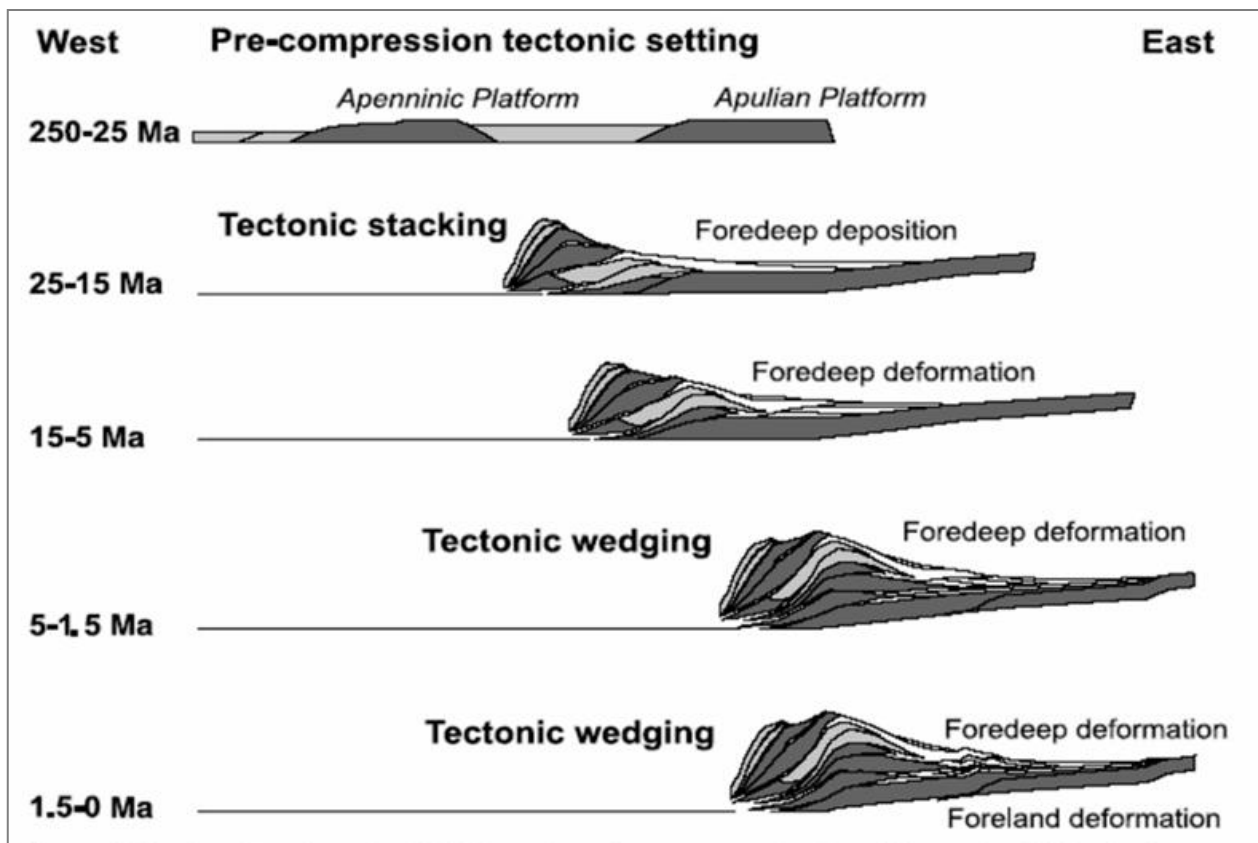


Figura 3.10 – Cinematica semplificata dell'Appennino Meridionale con la migrazione da ovest verso est delle unità appartenenti alla Catena, Avanfossa (o *Foredeep*) e Avampaese (o *Foreland*) (fonte: Turrini et al. 2004)

Catena appenninica meridionale:

L'intero Dominio della Catena Appenninica può essere scomposto in tre principali settori quali il sistema esterno, la Catena Appennino-Maghrebide e la Catena Kabilo-Calabride.

L'area costituita dai sovrascorrimenti legati allo scollamento della copertura sedimentaria interna del settore inarcato dell'Avampaese continentale rappresenta il sistema esterno. La Catena Appennino-Maghrebide, raccoglie le embriciature delle sequenze sedimentarie appartenenti sia ai settori di crosta oceanica (Bacino Tetideo e Ionico) sia ai settori di crosta continentale (parte interna delle piattaforme carbonatiche). La Catena Kabilo-Calabride è legata alla delaminazione e alla successiva migrazione verso i quadranti sud-orientali del margine Europeo.

L'Appennino Campano-Lucano può essere schematicamente suddiviso in due grandi unità tettonico-stratigrafiche alloctone sovrascorse su un avampaese che risulta parzialmente mobilizzato durante le più recenti fasi tettoniche Appenniniche. Queste unità derivano dalla deformazione e sovrapposizione verso l'Avampaese Apulo di sedimenti Mesozoici e Cenozoici tipici sia di ambienti bacinali (Unità Lagonegresi) sia ascrivibili a quelli di piattaforma carbonatica (Piattaforma Appenninica).

La Piattaforma Appenninica chiamata anche Panormide (Ogniben et al. 1969) o Piattaforma Campano-Lucana (D'Argenio et al. 1973) rappresenta la parte più occidentale del blocco di Adria. Tettonicamente è sovrastante i sedimenti del bacino di Lagonegro ed è stratigraficamente composta di diverse centinaia di metri di unità carbonatiche di piattaforma del Triassico superiore-Paleogene ricoperti da biocalcareni del Miocene e torbiditi terrigeni.

Questa piattaforma carbonatica si è accavallata, con trasporto verso l'avampaese Apulo, durante le fasi compressive neogeniche sopra le corrispondenti unità di margine e bacino. Tali sovrascorrimenti hanno provocato un trasporto non omogeneo e la scomposizione della Piattaforma Appenninica in settori distinti separati da lineamenti trasversali che hanno accomodato le differenze negli stress (Figura 3.11).

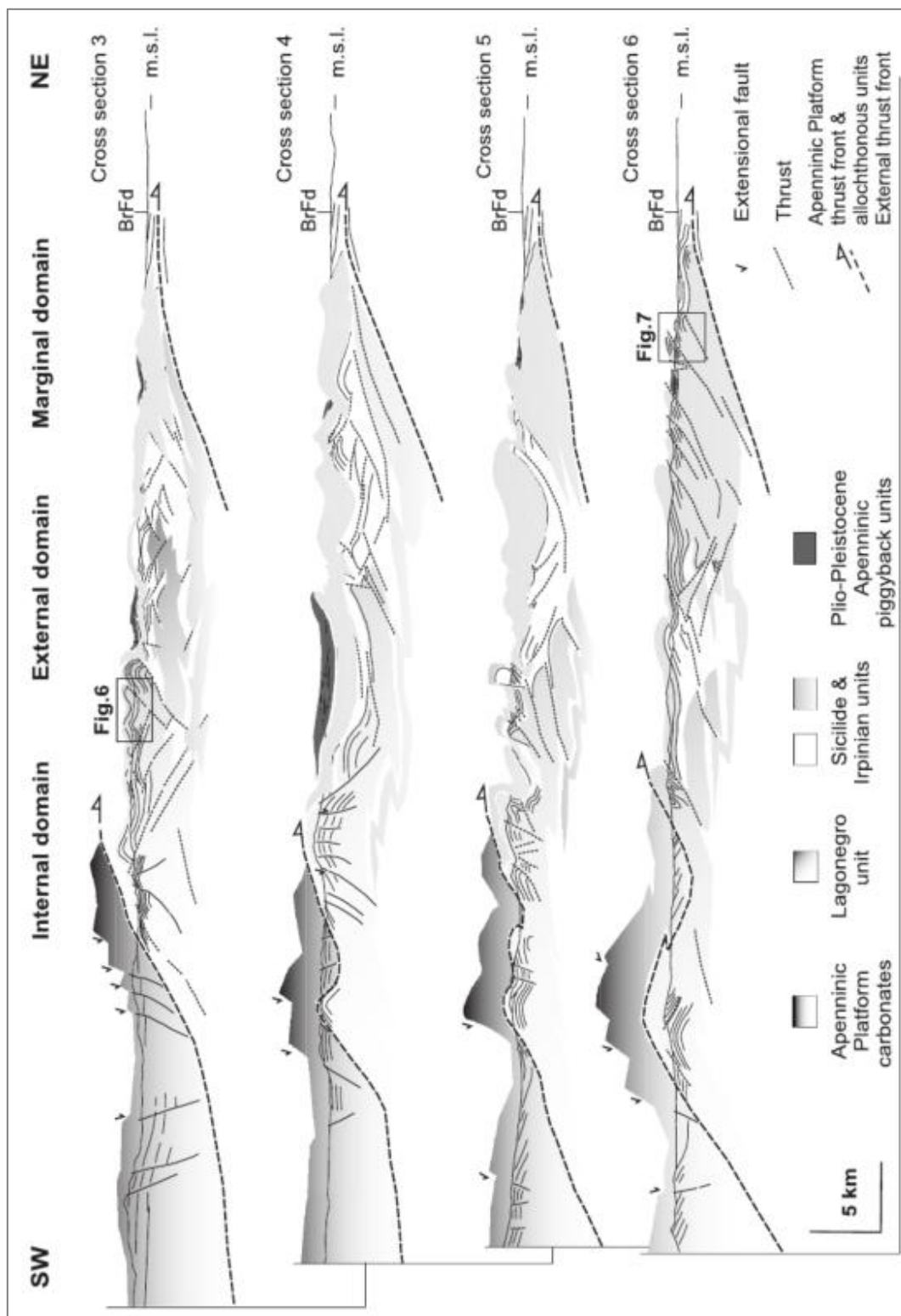


Figura 3.11 – Sezione geologica che mostra lo sviluppo da SO verso NE della catena. È possibile osservare le unità della Piattaforma Appenninica accavallarsi alle unità lagonegresi verso l'avampaese apulo (fonte: Turrini et al. 2004)

Assieme alle unità carbonatiche della Piattaforma appenninica, la catena comprende anche unità del Bacino di Lagonegro e delle Unità esterne. La successione lagonegrese è composta da sedimenti bacinali (carbonati, calcari selciferi, radiolariti e scisti marino profondi) depositati durante il Mesozoico in un bacino situato nel margine occidentale della Tetide. Il bacino era lateralmente delimitato dalle piattaforme carbonatiche: la Piattaforma Apula al margine orientale e la Piattaforma Appenninica in quella occidentale. Le unità di Lagonegro registrano l'apertura e l'ulteriore approfondimento del bacino a partire dall'inizio del Triassico. La fase di apertura ha avuto termine durante il Cretacico inferiore a causa della convergenza tra Placca africana e quella europea, invertendo il regime estensionale.

Il Bacino di Lagonegro può essere suddiviso in due principali settori: Lagonegro inferiore e Lagonegro superiore. L'Unità Lagonegrese inferiore è costituita da sedimenti calcareo-silico-marnosi (Scandone, 1967; 1972; 1975); mentre l'Unità Lagonegrese superiore è formata da terreni calcareo-silico-marnosi di età compresa fra il Trias ed il Miocene.

La successione che va dal Triassico all'Eocene è costituita prevalentemente da torbiditi carbonatiche che possono essere attribuite a sistemi alimentati direttamente dalle piattaforme adiacenti, durante periodi d'intensa attività produttiva in prossimità delle aree bacinali. I calcari con selce (Figura 3.12), radiolariti e marne silicizzate sono tipici di una sedimentazione pelagica tranquilla. Tali depositi rappresentano, pertanto, fasi di interruzione della produzione carbonatica di piattaforma, probabilmente legate a fasi d'annegamento di queste ultime, durate anche oltre 10 Milioni di anni.



Figura 3.12 – Sezione tipo dei Calcari con Selce presso l'affioramento a Sasso di Castalda (PZ)

Il Bacino Lagonegrese nel suo complesso, comunque, ha caratteristiche sedimentarie simili ai bacini d'intrapiattaforma (*Seaways*) sviluppati nella regione bahamiana.

Attraverso l'orogenesi, i sedimenti depositatisi nel bacino sono stati traslati verso oriente sotto la spinta della piattaforma Appenninica, tra la fine del Paleogene e l'inizio del Neogene. La mobilitazione

dell'enorme carico litostatico ha originato, un'area bacinale d'avanfossa nella quale si è avuta la deposizione, durante il Miocene, dei "flysch esterni" (Flysch Numidico, Formazione di Serrapalazzo e di Castelvetero). Questi flysch sono stati rimobilizzati da fasi precoci di deformazione del loro bacino di deposizione producendo tipiche geometrie di "piggy-back" dietro il fronte di sovrascorrimento. In tali aree, caratterizzate da estensione limitata, si sono depositati sedimenti torbiditici a composizione litica (Flysch di Gorgoglione, Langhiano-Tortoniano).

L'ultima fase compressiva, d'età pliocenica, ha provocato la messa in posto dei "flysch esterni" e di parte del bacino lagonegrese sui carbonati dell'avampaese della Piattaforma Apula

Avanfossa Bradanica:

I bacini di avanfossa rappresentano quelle aree situate al margine degli orogeni o ai cunei di accrezione e sono caratterizzati sequenze sedimentarie clastiche a forma di lenti.

L'Avanfossa Bradanica rappresenta la regione compresa tra il fronte della Catena Appenninica, ad ovest, e l'Avampaese Apulo, ad est, con prevalente sviluppo NO-SE. Essa comprende una parte affiorante data dal Tavoliere delle Puglie, dalla Fossa Bradanica e dalla fascia ionica della Lucania, ed una prosecuzione, verso SE, nel Golfo di Taranto (Figura 3.13).

La storia geologica di questo elemento strutturale inizia a delinearsi a partire dal Pliocene medio-superiore, quando un'importante subsidenza portò alla formazione di un bacino sedimentario allungato parallelamente alla Piattaforma Apula, il cui margine interno è stato successivamente ribassato in blocchi con geometrie a gradinata. I sedimenti dell'Avanfossa sono principalmente costituiti da depositi clastici (argille, sabbie e conglomerati) di *facies* marina e coprono un intervallo cronostratigrafico che va dal Pliocene medio-superiore al Pleistocene (Ogniben et al, 1969). Da un punto di vista deposizionale, infine, l'avanfossa è caratterizzata anche da depositi torbiditici inframezzati da depositi pelitici di età Plio-Pleistocenica.

Nel suo complesso, la Catena, è stata caratterizzata dalla presenza di una serie di avanfosse successivamente coinvolte nella deformazione a falde dell'Appennino e che quindi si trovano adesso inglobate nella catena stessa. A differenza delle precedenti avanfosse, tuttavia, quella bradanica risulta solo parzialmente deformata dalla tettonica appenninica e pertanto giace in posizione autoctona.

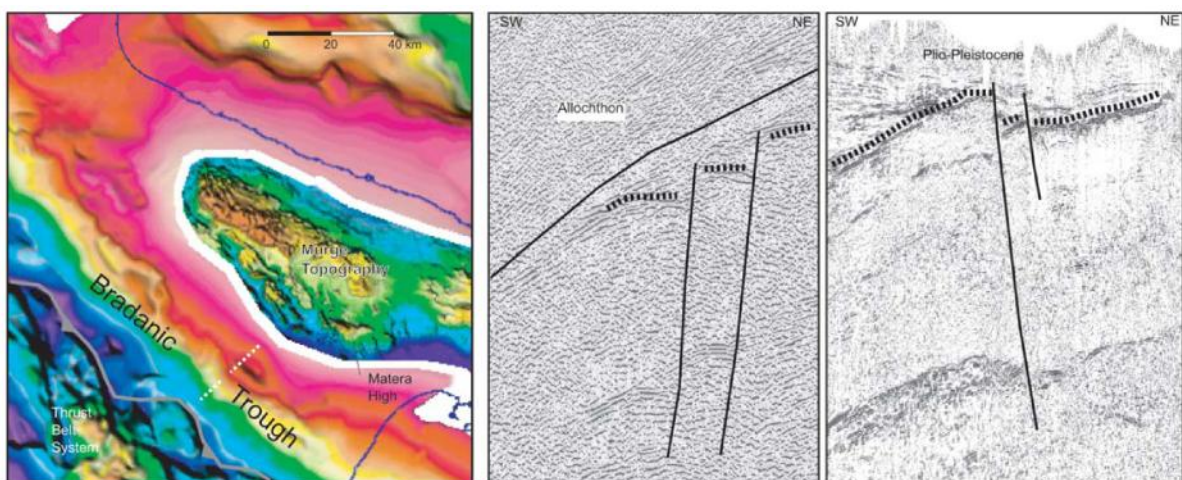


Figura 3.13 – Immagini sismiche dell'Avanfossa Bradanica (fonte: Nicolai e Gambini 2007)

In termini strutturali, essa, è caratterizzata dalla debole deformazione che ha provocato la formazione di sovrascorrimenti superficiali che hanno interessato i sedimenti più antichi depositi al suo interno. Le strutture più caratteristiche sono rappresentate da anticlinali più o meno complesse legate a sovrascorrimenti a medio-basso angolo e da faglie inverse (probabilmente invertite) al livello dei depositi della Piattaforma Apula (pre-Pliocene).

Avampaese:

Proseguendo verso est, allontanandoci dall'area della catena, la Piattaforma Apula viene a rappresentare il dominio di avampaese della catena Appenninica e nel contempo la più orientale delle piattaforme delineatesi a partire dal Triassico. In un contesto regionale, essa può essere considerata, una zona di avampaese intra-orogénico al di sopra di due zone di subduzione: una immergente verso ovest, sotto gli Appennini, ed una che s'infossa verso est al disotto delle Dinaridi.

La storia tettonica della piattaforma è stata caratterizzata da differenti episodi a partire dal Triassico fino al Pliocene. Lungo il suo margine occidentale si sono accavallati, durante il Cenozoico, i domini tettonici di avanfossa e catena precedentemente descritti (Figura 3.14).

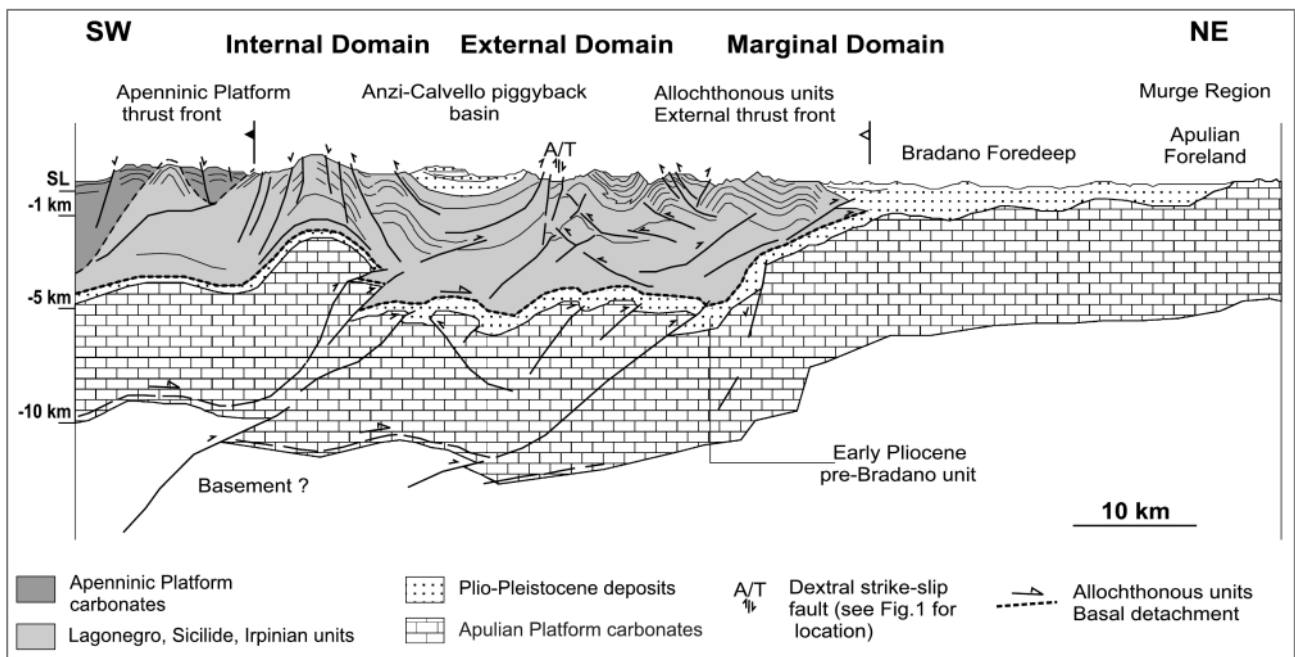


Figura 3.14 – Sezione strutturale che mostra come le unità della Piattaforma Apula vengono sovrascorse dalle unità appenniniche, del Bacino di Lagonegro e dalle unità del cuneo accrezionale dell'Avanfossa (fonte: Turrini et al. 2004)

La Piattaforma Apula risulta, in prevalenza, composta da una sequenza di carbonati in *facies* di bassa profondità di età Mesozoica. La piattaforma si sviluppa sia nelle aree emerse del Gargano, Murge e Salento, sia in quelle sommerse, lungo la fascia occidentale del Mare Adriatico.

La Formazione di Altamura del Cretaceo superiore affiora nelle Murge pugliesi e si presenta pressoché indeformata. In queste aree le unità calcaree della piattaforma Apula possono ritrovarsi anche nel sottosuolo a profondità perfino elevate, raggiungendo gli oltre 6000 m come evidenziato nel pozzo Puglia 1 (Figura 3.15).

La fase basale del Mesozoico è costituita da anidriti e dolomie triassiche, su cui poggia una spessa successione, prevalentemente dolomitica (Giurassico-Cretaceo), tipica di *facies* di piattaforma carbonatica poco profonda. La scarsa variabilità verticale degli ambienti va attribuita ad un tasso di subsidenza relativamente costante e compensato dal tasso di sedimentazione. Alla sommità della successione dolomitica si osserva la presenza di calcari di scogliera e di scarpata (limite Giurassico-Cretaceo), che registrano un generale approfondimento della piattaforma. Salendo la successione verso l'alto, si passa a *facies* carbonatiche intertidali con livelli dolomitizzati e al cui interno sono presenti episodiche intercalazioni di calcari a Rudiste, che si estendono fino alla parte alta del Cenomaniano. Queste *facies*, che possono essere osservate in affioramento nell'area delle Murge, indicano una sedimentazione di piattaforma protetta, periodicamente invasa, con conseguente sviluppo di *facies* di ambiente più aperto, costituite dalle biocostruzioni a Rudiste.

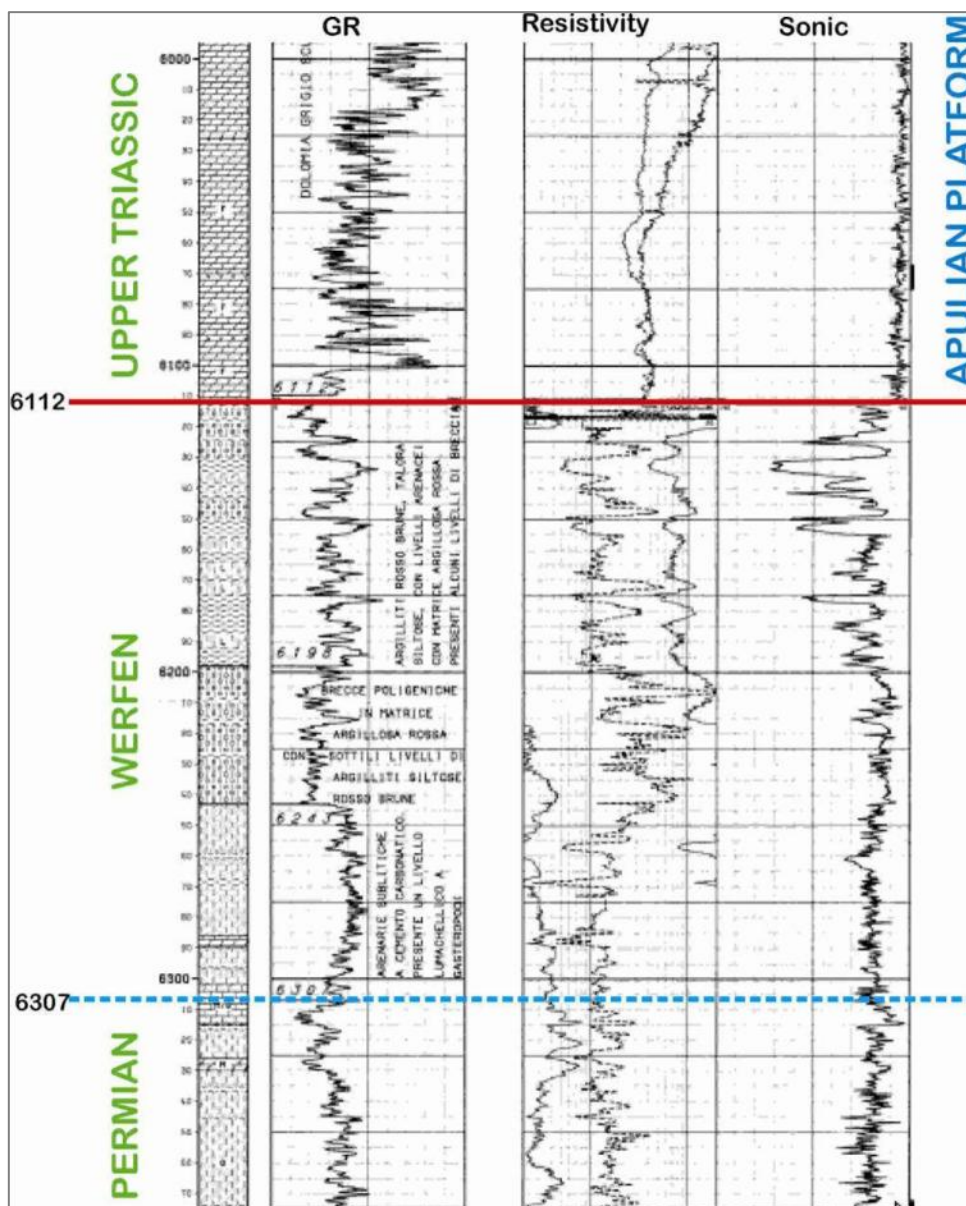


Figura 3.15 – Parte inferiore del pozzo Puglia 1. La base della Piattaforma Apula è posta alla profondità di 6112 m ed è rappresentata da dolomie del Triassico superiore. La parte superiore del pozzo è rappresentata dai carbonati del Cretaceo medio

Al tetto della successione cenomaniana si rinviene un'estesa superficie di discordanza stratigrafica che assume frequentemente caratteri di discordanza angolare. La stessa superficie, oltre ad essere localmente caratterizzata dalla presenza di bauxiti, registra l'intensa erosione dei sedimenti d'età cenomaniana e probabilmente turoniana, avvenuta prima della fine del Turoniano. Le unità erose sono state risedimentate sotto forma di breccie carbonatiche nelle aree depresse adiacenti. La discordanza cenomaniana-turoniana è il frutto di una repentina inclinazione della piattaforma verso SO; testimonianze di tale evento sono state rinvenute anche in affioramento nel Gargano.

Al di sopra della discordanza e sulla corrispondente superficie concordante poggiano breccie costituite da frammenti pre-cenomaniani, cenomaniani e probabilmente anche turoniani, associati con la superficie d'erosione. A questi depositi fa seguito una successione composta da laminazioni algali caratteristiche di un ambiente intertidale o sopratidale, *wackestone* a foraminiferi e bioclasti e livelli a rudiste originatisi in ambienti ossigenati.

I corpi a Rudiste, interpretati come corpi biocostruiti aumentano di frequenza andando verso l'alto a scapito degli intervalli a laminazioni algali indicando un generale aumento del livello marino al disopra della piattaforma. Il tetto di questi depositi, d'età campaniana superiore, è rappresentato da un'altra discordanza stratigrafica da imputare ad una ulteriore inclinazione e sprofondamento di parte della piattaforma. Sui sedimenti della piattaforma aperta con scogliera a Rudiste poggiano, con contatto brusco, *facies* di scarpata carbonatica che passano, verso le aree bacinali ad ovest, a depositi pelagici (Figura 3.16). Questi sedimenti sono di età compresa tra il Campaniano superiore ed il Maastrichtiano.



Figura 3.16 – Esempio di un banco di calcari di piattaforma biocostruito a Rudiste

Con la fine del Mesozoico, durante il Cenozoico inizia con la presenza di rocce ignee ultrabasiche sottoforma di dicchi e rocce subvulcaniche di probabile età eocenica che giacciono localmente a contatto al tetto delle precedenti unità del Maastrichtiano. Il contatto con i soprastanti depositi eocenici avviene per discordanza stratigrafica, alla quale si associa, come riconosciuto nell'area garganica, la presenza di superfici erosive. La successione eocenica è composta da torbiditi carbonatiche su cui progrediscono sedimenti di piattaforma interna, localmente trasgrediti da *facies* di piattaforma esterna/margine. Su questa superficie è sviluppata, in particolar modo nel sottosuolo, una successione miocenica di calcari pelagici, ricchi di fosfati, che rappresenta la sequenza d'annegamento della piattaforma Apula. L'annegamento della piattaforma Apula è legato al carico prodotto dall'impilamento lungo il suo margine occidentale delle falde appenniniche.

3.2.2 Arco Calabro-peloritano

Assieme al sistema appenninico meridionale un altro elemento è rappresentato dal sistema Arco Calabro-Peloritano, il quale rappresenta un elemento di catena fortemente arcuato della fascia orogenica perimediterranea posto tra la catena appenninica (NO-SE) e la catena siciliano-maghrebide ad andamento (E-O). Tale struttura rappresenta un elemento di discontinuità nello sviluppo, da nord a sud, della Catena Appennino-Maghrebide (Figura 3.17).

- La "Linea di Sangineto" rappresenta il limite settentrionale dell'Arco Calabro-Peloritano. Non è costituito da una linea di demarcazione ben definita e viene a collocarsi in prossimità del confine tra Calabria e Basilicata (con orientamento grossomodo NE-SO). Questo elemento strutturale ha giocato un ruolo centrale nella costruzione della catena fin dal Miocene inferiore (Amodio Morelli et al. 1976). La natura di tale faglia è stata interpretata come faglia trascorrente sinistra da molti autori sulla base di considerazioni geodinamiche generali legate alla traslazione verso est dei terreni cristallini dell'Arco, anche se (Ghisetti & Vezzani 1983) riportano movimenti trascorrenti destri.
- La "Linea di Taormina" invece rappresenta il limite meridionale di questa struttura. La linea di Taormina mostra, in Sicilia, le unità dell'Arco Calabro sovrascorrere lungo una direttrice orientata NO-SE le unità delle Sicilidi. Tale elemento strutturale viene interpretato come faglia trascorrente destra che rappresenta un'antica cicatrice non più attiva durante le fasi tettoniche plio-pleistoceniche (Amodio Morelli et al. 1976)

La "linea di Sangineto" e la "linea di Taormina" rappresentano lineamenti tettonici a carattere regionale separando i terreni prevalentemente carbonatici da quelli non metamorfici. Dal un punto di vista litologico, l'Arco Calabro è prevalentemente costituito da rocce metamorfiche alpine ed erciniche, denominate Complesso del Basamento Calabrese. Al di sotto di queste unità, sono presenti unità carbonatiche Mesozoiche che compaiono in piccole finestre tettoniche. I contatti tra le unità di basamento sono caratterizzati da sovrascorrimenti con superfici a basso angolo, successivamente ripresi da sistemi di faglie ad alto angolo.

L'arco Calabro-peloritano viene interpretato come un frammento di crosta continentale appartenente alla catena alpina costituito da una serie di coltri cristalline d'età paleozoica, accavallate sia su unità oceaniche mesozoiche sia su unità terrigene e carbonatiche dell'Appennino meridionale.

Il settore di avampaese che borda la catena comprende, a nord, il blocco Apulo che fa parte della Placca Adriatica e il Blocco Ibleo a sud, che è a sua volta un promontorio della Placca Africana. Tra questi due

domini, è presente il Bacino Ionico, che è stato probabilmente generato a causa di processi di oceanizzazione o *rifting* durante il Giurassico e successivamente è stato subdotto al disotto dell'Arco. Le aree di retroarco sono rappresentate dal bacino occidentale del Mediterraneo, sviluppatosi nell'Oligocene-Miocene inferiore e dal bacino Tirrenico, formatosi durante il Miocene medio-Pleistocene. Caratteristiche dell'attuale zona di retroarco sono la frequente presenza di terremoti profondi, relativi alla subduzione che genera l'arco vulcanico attivo delle Isole Eolie e di un elevato flusso di calore, che indica una piena attività della subduzione.

L'evoluzione di questo settore del Mediterraneo centrale si caratterizza per la migrazione dell'Arco Calabro verso i quadranti sud-orientali a partire dall'Eocene, con il sovrascorrimento sul margine settentrionale della Placca Africana e sui suoi promontori più o meno indipendenti.

Sono presenti sequenze terrigene eoceniche, oligoceniche e del Miocene inferiore in forma di scaglie tettoniche lungo le fasce di sovrascorrimento comprese tra queste unità di basamento e come cunei tettonici lungo le principali zone di faglia ad alto angolo. Numerose sequenze sedimentarie tardo neogeniche coprono queste unità di basamento con numerose discordanze angolari di età varia. Tutte queste unità sono dissecate da un complesso sistema di faglie ad alto angolo, che possono essere raggruppate in vari set, in parte collegati a sistemi tettonici trascorrenti. La natura di questi sistemi di faglie, ha agevolato lo sviluppo dei sovrascorrimenti localizzati tra le unità sedimentarie neogeniche e le rocce di basamento, sia con strutture a fiore positive che con sovrascorrimenti a basso angolo.

Dal punto di vista strutturale, può essere accettato lo schema secondo cui la complessa struttura geologica Calabro-Peloritana risulti caratterizzata da un complesso di sovrascorrimenti a basso angolo, attraversato da faglie ad alto angolo ad andamento obliquo.

La storia evolutiva dell'Arco Calabro vede durante il Triassico-Giurassico-Cretacico l'apertura della Mesogea o Neotetide, con la creazione di aree bacinali profonde che separano differenti piattaforme carbonatiche. Da nord-ovest a sud-est, i vari domini sono rappresentati: dalla Placca Europa; dal bacino Ligure-Piemontese; dalla Placca Appenninica (piattaforma o bacinali d'intrapiattaforma); dal Bacino Lagonegrese; dalla Placca Adriatica in dominio di piattaforma (ad esempio il blocco apulo) e settori bacinali d'intrapiattaforma per poi andare in aree bacinali come il Bacino Ionico-Blocco Ibleo.

Durante il Tardo Cretaceo-Paleogene si assiste alla progressiva chiusura di parti del dominio di Mesogea (deformazione alpina), che termina con la fase deformativa alpina tardo eocenica.

Tra l'Oligocene e il Miocene inferiore ha inizio la deriva delle microplacche di Corsica e Sardegna verso sud-est che provoca l'apertura dei bacini di retroarco del Mediterraneo occidentale, mentre termina la subduzione dei resti di crosta oceanica di Mesogea al di sotto della Placca Europea.

La stessa deriva continua poi per il Miocene medio fino all'attuale una deriva intermittente dell'Arco Calabro verso i quadranti sud-orientali e con l'apertura del bacino di retroarco del Tirreno.

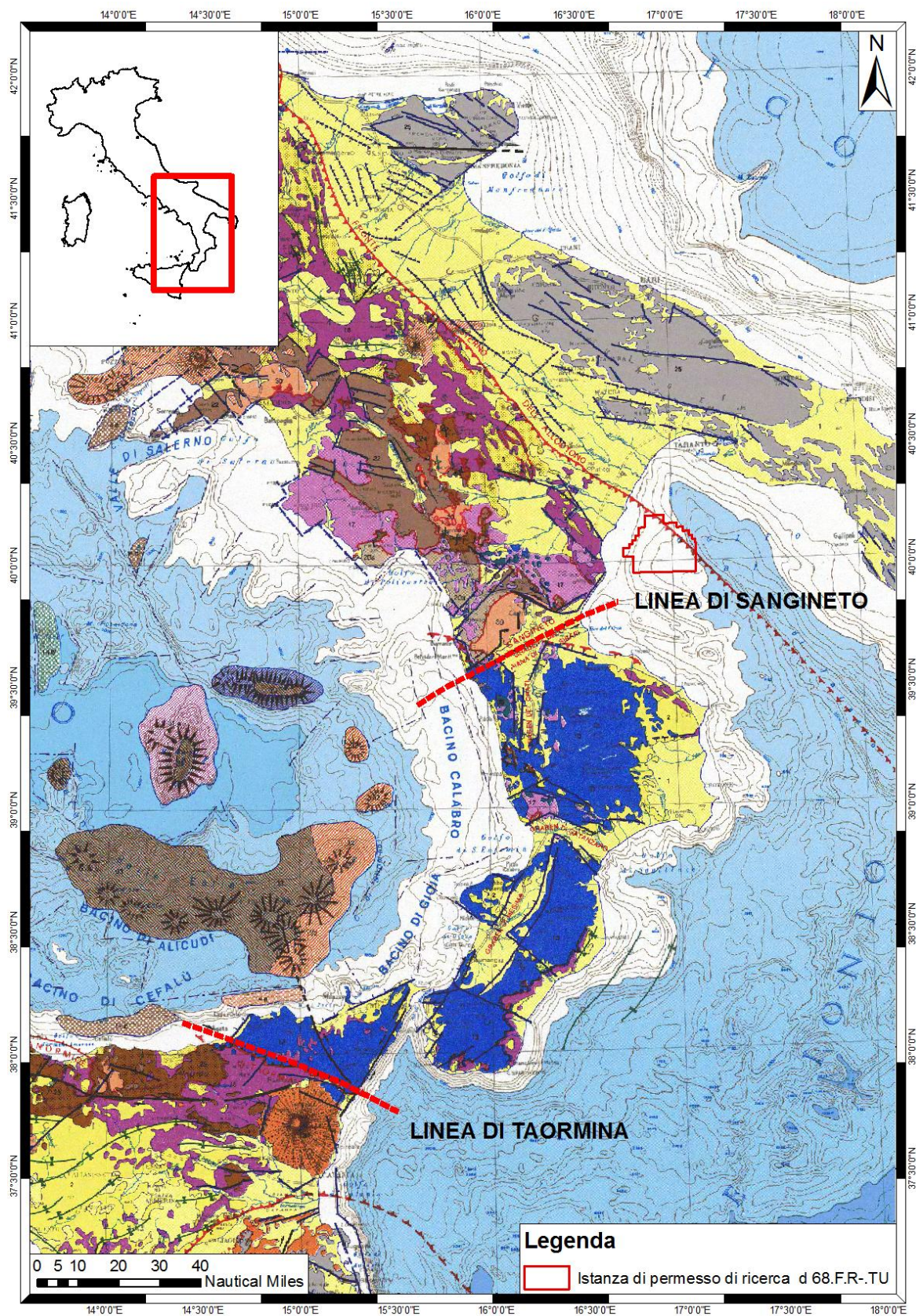


Figura 3.17 – Particolare della Carta tettonica italiana nell’area dell’Arco Calabro-peloritano. È possibile osservare come le unità del Complesso delle Calabridi (in blu) siano delimitate a nord dalla “linea di Sanguineto” e a sud dalla “linea di Taormina” (C.N.R. – Progetto finalizzato Geodinamica – Pubblicazione n. 269)

Durante il Pliocene superiore-Pleistocene inferiore, mentre strutture contrazionali continuano a formarsi al fronte e lungo l'asse della catena e al retro di essa si apre il bacino Tirrenico, i settori interni dell'Arco Calabro-Peloritano collassano a causa dell'attivazione di faglie normali con direzioni sia longitudinali che trasversali rispetto all'arco, che viene frammentato in alti strutturali e bacini sedimentari (Ghisetti 1979; Monaco et al. 1996; Catalano et al. 1996; Lentini et al. 2004). Le stesse faglie longitudinali generano i bacini del Mesima e di Gioia Tauro in Calabria sud-orientale, quello di Barcellona in Sicilia nord-orientale e quello dello Stretto di Messina tra la Calabria e la Sicilia. In particolare, le faglie bordiere del bacino dello Stretto di Messina mostrano chiara evidenza di attività sinsedimentaria durante la deposizione marina plio-pleistocenica (Monaco et al. 1996).

Nell'Arco Calabro-Peloritano, il forte sollevamento tardo-quadernario ha accompagnato un'importante variazione nel regime tettonico correlato con l'arresto o rallentamento del processo di subduzione dello Ionio sotto il dominio tirrenico. Questo processo ha probabilmente innescato anche la formazione, a partire dal Pleistocene medio di un *rifting* incipiente dalla costa ionica della Sicilia al settore tirrenico della Calabria, attraverso lo Stretto di Messina. La zona in estensione è costituita da numerosi segmenti di faglia normale ed è marcata da vulcanismo attivo e da forte sismicità crostale che produce terremoti con meccanismi focali prevalentemente normali.

Con il nome di "basamento calabro" si è considerato l'unione di tutte le unità deformate che costituiscono il basamento su cui si sono depositate le unità trasgressive neogeniche tra il Miocene medio (Langhiano) e l'attuale. Come tale, il "basamento" comprende unità metamorfiche e cristalline, unità di piattaforma carbonatica, unità terrigene, metamorfiche e non. La maggior parte delle unità di basamento affioranti si compone tuttavia di complessi metamorfici ercinici e alpini, con associate sequenze sedimentarie eoceniche e neogeniche inferiori. Lungo il lato interno dell'Arco Calabro, carbonati di piattaforma simili alle unità alloctone degli Appennini, affiorano all'interno di finestre tettoniche al di sotto del basamento.

Molte sono le ipotesi avanzate per spiegare il complesso assetto geologico dell'Arco Calabro tra cui le quattro principali sono:

- Spesso elemento crostale;
- Sottile basamento;
- Semplice sovrascorrimento;
- Basamento alloctono.

Il primo prevede che la Sila costituisca una zona con uno spesso elemento crostale di basamento che separa due catene e che si sovrappone alla crosta oceanica ionica. Nella seconda ipotesi propone il basamento sia sottile ma molto esteso e si sovrappone ad una piattaforma carbonatica "Appenninica" o "Apulo-Adriatico-Ionica". La terza soluzione considera le unità di basamento come un'unità semplicemente sovrascorsa all'interno della catena est-vergente che costituisce la transizione tra gli Appennini e le Maghrebidi. Come quarta e ultima ipotesi (Van Dijk et al. 2000) considera, infine, il basamento come parte di un'unità alloctona suborizzontale che si sovrappone ad una catena già deformata e strutturata e che viene a sua volta incorporata nella deformazione.

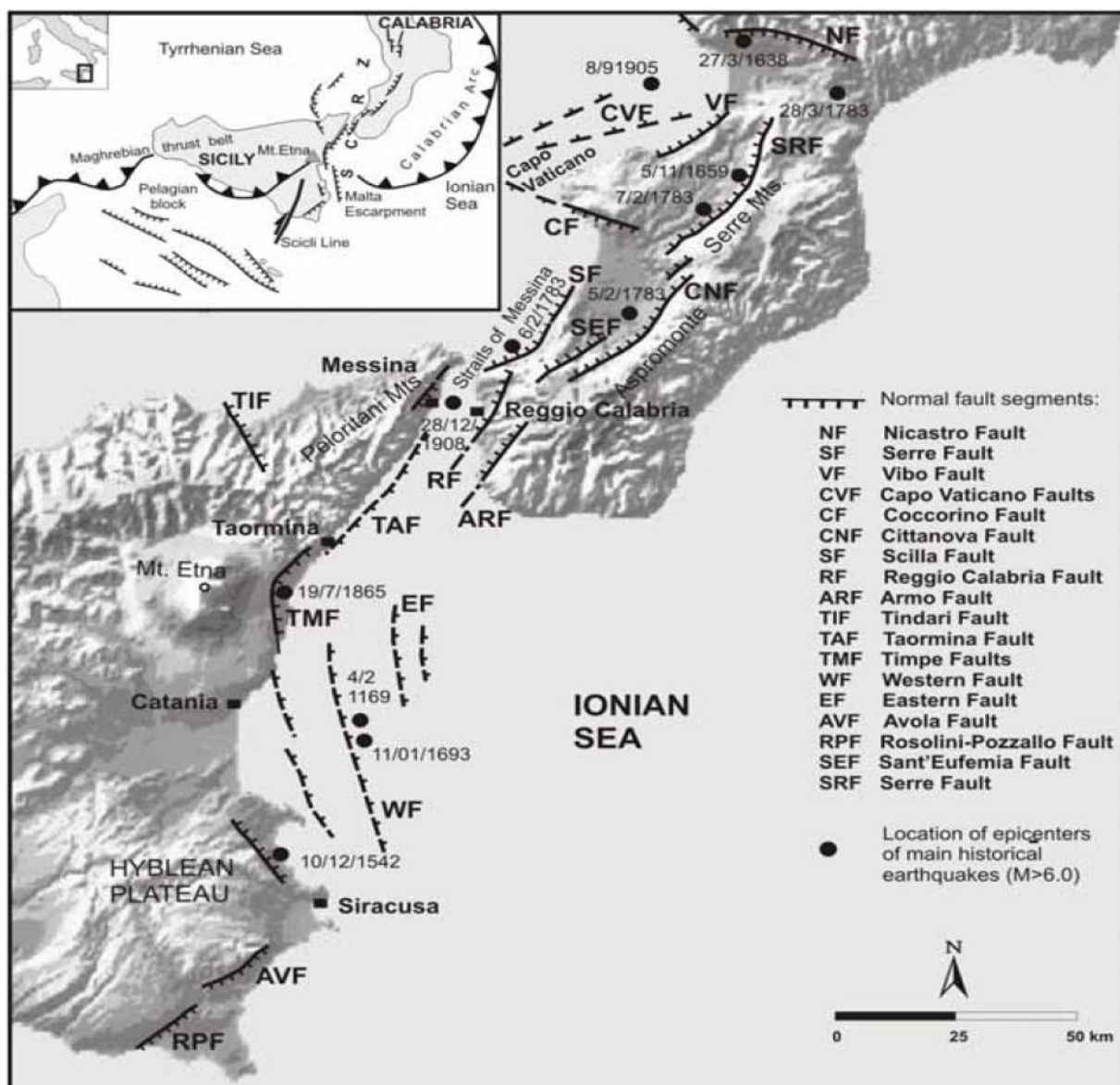


Figura 3.18 – Carta morfotettonica della Calabria meridionale e Sicilia orientale. È possibile osservare la distribuzione dei numerosi segmenti di faglie normali (fonte: Monaco et al. 2007)

La provenienza delle unità che compongono il basamento è un capitolo ancora aperto e ad oggi non esiste unanimità di pensiero: sono state infatti proposte origini europee “interne” (da nord - ovest), origini africane “esterne” (sud – est) o addirittura legate a microplacche “intermedie”.

La provenienza delle unità del basamento viene considerata in base alla giacitura regionale dello stesso (Figura 3.19):

- Assumendo un’immersione verso nord-est con vergenza africana la provenienza è europea;
- Assumendo un’immersione verso sud-est con vergenza europea la provenienza è africana.

Altri argomenti che descrivono il basamento sono il fatto che la successione di basamento diventa più completa verso sud-est ed il fatto che il grado di metamorfismo di pressione aumenta verso nord.

L'analisi di questo sistema orogenetico nel suo piccolo può in parte contribuire significativamente alla ricostruzione della complessa storia deformativa delle catene montuose del Mediterraneo centrale.

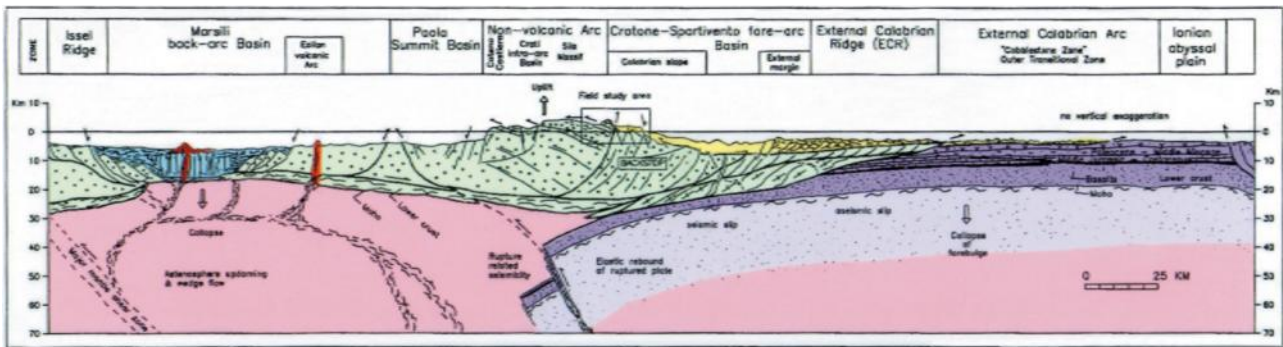


Figura 3.19 – Sezione geologica crostale che attraversa la Calabria (fonte: Van Dijk et al. 2000)

La costruzione dell'edificio si realizza in due fasi verificatesi fra il Cretaceo superiore e l'Oligocene inferiore in un complesso a falde alpine ed metamorfismo delle coltri cristalline che comprende unità ofiolitifere di crosta oceanica. Nel Miocene inferiore si ha il loro sovrascorrimento in toto sulla catena appenninica (Dietrich et al., 1972). La costruzione dell'edificio a falde nella sua forma attuale si completerebbe nel Tortoniano-Messiniano.

L'arco calabro-peloritano può essere suddiviso in due settori: settentrionale e meridionale, caratterizzati da una storia evolutiva pre-Tortoniana differente. Tali settori vengono a contatto lungo un ipotetico lineamento tettonico orientato grossomodo ENE-ONO che da Capo Vaticano si estende fino a Soverato (Tortorici et al. 1995) (Figura 3.20).

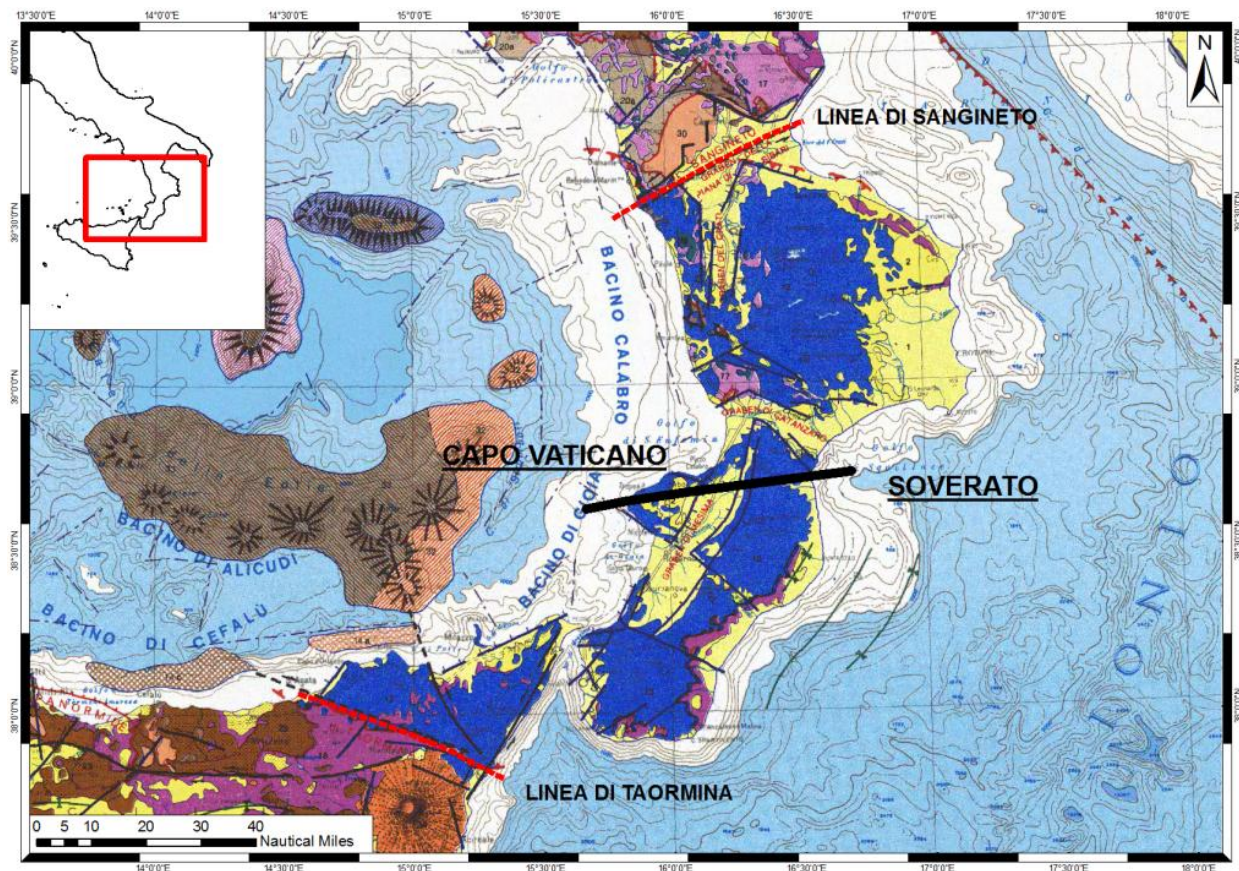


Figura 3.20 – Ipotetico lineamento tettonico da Soverato a Capo Vaticano che divide il settore settentrionale da quello meridionale dell'Arco Calabro (C.N.R. – Progetto finalizzato Geodinamica – Pubblicazione n. 269)

Nella parte settentrionale la geologia è caratterizzata dalla sovrapposizione di una serie di unità cristalline, derivanti dalla deformazione di domini continentali e oceanici, con polarità europea. Queste unità risultano sovrascorse sui terreni carbonatici di piattaforma delle unità appenniniche. Le unità carbonatiche affiorano in finestre tettoniche fino all'altezza della stretta di Catanzaro. I complessi alpini comprendono cinque unità di cui le due più profonde sono unità di ofioliti appartenenti a domini di crosta oceanica, mentre le rimanenti sono porzioni di crosta continentale.

Al di sopra delle unità alloctone e sui depositi terrigeni sin-orogenetici, giacciono sedimenti sia marini che continentali, riferibili a più cicli tettono-sedimentari e correlabili con le diverse fasi del progressivo smembramento della catena.

Dal punto di vista cinematico, invece, i limiti dell'arco calabro vengono, dagli autori, identificati con la Linea del Pollino al margine settentrionale e con la Linea Tindari-Giardini a quello meridionale sono interpretati come due grandi "binari" litosferici a scorrimento rispettivamente sinistro e destro che hanno consentito di guidare l'espansione tortoniano-pliocenica del bacino tirrenico e lo scorrimento verso E-SE dell'Arco rispetto alle aree stabili siciliana-africana ed appenninica-adriatica (Patacca et al. 1989).

La Linea Tindari-Giardini, o Linea di Vulcano, invece viene interpretata come una faglia trascorrente con cinematica destra, identificata con la Linea di Taormina attiva durante le fasi tettoniche plio-pleistoceniche (Finetti et al. 1996).

Il settore settentrionale è caratterizzato da una deformazione che inizia nel Cretaceo superiore, che porta alla costruzione della catena alpina e continua fino alla completa costruzione della catena appenninica. La parte settentrionale dell'Arco rappresenterebbe la porzione più meridionale della catena appenninica.

La Sila e la Catena Costiera sono costituite da un edificio a falde formate da sequenze ofiolitiche mesozoiche, rocce di basamento cristallino di età da pre-ercinica ad ercinica intruse da plutoniti tardo-erciniche. Le rocce del basamento cristallino hanno subito una lunga e complessa evoluzione che le ha viste coinvolte sia nelle orogenesi pre-alpine sia in quella alpina quando sono state separate dalla parte meridionale della placca Iberica e impilate, a partire dall'Oligocene superiore, sulla placca Adria.

L'edificio a falde della Calabria settentrionale, in letteratura viene suddiviso in tre elementi principali in cui sono state distinte differenti Unità tettonometamorfiche (Amodio Morelli et al. 1976; Scandone 1982) (Figura 3.21).

Il primo elemento più profondo della successione è formato da rocce carbonatiche di età mesozoica e relativo basamento Paleozoico di basso grado, la cui appartenenza al paleomargine Africano o Europeo è ancora dibattuta (Alvarez 1976; Dewey et al. 1989). Quest'elemento è stato coinvolto nel Miocene inferiore nella collisione tra la placca Iberica e quella Africana ed attualmente costituisce la catena appenninica Africa-vergente.

Un altro elemento si trova in termini tettonostratigrafico in una posizione intermedia ed è composto da due Unità ofiolitiche/ofiolitifere mesozoiche che rappresentano i resti dell'oceano neo-Tetideo (Lanzafame et al. 1979; Guerrera et al. 1993). Queste Unità sono state coinvolte nei processi di subduzione seguiti da collisione continente-continente. I dati strutturali e stratigrafici (Alvarez 1976; Cello 1989, 1996) indicano che questi processi sono stati attivi durante il pre-Luterziano con polarità europea con una direzione di trasporto tettonico verso O-NO.

Infine, l'ultimo elemento posto in posizione geometricamente più elevata è costituito da una sezione continua di crosta continentale strutturatasi in età tardo-Ercinica con relative coperture sedimentarie Mesozoica (Unità di Longobucco), interessata da deformazioni esclusivamente fragili a partire da 23 Ma. Non esiste accordo generale sul significato e sulla posizione paleogeografia di questo elemento.

Secondo differenti interpretazioni è possibile:

- si tratti del margine Europeo della Neo-Tetide (Ogniben 1973; Dewey et al. 1989; Knott, 1987, 1994);
- si tratti di una parte del dominio Austroalpino della placca africana (Haccard et al. 1972; Alvarez 1976; Amodio Morelli et al. 1976; Scandone, 1979, 1982; Bonari et al. 1988);
- sia il basamento e copertura di un microcontinente posto tra i continenti Europeo e Africano (Guerrera et al. 1993; Cello et al. 1996);
- sia il prodotto dell'accrezione di tre microzolle crostali.

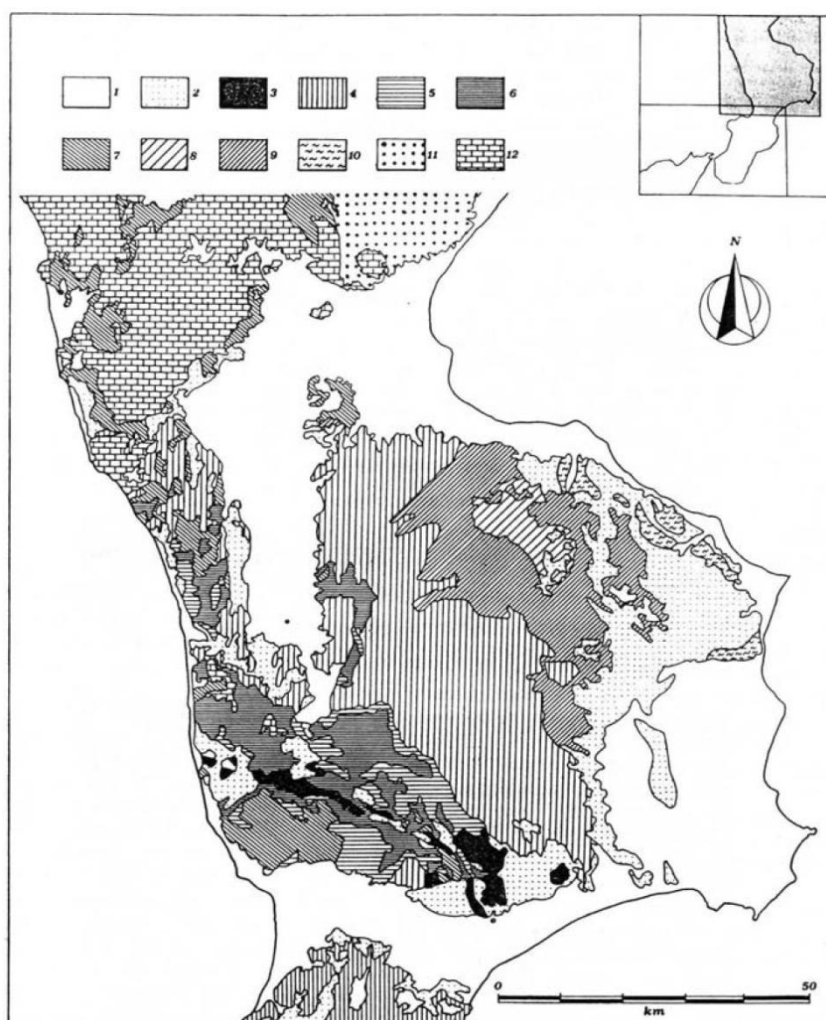


Figura 3.21 – Schema geologico-strutturale del settore settentrionale dell'Arco-calabro; 1 = sequenze medio-suprapliocenico-pleistocenico; 2 = sequenze tortoniano-infraplioceniche; 3 = Unità di Stilo; 4 = Unità di Polia-Copanello; 5 = Unità di Castagna; 6 = Unità di Bagni; 7 = Unità ofiolitifere (Unità del Frido + Unità ofiolitifera superiore); 8 = Unità di Longobucco, basamento; 9 = Unità di Longobucco, copertura; 10 = Unità sicilidi; 11 = Unità del Cilento; 12 = Unità carbonatiche della catena appenninica (fonte: Tortorici 1982)

3.2.3 Relazioni tra Catena Appenninica e Arco Calabro

Il modo migliore per condurre analisi tra le diverse unità stratigrafico-strutturali e per meglio chiarire le relazioni tra la catena Appenninica e l'Arco Calabro, può essere eseguita grazie all'interpretazione di lunghe linee sismiche condotte negli anni a carattere regionale.

Queste singolari linee sismiche prendono il nome di CROP costituiscono indagini geofisiche condotte nello in tutta Italia nei settori chiave per l'analisi a grande scala di tutto il territorio. Nel Bacino dello Ionio la linea che più si avvicina all'area in istanza è la "CROP M-5" che lungo una sezione trasversale alla Catena Appenninica e al suo relativo avampaese mette in evidenza le caratteristiche proprie di una zona di transizione tra i suddetti domini (Figura 3.22).

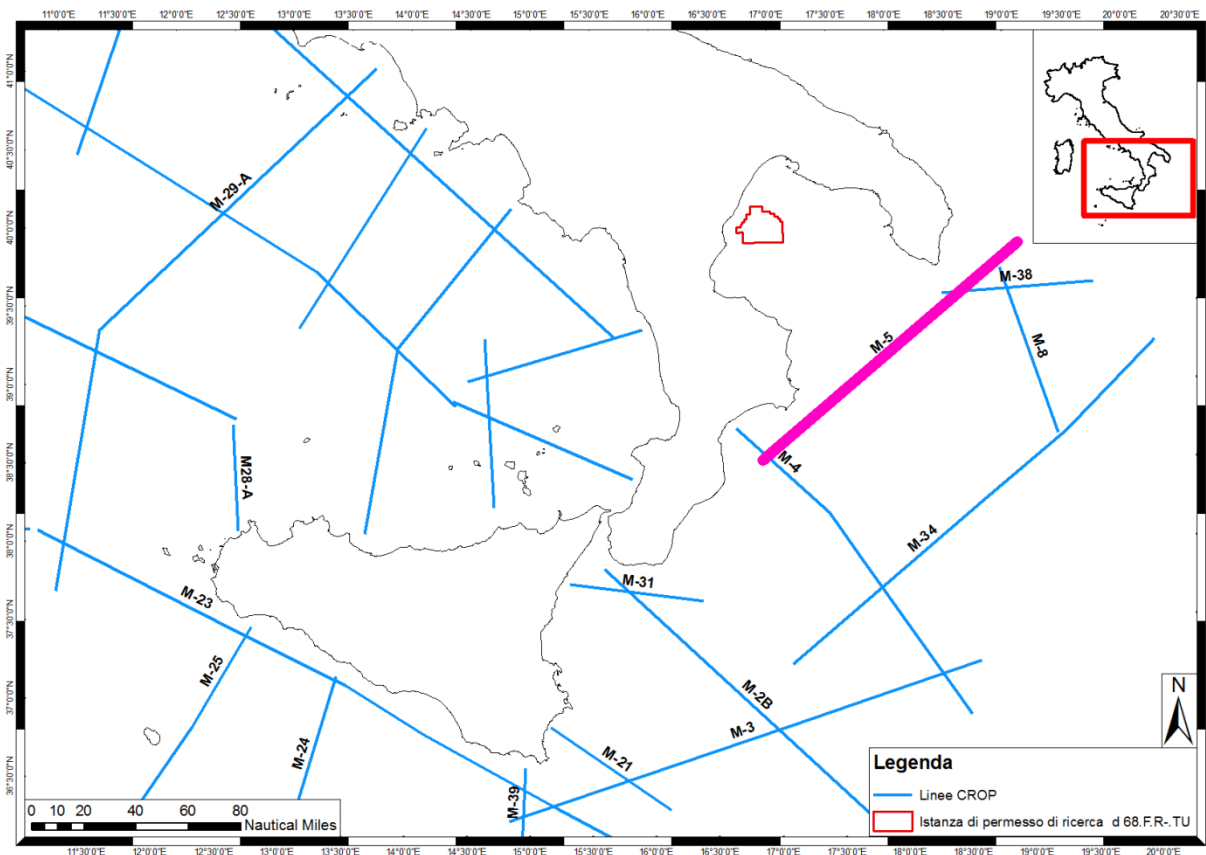


Figura 3.22 – Distribuzione delle Linee CROP in Italia meridionale. Evidenziata in viola è la linea CROP M-5 che più si avvicina all'aria in Istanza di permesso "d 68.F.R.-TU"

La linea "CROP M-5" illustra, infatti, i termini di passaggio tra un'area fortemente deformata tipica di Catena ed una decisamente meno, procedendo verso est. La linea si sviluppa, in direzione NE-SO, dal settore meridionale della dorsale pugliese-salentina fino alle coste orientali calabresi (Merlini et al. 2000) (Figura 3.23).

Dalle interpretazioni degli stessi autori si riconoscono, procedendo verso ovest, i caratteri peculiari dei tre domini: un avampaese costituito dalla dorsale Apula, un'avanfossa sottoalimentata nella fossa di Taranto e un prisma di accrezione attivo frontale.

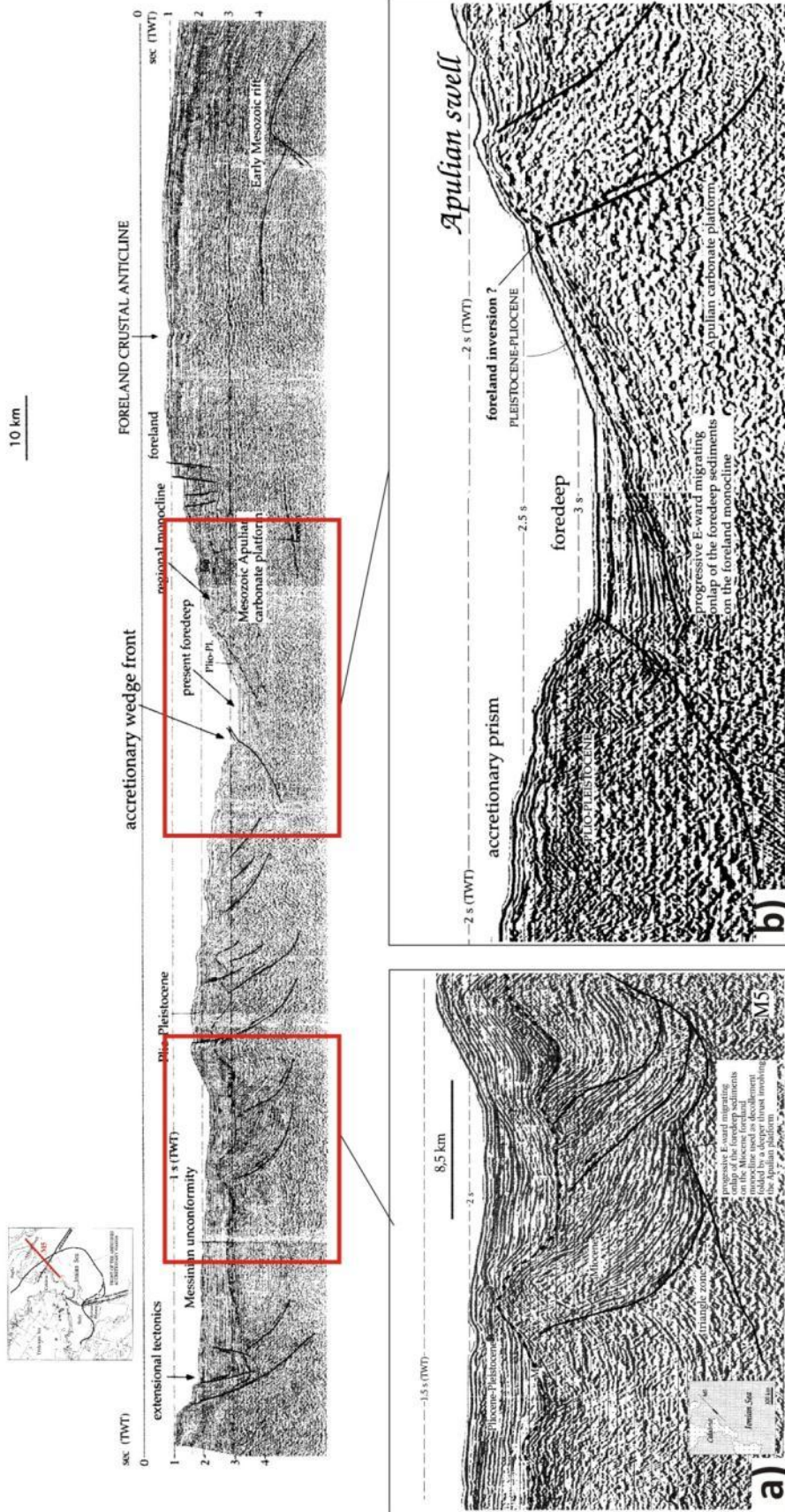


Figura 3.23 – Linea sismica regionale “CROP M-5” nello Ionio lungo l’intero sviluppo della Catena Appenninica; a) settore di Catena; b) settore di Avanfossa e Avampaese (fonte: Merlini et al. 2000)

Nel riquadro in (Figura 3.23, a) mette in evidenza la zona di Catena, con la presenza di frequenti strutture a triangolo nel prisma di accrezione e di precedenti depositi di avanfossa incorporati nel prisma il tutto si presenta deformato e ricoperto da sedimenti di bacini satelliti.

Osservando in particolare, la linea intercetta dapprima un tratto della anticlinale crostale-litosferica larga 100 km che costituisce l'avampaese passando poi gradualmente, verso ovest al settore di avanfossa dove è presente sia il margine del cuneo di accrezione sia una monoclinale regionale inclinata di circa 8° (Figura 3.23, b).

Nonostante la linea non attraversi perfettamente il settore dove giace il blocco in istanza, infatti, è ragionevole pensare che un'opportuna proiezione verso la linea di costa degli elementi illustrati lungo la linea, possa dare una buona approssimazione delle strutture presenti e delle relazioni tra i domini citati.

In termini stratigrafici, il dominio calabro-lucano s'intende una successione pelitico-calcareo-arenacea, non metamorfica, che nel suo insieme mostra le caratteristiche di *mélange* (Hsu 1968). All'interno di questa unità sono state individuate unità differenti, con contatti generalmente tettonizzati, costituite da sequenze ofiolitiche con la relativa copertura pelagica, lembi di successioni terrigene riferibili alla formazione Crete Nere (sequenza di argilliti nere, tipo *black shale*), oltre a livelli di calcari siliciferi e di vulcanoclastiti a detrito andesitico.

Queste unità affiorano estesamente nel settore sud-occidentale del foglio "Trebisacce" dove con un contatto tettonico poggiano sull'Unità del Pollino in discordanza stratigrafica dalle successioni torbiditiche delle formazioni del Saraceno e di Albidonia. Poco ad ovest dell'area del Foglio "Trebisacce", il complesso calabro-lucano è ricoperto tettonicamente dalla Sottounità del Frido, mentre nel settore centro-occidentale sovrascorre sulla formazione del Saraceno, lungo un contatto che si estende dal Timpone Rotondella a Serra di Paola.

Si riconoscono inoltre un'alternanza pelitico-calcareo-arenacea corrisponde alla porzione non metamorfica del *Flysch* argillitico-quarzoso-calcareo. La successione stratigrafica non è facilmente ricostruibile a causa della caoticità legata sia ai processi tettonici che ai fenomeni gravitativi superficiali che caratterizzano l'intero Appennino calabro-lucano. Si tratta di un'alternanza di prevalenti argilliti scagliettate grigio-brune o verdastre con intercalati livelli torbiditici spessi da pochi cm al metro di quarzosiltiti e arenarie quarzose a granulometria generalmente fine di colore grigio-verde, di calcilutiti e calcisiltiti gradate risedimentate, di colore grigiastro.

Sono presenti livelli di *slumps*, potenti fino a 10 m, costituiti da alternanze di marne grigio-verdi ed arenarie gradate a granulometria medio-fine. La successione terrigena, caratterizzata da un discreto spessore degli strati calcarei ed arenacei, è riferibile nel complesso ad ambiente di fossa prossimale a margini continentali (Dickinson & Seely 1979), come suggerito pure dalla composizione delle arenarie, classificabili come quarzareniti e subarcosi (Critelli 1991; Critelli & Monaco 1993).

Il complesso calabro-lucano mostra la presenza di ofioliti che conservano talora l'originaria copertura sedimentaria (Vezzani 1968; Lanzafame et al. 1978). Le ofioliti si presentano come gabbri eufotidi, basalti a *pillow* e brecce di *pillow*, rare serpentiniti, con rari resti dell'originaria copertura sedimentaria. Le relazioni tra i blocchi ofiolitici e i sedimenti adiacenti sono accomunate dal fatto che le ofioliti calabro-lucane rappresentino frammenti dell'originaria crosta oceanica della Tetide giurassica, costituendo pertanto la base dell'intera successione del complesso calabro-lucano.

Le serpentiniti, di colore verde scuro, sono state rinvenute con inclusioni di varie dimensioni (dal dm fino a qualche metro) di anfiboliti, scisti anfibolici, *granofels*, diabasi e gabbri con orli rodingitici.

I termini effusivi della successione ofiolitica (lave a *pillow* e brecce di *pillow*) sono i litotipi più comuni, affioranti in quasi tutte le località con spessori di alcuni metri. I *pillow* hanno dimensioni variabili dal decimetro fino a circa 2 m e sono cementati da una matrice ialoclastica a granulometria medio-grossolana. Le brecce, costituite da elementi tra il centimetro e il decimetro di colore nero-rossastro, sono invece cementate da una matrice costituita da ialoclastiti e da materiale sedimentario marnoso-calcareo che riempie anche tasche lenticolari di dimensioni decimetriche. Talora questi livelli effusivi sono interessati da filoni, spessi fino a 1 m, di diabasi afiritici di colore verdastro.

I gabbri sono del tipo eufotide e mostrano tracce di stratificazione composizionale data da un'alternanza di orizzonti più o meno ricchi in cristalli di pirosseno. Negli affioramenti più integri sono inoltre attraversati da un sistema di filoni decimetrici di diabasi a grana fine contenenti fenocristalli di plagioclasio (Lanzafame et al. 1978).

Resti dell'originaria copertura sono associati alle rocce ofiolitiche in quasi tutti gli affioramenti. Sono costituiti da radiolariti rosse e verdi, sottilmente stratificate, perfettamente correlabili con quelle affioranti a Timpa delle Murge dove si presentano in perfetto contatto stratigrafico sui basalti a *pillow*. Le radiolariti sono state datate Oxfordiano (Marcucci et al. 1987).

La Formazione di Timpa delle Murge evidenzia come la deposizione supragiurassica sia avvenuta in un ambiente a bassissimo tasso di sedimentazione, probabilmente un plateau oceanico (Ben Avraham & Nur 1982), in seguito invaso dai depositi terrigeni del complesso calabro-lucano.

La *litofacies* a calcari siliciferi stratificati forma corpi di estensione variabile da pochi metri a qualche centinaio di metri affioranti lungo tutto il crinale dei Colli Spinapulce, in contatto generalmente tettonizzato con l'alternanza pelitico-calcareo-arenacea. Si tratta di calcilutiti e calcisiltiti marnose silicizzate grigio-biancastre, a grana finissima e frattura concoide, in strati da 10 cm a mezzo metro, con sottili interstrati di argilliti grigiastre.

Il complesso calabro-lucano è stato interpretato nel suo insieme come il resto di un cuneo di accrezione legato ai processi di subduzione paleogenica della crosta oceanica della Neotetide al di sotto del dominio calabro (Knott, 1987; 1994). L'età delle diverse *litofacies* permette di riferire questa unità litostratigrafica al Giurassico superiore-Oligocene.

In termini evolutivi, le diverse unità tettoniche affioranti nell'Appennino calabro-lucano mostrano una serie di strutture che hanno registrato in modo completo l'intera storia deformativa legata alla convergenza Africa-Europa la quale, a partire dal Cretaceo superiore, ha portato alla costruzione della catena appenninica. L'intera area presenta una geometria a duplex, con un *thrust* di tetto che delimita le falde alloctone d'origine neotetidea (Unità Sicilide e nord-Calabrese) in ricoprimento su una serie di unità del paleomargine apulo distaccate tramite un *thrust* di letto dal relativo basamento.

La storia evolutiva e deformativa può essere riassunta in quattro stadi principali (Monaco e Tortorici 1994).

Il primo stadio, le unità nord-Calabrese e Sicilide rappresentano rispettivamente porzioni interne ed esterne di un cuneo d'accrezione cretaceo-paleogenico apulo-vergente legato alla subduzione dell'oceano neotetideo al disotto del margine calabride. I *thrust* indicano una generale direzione di trasporto verso l'attuale NE e pieghe asimmetriche di varie dimensioni con orientazioni attorno a N120-130°E e vergenza

verso NE. Tutti gli eventi deformativi sono datate in un arco di tempo che va dal Cretaceo superiore al Miocene inferiore.

Nel secondo stadio, le strutture alterano gli originari rapporti stratigrafici tra terreni ofiolitiferi, Argille Varicolori inferiori e relative coperture terrigene oligo-mioceniche. Queste hanno causato la sovrapposizione, con vergenza NE, del complesso Calabro-lucano sulla formazione del Saraceno e l'accavallamento retrovergente dell'Unità Sicilide sull'Unità nord-calabrese. Le pieghe hanno assi N130-140°E e piani assiali di poco immergenti verso SO. Verso l'alto stratigrafico altre strutture tipo pieghe *kink bands* mostrano assi asimmetrici orientati N120-140°E e i cui piani sono immergenti di 60-80° verso SO. Le strutture di questo stadio deformano le coperture terrigene tardo oligoceniche-inframioceniche delle Unità Sicilide e nord-calabrese. Il *thrust* basale del cuneo d'accrezione si è invece propagato verso le aree frontali della catena interessando anche sedimenti intrapleistocenici (Agip, 1977; Mostardini & Merlini, 1986; Cello et al. 1989).

Durante il terzo stadio, si registrano le strutture di raccorciamento più recenti presenti nella regione. Si tratta di faglie trascorrenti sinistre orientate ONO-ESE che interessano il substrato carbonatico e i terreni alloctoni sovrastanti. Queste strutture sono costituite da diversi segmenti e formano un'intera fascia deformativa con lineamenti le cui geometrie sono strettamente controllate dalle litologie coinvolte e dalle strutture preesistenti.

Nel quarto stadio si registrano le morfologie che meglio chiariscono i rapporti tra i diversi domini tettonici presenti nella regione. Esso risulta caratterizzato da una estensione orientata NE-SO che provoca l'attivazione di faglie normali orientate NO-SE. Le strutture recenti del settore settentrionale dell'Arco Calabro sono invece rappresentate da faglie normali tardoquaternarie sismogenetiche, caratterizzate da assi tensili orientati ONO-ESE (Tortorici et al., 1995).

In questo modo è stato possibile ricostruire i principali stadi evolutivi del settore meridionale della catena Appenninica a partire dalle prime fasi della chiusura oceanica della Tetide fino agli ultimi stadi della collisione continentale.

Le strutture presenti testimoniano una evoluzione di processi avvenuti in modo graduale con un costante trasporto tettonico verso l'attuale NNE permettendo di escludere, per questo settore appenninico, la presenza di una catena eoalpina a vergenza europea, coinvolta successivamente nella costruzione dell'orogene appenninico Africa-vergente.

Nel dettaglio, le unità nord-calabrese e Sicilide forniscono dati sullo stadio di chiusura oceanica e sulle prime fasi della collisione continentale (Monaco et al., 1998; Catalano et al., 2004). Le caratteristiche strutturali di queste unità suggeriscono come esse abbiano subito una deformazione progressiva, a differenti livelli crostali, da collegare a processi di subduzione prossimali ad un margine continentale. Le strutture più antiche (primo stadio) sono legate a processi sviluppatasi sulla porzione più superficiale del cuneo di accrezione tra il Cretaceo sup.-Eocene e l'Oligocene sup. La deformazione del cuneo di accrezione ha generato la formazione di un *mélange* nel complesso calabro-lucano. Nei bacini più o meno profondi delimitati dagli alti strutturali del cuneo di accrezione, sarebbe avvenuta la sedimentazione di successioni torbiditiche.

Gli eventi deformativi successivi (secondo stadio) sarebbero avvenuti in regime di collisione continentale con la formazione di una serie di pieghe e scaglie tettoniche a vergenza nord-orientale, delimitate da

sovrascorrimenti sviluppatasi a partire da un unico *thrust* migrante verso i domini più esterni dell'avampaese apulo, progressivamente tra il Miocene medio ed il Pleistocene inferiore.

Le strutture del terzo stadio si sarebbero sviluppate durante l'ultima fase dei processi collisionali nel Pleistocene medio. Durante questa fase un ruolo di primaria importanza sembra essere stato svolto dal forte spessore crostale che avrebbe inibito l'ulteriore propagazione verso zone più esterne del sistema a *thrust*, favorendo invece l'attivazione di strutture trascorrenti.

Le fasi estensionali finali (quarto stadio) chiuderebbero, a partire dal Pleistocene medio (Westaway 1993; Hippolyte et al. 1994), il ciclo orogenetico accomodando le deformazioni legate al sollevamento finale della catena.

3.3 TEMI DI RICERCA NELL'AREA IN ISTANZA

La struttura tettonica, l'assetto geologico, la natura litologica e la storia evolutiva nei relativi domini di avanfossa, avampaese e in parte nella zona di catena, da tempo è soggetta ad un notevole interesse dal punto di vista geominerario.

Il sistema geologico che caratterizza la Catena a falde Appenninica e il suo Avampaese possono essere proiettate a sud nel Mar Ionio, ove giace l'area in istanza di permesso. La falda di copertura Appenninica abbraccia varie unità tettono-stratigrafiche impilatesi durante l'orogenesi alpina nel Miocene-Pleistocene.

Le unità che costituiscono il sistema geologico sono caratterizzate da sedimenti compresi tra il Mesozoico e il Terziario e dalle unità sin-orogeniche dei flysch.

Il sistema petrolifero che costituirà l'obiettivo esplorativo della ricerca nell'area in istanza si può considerare completo in quanto i singoli elementi costituenti sono già stati provati nello stesso bacino ed in aree geologicamente simili.

Il principale obiettivo esplorativi nell'area in istanza di permesso e nelle zone limitrofe è rappresentato dagli idrocarburi gassosi e liquidi nei livelli porosi e fratturati dei carbonati della piattaforma Apula, in sedimenti mesozoici e cenozoici principalmente in trappole strutturali.

3.3.1 Roccia serbatoio

Nell'area in istanza possono essere presenti due principali tipi di sedimenti con buone caratteristiche di giacimento:

- sedimenti di tipo carbonatico con un'età compresa tra il Mesozoico e Cenozoici appartenenti alla Piattaforma Apula e del suo margine;
- sedimenti di tipo clastico più recenti di età Plio-pleistocene associati ai depositi torbiditici.

L'obiettivo esplorativo dell'attività di Transunion Petroleum è rappresentato dalle rocce serbatoio carbonatiche appartenenti alla Piattaforma Apula di età Mesozoica e Cenozoica.

Le rocce serbatoio all'interno dei calcari della piattaforma Apula sono rappresentata dai livelli a più elevata porosità primaria o secondaria associati a calcari, calcari dolomitici e dolomie di età comprese tra il Cenomaniano ed il Miocene medio. Si tratta essenzialmente di sedimenti originatisi in ambiente marino poco profondo, grossomodo sedimenti lagunari e tidali, che presentano una porosità primaria generalmente molto bassa (1-5%). Localmente, tuttavia, specie se associati alle dolomie, la porosità può avere valori leggermente superiori.

La porosità in concomitanza ad una fitta e intensa rete di fratturazione dei carbonati sono condizioni determinanti che incrementano la permeabilità dell'ordine di qualche Darcy regolano i tassi di produzione.

La porosità dei calcari della Piattaforma Apula lungo la sua intera colonna stratigrafica si presenta sotto diverse forme che posso essere classificate in base all'origine dei pori, distinguendo tra porosità primaria e porosità secondaria:

- Porosità intergranulare dovuta agli spazi esistenti fra i grani e tipica di formazioni clastiche. È un tipo di porosità primaria cioè derivata dai vuoti interposti tra i grani al momento della deposizione;
- Porosità intercrystallina dovuta agli spazi esistenti fra i cristalli e tipica della matrice delle formazioni carbonatiche. Come la porosità intergranulare, si tratta di una porosità di tipo primario o singenetico ereditata al momento della deposizione;
- Porosità vacuolare o moldica, dovuta a processi di dissoluzione di gusci di organismi come bivalvi (ad esempio Rudiste), legata alla circolazione di fluidi durante i processi diagenetici. Si tratta di una porosità di tipo secondario cioè associata a variazioni del volume poroso successivi alla deposizione (Figura 3.24);
- Porosità per fratturazione dovuta a microfratture o macrofratture, formatasi per parziale dissoluzione di matrici rocciose carbonatiche. Come la porosità vacuolare, la porosità per fratturazione è legata a processi successivi alla deposizione costituendo di fatto una porosità di tipo secondario.

In generale la porosità media di matrice di questi carbonati è inferiore a 5%, ma la presenza di un sistema di fratturazione pervasivo può aumentare considerevolmente sia la porosità che la permeabilità dell'intera roccia serbatoio e quindi le caratteristiche produttive di questi carbonati. I *reservoir* tipici nelle successioni carbonatiche della piattaforma Apula possono essere di vario tipo.

La piattaforma Apula presenta successioni di calcari caratterizzati da porosità primaria e di fratturazione, d'età miocenica medio-inferiore associati ad ambienti di rampa carbonatica con energia deposizionale che può essere molto elevata. Il meccanismo di sedimentazione è legato al bilancio tra apporto sedimentario e la loro distribuzione. I processi deposizionali a loro volta sono collegati alle correnti e alla geometria della rampa carbonatica.

Un altro esempio di *reservoir* è rappresentato da sedimenti neritici del Cretacico superiore, depositi in un ambiente compreso tra la zona sopratidale e una zona di laguna aperta e caratterizzati dalla presenza di livelli a Rudiste con elevata porosità vacuolare e da quelli di brecce dolomitiche ugualmente porose.

Sono presenti calcari di piattaforma del Cretacico inferiore e Giurassico che possono presentare una diffusa dolomitizzazione, con porosità inter ed intra-cristallina.

Un'altra tipologia di *reservoir* è rappresentato da depositi di piattaforma carbonatica interna, anch'essi fratturati e discretamente porosi, risedimentati in un ambiente di piattaforma esterna o di scarpata durante l'Eocene.



Figura 3.24 – Porosità vacuolare dovuta alla dissoluzione dei gusci di rudiste nei calcari del Cretaceo superiore della piattaforma Apula nelle Murge

Reservoir carbonatici fratturati

L'obiettivo principale della ricerca esplorativa per idrocarburi di Transunion Petroleum nell'area in istanza è rappresentato da *reservoir* in rocce carbonatiche fratturate. Questi tipi di rocce serbatoio sono complesse non solo da un punto di vista geologico, ma anche il punto di vista dinamico. Ciò è dovuto al fatto che la distribuzione delle *facies* carbonati si sviluppa in modo eterogeneo la loro previsione in 3D non è facile. La ragione principale di questa complessità è dovuta alla interazione di diversi fattori sulla loro distribuzione e sul tipo.

I principali fattori che controllano le *facies* carbonati che ed i loro ambienti deposizionali sono i tassi di penetrazione della luce, la temperatura dell'acqua e la circolazione direttamente controllati dalla latitudine ed il clima. Questi fattori influiscono sulle correnti e l'energia del moto ondoso determinando il trasporto di nutrienti e l'apporto terrigeno. Altri fattori determinanti sono la salinità e l'ossigenazione dell'acqua e non per ultimo il periodo geologico. L'insieme di questi fattori determina le possibilità dell'instaurarsi di un ambiente adatto alla proliferazione di organismi biocostruttori. La piattaforma inoltre per sopravvivere richiede la presenza di spazio su cui svilupparsi quindi le circostanze devono garantire spazi di accumulo controllati da processi di subduzione in equilibrio con le variazioni sul livello del mare.

Una volta che i sedimenti sono stati depositati altri fattori influenzano fortemente l'evoluzione delle rocce carbonati che e fortemente influenzano il loro futuro sviluppo come possibili rocce serbatoio tra cui la circolazione di fluidi determinando la diagenesi. L'evoluzione delle sequenze ed in fine la tettonica attraverso le fratture modificano le proprietà del *reservoir*.

Durante i processi modellizzazione per la valutazione volumetrica della roccia serbatoio tutti questi fattori devono essere valutati perché hanno una forte influenza sulle capacità del *reservoir* di contenere e rilasciare idrocarburi.

Oltre ai processi deposizionali e diagenetici, un argomento altrettanto complesso sono la struttura e il modello di fratturazione della roccia serbatoio. Le fratture sono ancora più difficili da prevedere, comprendere, descrivere e modellizzare a causa della complessità di altri fattori che influenzano la corretta distribuzione delle fratture.

I principali fattori che riassumono e controllano la distribuzione delle fratture in una roccia serbatoio sono (Peacock e Mann 2005):

- Fattori legati alla roccia e ai processi diagenetici;
- Fattori strutturali;
- Fattori che riguardano la situazione dello stress attuale.

Nel sottosuolo non è sempre facile individuare e interpretare faglie, le zone di fratturazione e la loro importanza relativa sul serbatoio. Questo si fa ancora più complesso quando il segnale sismico è di scarsa qualità o quando i dati sono scarsi. Nella parte a terra dell'Appennino meridionale si verificano entrambe queste situazioni, la qualità della sismica è, in generale scarsa e di difficile interpretazione e i dati diretti di sottosuolo (carote, *log* di immagine...) non sono abbondanti. Pertanto bisogna utilizzare un approccio più indiretto per comprendere le caratteristiche strutturali delle rocce serbatoio.

Le difficoltà maggiori quando si tratta di serbatoi carbonatici sono legate alle proprietà petrofisiche della fratturazione. I metodi standard per calcolare la porosità e permeabilità che vengono utilizzati per la modellizzazione di un serbatoio clastico non funzionano in rocce serbatoio di tipo carbonato. Un esempio lampante sono le analisi speciali su dati di carote di fondo che servono per determinare la porosità, la permeabilità e la saturazione in acqua del serbatoio. Questi dati non possono essere utilizzati per caratterizzare le rocce serbatoio carbonatiche perché i dati ottenuti dalle analisi si riferiscono alla matrice che contribuisce in minima parte al comportamento dinamico del serbatoio.

Se dati di porosità e saturazione in acqua nei serbatoi carbonatici non possono essere calcolati direttamente, diventa difficile determinare l'esatto valore delle riserve e se la permeabilità è incerta allora risulta difficile le riserve recuperabili.

Serbatoi carbonatici fratturati sono generalmente caratterizzati da valori molto bassi di porosità di matrice (<10%) e da una bassa permeabilità di matrice (<1mD).

Di seguito sono riportati alcuni valori di porosità di alcuni *reservoir* fratturati pubblicati in letteratura (Tabella 3.1):

Nome della Formazione o campo	Area	Valori di Porosità di Matrice (%)
Chalk Austin	Texas	0,20%
Formazione di Monterey	California	0,01 a 1,1%
Campo di Amal	Libia	1,70%
Beaver River	British Columbia	0,05 al 5%
Ellenburger	Texas	0,23 a 1,04%
Mississippian	Oklahoma	0,50%
Lacq Superieur	Francia	0,50%

Tabella 3.1 – Valori di porosità per alcune rocce serbatoio di tipo carbonatico nel mondo

La ricerca di idrocarburi nell'Italia meridionale ha individuato diverse tipologie di *reservoir* in livelli carbonatici nella Piattaforma Apula che si possono riassumere in tre categorie (Tabella 3.2):

- Calcari e Calcareniti di età miocenica depositi in ambiente di rampa con porosità di matrice che può raggiungere il 20% e notevoli valori di permeabilità. In questo caso la fratturazione gioca un ruolo secondario nella produzione e nelle caratteristiche della roccia serbatoio;
- Calcari e Calcari dolomitici del Cretaceo superiore depositi in ambiente di piattaforma con porosità di matrice solitamente inferiore a 10% e permeabilità di matrice bassa. In queste rocce serbatoio la fratturazione gioca un ruolo fondamentale sulla possibilità di produzione e le potenzialità di queste rocce serbatoio;
- Calcari e Dolomie del Cretaceo inferiore, Giurassico con valori di porosità solitamente inferiori al 10% e permeabilità di matrice attorno a 300 mD. Come nella tipologia precedente la fratturazione della roccia gioca un ruolo determinante sui tassi di produzione del serbatoio.

Nome Formazione-roccia serbatoio	Età	Litologia	Ambiente deposizionale	Porosità matrice (%)	Permeabilità matrice (mD)	Olio (°api)	Tipo giacimento
Bolognana	Miocene	Calcari e Calcareniti	Rampa	5-20%	300-1000	20-40	MATRICE (CARSIAMO +FRATTURE)
Altamura	Senoniano (Cretaceo sup.)	Calcari e dolomie calcaree	Piattaforma carbonatica	2-12%	0.1-100	11-30	DUAL K/PHI
Bari	Cretaceo inf.-Giurassico	Calcari e dolomie	Piattaforma carbonatica	2-10%	300	20	DUAL K/PHI

Tabella 3.2 – Quadro riassuntivo con le relative caratteristiche dei principali obiettivi esplorativi in *reservoir* carbonatici nella Piattaforma Apula

Rocce serbatoio cariche nella Piattaforma Apula

Il territorio dell'Appennino meridionale è caratterizzato da intensi fenomeni di carsificazione sia in affioramento che nel sottosuolo. La topografia carsica dell'avampese apulo nella regione delle Murge assomiglia ad un'area con una complessa storia caratterizzata da eventi che alternano sepoltura delle unità e emersioni ripetute più volte dal Cretaceo.

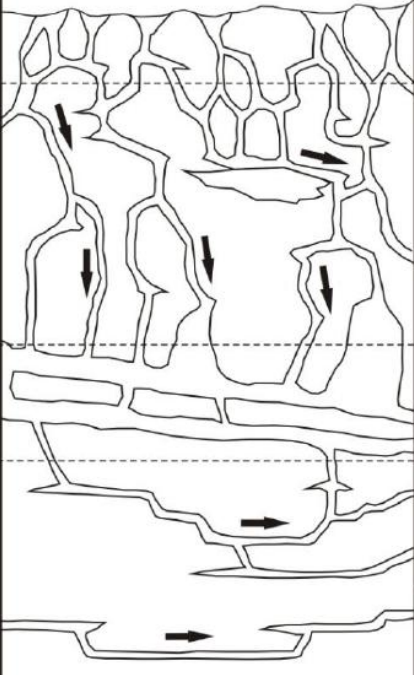
ZONAZIONE	POROSITÀ MEDIA	ORGANIZZAZIONE VUOTI CARSICI	MODELLO DI PALEO-DRENAGGIO	
VADOSA SUPERIORE (da 0 a 20 m)	1,15%		CIRCOLAZIONE VERTICALE (Localmente orizzontale su livelli di shale)	
ZONA VADOSA INFERIORE (da 50 a 75 m)	0,75%			
ZONA FREATICA SUPERIORE (da 20 a 30 m)	2,75%		ALTA VELOCITÀ	CIRCOLAZIONE ORIZZONTALE
ZONA FREATICA PROFONDA (> 200 m)	0,70%		BASSA VELOCITÀ	

Figura 3.25 – Distribuzione verticale dei processi legati al carsismo (fonte: André e Doucet 1991)

I fenomeni di carsismo si sviluppano principalmente a seguito della dissoluzione chimica delle rocce calcaree. Il processo risulta essere il risultato di un insieme di azioni di disaggregazione compiute a spese delle rocce affioranti e nel sottosuolo. La corrosione avviene ad opera di acque meteoriche aggressive che, arricchite di una certa quantità di anidride carbonica disciolta al loro interno si presentano acide. Le acque reagiscono con la calcarea intaccandola lentamente, sia in superficie sia infiltrandosi nel reticolo, fino a dar luogo a veri e propri condotti di dimensioni variabili che insieme sviluppano un vero e proprio reticolo (Figura 3.25).

Il più sorprendente esempio di sviluppo di paleocarsismo nei depositi carbonatici della piattaforma Apula si è sviluppato nel corso del Miocene. Questa fase, la cui durata è fortemente dibattuta, ha permesso lo sviluppo di un profilo carsico completo che può raggiungere una profondità di 100 metri rispetto alla originaria superficie topografica (Figura 3.26, Figura 3.27, Figura 3.28).

Nella regione Puglia si hanno diverse manifestazioni del fenomeno carsico disseminate sul promontorio del Gargano o che interessano l'intero altopiano delle Murge. Alcuni esempi di carsismo in queste aree sono molto famosi tra questi il Pulo di Altamura rappresenta una dolina con un diametro di oltre 500 metri.

Il più comune livello paleocarsico della piattaforma Apula è rappresentato dai depositi di bauxite nel Cretaceo, associati a fenomeni di carsismo superficiale (Carannante et al. 1988).

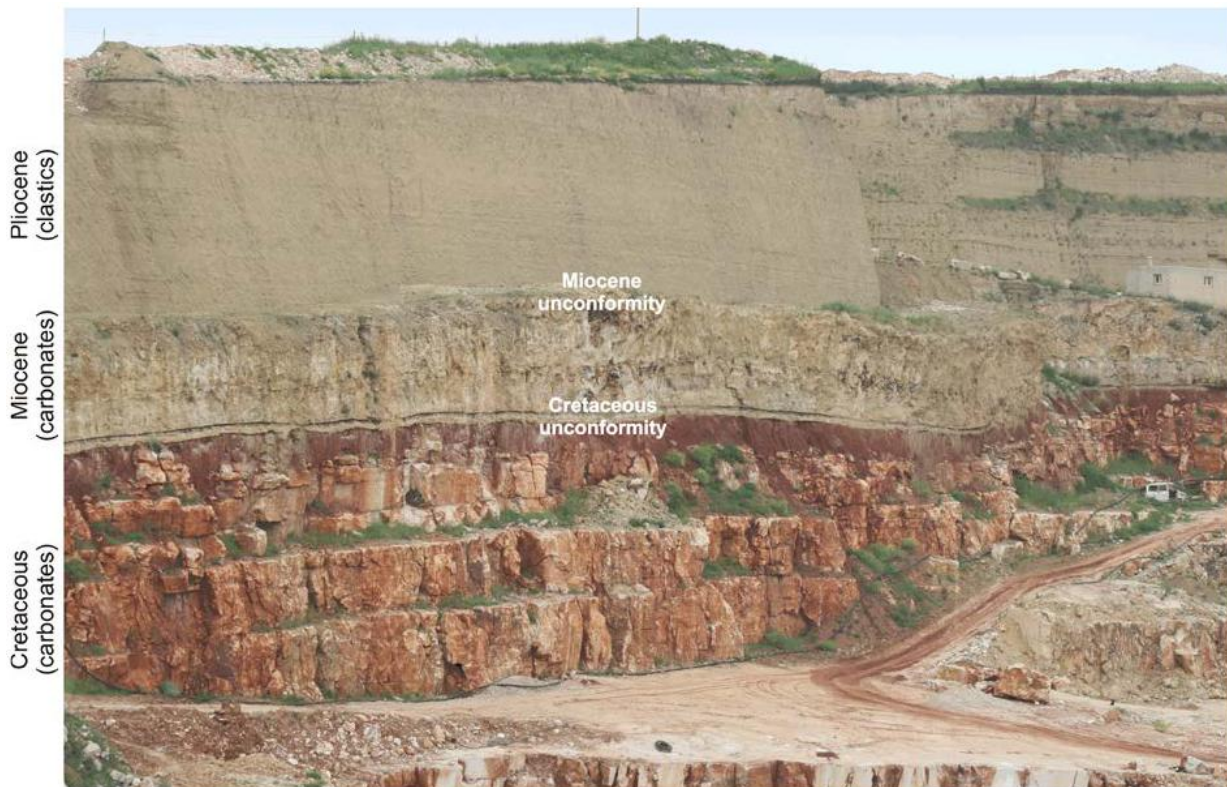


Figura 3.26 – Paleocarsismo sviluppato durante il corso del Miocene. La foto mostra due superfici di discontinuità che segnano il passaggio tra i calcari di piattaforma del Cretaceo e i depositi calcarei del Miocene. La seconda superficie di discordanza segna il passaggio tra i calcari del Miocene e le unità clastiche plioceniche (Cave di Apricena)



Figura 3.27 – Particolare di fenomeni paleocarsici presenti nelle Cave di Apricena

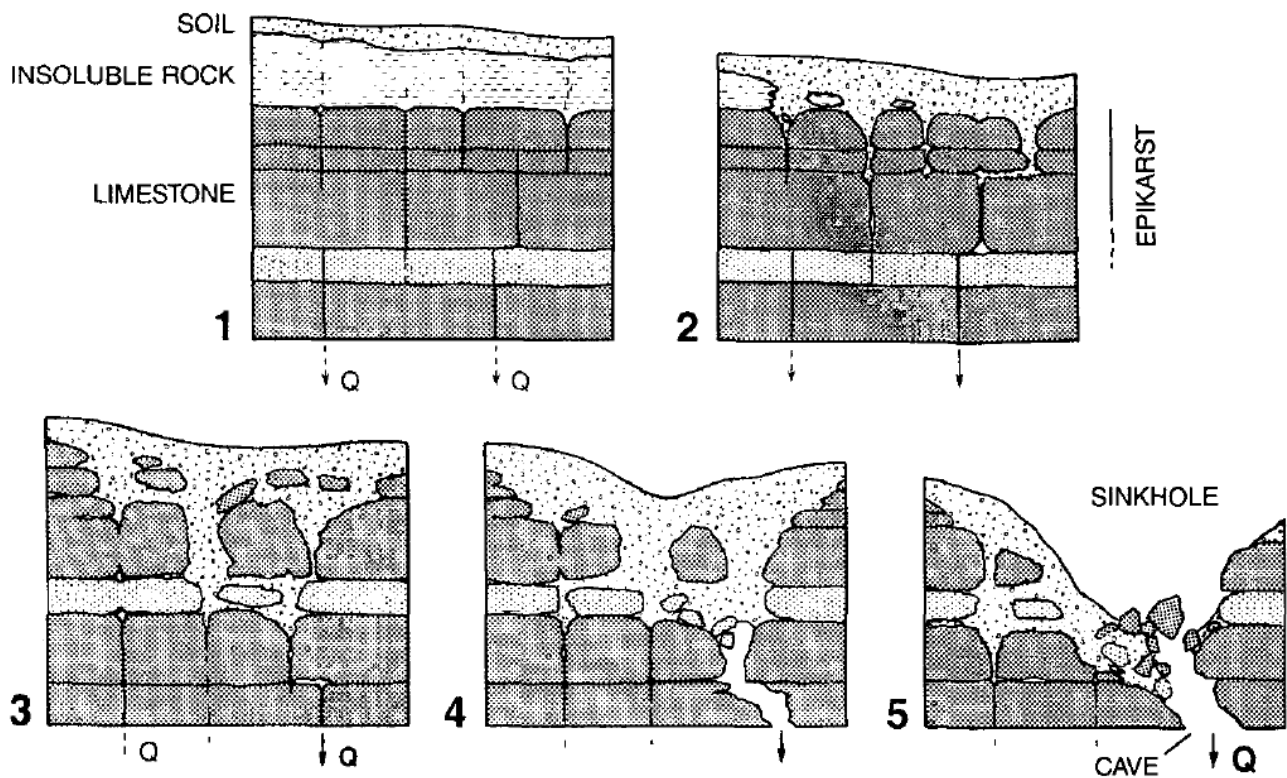


Figura 3.28 – Processo di formazione di una dolina o *sinkhole* (fonte: Palmer 1991)

Il più rappresentativo e studiato esempio di serbatoio carsico è rappresentato dal campo a petrolio di Rospo Mare (Doulcet et al. 1990, André e Doulcet 1991). Si trova nel mare Adriatico, 20 km a est della costa italiana vicino al 42° parallelo, 40 km a nord della penisola del Gargano, e 75 km a S-E della città di Pescara. Il campo è di circa 10×15 km in termini di dimensioni e il serbatoio si trova ad una profondità di 1310 m. Il campo ha riserve recuperabili che sono state valutate in 15×10⁶ m³ di petrolio viscoso 11°-12° API (André e Doulcet 1991).

Il serbatoio di Rospo Mare è rappresentato da calcari del Cretaceo inferiore (Formazione di Cupello), caratterizzata da *mudstone/wackestone* dal bianco al grigio chiaro, con intercalazione di *packstone/grainstone*. La roccia di copertura è rappresentata dal Miocene (Formazione Bolognano) e dalle evaporiti Messiniane.

Studi sulle carote di fondo hanno dimostrato che la densità di frattura può raggiungere una densità di 15 fratture al metro. L'origine di queste fratture è associata a meccanismi di collasso delle volte carsiche. Molti dei condotti carsici e delle fratture sono state parzialmente o completamente sigillato, con sedimenti marini del Miocene.

I vacuoli sono molto sviluppati specialmente lungo i tetti dei condotti carsici, le loro dimensioni variano da millimetrici fino a 7 a 8 centimetri, la porosità associata a questi intervalli vacuolari va fino a 8%. Pertanto, la porosità effettiva delle rocce serbatoio deve essere superiore alla porosità misurata su carota.

Il petrolio in questo campo è ospitato nelle cavità di scioglimento associati al paleocarsismo sviluppatosi nei calcari Cretacei prima della trasgressione Miocenica.

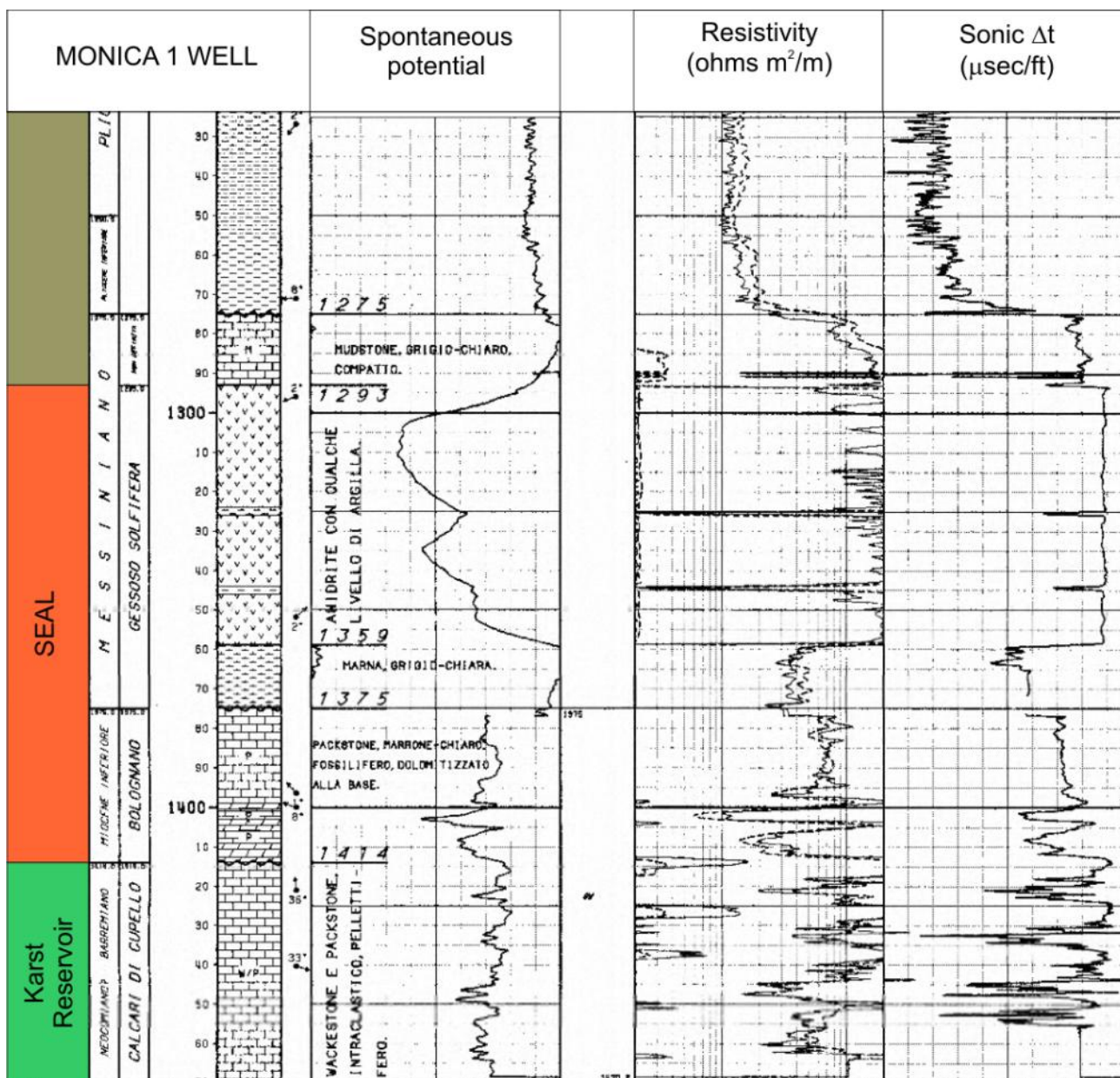


Figura 3.29 – Composite log del pozzo Monica 1 mostra la stratigrafia nei pressi del campo petrolifero Rospo Mare. Sono visibili i calcari della Piattaforma Apula carsificati (Formazione di Cupello) ricoperti dalle unità della Formazione del Bologniano e dalle evaporiti del Messiniano

3.3.2 Roccia di Copertura

Con roccia di copertura (o *seal*) si intendono quelle rocce impermeabili che impediscono la migrazione degli idrocarburi verso l'alto. Poiché l'olio e il gas sono più leggeri dell'acqua, essi tendono a salire attraverso la roccia serbatoio finché trovano una barriera impermeabile che blocca la loro migrazione verticale. Tale roccia impermeabile ha di norma forma concava se vista dal basso e pertanto impedisce anche la migrazione laterale degli idrocarburi, costituendo la copertura della roccia serbatoio.

Il ricoprimento delle rocce serbatoio carbonatiche della Piattaforma Apula è costituito dalle sequenze clastiche di età Pliocenica-Pleistocenica. L'ambiente deposizionale di questi sedimenti è riferibile ad una zona marina in un contesto di avanfossa. Questi depositi di Avanfossa ricoprono completamente il tetto

della piattaforma assieme a livelli gessiferi del Messiniano. I depositi Pliocenici e Pleistocenici sono costituiti da corpi torbiditici e da corpi pelitici molto estesi e spessi. Proprio la continuità dei livelli argillosi, e anche le variazioni laterali di *facies*, assicurano una buona tenuta della roccia di copertura.

Nel pozzo Letizia 1, che si trova vicino all'area di studio, è possibile osservare come le unità Plioceniche ricoprono i calcari di piattaforma del Cretaceo fungendo da roccia di copertura (Figura 3.30).

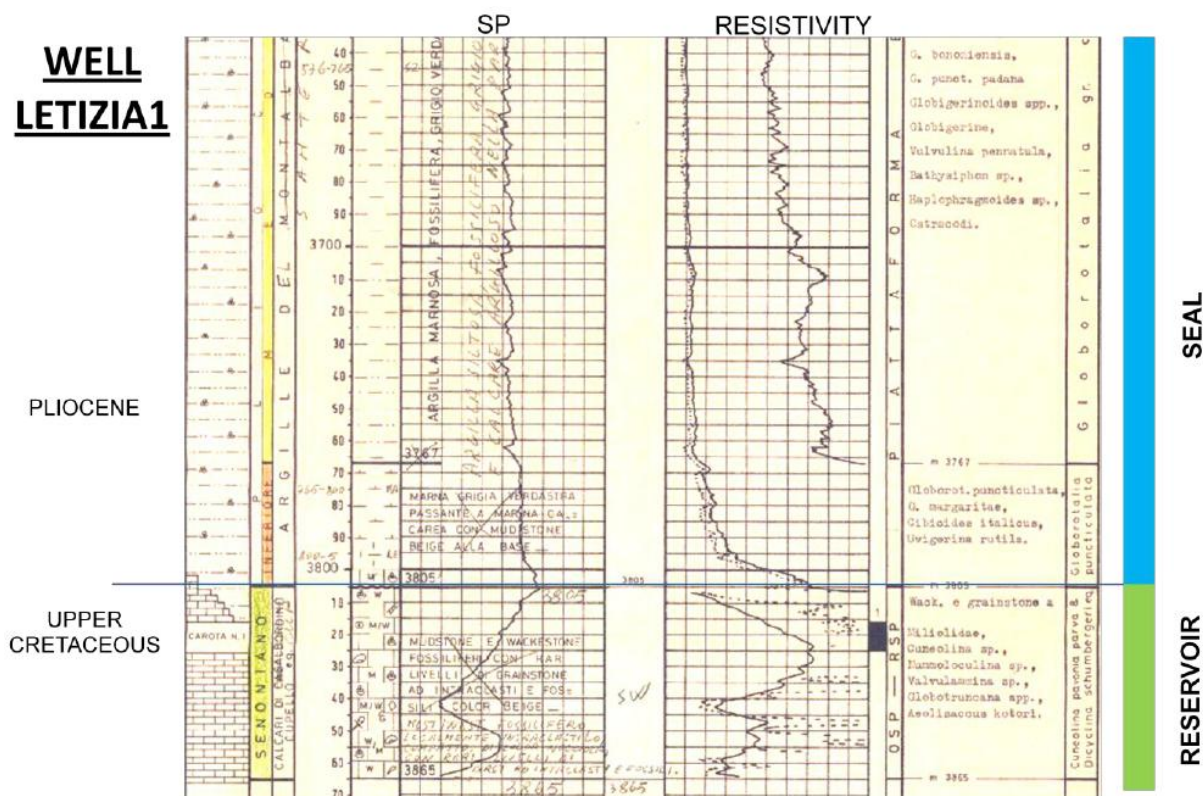


Figura 3.30 – Contatto tra la roccia di copertura pliocenica e il *reservoir* carbonatico della Piattaforma Apula nel pozzo Letizia 1

3.3.3 Roccia madre

Le attività esplorative per la ricerca di idrocarburi condotta nelle aree a terra in simili contesti geologici hanno messo in evidenza la presenza di due tipologie ben diverse di idrocarburi.

L'area mostra la presenza di idrocarburi liquidi e gassosi di origine termogenica nei carbonati mesozoici e gas biogenico nei depositi torbiditici Plio-pleistocenici più recenti. La roccia madre e le caratteristiche di questi idrocarburi sono considerevolmente diverse.

La roccia madre che da origine agli idrocarburi liquidi nei carbonati della piattaforma Apula è rappresentata dai livelli argillosi dell'Albiano-Cenomaniano. Questi depositi sono ricchi in materia organica, compresi nella successione del Bacino di Lagonegro composti da marne e argille depositatesi in bacini intra-piattaforma della Piattaforma Apula (Figura 3.31). I principali tipi di idrocarburi liquidi possono esser distinti sulla base delle analisi isotopiche, gas-cromatografiche, dai parametri fisici e dai *biomarker*:

- Oli maturi, caratterizzati da materia organica di tipo continentale, depostasi in ambiente ossigenato e ampio entro rocce di tipo argilloso;
- Oli immaturi o parzialmente maturi, provenienti da una roccia madre marina, depostisi in un ambiente deposizionale carbonatico, con apporti continentali.

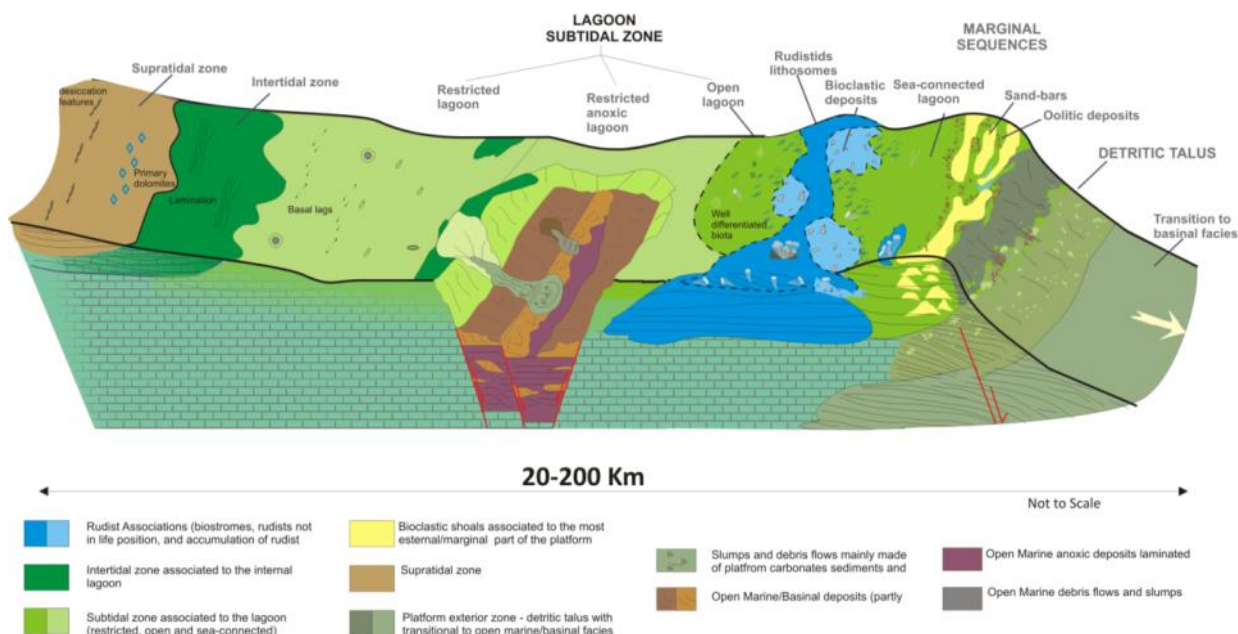


Figura 3.31 – Modello deposizionale della Piattaforma Apula con bacini di intra-piattaforma che hanno permesso l’accumulo di materiale organico e lo sviluppo di ambienti anossici

La distribuzione della materia organica risulta essere eterogenea, con valori di TOC molto variabili tra lo 0,1 e 3,2% nelle dolomie, ma anche più del 45% in argille. Il kerogene è immaturo (R_o pari a 0,4%), di origine prevalentemente marina e con valori HI (indice di idrogeno) elevati (600-800 mg HC/g TOC). Il potenziale medio è uguale a 2 kg HC/t, ma può arrivare anche a valori di 200 kg HC/t nelle litologie argillose; le densità mostrano oli con 30-45° API fino a 3° API, con la prevalenza di gradi medi (15-20° API).

Il gas di origine termogenica (6% degli idrocarburi totali del bacino), può essere considerato come il prodotto di cracking della materia organica.

Le densità relative agli idrocarburi liquidi nelle zone a terra mostrano valori molto variabili. Sono rinvenuti oli molto densi (3°API, nel pozzo Galgano), oli molto fluidi (35-°40°) e anche gasolina. Questa distribuzione è certamente legata alla generazione recente degli oli ed al meccanismo di migrazione. In alcuni casi, come quello del campo di Pisticci, i particolari valori di densità (10-15° API) sono causati da biodegradazione. La presenza di zolfo, rinvenuta in alcuni casi, viene associata ad un ambiente deposizionale riducente.

Le correlazioni fatte attraverso lo studio tra i diversi tipi di olio e la sorgente suggeriscono che la roccia madre principale nei giacimenti in produzione *on-shore* è costituita da carbonati tardo-cretacici depositi in ambienti ristretti.

3.3.4 Trappole

L’ultimo elemento che chiude il quadro e definisce un Sistema Petrolifero è caratterizzato dalla trappola. Con trappola si definisce come la configurazione geometrica delle rocce nel sottosuolo atta a preservare l’accumulo di idrocarburi.

L’intensa evoluzione tectonica che ha prodotto lo sviluppo di sovrascorrimenti, la riattivazione di vecchi lineamenti strutturali e la deformazione dei depositi, deformazioni differenti a seconda della loro posizione, ha portando alla formazione di tutta una serie di strutture che possono agire da trappole strutturali per

l'accumulo di idrocarburi. Nella zona a terra della Catena Appenninica Meridionale i principali accumuli di idrocarburi sono associati a trappole di tipo strutturale associate a sovrascorrimenti legati alla deformazione di età appenninica, oppure alla riattivazione di precedenti faglie normali di età pre-appenninica (in aree più esterne rispetto alla deformazione principale).

In questo tipo di trappole le principali scoperte sono legate ai campi di Pisticci e a quello di Grottole-Ferrandina, rispettivamente caratterizzati da idrocarburi liquidi e gassosi (Figura 3.32). Dati gli scarsi i bassi valori di porosità e permeabilità delle litologie carbonatiche, gli idrocarburi si sono accumulati in giacimenti di tipo fratturato dove la produzione è legata ai principali sistemi di frattura.

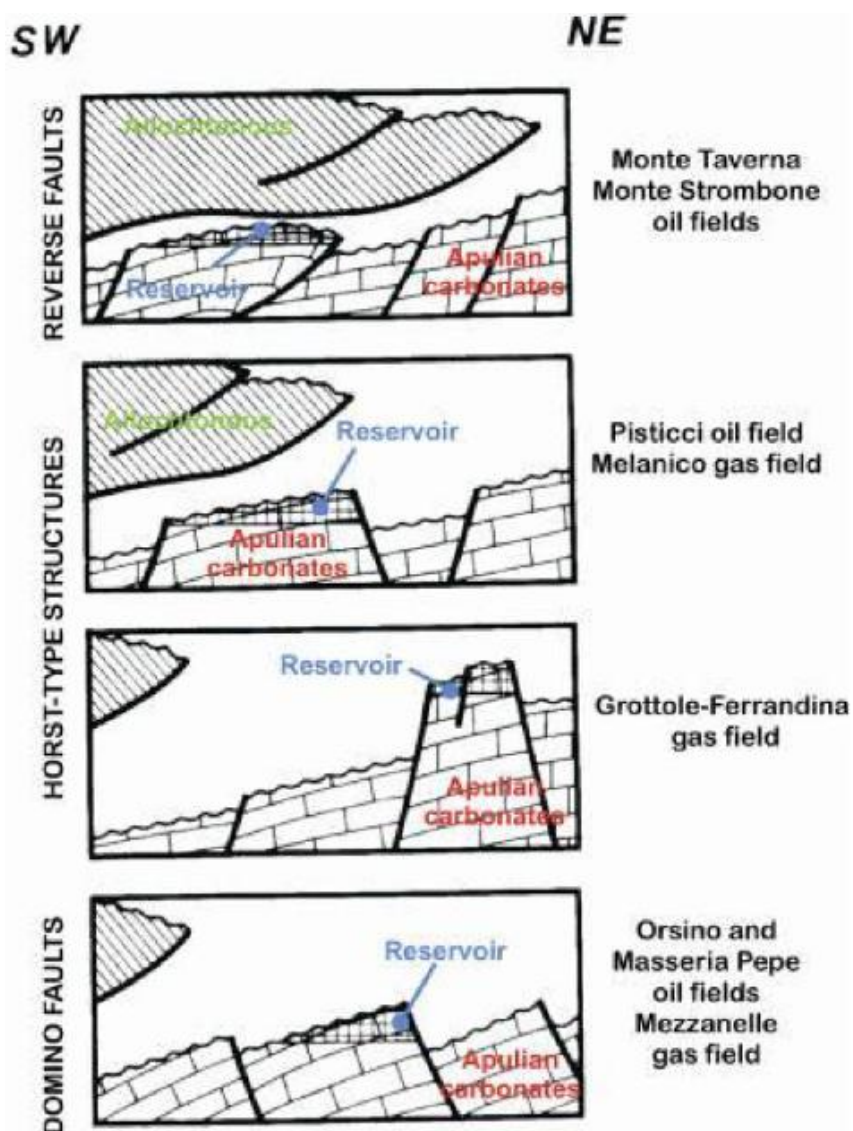


Figura 3.32 – Schemi delle varie tipologie di trappole nei relativi campi petroliferi. Si può osservare come i calcari della Piattaforma Apula fungano da roccia serbatoio mentre l'alloctono Plio-pleistocenico la roccia di copertura. Il sistema: Roccia madre, roccia serbatoio, roccia di copertura e trappola costituiscono il Sistema Petrolifero (fonte: Sella et al. 1988, modificata)

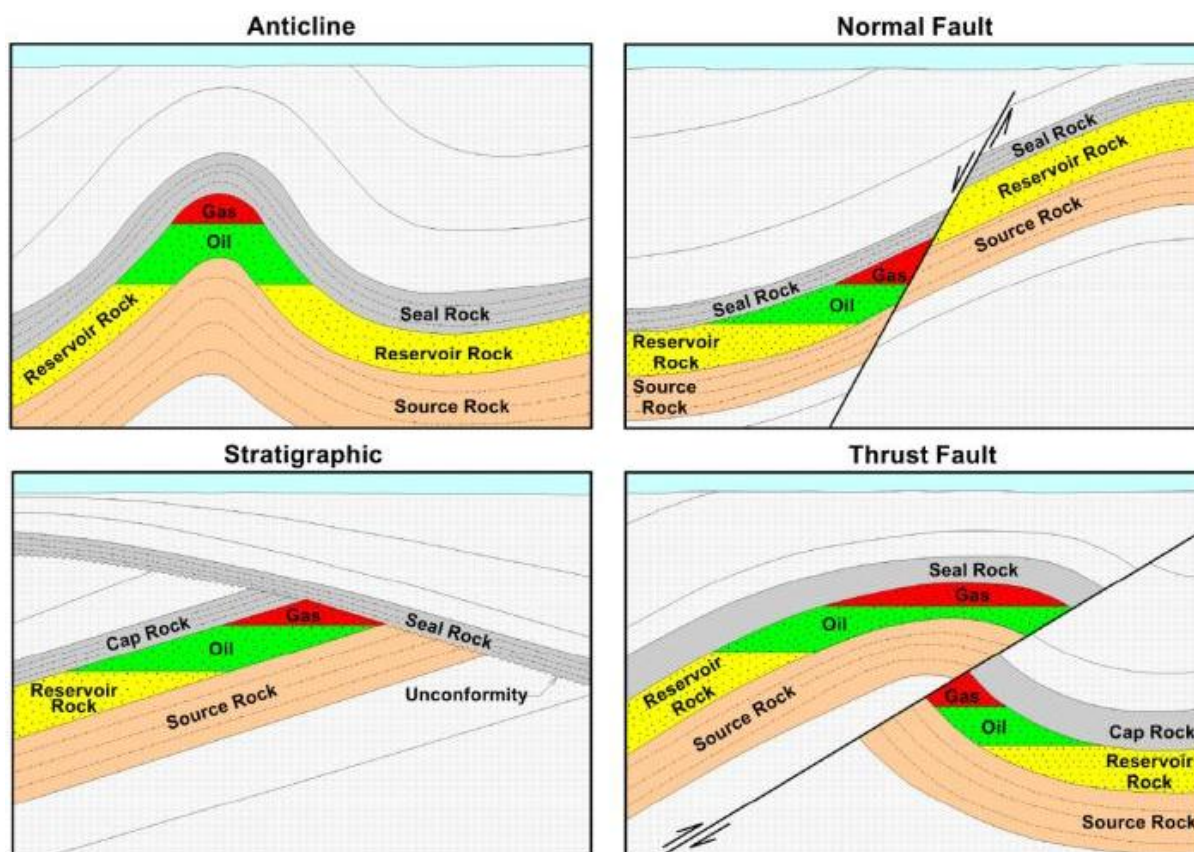


Figura 3.33 – Altri esempi di possibili trappole per idrocarburi (fonte: energy-alaska.wdfiles.com)

3.4 PROGRAMMA LAVORI

Di seguito verrà descritto il programma tecnico dei lavori che Transunion Petroleum Italia S.r.l. si propone di effettuare qualora la titolarità del permesso di ricerca venga assegnata con apposito decreto ministeriale.

L'obiettivo principale dei lavori è quello di valutare al meglio la presenza di accumuli di idrocarburi economicamente sfruttabili.

I lavori che di seguito verranno descritti possono essere suddivisi in due fasi distinte, una fase operativa di ricerca ed un'eventuale fase di perforazione. La prima fase include gli studi di terreno, l'interpretazione dei dati ricavati dalle precedenti campagne esplorative e l'acquisizione di nuove linee sismiche, mentre, nel caso in cui gli esiti della prima fase confermino la presenza di rilevanti accumuli di idrocarburi, la seconda fase prevede la perforazione di un pozzo esplorativo.

Tuttavia, è doveroso precisare che l'eventuale fase di perforazione dovrà essere oggetto di una nuova proposta progettuale da sottoporre a procedura di valutazione di impatto ambientale nonché specifica autorizzazione da parte del Ministero dello Sviluppo Economico.

3.4.1 Fase operativa di ricerca

La fase operativa di ricerca consiste nel reperire più informazioni possibili sia di carattere meramente scientifico (attingendo alla letteratura e agli articoli relativi) che applicativo sull'area di interesse ai fini di

migliorare le conoscenze sull'assetto geologico dell'area di studio. La fase di ricerca, a sua volta, si articola su diversi passi essenziali:

- esecuzione di uno studio geologico e geofisico regionale sulla base dei dati accessibili sull'area ed in particolare le correlazioni con possibili manifestazioni di idrocarburi in mare utilizzando varie tecnologie basate sull'interpretazione dei dati satellitari;
- scannerizzazione e vettorizzazione dei dati sismici pubblici;
- acquisto, rielaborazione secondo le tecnologie più all'avanguardia nel settore ed interpretazione di un minimo di 200 chilometri di linee sismiche acquisite in precedenza nell'area e relative alle zone identificate da "Leads", al fine di migliorare le conoscenze del sottosuolo in particolare per quanto riguarda la situazione geologico-strutturale dell'area e per poter identificare più precisamente i criteri e le caratteristiche con cui acquisire un eventuale rilievo sismico 2D;
- Acquisizione, elaborazione ed interpretazione di nuovi dati sismici 2D: se, utilizzando le metodologie descritte precedentemente, si reputerà necessario acquisire ulteriori dati geofisici si procederà all'esecuzione di un minimo di 200 chilometri di linee sismiche 2D.

3.4.2 Fase operativa di perforazione

Una volta condotti e portati a termine gli studi in modo da definire un quadro completo delle conoscenze geologiche sull'area di interesse, solo nel caso in cui da essi dovesse emergere la possibilità di individuazione del sistema roccia serbatoio, roccia di copertura e trappole, si renderà necessaria una verifica delle condizioni reali delle potenzialità minerarie del sito. La verifica delle suddette condizioni potrà avvenire solo attraverso la realizzazione di un sondaggio esplorativo opportunamente posizionato all'interno dell'area in oggetto, la cui profondità e ubicazione finali sono strettamente connesse alle caratteristiche stratigrafico-strutturali emerse dagli studi precedenti (indicativamente di circa 2700 metri).

3.5 CAMPAGNA DI ACQUISIZIONE SISMICA OFF-SHORE

3.5.1 Indagine geofisica: generalità

I metodi di prospezione geofisica permettono di ricostruire le strutture geologiche del sottosuolo senza entrare in diretto contatto con esso. Le diverse tecniche possono essere suddivise in due grandi gruppi:

- metodi di indagine passiva;
- metodi di indagine attiva.

I metodi geofisici passivi analizzano eventuali anomalie di campi naturali rispetto a parametri fisici del terreno e le confrontano con dati tipo e/o modelli. Lo svantaggio di questi metodi è l'impossibilità di migliorare il segnale, perché questo è prodotto da fenomeni naturali sui quali non si può intervenire, possono essere quindi necessari forti processi di amplificazione.

Utilizzando metodi geofisici attivi si immettono artificialmente nel terreno delle onde elastiche o delle correnti elettriche che permettono di misurare le variazioni di alcune grandezze fisiche del terreno (resistività densità, permeabilità, etc.). La risposta che si ottiene è strettamente legata alla variazione del parametro fisico in funzione della stimolazione applicata al terreno. Il buon esito delle indagini è affidato all'esistenza di contrasti nelle proprietà fisiche tra le strutture sepolte ed i materiali che le ospitano.

Nella tabella di seguito (Tabella 3.3) sono elencati i diversi metodi d'indagine geofisica usati al giorno d'oggi e la relativa proprietà fisica indagata.

METODO GEOFISICO	PROPRIETÀ FISICA
Gravimetrico	Densità
Magnetico	Suscettività
Sismico a riflessione	Modulo elastico-densità
Sismico a rifrazione	Modulo elastico-densità
Elettrico	Resistività elettrico
Elettrico	Potenziale spontaneo
Polarizzazione indotta	Resistività-Capacità
Elettromagnetico (EM)	Conducibilità-Induttanza
Elettromagnetico-VLF	Conducibilità-Induttanza
<i>Ground Penetrating Radar (Georadar)</i>	Permettività-Conducibilità-Permeabilità
Magnetotelurico	Resistività
Radiometrico	Radioattività

Tabella 3.3 – Tabella che raccoglie i principali metodi di indagine geofisica moderni

Di seguito verrà descritto in dettaglio il metodo di indagine che verrà utilizzato per l'attività di progetto:

- Metodo sismico

Tali metodi sono i più impiegati nel campo della prospezione geofisica finalizzata alla ricerca d'idrocarburi, perché più affidabili e in grado di determinare con grande dettaglio l'andamento strutturale e stratigrafico di un'intera serie sedimentaria. Essi si basano sui fenomeni di riflessione e rifrazione delle onde elastiche generate da una sorgente artificiale di onde, la cui velocità di propagazione dipende dal tipo di roccia. I metodi sismici seguono le leggi della fisica della propagazione delle onde (elastiche assimilabili alla propagazione delle onde ottiche pur entro certi limiti). Una sorgente artificiale di onde sismiche di pressione (onde P) o di taglio (onde S) dà luogo a un'onda che incontrando una superficie di discontinuità, ossia di separazione tra due strati elasticamente diversi, cioè a diversa impedenza acustica, l'onda, secondo un angolo di incidenza, può riflettersi totalmente verso l'alto o può in parte penetrare nel mezzo sottostante, rifrangendosi, e in parte riflettersi verso l'alto. Secondo quale tipo di onde si voglia analizzare si avranno metodi di sismica a riflessione o a rifrazione, che differiscono nella diversa disposizione dei ricevitori in superficie sulla sorgente di emissione dell'energia sismica. Esistono molte tipologie di sorgenti artificiali, legate all'ubicazione dell'indagine, alla situazione ambientale circostante, agli obiettivi della ricerca e alla logistica.

Per le attività di prospezioni geofisica a mare, la scelta della sorgente di energia sismica deve tener conto che le onde elastiche, prima di penetrare nel fondale marino, devono attraversare uno strato d'acqua di spessore variabile. I dispositivi utilizzati danno luogo ad impulsi di pressione fornendo una quantità di energia sufficiente. Tali mezzi applicano generalmente il loro effetto entro una camera di compressione o combustione o di altro tipo e la quantità di energia fornita è limitata dalle dimensioni meccaniche delle apparecchiature utilizzate. Si hanno differenti sorgenti che si possono così riassumere: a vapore, ad acqua, ad esplosivo, elettrica, ad aria compressa. Tutte queste tecniche sono accomunate dall'invio di un impulso di pressione che può essere di natura differente a seconda della sorgente ma che genera in acqua un'onda

acustica sferica che si propaga dalla superficie del mare al fondale marino. Tra queste la più impiegata è l'*air-gun*. Tale sorgente di energia è utilizzata in quasi tutti i rilievi sismici marini, perché la quasi totalità della sua energia è compresa nella banda delle frequenze sismiche, per la sua affidabilità e versatilità nella scelta del segnale generato e per l'assoluta sicurezza, non essendo utilizzate miscele esplosive.

Tra i diversi metodi geofisici, l'indagine sismica a riflessione è quella capace di fornire un'immagine del sottosuolo maggiormente dettagliata ed attendibile. Per questo motivo, dalla sua prima applicazione, nei primi decenni del '900, è stata ed è comunemente utilizzata per la ricerca di idrocarburi, rappresentando la chiave di volta della ricerca stessa. Infatti, mentre gli altri metodi geofisici vengono utilizzati come complemento ed integrazione della sismica a riflessione, generalmente per tararla laddove esistano pochi o nessun sondaggio, poiché forniscono ulteriori indicazioni su determinate rocce o corpi rocciosi caratterizzati da marcate proprietà fisiche. Le metodologie complementari utilizzate più frequentemente sono la gravimetria, la magnetometria e, data la crescente attendibilità (legata a programmi di elaborazione sempre più sofisticati e precisi), la magnetotellurica. Questi metodi, tutti appartenenti alla geofisica passiva, registrano rispettivamente le variazioni del campo gravitazionale della Terra e i campi magnetici naturali che si propagano all'interno della stessa.

Le prospezioni geofisiche sono metodologie di indagine essenziali per le ricerche geologiche, eco-compatibili e molto diffuse in tutto il mondo ed in ogni tipo di ambiente naturale. Le perturbazioni ambientali caratteristiche di questi tipi di rilievo sono molto limitate nello spazio e nel tempo, principalmente legate alla sorgente di energizzazione. Le operazioni di ripristino sono semplici. E' possibile stimare il potenziale grado di perturbazioni ambientali prodotte dai vari metodi geofisici.

3.5.2 Sorgenti di propagazione dell'energia

Il risultato prodotto da una qualsivoglia sorgente di energia sismica utilizzata per le prospezioni è un'onda elastica in grado di penetrare il mezzo roccioso estremamente disomogeneo. Le discontinuità presenti tendono a modificare inevitabilmente struttura, percorso e velocità dell'onda originaria. Le principali discontinuità riscontrabili nel sottosuolo possono avere natura diversa:

- Litologica (diversa densità, durezza, etc.);
- geometrica (spessori della successione, giacitura degli strati, etc.);
- strutturale (discontinuità strutturali come faglie, pieghe, fratture, etc.);
- sedimentologico (porosità, permeabilità, compattazione, etc.);
- deposizionale (*facies* differenti, etc.).

La registrazione, l'acquisizione e la digitalizzazione dell'onda di ritorno in superficie forniscono un'immagine indiretta più o meno chiara dell'inaccessibile sottosuolo. Le successive operazioni di elaborazione, esame e interpretazione degli elaborati risultanti, permettono di compiere un'indagine indiretta sulla natura, geometria e profondità degli orizzonti e delle strutture attraversati. Un enorme vantaggio di tali applicazioni è senza dubbio il fatto che queste analisi possono spingersi anche a grande profondità dalla superficie, in funzione della strumentazione e della conformazione del sottosuolo.

Dal punto di vista geometrico, considerando le opportune differenze e limitazioni, i fenomeni sismici sono governati dai medesimi principi fisici di quelli ottici; pertanto, ad essi sono applicabili le leggi dell'ottica geometrica in merito ai fenomeni di riflessione e rifrazione attraverso cui l'onda modifica la sua traiettoria.

Le modalità e le caratteristiche salienti di propagazione, rifrazione e riflessione delle onde elastiche verranno di seguito brevemente richiamate.

3.5.3 Generazione dei segnali sismici

Gli strati rocciosi che costituiscono la crosta terrestre sono caratterizzati da valori diversi in termini di proprietà fisiche (elasticità, rigidità, porosità), in relazione alla struttura interna ed alla composizione mineralogica e dei fluidi al loro interno. Le proprietà che dipendono maggiormente da queste variazioni sono quelle elastiche (compressibilità e rigidità) le quali sono in relazione alla velocità di propagazione delle onde sismiche. Perciò, quando un gruppo di onde elastiche viene prodotto in prossimità della superficie terrestre, esso si propaga nel sottosuolo fino ad incontrare una superficie di discontinuità, quale un piano di stratificazione oppure una frattura degli strati rocciosi. Il gruppo di onde, seguendo le leggi fisiche, subisce una ripartizione dell'energia e parte dell'onda incidente viene riflessa da questa discontinuità. Questo processo continua lungo il suo percorso in profondità, fino ad incontrare discontinuità sempre più profonde e subire lo stesso processo.

Tramite appositi sensori noti con il nome di geofoni utilizzati a terra, idrofoni utilizzati in mare, è possibile registrare i vari gruppi di onde riflesse dalle varie superfici di discontinuità, registrando il tempo necessario all'onda elastica indotta artificialmente per tornare alla superficie del suolo. L'elaborazione di questi tempi di percorso consente di ricostruire un'immagine delle principali strutture del sottosuolo fino a profondità di alcuni chilometri in funzione del tempo di registrazione.

A differenza dalla sismica a rifrazione, nella sismica a riflessione non viene misurato solo il tempo di primo arrivo dell'onda elastica ai singoli idrofoni, ma viene effettuata un'accurata analisi dei treni d'onda ricevuti, attraverso la quale si giunge a riconoscere i segnali provenienti dalle superfici di separazione di terreni caratterizzati da differenti velocità sismiche. In questo modo sarà possibile risalire non solo alla profondità delle diverse superfici incontrate, ma anche di stabilirne con esattezza la geometria, l'estensione e le reciproche relazioni tra i corpi che esse suddividono. Per raggiungere questo scopo è ovviamente necessario uno stendimento dotato di numerose energizzazioni, numerosi idrofoni, e l'utilizzo di apparecchiature di registrazione in grado di registrare con un elevato grado di accuratezza i diversi segnali in arrivo. I segnali registrati, inoltre, richiedono una fase di *processing*, attraverso la quale i singoli arrivi vengono elaborati, amplificati, sommati, filtrati, migrati (procedure condotte in maniera computerizzata) in modo da eliminare ogni eventuale disturbo sia esso organizzato (come gli arrivi delle onde dirette in superficie) che aleatorio quale, ad esempio, i disturbi ambientali: passaggi di navi o di mezzi pesanti, rumori di motori, vicinanza a centri abitati, etc.

Il risultato finale sarà un elaborato grafico denominato "sezione sismica" (Figura 3.34), nella quale viene evidenziato l'andamento delle superfici di riflessione provenienti dal sottosuolo (che costituiranno un insieme di riflettori sismici) che segnaleranno la presenza delle varie discontinuità incontrate (strati, contatti litologici, contatti tettonici).

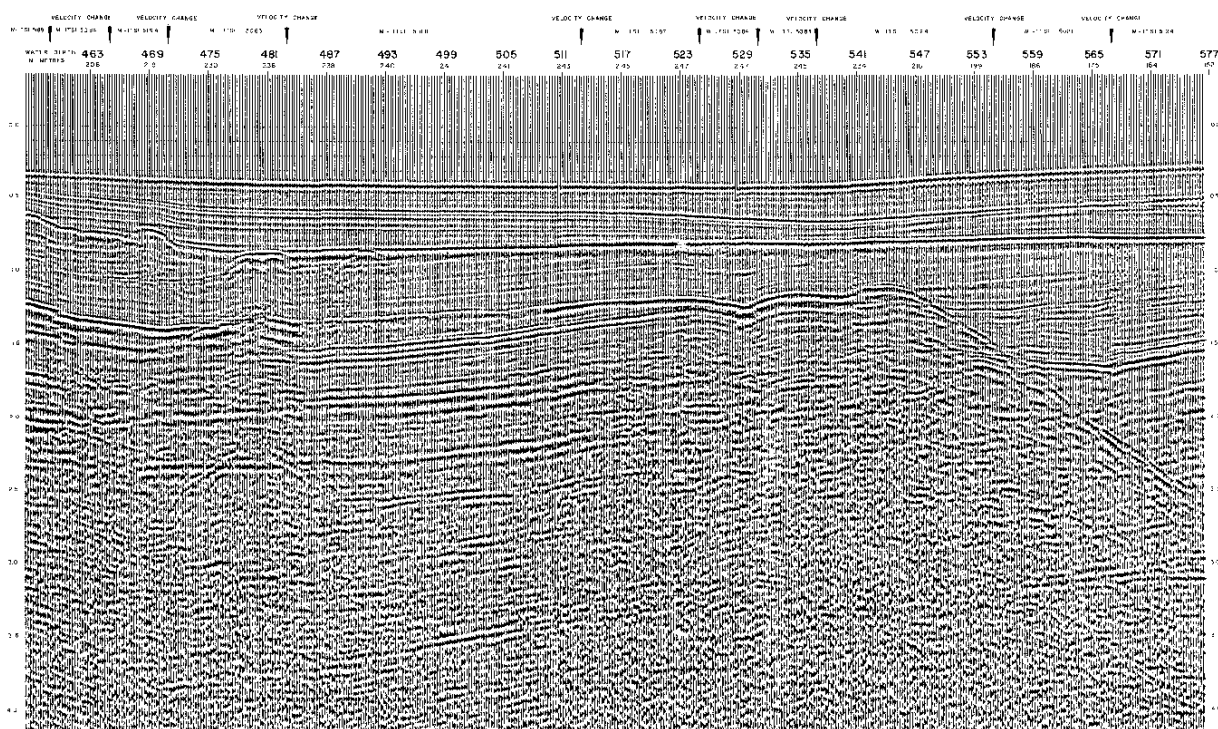


Figura 3.34 – Esempio di sezione sismica non interpretata (Progetto ViDEPI – www.nmig.sviluppoeconomico.gov.it)

La scala verticale è data dai tempi di percorso delle onde (dalla superficie al riflettore e dal riflettore al geofono) e non dalla profondità in metri (Figura 3.34). Di conseguenza, per risalire alla profondità o agli spessori dei diversi corpi litologici individuati, occorre conoscere le relative velocità di propagazione delle onde sismiche. Sebbene esistano dei range di valori indicativi per ogni litologia ogni interpretazione geologica basata sui profili sismici deve essere convalidata dai dati di pozzo.

La registrazione dei segnali riflessi verrà effettuata da un geofono, o idrofono, (sismica monocanale) o, nel caso della sismica multicanale, da diversi idrofoni che vengono spostati lungo la traccia dopo ogni liberazione di energia; questa tecnica fornisce una copertura multipla dell'area indagata, oltre che una profondità di indagine solitamente superiore a quella ottenibile con la sismica monocanale. Il vantaggio offerto dalle coperture multiple è quello di amplificare notevolmente il rapporto segnale/rumore poiché la registrazione dei segnali provenienti dallo stesso riflettore viene effettuata su diversi geofoni (Figura 3.35, Figura 3.36).

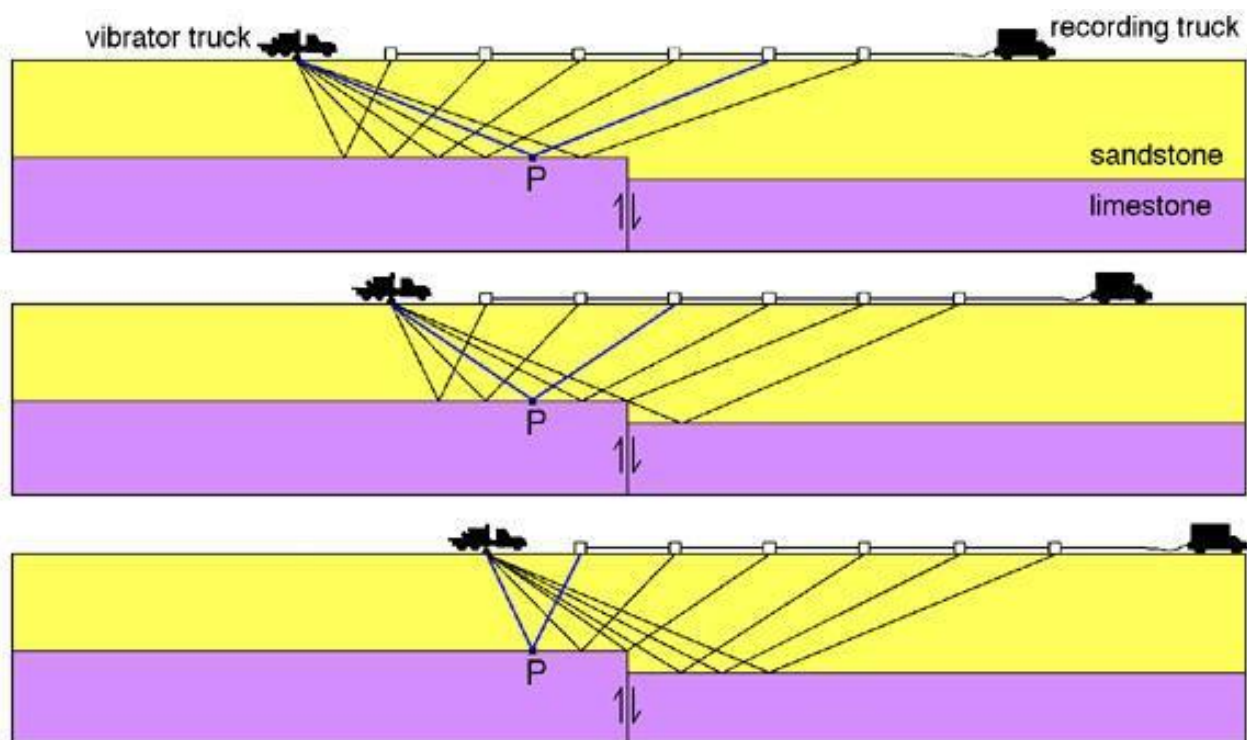


Figura 3.35 – Esempio di sistema di registrazione a copertura multipla. L'onda sismica riflessa dallo stesso punto P viene registrata da diversi geofoni per ogni spostamento dello stendimento (fonte: www.oilandgaslawyerblog.com)

Le onde provenienti dallo stesso punto in profondità (*Common Depth Point* - CDP) ma registrate da più geofoni disposti simmetricamente rispetto alla sorgente e al punto, hanno, infatti, lo stesso corredo di informazioni pur avendo seguito percorsi caratterizzati da diversi angoli di incidenza. In questo modo i segnali sismici che tornano in superficie, verranno sommati tra loro (*stacking*) mentre i segnali provenienti da elementi di disturbo, fuori fase e immediatamente riconoscibili, verranno eliminati. I segnali sismici reali, opportunamente corretti ed elaborati in fase di processing, saranno così in grado di riprodurre con un elevato grado di dettaglio le geometrie dell'orizzonte che ha generato la riflessione.

La lista dei parametri di acquisizione da definire comprende:

- lunghezza della registrazione = tempo di ascolto del sismografo, sufficiente ad esaurire la ricezione di ogni informazione di interesse;
- passo di campionamento = tempo di acquisizione di un singolo valore la cui sequenza costituisce la forma d'onda; non deve essere superiore alla metà del periodo della più alta frequenza contenuta nel segnale;
- distanza fra sorgente e geofono più lontano = determina la profondità esplorata per la quale è ancora possibile una buona analisi delle velocità;
- distanza fra sorgente e geofono più vicino = non deve essere troppo grande in modo da consentire una buona valutazione degli spessori e delle velocità del primo strato aerato;
- distanza tra i geofoni = dipende dai parametri precedenti e dal numero di canali disponibili sul sismografo. Quanto più breve è, tanto maggiore è la risoluzione superficiale. La simultaneità di una buona risoluzione superficiale e di una buona penetrazione in profondità, è proporzionale al numero di canali disponibile;

- filtri analogici = la miglior scelta dei filtri consente l'eliminazione dei rumori e il miglior sfruttamento della dinamica del sismografo. In particolare questo vale per la scelta del filtro passa alto.

Nella fase successiva rientrano tutte le procedure atte a migliorare il rapporto segnale/rumore e a perfezionare l'immagine sismica proveniente dalla porzione di sottosuolo indagato. Senza entrare nello specifico di tutte le operazioni (*edit, stacking, filtraggi, migrazioni, deconvoluzioni, correzioni statiche e dinamiche, etc.*) vengono comunemente raggruppate sotto il nome di processing. Non sempre il profilo sismico finale risulta completamente "ripulito" dalla presenza di segnali anomali, provenienti da corpi o superfici riflettenti che non rispecchiano le strutture realmente presenti, oppure creati da fenomeni di interferenza con onde provenienti da diverse direzioni (onde dirette, riflessioni sulla superficie del mare, etc...), oltre che da un generale rumore di fondo, la cui presenza talvolta dà luogo ad immagini non perfettamente nitide. Esistono, inoltre, dei veri e propri generatori di segnali "falsi", frequentemente presenti in numerosi profili sismici anche di buona qualità e, fortunatamente, facilmente identificabili, la cui presenza se riconosciuta, non inficia la validità dell'interpretazione. Tra questi segnali, i principali sono le riflessioni multiple e le iperboli di diffrazione.

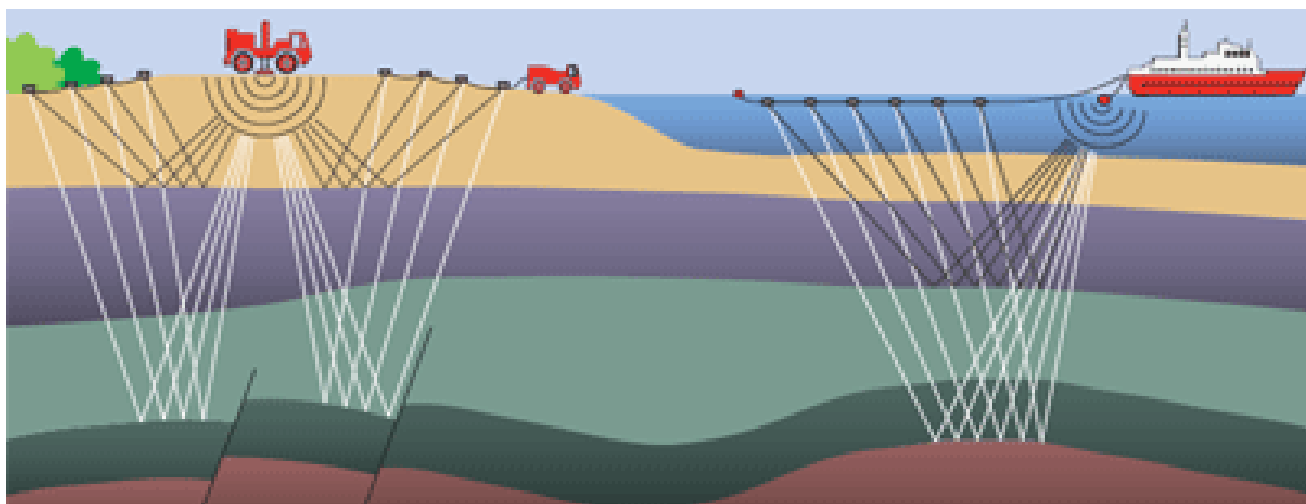


Figura 3.36 – Esempio di acquisizione sismica *on-shore* e *off-shore* (fonte: www.aapg.org)

3.6 DESCRIZIONE DELLE TECNOLOGIE ADOTTATE NELLA RICERCA SISMICA *OFF-SHORE*

Di seguito verranno mostrate dettagliatamente le principali tecniche di indagine in mare che verranno utilizzate per l'esecuzione della campagna di prospezione nell'area oggetto di interesse. Sebbene esistano diversi tipi di acquisizione ed esecuzione dei rilievi sismici (2D o 3D), in questa sede sarà trattata la sola progettazione della tecnica 2D. È facile intuire come le tecniche e le tecnologie impiegate nella ricerca sismica in mare differiscano dai rilievi eseguiti in terra nonostante i principi fisici rimangano i medesimi. Queste differenze si ripercuoteranno anche e non in minor misura sull'organizzazione logistica. L'immagine che segue (Figura 3.37) mostra un tipico esempio di stendimento per l'acquisizione sismica *off-shore* con una panoramica sui mezzi e attrezzature utilizzate.

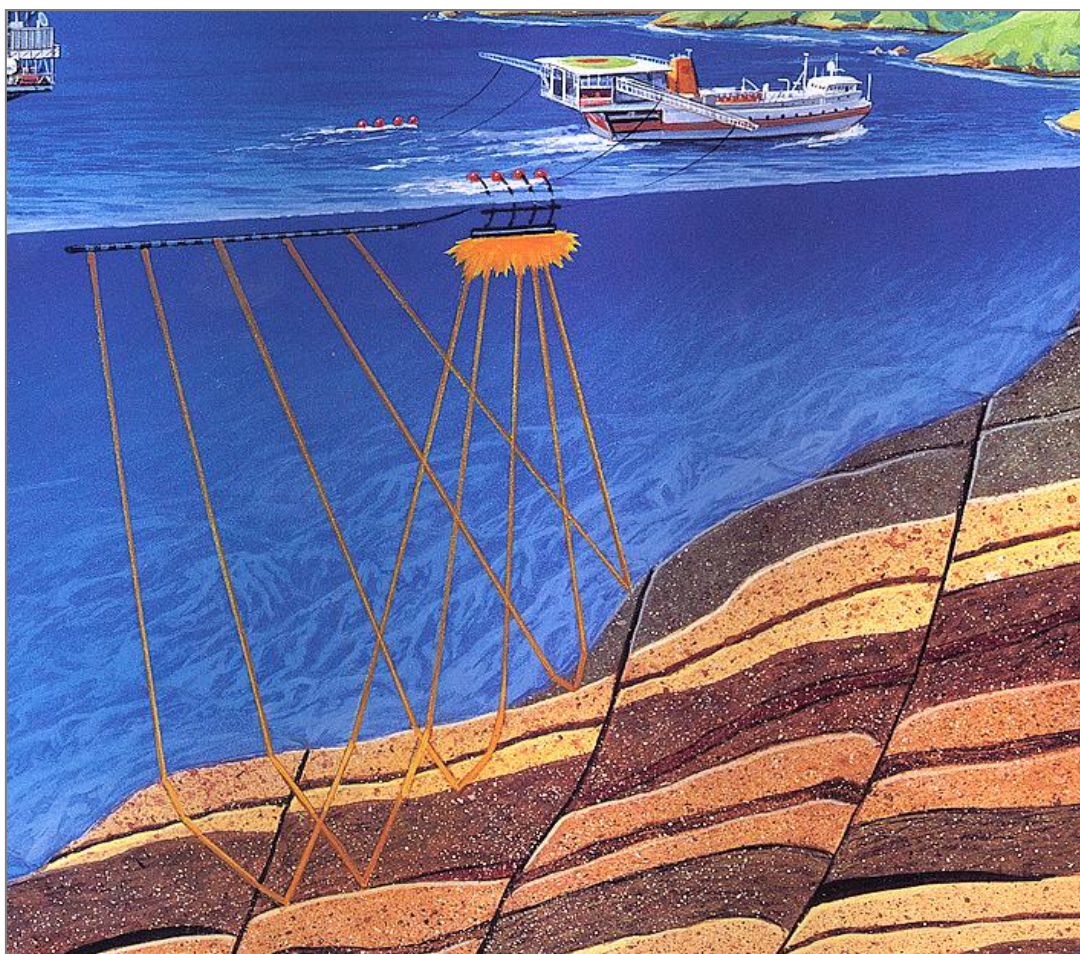


Figura 3.37 – Esempio di stendimento e linea di acquisizione sismica in mare (fonte: www.aapg.org)

3.6.1 Sorgente di energizzazione: l'*air-gun*

L'*air-gun* è la sorgente d'energia oggi più utilizzata per rilievi sismici in mare. E' una sorgente pneumatica di onde acustiche che genera onde a bassa frequenza grazie alla creazione di bolle d'aria compressa nell'acqua. È un dispositivo costituito da due camere, una superiore che viene caricata di aria compressa e un inferiore di scarico, sigillate tra loro da un doppio pistone ad albero. L'aria compressa che viene immessa nell'*air-gun*, deriva dai compressori presenti sulla nave sismica, passa dalla camera superiore a quella inferiore attraverso la sezione cava del pistone. Quando l'*air-gun* risulta carico e si raggiunge la pressione desiderata, scelta in base all'obiettivo del sondaggio ma anche per minimizzare il più possibile gli eventuali impatti sull'ambiente marino, viene attivato elettronicamente un solenoide che genera un campo magnetico sufficiente a far sollevare il pistone. Con la risalita del pistone si aprono le valvole d'uscita poste ai lati dell'*air-gun* e l'aria compressa viene espulsa all'esterno (Figura 3.38).

Il rapido rilascio di aria compressa (in genere a pressioni intorno ai 2000 psi) dalla camera dell'*air-gun* produce una bolla d'aria che si propaga nell'acqua. L'espansione e l'oscillazione di questa bolla d'aria genera un impulso con un picco, di grande ampiezza che è utile per l'indagine sismica. La principale caratteristica del segnale di pressione di un *air-gun* è il picco iniziale seguito dagli impulsi provocati dalle bolle. L'ampiezza del picco iniziale dipende principalmente dalla pressione prodotta e dal volume dell'*air-gun*, mentre il periodo e l'ampiezza dell'impulso della bolla dipendono dal volume e dalla profondità dell'energizzazione.

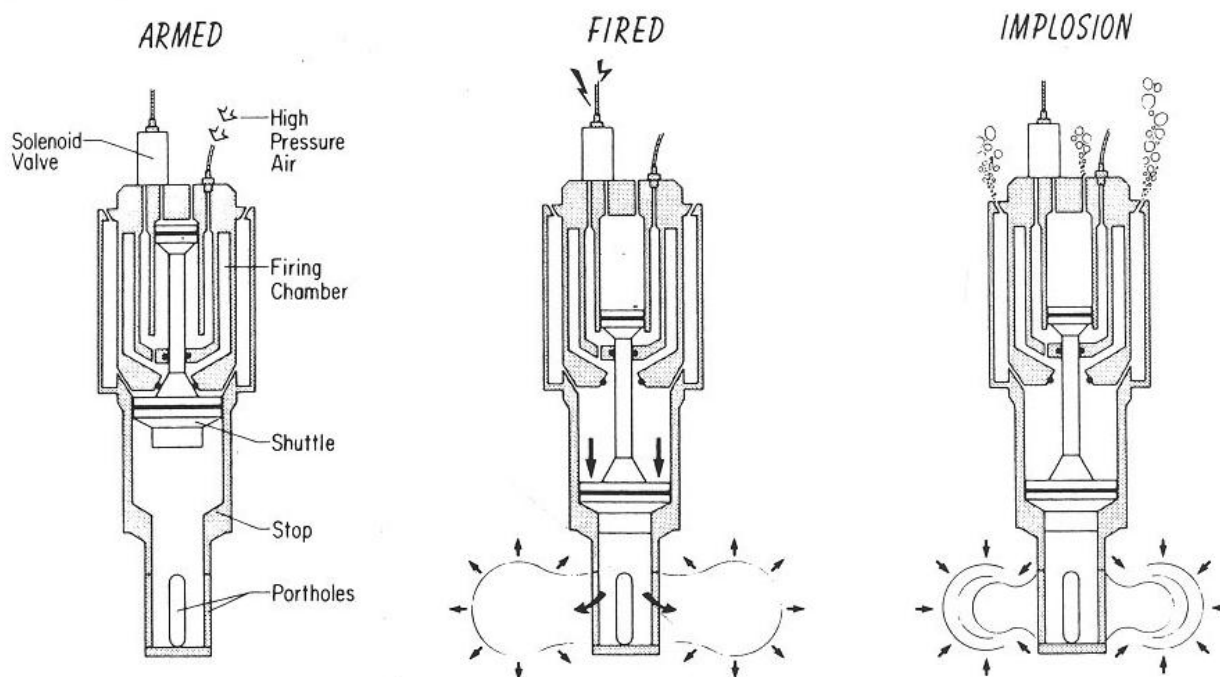


Figura 3.38 – Schema di funzionamento di un “air-gun”, diviso nelle fasi di Carica “Armed”, Scoppio “Fired” e Rilascio “Implosion” (fonte: www.usgs.gov)

Gli *air-gun* sono progettati per generare la maggior parte della loro energia sonora in frequenze minori di 180Hz. Un *air-gun* singolo genera una frequenza di 5-200 Hz mentre un gruppo di *air-gun* (*array*) arriva a generare una frequenza di 5-150 Hz. In prossimità di un singolo *air-gun* si possono misurare picchi di pressione dell’ordine di 230 dB mentre un *array* costruito da 30 *air-gun* può presentare un livello di picco di sorgente di 255 dB.

Le onde che vengono generate hanno un rapido decadimento spaziale, l’energia infatti tende a diminuire con il quadrato della distanza. L’energia generata da una batteria di *air-gun* è concentrata verso il basso, esattamente lungo la verticale della sorgente di energia, pertanto l’onda acustica che si misura esternamente all’asse dell’*array* risulta sostanzialmente inferiore a quella rilevata lungo la verticale.

Nella Figura 3.39 viene mostrato ad esempio lo spettro dell’ampiezza normalizzata per una frequenza di 90 Hz (picco dello spettro di amplitudine tipico di un *array*) dove si evidenzia l’attenuazione dell’energia simica per diversi angoli. La maggior parte dell’energia sonora risulta racchiusa in un piccolo spazio compreso approssimativamente tra i 0° e i 30° dove l’attenuazione è di circa 20dB mentre per angoli attorno ai 90° si osserva che l’attenuazione dell’energia simica è di circa 60dB.

Il livello della sorgente sonora dell’*array* varia considerevolmente sia nella direzione verticale sia orizzontale a causa della complessa configurazione degli *air-gun* che compongono l’*array*. Questa variabilità deve essere tenuta presente per predire in modo corretto il campo sonoro di un *array* di *air-gun*. Se la traccia dei singoli *air-gun* è nota, è possibile calcolare accuratamente il livello della sorgente di un *array* in qualsiasi direzione sommando il contributo dei singoli elementi con gli appropriati ritardi temporali, a seconda della loro posizione relativa. Ogni *array* ha il suo specifico spettro di frequenze perché esso dipende dalla particolare configurazione, dalle proprietà dell’acqua e del fondale marino. Questo spettro di frequenze varia relativamente poco dalle basse alle alte frequenze.

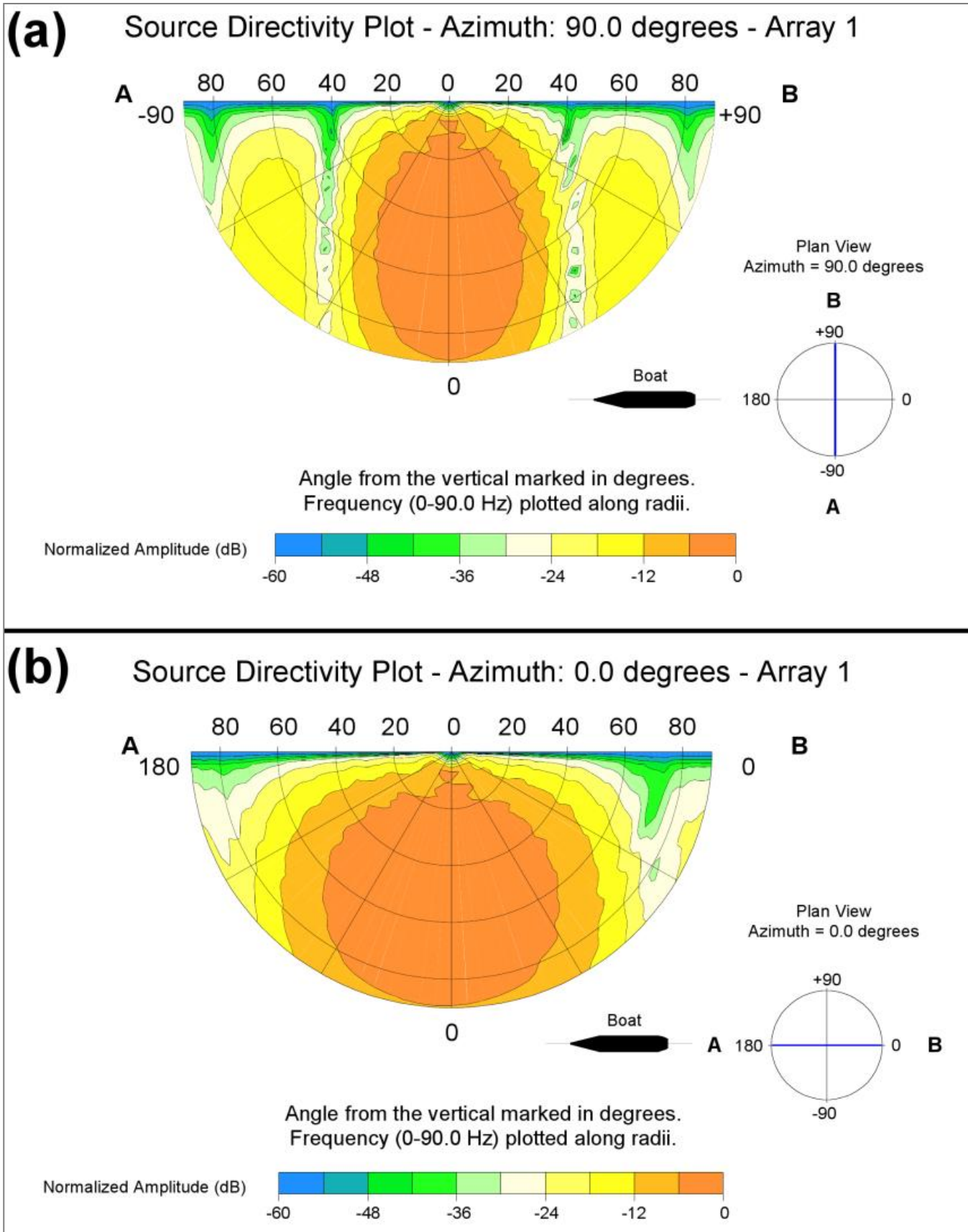


Figura 3.39 – Ampiezza normalizzata in dB per un *array* di *air-gun* configurato nella direzione parallela al moto della nave sismica (a) e perpendicolare al moto della nave (b), (fonte: www.nmfs.noaa.gov)

3.6.2 Parametri operativi di progetto per l'acquisizione sismica con *air-gun*

Per quanto concerne i parametri operativi di progetto relativi alla sorgente *air-gun* che verranno utilizzati durante lo svolgimento delle attività in oggetto, vengono di seguito elencati le principali caratteristiche (Tabella 3.4).

PARAMETRI OPERATIVI	SPECIFICHE TECNICHE
Tipo di sorgente	<i>Sercel Soder G Gun</i>
<i>Source Controller</i>	<i>Seamap Gunlink 2000</i>
Numero di sorgenti	2
Volume di ogni sorgente	4330 cu in
Profondità sorgente (\pm tolleranza)	7 m (\pm 1m)
Lunghezza dalla fonte	14 m
Numero di <i>Sub-Array</i> per sorgente	3
Separazione <i>Sub-Array</i>	10 m
Utilizzo <i>Flip/Flop*</i>	Si
Intervallo di energizzazione per colpo	18.75 m
Definizione Misfire	\pm 1.0 mS
Pressione limite sorgente (\pm tolleranza)	2000 psi (\pm 10%)

Tabella 3.4 – Parametri operativi degli *air-gun*, previsti per il progetto di acquisizione sismica

Il progetto prevede la tecnologia del *Flip/Flop** la quale consente di selezionare alternativamente camere di pressurizzazione di grandezza diversa (per esempio maggiori di 1,15 litri fino a minori di 70 pollici³); questa tecnologia consente di fornire energia al sistema alle diverse frequenze in base alle necessità geologiche. L'impiego del *Flip/Flop* si traduce in termini di risparmio energetico e nel minor impatto potenziale sull'ambiente in cui esso viene utilizzato.

Configurazione degli Array

La configurazione adottata per lo studio è denominato **4330**.

Questa configurazione è costituita da 3 *sub-array* di 14 metri di lunghezza posizionati a 10 metri di separazione tra loro, secondo uno schema composto da sorgenti individuali di varie dimensioni, che si combinano tra loro generando una sorgente sonora per il rilievo sismico. La sorgente di energia è posta a 7 m di profondità e genererà una pressione di circa 2000 psi. Gli strumenti utilizzati sono del tipo Sercel Soder G Gun. La mostra la configurazione degli *array* secondo il modello 4330. La distanza tra *sub-array* è di 10 m. In verde sono rappresentati i cluster, elementi sorgente che sono sufficientemente vicini tra loro da agire come sorgente unica, in bianco le sorgenti singole ed in nero le sorgenti di appoggio nel caso di mal funzionamento (Figura 3.40). La configurazione, così proposta, ha la finalità di concentrare verso il basso le onde acustiche, le quali penetrano nel sottofondo marino. Le onde si propagano nel terreno e vengono riflesse dalle diverse superfici di discontinuità che incontrano nel sottosuolo, gli idrofoni captano le onde

riflesse e registrano i diversi tempi che le onde impiegano a tornare in superficie. L'elaborazione dei dati raccolti avviene direttamente a bordo della nave e consente di ricostruire un'immagine delle principali strutture del sottosuolo.

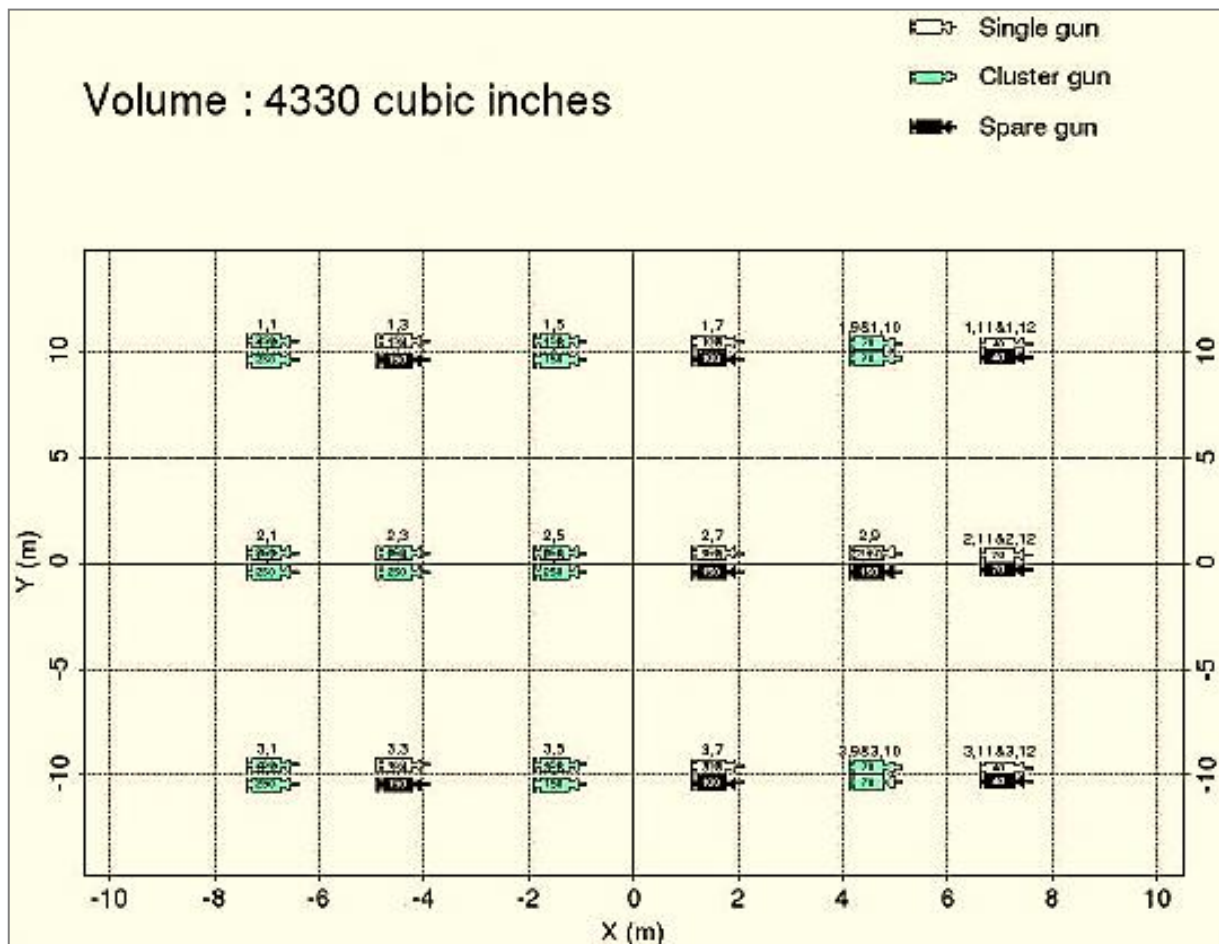


Figura 3.40 – Disposizione spaziale dei singoli elementi che compongono l'array secondo il modello 4330. In verde sono rappresentati i cluster (elementi sorgente che sono sufficientemente vicini tra loro da agire come sorgente unica) in bianco le sorgenti singole ed in nero le sorgenti di appoggio nel caso di mal funzionamento

Modellizzazione della sorgente nel "Far Field"

A causa del movimento fisico dell'aria compressa e del fatto che la sorgente di energia si trova immersa in acqua di 7-8 m e si muove ad una velocità di circa 4-5 nodi risulta abbastanza difficoltoso misurare in modo preciso l'effettivo livello della pressione sonora. Di conseguenza si sono dovute fare delle assunzioni per poter modellare la risposta del campo lontano a seguito dell'energia emessa. Le valutazioni sono state effettuate attraverso un modello che ha permesso di ottenere dei valori applicabili al lavoro proposto (Figura 3.41).

Per questo tipo di acquisizione, il calcolo dell'impulso sorgente viene ricavato dalla registrazione nel campo lontano della sorgente di energia. Inizialmente la sorgente di energia viene considerata sulla verticale del punto di ricezione, assumendo che sorgente e ricevitore si trovino perfettamente allineati uno sopra l'altro. In questo modo si assume che tutti gli impulsi arrivino con lo stesso tempo di ritorno a questo punto ipotetico. I dati così calcolati vengono successivamente ricorretti attraverso dei modelli matematici prendendo in considerazione anche il fattore di obliquità e la divergenza sferica.

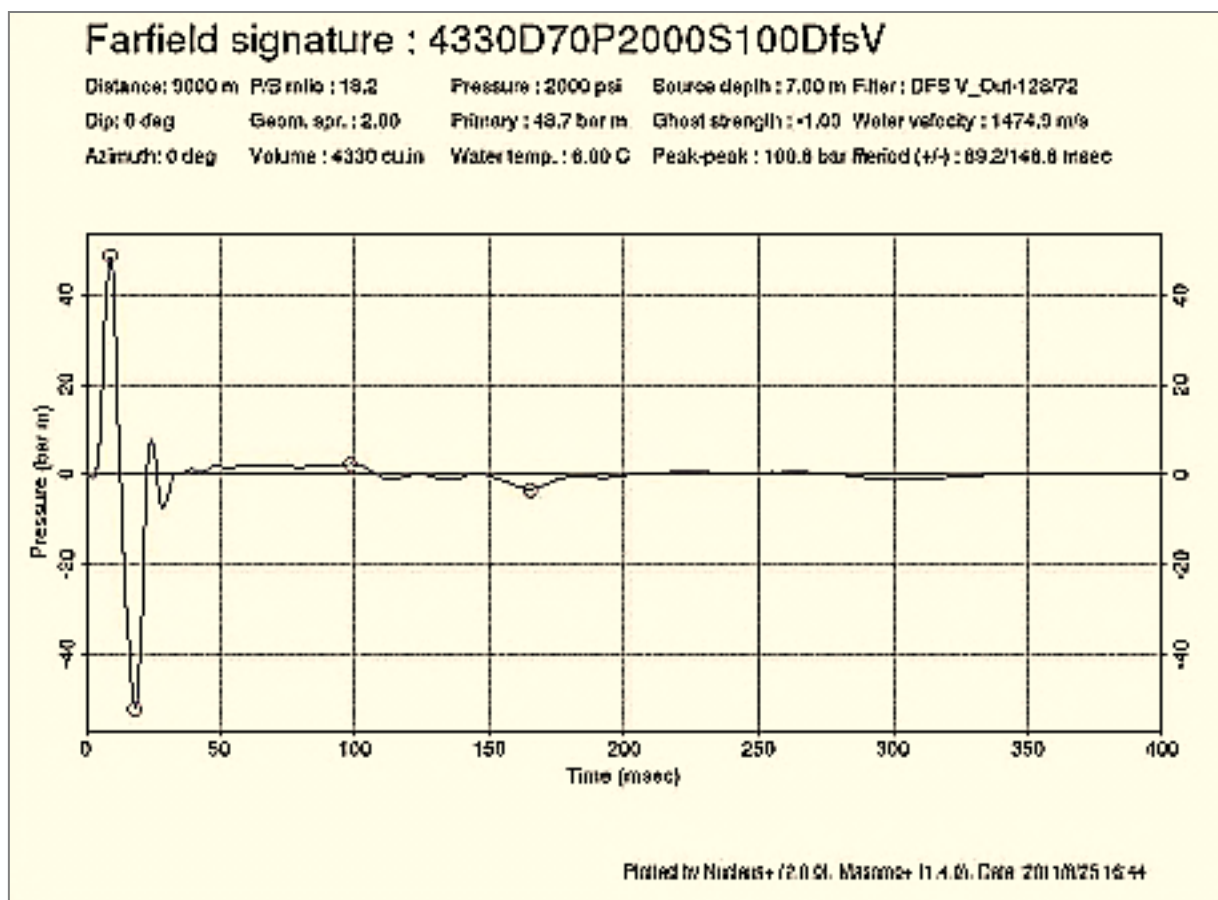


Figura 3.41 – Modello dello spettro della pressione sonora per un'emissione di energia in un campo lontano, secondo la configurazione 4330

Come noto, il picco massimo di energia da ogni elemento sorgente non si allinea nella sua posizione vicino alla sorgente di energia (*near field*) poiché essa non è più rappresentata da un punto ma è distribuita lungo il gruppo di sorgenti (*array*) e nello spazio/tempo. Pertanto il livello di pressione emesso vicino alla sorgente è inferiore rispetto a quello calcolato nel campo lontano.

Il valore verticale in uscita del campo lontano (*far field signature*) è stato modellato utilizzando frequenze fino a 100 Hz sebbene misure di calibrazioni non siano disponibili per valori superiori ai 140 Hz. La Figura 3.42 mostra lo spettro di ampiezza per una sorgente d'energia modellata sul calcolo del campo lontano.

Si può osservare come il livello massimo di pressione sonora (SPL) in uscita dalla sorgente sia di poco superiore ai 210 dB rif. 1uP/Hz @ 1 m (notazione standard del settore sismico per una fonte in uscita di campo lontano). Questa potenza massima si verifica a frequenze inferiori a 80 Hz. Va inoltre osservato che gli effetti di assorbimento sono maggiori per le alte frequenze rispetto alle frequenze al di sotto degli 80 Hz, il che suggerisce che le alte frequenze risultano attenuate più rapidamente rispetto alle basse frequenze. Si deve inoltre osservare che l'emissione di un gruppo di sorgente di energia è di tipo direzionale e che deve tenere conto che il valore massimo di emissione è diretto verso il basso.

Come espresso in precedenza, il livello della sorgente sonora dell'*array* varia considerevolmente sia nella direzione verticale sia orizzontale a causa della complessa configurazione degli *air-gun* che compongono l'*array*. Questa variabilità deve essere tenuta presente per predire in modo corretto il campo sonoro di un *array* di *air-gun*.

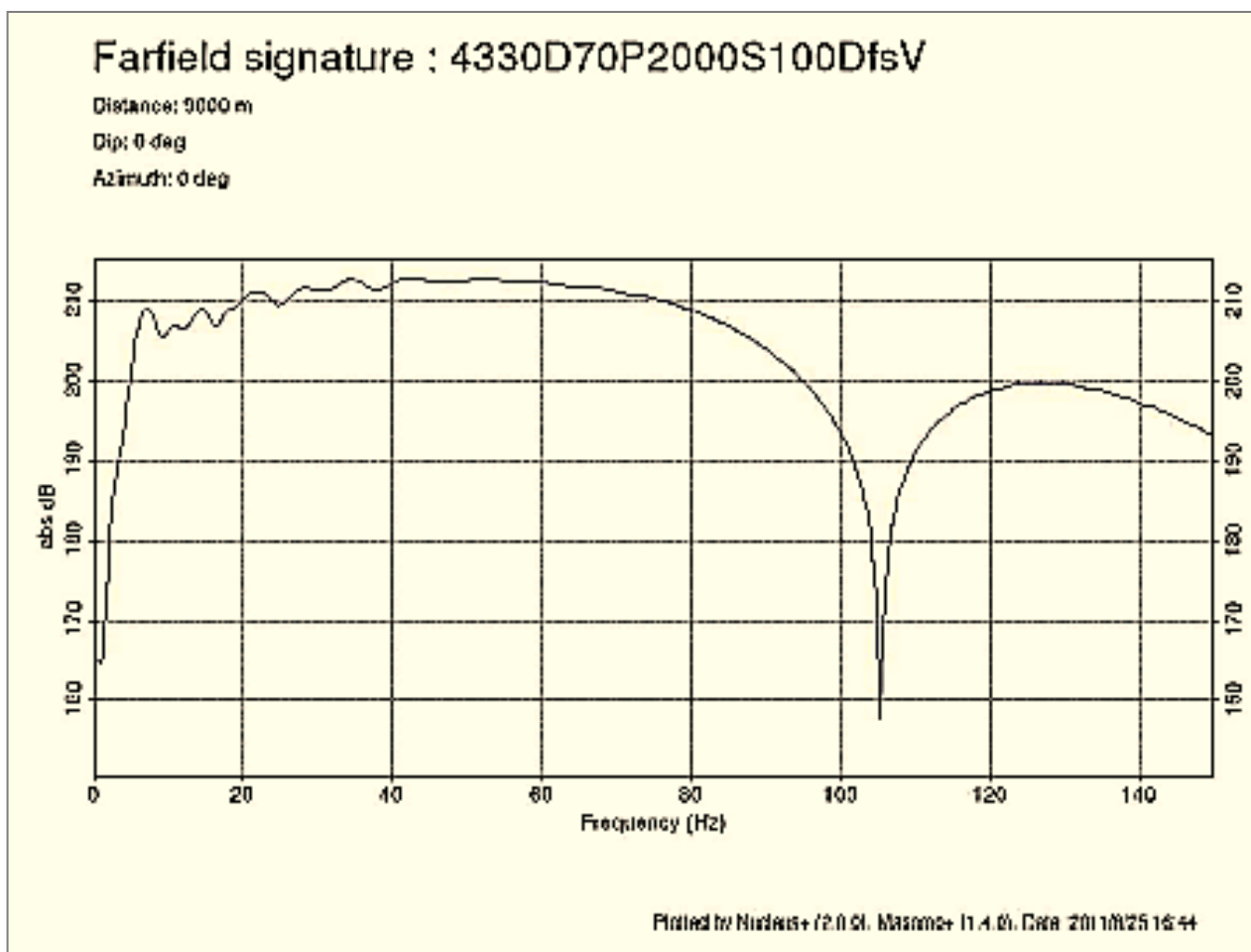


Figura 3.42 – Modello dello spettro di ampiezza per un'emissione di energia in un campo lontano, secondo la configurazione 4330

3.6.3 Tipologia delle attrezzature di registrazione

Nei rilevamenti sismici marini la registrazione delle onde sismiche è affidata a idrofoni disposti in diverse configurazioni, a seconda dei casi e, da un cavo sismico detto anche *streamer*.

L'idrofono è un trasduttore elettroacustico costituito da un nucleo di materiale ceramico piezoelettrico che genera una tensione all'arrivo di un impulso di pressione, prodotto nell'acqua dall'onda sismica. Poiché sott'acqua il suono si trasmette ad una velocità di circa quattro volte e mezza superiore a quella di trasmissione nell'aria e subisce una minore perdita per assorbimento. Grazie allo sviluppo delle moderne tecniche di trasformazione dell'onda sonora in segnale elettronico, consente di captare suoni emessi a grandi distanze (Figura 3.43).

In genere i sensori hanno forma cilindrica di dimensioni pari a circa 2 cm di lunghezza e 4 millimetri di diametro. La risposta è lineare, non produce distorsioni armoniche apprezzabili ed ha una frequenza propria molto alta (30.000 Hz). Ogni idrofono è formato da due sensori montati in senso opposto, allo scopo di sommare gli effetti degli impulsi di pressione prodotti nell'acqua dalla sorgente energizzante e nel frattempo di annullare le accelerazioni di traslazione dovute al traino del cavo sismico.

Un cavo sismico può essere lungo fino a 10 km, al traino di navi opportunamente attrezzate, ed è mantenuto stabilmente a profondità da 5 fino a 10 m, a seconda degli obiettivi del rilevamento.



Figura 3.43 – Serie di idrofoni usati per la prospezione sismica *off-shore* (fonte: www.oilonline.com)

Lo *streamer*, o cavo sismico, è un cavo galleggiante che ha il compito di permettere il traino degli idrofoni opportunamente distanziati e di trasmettere i segnali rilevati alle apparecchiature di registrazione posizionate a bordo della nave sismica (Figura 3.44). I cavi sismici possono rilevare valori molto bassi di energia riflessa che viaggia dalla sorgente sismica attraverso lo strato d'acqua fino al fondo del mare e negli strati sottostanti, tornando quindi in superficie grazie ai sensori di pressione (idrofoni) ad esso collegati. Gli idrofoni convertendo i segnali di pressione riflessi in segnali elettrici, consentono che vengano digitalizzati e trasmessi attraverso il cavo sismico fino al sistema di registrazione che si trova sulla nave sismica dove i dati acquisiti vengono registrati su un nastro magnetico. A causa del vento, delle correnti marine e dell'azione della marea il cavo sismico si trova generalmente su un tracciato non rettilineo rispetto alla direzione di navigazione.

Proprio a causa delle correnti e per il fatto che lavori in tensione, lo *streamer* deve essere composto da materiali molto resistenti e allo stesso tempo caratterizzati da un'elevata sensibilità e robustezza.

Allo *streamer* sono associati gli idrofoni, distanziati tra loro di un metro ed elettricamente accoppiati, apparecchi elettronici di digitalizzazione per la trasmissione del segnale sismico. È costituito da materiali antistress come kevlar e acciaio che badano a mantenere il giusto sforzo sul cavo permettendo allo stesso di essere trainato anche in condizioni di maltempo. Ogni cavo può essere sottoposto a parecchie tonnellate di peso durante il traino in mare. Lo *streamer* incorpora un sistema di trasmissione elettrico, per l'alimentazione delle apparecchiature elettroniche del cavo, le periferiche e i dati della telemetria. Il cavo è poi assemblato in materiali che permettono il galleggiamento.

Il cavo sismico ha un diametro di circa 6-8 cm ed è diviso in sezioni, infatti ogni 50-100 metri di lunghezza è possibile sostituire gli elementi eventualmente danneggiati. Ogni sezione termina con un connettore di unità che ingloba gli elementi elettronici ed è riempita con un fluido isolante che possiede un determinato peso specifico (inferiore a quello dell'acqua) per permettere il naturale galleggiamento del cavo in mare. La lunghezza del cavo utilizzato dipende dalla profondità e dall'obiettivo d'indagine geofisica. I cavi più utilizzati sono composti da 48 sezioni attive dette anche canali della lunghezza singola di 70 metri, che contengono ognuna da 20 a 32 idrofoni. La profondità di traino del cavo è un compromesso tra il requisito di operare lontano dalla superficie marina e dagli effetti delle condizioni meteorologiche e di quelli del rumore delle onde del mare che limitano l'uso dei dati registrati. Più la profondità di traino è elevata, più il cavo è immune dai rumori prodotti dagli eventi atmosferici e marini, ma sfortunatamente la larghezza della

banda dei dati acquisiti si fa più ristretta. Quindi in ultima analisi è importante in fase di progettazione della prospezione trovare un giusto compromesso tra queste due esigenze. In generale le profondità di traino più comuni si trovano tra 4 e 5 metri per indagini sismiche poco profonde, tra 8 e 10 metri per indagini sismiche profonde. Durante l'acquisizione sismica, il cavo deve essere mantenuto alla stessa profondità e deve essere allineato secondo la direzione di rilevamento stabilita, per favorire la stabilità di posizione del cavo viene utilizzato un galleggiante (boa) e un dispositivo di abbassamento che permette di mantenere la posizione iniziale dello *streamer* ad una determinata profondità di operazione.



Figura 3.44 – *Streamer* o cavo sismico per l'acquisizione (fonte: www.geo.uib.no)

Una boa di coda viene fissata all'estremità di coda dello *streamer* e al di sopra è fissato un riflettore radar per il controllo dell'allineamento del cavo stesso rispetto alla direzione di movimento della nave (Figura 3.45).



Figura 3.45 – Boa di coda alla quale viene fissata l'altra estremità dello *streamer* (fonte: www.mitchamindustries.com)

3.6.4 Navi per la prospezione sismica a mare

Una campagna di acquisizione sismica in mare prevede la disposizione di apposite apparecchiature e di mezzi idonei atti allo scopo da raggiungere. Oltre alle attrezzature illustrate nei particolari nei paragrafi precedenti, un progetto di ricerca in mare necessita di mezzi natanti atti ad ospitare sia la complessa apparecchiatura descritta, sia la squadra di professionisti che ne governerà l'uso.

In una tipica campagna di acquisizione sismica in mare, il numero complessivo di imbarcazioni necessarie sono variabili da 2 a 3, ognuna avente un compito ben prestabilito:

1. Nave sismica di acquisizione (*seismic survey vessel*);
2. Barca da supporto (*support vessel*);
3. Barca da inseguimento (*chase vessel*).

Se la nave di acquisizione è fondamentale per lo svolgimento delle attività e acquisizione dei dati sismici, le altre imbarcazioni sono dedite al controllo e a supporto delle operazioni logistiche. Talvolta, l'utilizzo della barca da inseguimento non si rende necessario poiché le condizioni logistiche sono tali da non richiederne la presenza sul campo di acquisizione.

Nave per la prospezione sismica (*Eight Streamer seismic survey vessel*)

Le attuali navi per le prospezioni sismiche sono dotate delle più moderne e sofisticate tecnologie sia per quanto riguarda la strumentazione di bordo finalizzata all'acquisizione dei dati richiesti, sia per ospitare l'equipaggio per lo svolgimento delle essenziali attività logistiche.

Le moderne navi sismiche, infatti, sono strutturate in maniera tale da far fronte alle differenti esigenze tra cui: gli alloggi per l'equipaggio, la strumentazione di bordo, un mini eliporto, la scorta di carburante e vettovaglie in grado di garantire una discreta autonomia al natante. Il capitano è il responsabile della sicurezza a bordo della nave a cui spetta l'ultima parola sulle operazioni e le manovre della medesima.

La nave ospita a bordo tutti gli strumenti e le apparecchiature necessari per il rilievo:

- le grandi bobine in cui è raccolto il cavo sismico (*streamer*) con gli idrofoni;
- gli impianti necessari per la generazione dell'impulso elastico in mare (compressori e linee di distribuzione);
- la strumentazione per la registrazione del segnale da parte degli idrofoni;
- le apparecchiature per una preliminare elaborazione;
- gli strumenti di posizionamento per la registrazione in continuo della posizione della nave stessa e degli idrofoni dispiegati.

Nel settore di poppa si svolgono in genere funzioni di manovra come: la conservazione, il dispiegamento e il recupero della strumentazione sismica posta in mare. I cavi sismici sono raccolti in grandi bobine e quando l'acquisizione sismica comincia sono dipanati lungo i lati della nave e direttamente trainati da essa. Tutti gli elementi contenuti all'interno del cavo sismico sono collegati tramite speciali connettori alla sala della strumentazione. Durante le operazioni di prospezione sismica i cavi sismici sono calati in mare tramite uno scivolo che si trova nella parte posteriore del ponte.

All'interno della nave sismica, inoltre, ha sede anche la sala di controllo e registrazione, in cui sono immagazzinati tutti i dati rilevati dagli idrofoni, dalle bussole magnetiche, dai sistemi di posizionamento. Da questa sala vengono anche gestiti gli *air-gun* e tutte le apparecchiature di servizio. Già da subito a bordo

della nave è persino possibile eseguire un'analisi preliminare dei dati acquisiti finalizzata sia ad una funzione di controllo della qualità del dato, sia ad una sommaria e parziale interpretazione degli stessi dati.

La tabella seguente riporta le specifiche tecniche della nave sismica che verrà utilizzata per i rilievi (Tabella 3.5):

SPECIFICHE DELLA NAVE SISMICA		
Dimensioni nave	Lunghezza	74.4 m
	Larghezza	17.97 m
	Stazza	4396 (lorda)
Pescaggio		8.5 m
Velocità massima		13 nodi (24,1 km/h)

Tabella 3.5 – Specifiche tecniche della nave sismica

Barca d'appoggio

L'attività della nave sismica verrà accompagnata e supportata da una nave d'appoggio (o supporto) che avrà la funzione di controllare le attrezzature trainate, verificare le condizioni ambientali, far fronte e risolvere qualsiasi problema logistico o richiesta da parte della nave sismica. Questo tipo di imbarcazione è anche in grado di eseguire il traino in caso di emergenza, garantire il rifornimento o il bunkeraggio della nave sismica. Il natante, inoltre, sarà dotato anche di gru da lavoro e la capacità di ospitare ed eseguire i cambiamenti di equipaggio. Talvolta, le più accessoriate, sono persino dotate di eliporto.

La tabella che segue (Tabella 3.6) riporta le specifiche tecniche della nave di appoggio che verrà utilizzata a supporto della nave sismica in merito al progetto di prospezione in esame.

SPECIFICHE DELLA NAVE DI APPOGGIO		
Dimensioni nave	Lunghezza	58,25 m
	Larghezza	12,8 m
	Stazza	4000 ton (circa)
Pescaggio		6.0 m
Velocità massima		12 nodi (22,2 km/h)

Tabella 3.6 – Specifiche tecniche della nave di appoggio

Nave da inseguimento

A supporto della nave sismica è talvolta richiesta anche la presenza di un'altra imbarcazione dedita al disbrigo di semplici ma essenziali attività logistiche che mirino sia a garantire la necessaria sicurezza del personale in mare, sia il buon esito delle operazioni di prospezione. La *Chase ship* (nave da inseguimento) per l'appunto, avrà il compito di garantire che il tragitto a prua della nave sismica sia del tutto sgombero da ostacoli o sia interessato da altre attività come quella di pesca. Tale imbarcazione avrà infatti lo scopo di comunicare e avvisare ai pescatori locali delle operazioni di ricerca in modo da non interromperne la

continuità o verificare la presenza di eventuali altri natanti che possano ostacolare o inficiare le attività al disopra degli *streamers*.

La tabella che segue (Tabella 3.7) riporta le specifiche tecniche della nave di appoggio che verrà utilizzata a supporto della nave sismica in merito al progetto di prospezione in esame.

SPECIFICHE DELLA NAVE DA INSEGUIMENTO		
Dimensioni nave	Lunghezza	36.00 m
	Larghezza	7.20 m
	Stazza	---
Pescaggio		4.06 m
Velocità massima		11 nodi (20,4 km/h)

Tabella 3.7 – Specifiche tecniche della nave da inseguimento

3.6.5 Modalità operative

Le modalità operative del progetto prevedono una velocità della nave sismica stimata attorno ai 4-5 nodi. Una velocità inferiore inficerebbe il normale stendimento dei cavi e delle attrezzature trainate dal natante con ripercussioni sulla qualità dei dati di acquisizione, mentre una velocità superiore a quella di crociera aumenterebbe la tensione dei cavi di traino e non garantirebbe l'omogeneità e la regolarità degli intervalli di energizzazione.

L'intervallo di energizzazione dipenderà anche dalla risoluzione che si vuole ottenere dell'immagine della geologia del sottosuolo; un usuale punto di energizzazione è di 25 metri ogni 2 *array*, pertanto 50 metri per ogni sorgente. Studi in merito hanno evidenziato che, per una maggiore copertura delle strutture sepolte, l'energizzazione dovrebbe avvenire ad intervalli di 18,75 metri (37,5 metri per ogni sorgente). Inoltre, le sorgenti sismiche adoperate per le attività in oggetto, operano in modalità flip-flop, ossia mentre un *array* carica il colpo, l'altro emette l'impulso così da ottimizzare i tempi. Si sottolinea infine che ogni *array* è composto da diversi *air-gun* che operano all'unisono come un'unica fonte di emissione.

3.6.6 Specifiche tecniche delle metodologie adottate e tempi di esecuzione

Per quanto concerne i dettagli tecnici delle metodologie adottate e le modalità delle attività di prospezione, esse riguardano principalmente aspetti legati all'esatta localizzazione delle linee sismiche che comporranno la griglia di acquisizione, la tempistica e le specifiche relative alle operazioni di supporto. La grande esperienza di Transunion Petroleum, maturata negli anni realizzando attività di esplorazione come quella proposta nel presente report, induce a non fornire a priori valori esatti privi di ragionevoli incertezze. Il motivo risiede nel fatto che le variabili in gioco sono molteplici e relative alle condizioni logistiche, meteorologiche e indeterminazioni varie che possono ripercuotersi sullo svolgimento delle attività stesse e sulle tempistiche. Tuttavia sempre a causa della pregressa esperienza è possibile fornire delle stime confrontando tali dati con le campagne di acquisizione già realizzate.

Allo stato attuale dei fatti, non è ragionevole disporre di una mappa finale della griglia composta dalle singole linee da acquisire. La ragione risiede nell'impossibilità di stabilire con certezza a priori le aree da

dettagliare con la ricerca poiché sono funzione delle caratteristiche emerse dagli studi effettuati nella fase precedente e delle caratteristiche riscontrate di volta in volta dall'analisi dei dati raccolti.

Il calendario di massima per l'indagine in corso risulta difficile da stilare alla luce di quanto premesso, sono inoltre da considerare i tempi di inattività e i tempi tecnici di attesa che sono estremamente variabili a seconda delle diverse condizioni trovate in situ. Indicativamente, è possibile stimare una durata complessiva della campagna per l'acquisizione di 200 chilometri di linee sismiche a mare di circa 15 giorni.

3.6.7 Eventuali opere di ripristino

Le attività di prospezione oggetto di questa istanza determinano la produzione di impulsi (onde elastiche) la cui propagazione nell'acqua risulta estremamente limitata nel tempo. L'occupazione dello specchio d'acqua è quindi un fattore di impatto e durata limitata nel tempo, dal momento che al termine delle operazioni la perturbazione della superficie marina cesserà completamente e non verrà lasciata alcuna strumentazione in situ. Inoltre non è prevista la costruzione di alcuna opera, sia essa temporanea o permanente. Pertanto, non è necessaria nessuna opera di ripristino per la tipologia di attività proposta e per l'ambiente in cui verrà eseguita.

3.7 DESCRIZIONI DELLE EVENTUALI OPERAZIONI DI PERFORAZIONE

Una volta ottenuta la titolarità del permesso di ricerca e solo nel caso in cui gli studi svolti nella fase operativa di ricerca confermino la presenza sia di accumuli di idrocarburi economicamente sfruttabili e contemporanea presenza del sistema roccia madre, roccia serbatoio e roccia di copertura e trappola, Transunion Petroleum S.r.l. procederà alla perforazione di un pozzo esplorativo all'interno dell'area in oggetto la cui profondità finale sarà indicativamente di 2700 metri, e comunque in funzione delle caratteristiche geologiche identificate.

Si specifica che l'eventuale fase di perforazione dovrà, in ogni caso, essere sottoposta ad una nuova procedura di valutazione di impatto ambientale, nonché a specifica autorizzazione da parte del Ministero dello Sviluppo Economico.

Le attività sono strettamente legate ai risultati delle indagini sismiche che verranno ottenuti sia dalla rielaborazione dei dati disponibili sia dall'analisi dei dati che verranno acquisiti nella nuova campagna di rilievo sismico, inoltre sono funzione anche del tipo di impianto che verrà scelto per la perforazione del pozzo esplorativo. Pertanto, i dati riportati sono da considerarsi delle descrizioni di massima che però permettono di avere un quadro chiaro e completo delle operazioni previste durante la perforazione di un pozzo esplorativo.

In base ai dati attualmente disponibili, è possibile ipotizzare che l'ubicazione del potenziale "Prospecy" da perforare sia ad una profondità d'acqua tale da poter utilizzare un impianto di perforazione "Semi-sub" con specifiche tecniche non da "ultra-deep water".

Nei punti a seguire verranno riportate in modo schematico le attività legate alla realizzazione di un sito di perforazione di un pozzo, le tecniche usate e le misure di prevenzione a protezione dell'ambiente.

3.7.1 Tipologia delle piattaforme di perforazione off-shore

Le tecniche e le attrezzature per la perforazione di pozzi a mare (o perforazione *off-shore*) sono molto simili a quelle usate nei pozzi a terra. Le principali differenze risiedono nella disposizione dell'impianto, delle apparecchiature e in alcuni particolari metodi di conduzione delle operazioni. Sono degli impianti

polivalenti, in quanto hanno un ampio spettro di utilizzo, nonostante siano state concepite essenzialmente per la perforazione di pozzi petroliferi. Queste strutture in realtà potrebbero essere usate anche per produrre idrocarburi, una volta che il pozzo è stato completato.

Dal punto di vista delle operazioni, la perforazione a mare può essere suddivisa in due grandi classi, dipendenti dalla profondità del fondale (Treccani, 2009):

- Perforazione con impianti appoggiati sul fondo marino;
- Perforazione con impianti galleggianti.

Nella prima categoria, le attrezzature di sicurezza, che sono sistemi di prevenzione di eruzioni (BOP: Blow Out Preventers) ordinari, sono collocate stabilmente sopra il livello del mare, e sono accessibili dalla struttura di supporto; in questo caso le operazioni di perforazione sono praticamente identiche a quelle utilizzate nella perforazione a terra.

Nel secondo caso la testa pozzo e le attrezzature di sicurezza (che sono speciali BOP sottomarini) sono collocate in fondo al mare, e quindi non sono accessibili direttamente dalla struttura di supporto. In questo caso, alcune sequenze delle operazioni di perforazione differiscono da quelle a terra, poiché l'impianto non è fermo rispetto alla testa pozzo ma, galleggiando, è soggetto all'azione di vento, correnti e onde marine, che gli imprimono piccoli movimenti orizzontali e verticali. Naturalmente, anche in questo caso il fluido di perforazione deve risalire sull'impianto galleggiante, tramite un'apposita tubazione che collega la testa pozzo sottomarina al natante.

L'utilizzo di impianti galleggianti è necessario per perforazioni esplorative con profondità d'acqua superiore ai 100 m, mentre il limite di profondità in cui è possibile operare in condizioni di sicurezza con tali impianti supera i 3000 m. Ciò chiaramente è riferito soltanto alle operazioni di perforazione esplorativa, e non a quelle successive di sviluppo.

Di seguito sono descritti i principali tipi di impianti per la perforazione di pozzi esplorativi a mare, realizzati con strutture progettate al solo scopo di realizzare il pozzo. Se una o più perforazioni esplorative mettono in luce un giacimento con riserve tali da giustificare la coltivazione, occorre progettare e predisporre le strutture permanenti di produzione (anch'esse appoggiate o galleggianti), che molto spesso sono in grado di ospitare anche un impianto di perforazione, utilizzato per perforare gli ulteriori pozzi di sviluppo. Le strutture permanenti di produzione degli idrocarburi a mare sono dei complessi impiantistici e strutturali ad alta tecnologia, costruiti secondo concetti e architetture molto variabili, in funzione della profondità dell'acqua.

Tra gli impianti di perforazione appoggiati ai fondali appartengono le piattaforme fisse e le piattaforme di perforazione autosollevanti (*Jack-up*).

Piattaforme fisse

Sviluppate a partire dagli anni trenta, sono costruite con tralicci o gambe in cemento o acciaio ancorati direttamente al fondale marino con un ponte che accoglie la torre di perforazione, le eventuali attrezzature per la perforazione e/o per mettere in produzione il pozzo e gli alloggi per l'equipaggio. Queste piattaforme, grazie alla loro posizione fissa, sono progettate per tempi di utilizzo molto lunghi (ad esempio quando si decide di mettere in produzione un pozzo).

Piattaforme di perforazione autosollevanti (*Jack-up*)

Con lo sviluppo delle perforazioni in acque sempre più profonde la tecnologia di perforazione ha ideato piattaforme autosollevanti o comunemente dette *jack-up* (Figura 3.46). Sono impiegate per fondali di profondità inferiore a 150 metri. Essi devono essere rimorchiati e sono dotati di gambe retrattili che poggiano direttamente sul fondo marino. I *jack-up* sono piattaforme di perforazione, composte principalmente da un piano, sorretto da tre tralicci. Quando occorre spostare il *jack-up* da un punto all'altro, i tralicci sono posti completamente fuori il piano. Essi possono scorrere verso l'alto o il basso, e durante i trasferimenti si trovano in superficie, dunque poggiati sul ponte, il quale a sua volta poggia sul mare galleggiando. La struttura è trainata da rimorchiatori (o navi di appoggio), che lo portano sul punto scelto per perforare il pozzo. Una volta raggiunta la destinazione, i tralicci scorrono all'interno del *deck* e sono affondati nel fondale marino. A questo punto la piattaforma rimane fissa sulla sua postazione di lavoro fino al termine del pozzo. Il *jack-up* viene, infatti, sollevato a un'altezza tale da garantire che eventuali onde non vadano ad allagare il piano di lavoro.



Figura 3.46 – Piattaforma di perforazione autosollevante in navigazione trainata da rimorchiatori, a sinistra (fonte: www.en.murmanshelf.ru) e in fase di perforazione, a destra (fonte: www.pvdrilling.com.vn)

Piattaforme sommergibili

Sono degli impianti di perforazione *off-shore* adatti a fondali da pochissimi metri fino a qualche decina. Sono in grado di galleggiare come natanti, anch'essi devono essere rimorchiati, non essendo dotati di organi motori marini. A differenza dei *jack-up*, quando arrivano nel punto prescelto, riempiono di acqua i cassoni di galleggiamento e si autoaffondano, andandosi ad appoggiare sul fondo del mare. E' importante quindi che il fondale sia piatto e regolare. La dotazione è la stessa di un *jack-up*. A fine pozzo, le pompe svuotano i cassoni dall'acqua e l'impianto va in galleggiamento, pronto a essere rimorchiato altrove.

Compilant tower

Questo genere di piattaforma è costituito da torri strette e flessibili con un pilone di fondazione che sostiene un piano dove si trovano la torre di perforazione e tutte le attrezzature necessarie per la perforazione. Vengono utilizzate in fase di esplorazione o nell'eventuale messa in produzione del pozzo. Tali piattaforme sono progettate per sostenere notevoli sforzi e sollecitazioni laterali e sono usate in genere in acque la cui profondità tra 450 e 900 metri (Figura 3.47).



**Figura 3.47 – Pilone di sostegno in navigazione per una Compilant tower (a sinistra) e piattaforma operativa (a destra)
(fonte: www.off-shore-technology.com)**

La perforazione di pozzi esplorativi a mare è fortemente condizionata dalla profondità dell'acqua: oltre i 100 metri circa, l'utilizzo di impianti appoggiati non è più possibile, e occorre quindi impiegare impianti di perforazione galleggianti, caratterizzati da strutture natanti su cui è installato un impianto di perforazione completo. Gli impianti di perforazione galleggianti si dividono in due grandi categorie: gli impianti di perforazione semisommersibili e le navi di perforazione. In entrambi i casi si tratta sostanzialmente di natanti realizzati in modo da poter ospitare un cantiere di perforazione autonomo, una piattaforma per l'atterraggio di elicotteri, e di alloggiare a bordo tutto il personale, i materiali e le attrezzature.

Piattaforma semisommersibile

Le piattaforme semisommersibili o *semisub* (Figura 3.48) possono lavorare in fondali molto profondi (anche maggiori di 1000 metri). Sono dotate di grossi scafi sommersi (il cui zavorramento definisce il livello della piattaforma sul mare). Le piattaforme semisommersibili sono considerate a tutti gli effetti dei natanti, proprio per la loro capacità di galleggiare e navigare abbastanza agevolmente. Dalla metà degli anni ottanta in poi, i semisommersibili sono stati costruiti come dei catamarani. Queste piattaforme sono realizzate con un piano, che ospita tutte le attrezzature di perforazione ed è installato tramite colonne, le quali a loro volta, poggiano su degli scafi, che permettono il galleggiamento. Sono più grandi dei *jack-up* e possono lavorare in fondali molto più profondi. Questi mezzi sono muniti di eliche, alimentate da motori elettrici. Tali apparecchi sono definiti "*thrusters*", ossia generatori di spinta, che servono a contrastare le correnti marine e i venti di superficie, i quali porterebbero il mezzo alla deriva. Infatti con i *thrusters*, il mezzo può operare in posizionamento satellitare dinamico e riuscire a rimanere perfettamente sulla verticale del pozzo, senza l'ausilio di ancore. Le eliche hanno il compito principale di tenere fermo il mezzo, ed essere adoperati come propulsori ausiliari oppure autonomi in caso non ci siano i rimorchiatori. Ad ogni modo, il mezzo lavora sempre ancorato. Le ancore possono essere nove oppure otto. Questo dipende dalla forma dell'impianto, che visto dall'alto, può avere una conformazione triangolare, oppure quadrata o rettangolare. Il mezzo è progettato in modo che, se una delle ancore dovesse cedere, le altre riescano comunque a mantenerlo in postazione. In funzione della massima profondità d'acqua in cui può operare, e in base al tipo di eliche. Questi tipi di impianti sono classificati in generazioni ed ora si è arrivati alla sesta generazione, ossia piattaforme autopropulse.

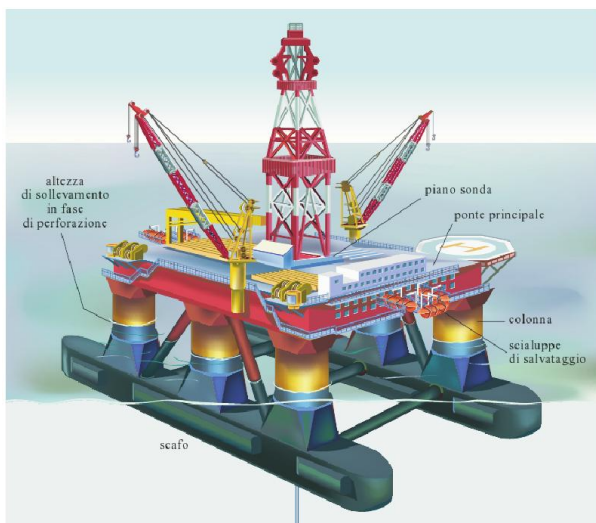


Figura 3.48 – Schema di un impianto di perforazione semisommersibile, a sinistra (fonte: Treccani, 2009) e immagine di una piattaforma *semisub* in navigazione, a destra (fonte: www.worldmaritimeneews.com)

Qualora per il permesso di istanza di ricerca in oggetto le operazioni di ricerca dovessero avere esiti positivi, per le eventuali operazioni di perforazione la scelta da parte di Transunion Petroleum S.r.l. ricadrebbe probabilmente proprio su questa tipologia di piattaforma.

Navi di perforazione o *drilling ship*

Le navi di perforazione o *drilling ship* (Figura 3.49) possono navigare autonomamente e, come le piattaforme semisommersibili, per mantenere la posizione dello scafo sulla verticale del pozzo utilizzano ancore, cavi e catene oppure il posizionamento satellitare dinamico con propulsori. Nella carena delle navi è ricavata un'apertura attraverso la quale passano le aste e le tubazioni di rivestimento dei fori. Le moderne navi di perforazione sono natanti progettati e costruiti appositamente per funzionare come cantiere di perforazione e sono attrezzati con sistemi tecnologici particolarmente complessi. Essa è ancor oggi il mezzo migliore per perforare pozzi esplorativi in aree remote, lontane dai punti di rifornimento, perché su di essa si può caricare tutto il materiale necessario alla perforazione di un pozzo anche particolarmente impegnativo. Le navi di perforazione ancorate si possono utilizzare fino a profondità dell'ordine di circa 1000 m, mentre per profondità superiori si utilizzano navi a posizionamento dinamico in grado di operare anche in 3000 m d'acqua. In questo caso, il limite alla profondità è imposto solo dal peso e dalla resistenza meccanica del sistema di connessione con la testa pozzo sottomarina.



Figura 3.49 – Esempio di nave di perforazione o *drilling ship* (fonte: www.drillingahead.com)

Tension leg platform o TLP

Piattaforme con gambe in tensione (*Tension leg platforms* o TLP) consistono in un impianto di perforazione galleggiante collegato al fondo marino in maniera da eliminare la maggior parte del movimento verticale della struttura. Tali impianti sono usati fino a profondità massime di 2000 metri. Esiste anche una versione più piccola usata in acque meno profonde (tra 200 e 1100 metri) dello stesso tipo di piattaforma denominato “*sea star*”.

Piattaforma SPAR

Il termine *spar* deriva dall’inglese e indica una tipologia di boa posta in posizione verticale ed ancorata al fondale marino. Le piattaforme tipo SPAR sono ormeggiate al fondo marino con un sistema di linee di ancoraggio convenzionale. Tali piattaforme sono progettate in tre configurazioni principali e di solito operano in acque tra i 600 e 1700 metri.

Bisogna osservare che tali strutture, in caso di messa in produzione del pozzo alla conclusione della fase esplorativa, potranno diventare permanenti o semipermanenti. Di notte o in caso di scarsa visibilità qualsiasi tipo di piattaforma descritta in precedenza dovrà avere un adeguato sistema d’illuminazione per segnalare a eventuali natanti o aeromobili la loro presenza rispettivamente in acqua o aria.

Tutti i tipi di piattaforma descritti in precedenza sono autosufficienti per la generazione dell’elettricità, i desalinizzatori d’acqua e tutto l’equipaggiamento necessario alla perforazione o eventuale messa in

produzione del pozzo. Qualsiasi tipo di piattaforma è dotata di un efficiente sistema antincendio (controllato periodicamente) oltre a due o più scialuppe di salvataggio in caso di abbandono della piattaforma stessa. Tutto il personale operante in piattaforma oltre che essere altamente specializzato e avere seguito appositi corsi (antincendio, primo soccorso, sopravvivenza) è periodicamente sottoposto a esercitazioni per simulare casi di emergenza o di abbandono della piattaforma.

Le piattaforme sono assistite costantemente 24 ore su 24 da piccole navi di supporto dette ESV (*Emergency Support Vessel*-Nave appoggio d'emergenza) che in caso di emergenza ha il compito di guidare le operazioni di ricerca e salvataggio. Oltre a questo tipo di nave possono essere presenti a supporto delle operazioni le PSV (*Platform Supply Vessels*-Navi appoggio della piattaforma) per il rifornimento delle scorte alimentari, dell'equipaggiamento necessario all'avanzamento del pozzo durante la perforazione e/o produzione (materiale tubolare come aste di perforazione o casing, altro materiale come il cemento o il fango) o dei cambi del personale.

3.7.2 Sistema di posizionamento dinamico

Un impianto galleggiante può essere mantenuto in posizione relativamente fissa sopra la verticale del pozzo anche tramite sistemi di posizionamento dinamico. Questa tecnologia è necessaria quando la profondità dell'acqua è tale da non poter più utilizzare i sistemi di ancoraggio tradizionali, a causa del peso dei cavi e dell'eccessiva elasticità del sistema. A questo scopo, il natante deve essere munito di coppie di propulsori a elica, poste a poppa, a prua e sulle due fiancate, e mantenute sempre in funzione (Figura 3.50). La testa pozzo, che è sempre posta sul fondo del mare in caso di perforazione con impianti galleggianti, è dotata di un'attrezzatura che invia un segnale acustico verso il natante, sotto la cui chiglia è installata una serie di idrofoni che rilevano il segnale che arriva dal fondo mare. Questo segnale è poi inviato a un dispositivo di controllo elettronico, che procede all'individuazione in tempo reale della posizione del natante rispetto alla testa pozzo e, in funzione del suo spostamento, provvede a ripristinarne la posizione verticale. Rispetto a un sistema ancorato, il posizionamento dinamico ha il vantaggio di permettere una certa possibilità di rotazione del natante, e quindi consente il miglior orientamento nei confronti della direzione del vento, delle correnti e delle onde. I metodi più utilizzati e molto precisi prevedono l'utilizzo di sistemi di posizionamento satellitari GPS.



Figura 3.50 – Thrusters, generatori di spinta, che servono a contrastare le correnti marine e i venti in superficie, i quali porterebbero il mezzo alla deriva. Il thrusters è il mezzo per il posizionamento satellitare dinamico, associato al GPS, più utilizzato ed è in grado di mantenere perfettamente la verticale sulla testa del pozzo (fonte: www.sname.org)

3.7.3 Tecniche di perforazione del pozzo

Le tecniche di perforazione dei pozzi a mare da impianti galleggianti sono sostanzialmente analoghe a quelle utilizzate nei pozzi a terra. Le poche differenze risiedono nel fatto che occorrono alcuni elementi aggiuntivi che permettono di collegare, in sicurezza, il pozzo con l'impianto.

I principali componenti che costituiscono un impianto di perforazione sono:

- torre di perforazione;
- basamento (su cui poggiano argano, tavola rotary e torre);
- vasche e pompe per i fanghi;
- attrezzatura di perforazione.

La torre di perforazione è composta da una struttura di travi in acciaio la cui funzione è di sostenere le pulegge e per sorreggere la batteria di aste per la perforazione.

La prima operazione consiste nel collocare a fondo mare, tramite una batteria di aste, la cosiddetta base di appoggio temporanea, una robusta intelaiatura in acciaio con un foro centrale dotato superiormente d'invito conico, munita di quattro cavi guida e di alcune punte d'acciaio che si infiggono nel fondale e ne impediscono quindi lo spostamento.

La perforazione avviene tramite un sistema rotativo che trasmette il moto di rotazione dalla superficie fino allo scalpello, fissato all'estremità di una batteria di aste tubolari. L'elemento che imprime la rotazione è dato dalla *Tavola Rotary*. La *Tavola Rotary* comprende una piattaforma girevole recante inferiormente una corona dentata la quale trasmette il moto rotatorio alla batteria e allo scalpello, ha la funzione di tenere sospesi i tubi e le aste durante le manovre. La *tavola rotary* imprime il moto rotazionale all'asta motrice a sezione quadrata o esagonale, appesa alla testa di iniezione. A l'asta motrice viene connessa la batteria d'aste. Le aste sono di forma circolare che si distinguono in normali e pesanti (queste ultime vengono montate subito al di sopra dello scalpello in modo da generare un'adeguata spinta sullo stesso). Il pompaggio di fanghi all'interno della batteria di perforazione è fornito dalla testa di iniezione che funziona da connessione tra il gancio della taglia mobile e la batteria di aste.

Il moto rotazionale negli impianti più moderni è rappresentato da una testa motrice detta *top drive* che raggruppa in un unico sistema i tre elementi sopra descritti. Esso è sospeso alla taglia mobile per mezzo di un apposito gancio dotato di guide di scorrimento, nel *top drive* sono quindi incluse la testa di iniezione un sistema per l'avvitamento e lo svitamento della batteria di perforazione e un sistema di valvole per il controllo del fango pompato in pozzo (Figura 3.51).

Il vero e proprio strumento atto alla perforazione è rappresentato dallo scalpello che viene fatto ruotare attraverso una batteria di aste cave azionate dalla *tavola rotary* e contemporaneamente spinto nel fondo del foro. Con il proseguire dell'approfondimento del pozzo lo scalpello va incontro ad usura, quindi deve essere ciclicamente sostituito. Lo scalpello viene azionato dalla batteria di perforazione. La prima delle aste appartenenti alla batteria è detta asta motrice e passa attraverso la *tavola rotary*. Essa è connessa al gancio manovrato attraverso la torre di perforazione. Il fango di perforazione è immesso all'interno del foro attraverso la tubazione di mandata del fango. Tali fanghi sono fluidi di perforazione che vengono fatti circolare all'interno delle aste e nell'intercapedine tra queste e le pareti del foro. I fanghi sono normalmente costituiti da una fase liquida (acqua dolce) che viene resa colloidale ed appesantita attraverso l'uso di appositi prodotti. Le proprietà colloidali necessarie per mantenere in sospensione i detriti e per

costruire un pannello di rivestimento sulle pareti finali del pozzo al fine di evitare infiltrazioni e/o perdite, vengono favorite dalla presenza della bentonite e da altri particolari polimeri polivinilici e silicati.



Figura 3.51 – Torre di perforazione dove il moto rotazionale è affidato al *top drive*

Il fango di perforazione ha numerose funzioni, tra le quali garantisce il sollevamento e la rimozione dei detriti (cuttings) dal fondo pozzo verso la superficie. Il fango per compiere queste azioni deve avere determinate caratteristiche di viscosità e densità. Un'altra funzione importante è quella di garantire il raffreddamento e la lubrificazione dello scalpello e della batteria di perforazione al fine di ridurre la frizione che si crea tra le aste di perforazione e le pareti del foro. Contribuisce al contenimento dei fluidi di strato presenti nelle formazioni attraversate grazie all'effetto della pressione idrostatica esercitata dalla colonna di fango in foro. Perché ciò avvenga la pressione idrostatica del fango deve essere superiore alla pressione di formazione, altrimenti i fluidi di strato entrerebbero in pozzo risalendo in superficie, creando problemi come il *kick* o *blow out*. La pressione idrostatica del fango è data dal suo peso specifico moltiplicato per la profondità per cui per aumentarla basta appesantire il fango aggiungendo dei materiali inerti che non vanno in soluzione, ma rimangono in sospensione non andando ad alterare le caratteristiche del fango. Il fango riesce a stabilizzare le pareti del pozzo. Nel caso di formazioni porose, avviene una certa filtrazione del fango e mentre la parte liquida dei fanghi tende a penetrare nella formazione, la parte solida si separa e forma una sorta di pellicola (detta *mud cake*) che impedisce ulteriori infiltrazioni aggiungendo stabilità al foro stesso. Grazie alla sua "tissotropia", quando si sospende il pompaggio tutti i detriti perforati che non sono ancora usciti dal pozzo, invece di ricadere al fondo rimangono in sospensione alla profondità a cui erano arrivati risalendo.

Lo studio dei fanghi fornisce numerose informazioni riguardanti le formazioni attraversate. L'analisi dei *cutting* portati in superficie dai fanghi sono importanti per la ricostruzione stratigrafica del sottosuolo.

Il fango utilizzato dipende principalmente dalle rocce attraversate durante la perforazione e dalla temperatura nel sottosuolo con l'aumentare della profondità. Durante la stessa perforazione possono essere impiegati fanghi con caratteristiche diverse a seconda delle differenti situazioni che si possono incontrare durante l'avanzamento del pozzo. Il confezionamento del fango avviene in apposite vasche, aggiungendo all'acqua la bentonite ed il resto degli additivi che servono a conferirgli le caratteristiche chimico fisiche desiderate. I fanghi possono essere a base d'acqua (dolce o salata) oppure fanghi a base d'olio (cioè prodotti a base d'idrocarburi). A questi, vengono comunemente addizionati altri materiali con funzione di viscosizzanti per migliorare la capacità di trasporto o di appesantimento. Vengono inoltre utilizzati altri additivi chimici per controllare la capacità di fluidificazione dei fanghi, variare la loro viscosità, oppure antischiumogeni, lubrificanti o anticorrosivi. È importante comunque assicurare un continuo controllo sulle proprietà fisico-chimiche dei fanghi durante le varie fasi di perforazione.

Mano a mano che la perforazione prosegue in profondità, si prosegue a rinforzare le pareti del foro con particolari rivestimenti chiamati *casing* con lo scopo di sostenere le pareti e evitare possibili crolli che andrebbero a rallentare le operazioni di perforazione (Figura 3.52).

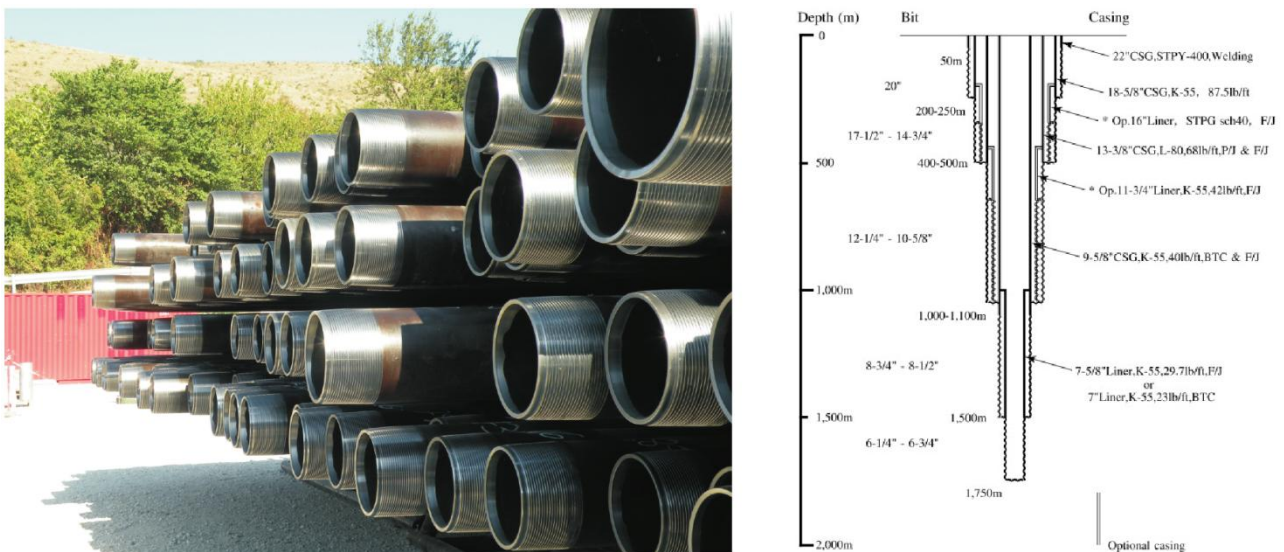


Figura 3.52 – Profilo di un pozzo. A destra è possibile osservare che il diametro del casing diminuisce con l'aumentare della profondità (fonte: www.sciencedirect.com). A sinistra particolare di una batteria di casing.

La fase di perforazione è garantita da una continua analisi dei detriti di perforazione, con il controllo dei fluidi di perforazione e attraverso acquisizione e elaborazione dei vari parametri di perforazione. Tale attività è finalizzata al riconoscimento, in tempo reale, dell'eventuale presenza di idrocarburi nelle formazioni attraversate e al monitoraggio in maniera continuativa delle condizioni operative nel pozzo. Tale attività è conosciuta come *mud logging* e operata dal *mud logger*.

Assieme all'analisi dei fanghi viene effettuata la registrazione dei carotaggi elettrici è raccogliendo informazioni riguardanti le proprietà delle formazioni attraversate, quali litologia, resistività, porosità, saturazione dei fluidi, permeabilità. In questo modo è possibile accertare l'eventuale presenza di gas biogenici. La registrazione dei *log* elettrici è affidata ad appositi strumenti che verranno calati nel foro (*logging tools*) a misurare i parametri sopra elencati.

In caso di identificazione positiva di formazioni contenenti idrocarburi, si potranno prevedere prove di produzione.

Il programma di prove di produzione, non prevedibile allo stato attuale, sarà predisposto quando la geologia del sito e la natura dei fluidi presenti saranno definiti nel dettaglio. Lo scopo del test è finalizzato alla verifica della possibilità di portare gli idrocarburi in superficie.

Nella fase di *clean-up* saranno portati in superficie, sia gli idrocarburi (gas, condensati e grezzo), fango, acqua e detriti e tale flusso sarà indirizzato in apposite apparecchiature dove avverrà la separazione dei gas dai liquidi. Qualora in superficie giungesse olio, il test verrà subito interrotto poiché la messa in produzione del pozzo non è prevista durante questa fase. L'olio sarà, quindi, raccolto in un serbatoio dedicato per essere in seguito rinviato nella formazione di provenienza, mentre il gas verrà bruciato in torcia.

Il *clean-up* del pozzo è stimata al massimo in una durata di circa 48 ore, mentre quella del flusso di collaudo di circa 72 ore.

3.7.4 Attività conclusive

Nel caso in cui l'esito del sondaggio risulti positivo e vengano intercettate zone di accumulo di idrocarburi economicamente sfruttabili, si passerà al completamento del pozzo. L'insieme delle operazioni da effettuare saranno necessarie a consentire la messa in produzione del pozzo in condizioni di sicurezza. Le procedure di completamento di un pozzo si dividono in due grandi categorie:

- a foro scoperto;
- a foro tubato.

Quest'ultimi sono i più impiegati, in quanto la tecnica garantisce una maggiore stabilità del foro. Nel foro tubato il completamento avviene in un pozzo che è stato rivestito e cementato per tutto il suo sviluppo. Per poter garantire la produzione è necessario ristabilire la comunicazione idraulica tra i livelli mineralizzati e il foro. Per il completamento del pozzo si utilizza la stringa di completamento, che può essere singola o multipla.

Attraverso il *well testing* si procede all'accertamento minerario per la verifica del rendimento reale dei livelli produttivi individuati. Successivamente alla perforazione e al completamento del pozzo, verranno effettuate delle prove di erogazione di breve durata. Questi test vengono eseguiti per valutare la portata di erogazione dal pozzo in funzione delle diverse aperture delle valvole di flusso e il tempo di risalita della pressione statica di testa pozzo, al fine di ricavare informazioni sulla capacità del *reservoir*. Il gas prodotto verrà analizzato dall'impianto di prova e smaltito attraverso la fiaccola.

Nel caso in cui si voglia procedere alla chiusura mineraria del pozzo a seguito di risultati negativi provenienti dalle prove di produzione (e quindi il pozzo risulti sterile o scarsamente produttivo) si procederà al ripristino delle condizioni idrauliche iniziali al fine di isolare i fluidi di strato in modo da evitare l'inquinamento delle acque superficiali.

La chiusura del pozzo prevede i seguenti elementi:

- Tappi di cemento: tappi di malta cementizia che vengono inseriti nel pozzo per chiudere i diversi tratti del foro;
- Squeeze: iniezione di malta cementizia in pressione verso le formazioni tramite di appositi “*cement retainer*” con lo scopo di chiudere gli strati attraversati durante le prove di produzione;
- Bridge plug: dei tappi meccanici fatti scendere nel pozzo con le aste di perforazione e fissati con dei cunei alla parete della colonna di rivestimento. Un *packer* si espande contro le pareti della colonna isolando la zona sottostante da quella superiore;
- Fanghi: fanghi di opportuna densità vengono immessi nelle sezioni libere del foro, tra un tappo e l'altro, in modo tale da controllare le pressioni al di sopra dei tappi di cemento e dei *bridge plug*.

Il numero dei tappi e la loro posizione dipendono dalla profondità raggiunta, dal tipo e profondità delle colonne di rivestimento e dai risultati geologici e minerari (eventuali livelli produttivi individuati) del sondaggio, pertanto nel caso dell'eventuale chiusura mineraria il programma dettagliato sarà formalizzato al termine dell'attività di perforazione e/o delle prove di produzione e sottoposto all'approvazione della competente autorità.

3.7.5 Tecniche di prevenzione dei rischi ambientali

Si ricorda che l'eventuale attività di perforazione di un pozzo esplorativo all'interno dell'area in oggetto è strettamente legata ai risultati ottenuti delle indagini sismiche, oggetto del presente studio ambientale, e dovrà, in ogni caso, essere sottoposta ad una nuova procedura di Valutazione di Impatto Ambientale. Pertanto, in tale sede, verranno analizzati in dettaglio i rischi ambientali inerenti le attività di perforazione e le opportune mitigazioni da attuare. Al fine di salvaguardare l'ambiente circostante da tutti quegli eventi incidentali che potrebbero perturbare il suo naturale stato, verranno messe in atto, durante la fase di allestimento della postazione, una serie di misure preventive attraverso l'utilizzo di dispositivi in modo da ridurre i rischi connessi alle attività di perforazione.

4 QUADRO DI RIFERIMENTO AMBIENTALE

In questo capitolo verranno descritte ed analizzate le caratteristiche ambientali della zona, con un'analisi dettagliata dei siti Rete Natura 2000 presenti lungo le coste limitrofe. Verranno considerati diversi aspetti tra i quali:

- la presenza e l'ubicazione delle aree marine di ripopolamento;
- le aree marine archeologiche;
- la descrizione degli ambienti marini di flora e fauna;
- presenza e avvistamenti di mammiferi, tartarughe e benthos;
- aree di riproduzione.

Lo scopo di questa analisi è quello di ottenere una panoramica quanto più dettagliata possibile sul quadro ambientale della zona così da comprendere al meglio i possibili impatti antropici sull'attività e prevenirli, ridurli o addirittura annullarli.

4.1 DELIMITAZIONI DELLE AREE INTERESSATE DALLE OPERAZIONI

L'area interessata dalle operazioni è situata nella porzione settentrionale del Mar Ionio, all'interno del Golfo di Taranto. Si trova al largo delle regioni Basilicata, Calabria e Puglia, di fronte alle province di Cosenza, Matera e Taranto (Figura 4.1).

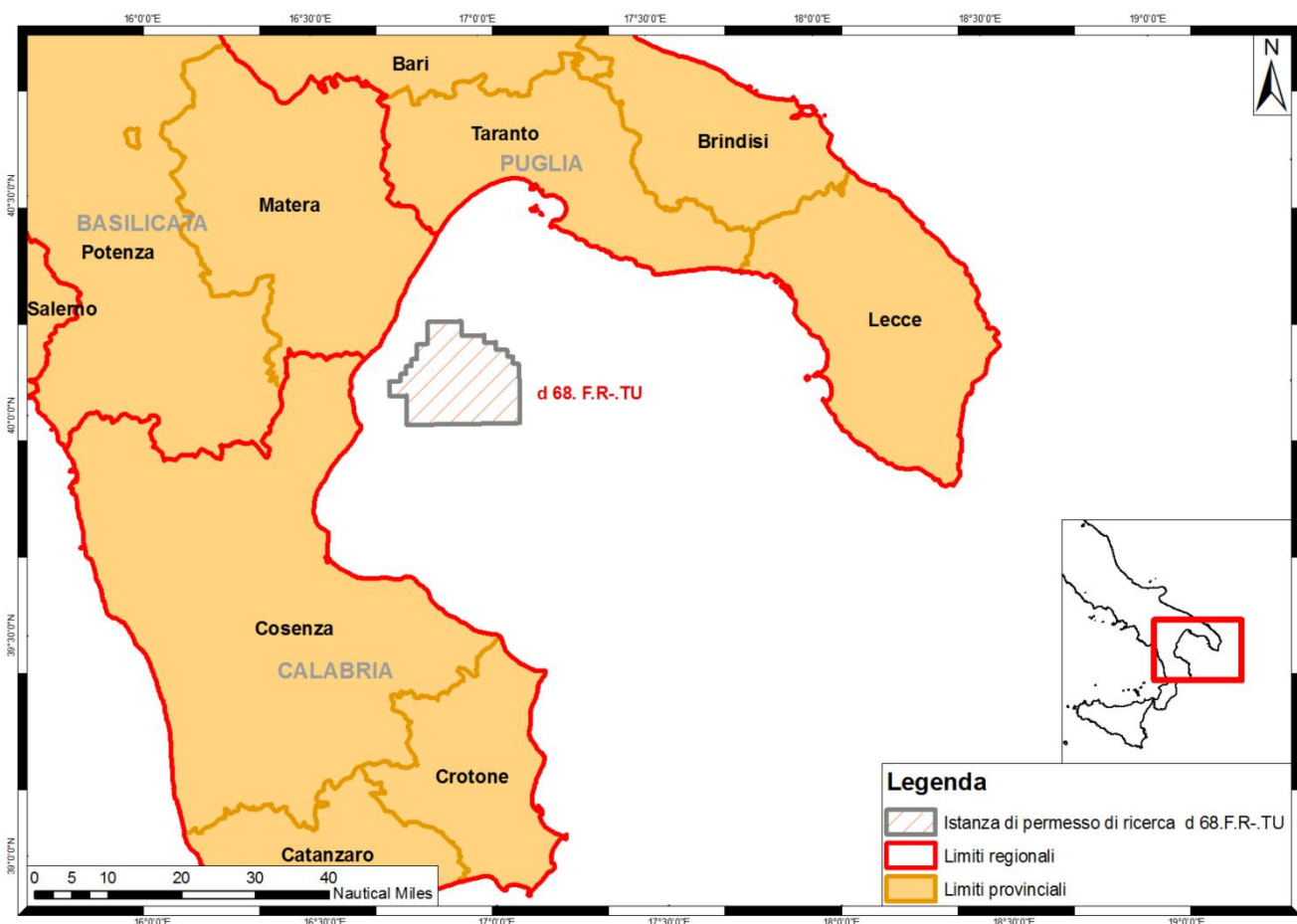


Figura 4.1 – Ubicazione del blocco in istanza di permesso di ricerca "d 68 F.R.-TU"

4.2 SUOLO E SOTTOSUOLO

4.2.1 Inquadramento geologico dell'area

La geologia del blocco ricade in un'area molto complessa poiché si trova in una zona che ha subito una travagliata storia deformativa. Il blocco in istanza ricade in un settore di transizione tra il domino della Catena Appenninica Meridionale e l'arco Calabro-Peloritano.

L'area è localizzata nella zona antistante le coste ioniche della Basilicata comprendendo i limiti sepolti del fronte orientale della Catena Appenninica e, nella parte più a sud, il prolungamento in mare del lineamento tettonico dato dalla "Linea del Sangineto".

Sulla base di dati bibliografici, la proiezione attraverso la colonna d'acqua, farebbe ricadere il blocco all'interno del settore fortemente deformato della catena appenninica. La reale situazione geologico-strutturale dell'area sommersa può estrapolarsi, in linea di massima, dalla proiezione, verso sud, delle condizioni studiate sulla terraferma e verso nord dai dati di provenienza dai sondaggi sismici profondi eseguiti *off-shore* nell'alto Ionio. In un'ipotetica sezione è possibile osservare le diverse unità stratigrafico-strutturali impilate, dislocate lungo elementi strutturali sia ad alto che a basso angolo (Figura 4.2). Sono visibili sovrascorrimenti che caratterizzano l'area e che interessano le unità Appenniniche, le unità lagonegresi (non rappresentate in figura), la Piattaforma Apula e le unità Plio-pleistoceniche.

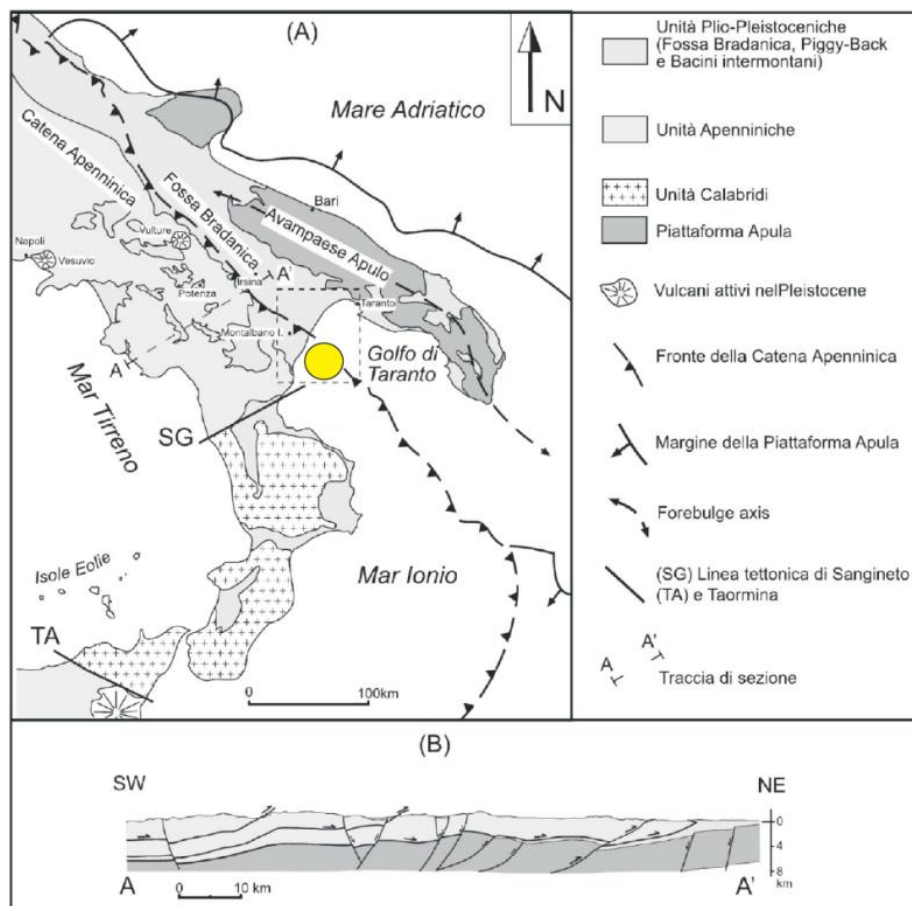


Figura 4.2 – A) Schema tettonico dell'Italia meridionale. È indicata la posizione del Golfo settentrionale del Mar Ionio e della Fossa Bradanica. Le tracce del margine della Piattaforma Apula e dell'asse del *forebulge* sono tratte da Gambini & Tozzi (1996). B) Sezione geologica (A-A') schematica trasversale al fronte della Catena Appenninica e all'Avanfossa Bradanica (Periodico dell'Ordine dei Geologi di Basilicata n. 6 ottobre, 2004)

Le unità appenniniche comprendono grossomodo l'intero fronte della catena appenninica coinvolgendo le unità lagonegresi e parte dei depositi plio-pleistocenici. Il fronte attuale della catena è ricoperto dai depositi della Fossa Bradanica individuato grazie a dati di sottosuolo (Sella et al., 1988) il quale si interpone fra le zone più esterne della catena e l'avampaese Apulo indeformato.

La fossa bradanica si presenta riempita di sedimenti di età Plio-pleistocenica che giacciono in discordanza angolare sui carbonati della Piattaforma Apula e sulle unità alloctone più esterne dell'Appennino meridionale (Figura 4.3). I depositi sono rappresentati da marne ed argille marnose riferibili al Pliocene medio-superiore (Balduzzi et al, 1982) o al Pliocene medio (Patacca e Scandone, 2001).

Localmente i depositi della fossa bradanica sono parzialmente ricoperti dalle coltri alloctone, la cui messa in posto è riferibile al Pleistocene medio-superiore (Balduzzi et al., 1982).

I depositi marnosi ed argillosi del Pliocene inferiore e medio passano verso l'alto ad una successione di arenarie torbiditiche ed argille del Pliocene Superiore che può raggiungere spessori fino a 750 metri. Questa unità è poi seguita da un potente complesso argilloso con intercalazioni di arenarie torbiditiche, spesso oltre 1000 metri, riferibile al Pleistocene medio-superiore.

La parte inferiore del complesso argilloso, del Pleistocene Inferiore, è interessata da pieghe e sovrascorrimenti, mentre la successione del Pleistocene medio giace in discordanza sulle unità alloctone e sulle successioni più antiche.

I depositi più recenti della fossa bradanica si rinvencono nell'area di Montalbano Jonico, nella parte meridionale del bacino.

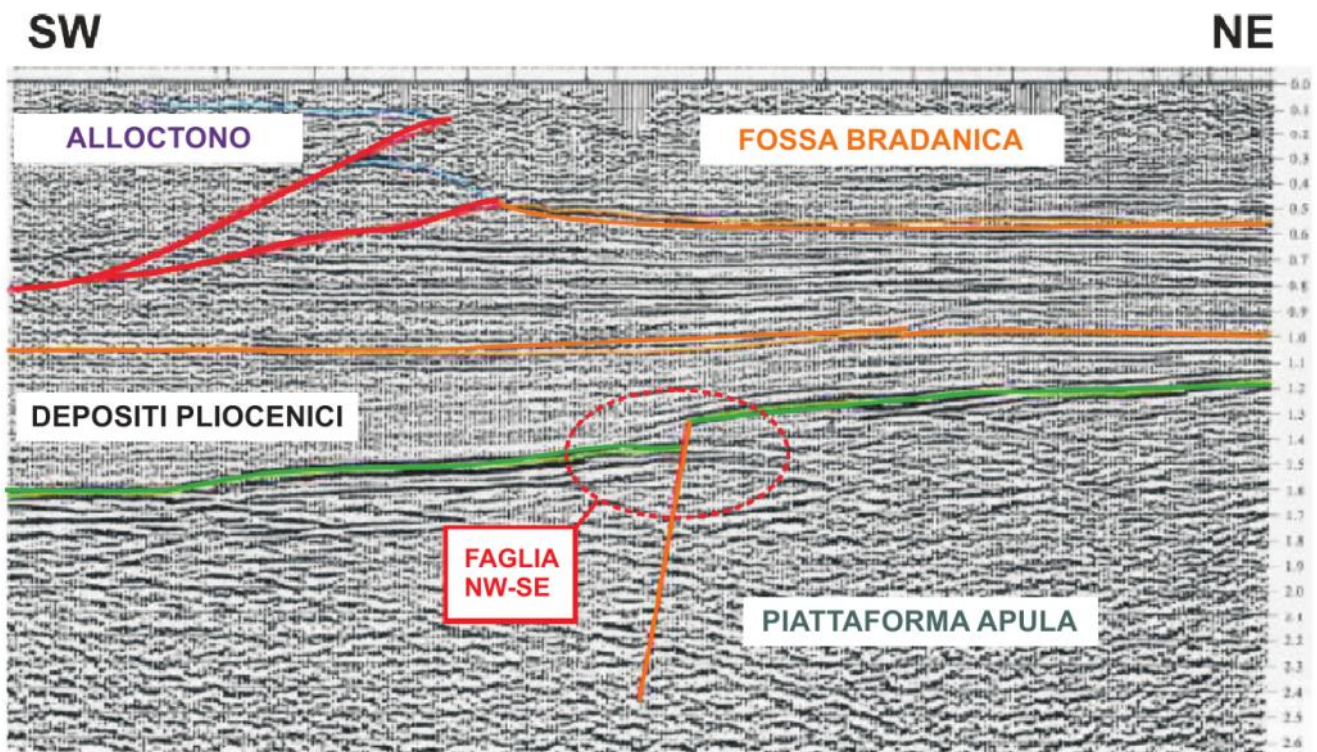


Figura 4.3 – Linea sismica interpretata che attraversa la Fossa Bradanica. È possibile osservare come i depositi pliocenici giacciono in discordanza angolare sopra i calcari della Piattaforma Apula. La linea sismica mette in evidenza le unità alloctone impilarsi attraverso faglie inverse andando a costituire il cuneo accrezionale dell'Appennino Meridionale. La Piattaforma Apula presenta una faglia normale (NW-SE) interpretabile come il risultato dei processi deformativi subiti e ancora in corso.

4.2.2 Inquadramento geomorfologico e batimetrico

Il bacino del Mar Ionio ed in particolare la parte settentrionale, per motivi derivanti la geologia regionale, si inserisce in un quadro molto complesso che ne fa uno dei punti più interessanti e complessi del Mediterraneo centrale. La morfologia del fondo marino inevitabilmente rispecchia le forme del paesaggio in superficie dell'Appennino meridionale.

Il Golfo corrisponde ad una grande depressione valliva (Valle di Taranto) dove il versante nord-est presenta fondali pressoché uniformi e a debole pendenza mentre il versante sud-ovest ha un fondo estremamente irregolare e spesso inciso con elevazioni, depressioni e grandi estensioni pianeggianti.

La differenza morfologica dei due versanti è data principalmente dalle diverse condizioni strutturali che vedono la presenza di diversi domini, quali l'avampaese apulo, l'avanfossa bradanica e le unità alloctone dell'Appennino meridionale. Il fondo valle è impostato lungo direttrici tettoniche seguendo l'andamento appenninico.

Il Golfo di Taranto ricopre un'area di oltre 12000 km² e si riconoscono quattro principali unità morfologiche: piattaforma continentale, scarpata continentale, fascia intermedia e fondo Valle di Taranto (Rossi e Gabbianelli, 1978), (Figura 4.4).

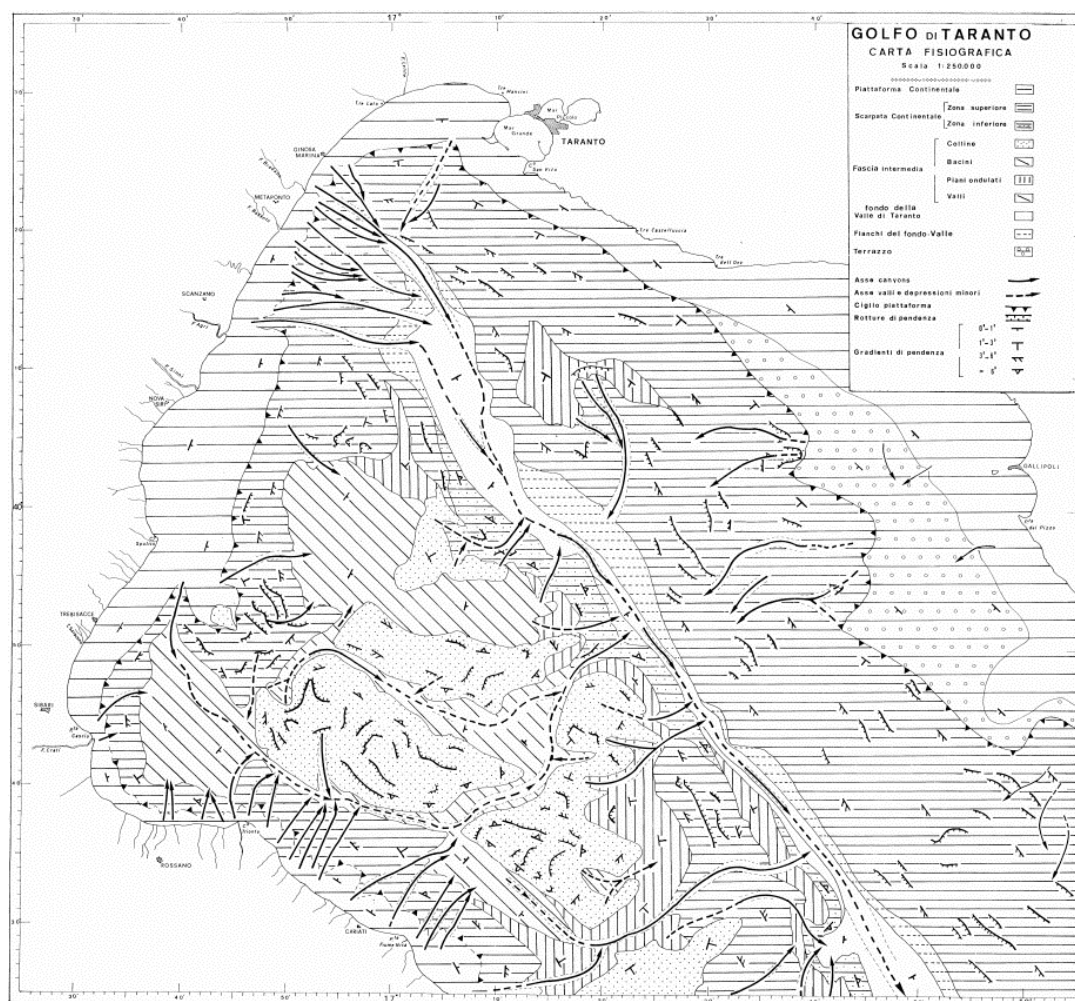


Figura 4.4 – Carta fisiografica del Golfo di Taranto. Vengono distinti le varie unità morfologiche quali: piattaforma continentale, scarpata continentale, fascia intermedia e fianchi del fondo valle con le rispettive informazioni su assi, rotture di pendenza e gradienti (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)

La piattaforma continentale è ben sviluppata nel versante nord-est del golfo ed il limite continentale o *shelf-break* viene posto ad una profondità media di 225 metri (tra i -180 e i -280 metri). In questo versante è presente un ampio terrazzo il cui limite superiore è marcato da una netta rottura della pendenza ed è situato ad una profondità media di 140 metri. Il limite inferiore coincide con lo *shelf-break* della stessa piattaforma. Morfologicamente il terrazzo si mantiene ampio nella zona meridionale per restringersi verso nord mantenendo una pendenza intorno ai valori della piattaforma: 0°48'.

Il versante sud-ovest della piattaforma ha invece morfologie molto differenti con il limite inferiore posto ad una profondità che oscilla attorno ai 113 metri ed un'estensione piuttosto ristretta, tormentata da numerose incisioni in corrispondenza delle testate dei canyon che la popolano.

Il versante SO all'altezza di Capo Spulico presenta una caratteristica propaggine lunga 6 km da cui si eleva il Banco dell'Amendolara. Tale banco copre una superficie di circa 20 km² con un'altezza dal fondo di 74 metri e una profondità minima di 26 metri (Figura 4.5).

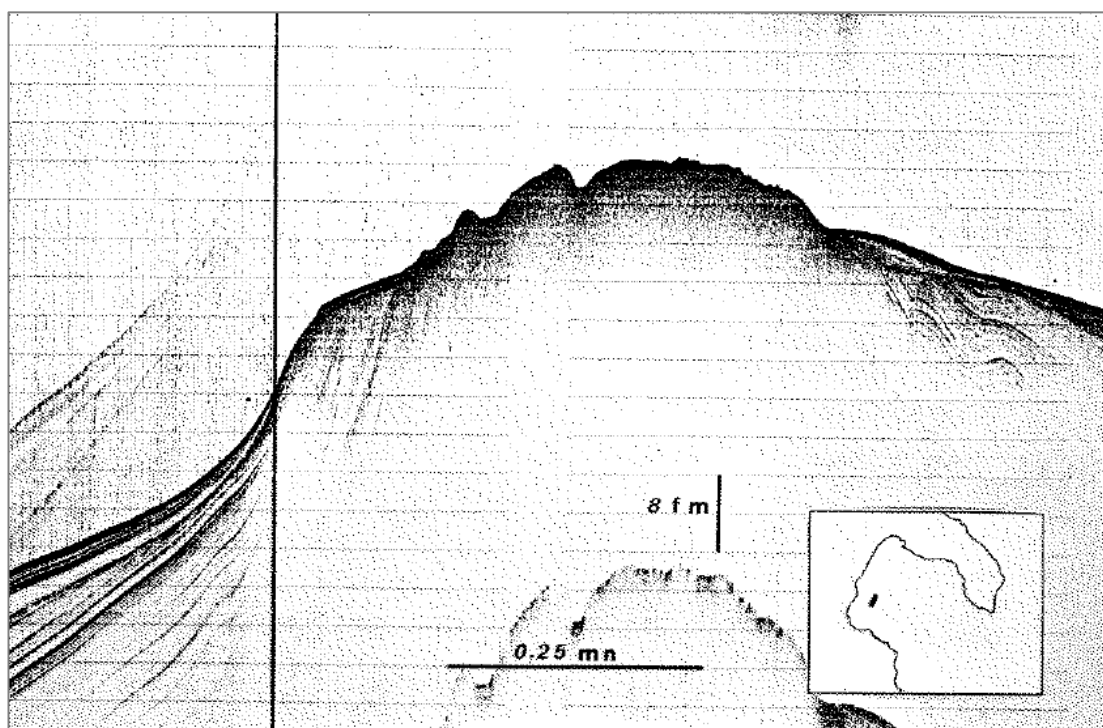


Figura 4.5 – Profilo ecografico del Banco dell'Amendolara (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)

Sviluppata al margine della piattaforma continentale, si estende l'unità morfologica chiamata scarpata continentale. Come per la piattaforma, la scarpata continentale nel versante nord-est del golfo ha un andamento piuttosto regolare sia in ampiezza che in pendenza e si sviluppa dal ciglio della piattaforma al margine orientale del fondo della Valle di Taranto. La regolarità del pendio viene interrotta solo in corrispondenza di un terrazzo (Torre Castelluccia) con una superficie di 836 km². Procedendo verso il centro del golfo, la zona di scarpata è interessata da alcune incisioni, di cui solo una sembra prolungarsi fino al fondo-valle. Le incisioni sono caratterizzate da fianchi non molto ripidi e sono sempre costituiti da sedimenti non consolidati.

Il versante sud-ovest ha un'estensione meno ampia, molto irregolare ed accidentata e la scarpata sembra essere divisa in una parte superiore e una inferiore da una fascia ad inclinazione media molto più dolce. La

scarpata superiore si estende dal ciglio della piattaforma continentale fino ad una profondità media di 660 metri dove viene interrotta da una netta rottura del pendio. La scarpata superiore è interessata da profondi canyon attivi e in fase erosiva senza apprezzabili accumuli di sedimenti al fondo. Questi canyon sboccano in bacini e valli della fascia intermedia. La scarpata inferiore si estende dal margine esterno della fascia intermedia fino al fondo della Valle di Taranto. Come nella parte superiore anche la scarpata inferiore appare attraversata da numerosi canyon attivi che convogliando i sedimenti nel fondo della Valle di Taranto.

In generale in tutto il golfo, anche se maggiormente nel versante nord-ovest della Valle di Taranto, sono presenti diffuse frane sottomarine accumulate alla base della scarpata continentale sotto forma di scivolamenti gravitativi estesi anche di parecchi chilometri (Figura 4.6).



Figura 4.6 – Profilo ecografico che evidenzia la presenza di episodi di scivolamenti gravitativo (o slump) nella scarpata continentale della parte settentrionale del Mar Ionio (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)

La fascia intermedia comprende la zona di passaggio tra la scarpata superiore e quella inferiore. Questo settore è maggiormente presente nel versante a sud-ovest del golfo mentre ristretta nella parte a NE. In questa fascia si riconoscono quattro unità distintive quali i bacini di sedimentazione, i piani ondulati, le valli e le colline (Figura 4.7).

Si riconoscono essenzialmente due bacini di sedimentazione nella parte settentrionale del golfo collocati a profondità tra i 450 metri e gli 836 metri, con una debolissima inclinazione verso il largo limitati da colline. Il maggiore occupa una superficie di 465 km² ed è alimentato da numerosi canyon che solcano la scarpata superiore. Il fondo dei bacini sono interessati da piccole ondulazioni che indicano una certa attività delle correnti con accumuli di sedimenti ai margini del bacino.

Nella fascia si osserva la presenza di aree semi pianeggianti occupate da piccole depressioni o leggeri rilievi responsabili di rendere tortuoso il trasporto dei sedimenti verso il fondo della Valle di Taranto andando a costituire dei piani ondulati.

Parallelamente alla terraferma si sviluppano le valli per poi deviare di 90° e collegarsi con il fondo della Valle di Taranto.

In fine le colline mostrano un generale allineamento ed allungamento in direzione NO-SE e i versanti sono asimmetrici con pendenze fino ai 15° e quelli opposti di 6°42'. La loro altezza varia da un minimo di 60 metri ad un massimo di 761 metri con diverse culminazioni ampie, spesso terrazzate e separate da selle. Alla base delle colline possono individuarsi accumuli caotici di sedimenti staccati dai fianchi ("*slump*").

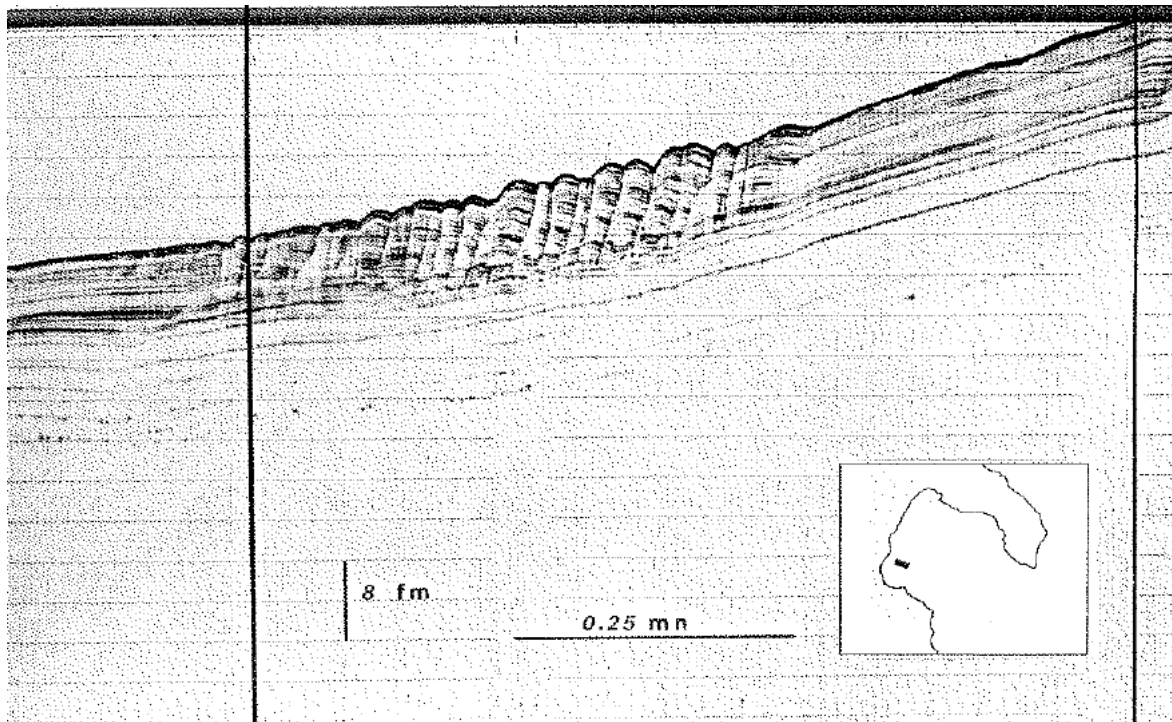


Figura 4.7 – Profilo ecografico nella fascia intermedia che mostra un classico esempio di piano ondulato (fonte: Rossi e Gabbianelli, 1978)

Il fondo valle per completare la descrizione dei diversi ambienti, ha un andamento generale piuttosto pianeggiante con inclinazione verso SE. La sua larghezza, è compresa tra 1 e i 13 chilometri. Il limite del versante a NE appare molto netto mentre, nel lato ad ovest, risulta limitato dal piede della zona inferiore della scarpata continentale. Sul fondo e prevalentemente nel margine occidentale, si notano dei canali a "V" ad andamento sinuoso che denota un trasporto e una erosione tuttora in corso. Il fondo valle non si limita a solcare la porzione settentrionale del Mar Ionio ma prosegue approfondendosi sino a giungere la piana batiale ionica (Selli, 1962).

È possibile suddividere il fondo valle in quattro settori morfologicamente distinti: la parte settentrionale, quella centro-settentrionale, parte centro-meridionale e meridionale.

- la parte settentrionale presenta un fondo valle è molto stretto e corrisponde al canyon del Fiume Bradano;
- la parte centro-settentrionale da dove inizia il fondo valle vero e proprio che raggiunge la massima larghezza di 13 km;
- la parte centro-meridionale mostra il fondo valle restringersi, ben delimitato rispetto ai due versanti. Sul fondo valle corre per lunghi tratti un canale di erosione;

- la parte meridionale mostra il fondo valle allargarsi nuovamente. In questa zona sboccano alcuni canyon che sembrano essere attivi.

I fondali tipici della parte settentrionale del Mar Ionio, attraverso analisi ecografiche a bassa frequenza, si possono riassumere in tre tipologie (Rossi e Gabbianelli, 1978):

- fondali lisci con riflessioni nel sottofondo. Questo genere di fondale presenta continue riflessioni nel sottofondo. Questo genere di comportamento acustico è interpretabile con sedimenti al fondo di tipo argilloso o argilloso-siltoso non compattati con eventuali intercalazioni sabbiose;
- fondali lisci con poche o senza riflessioni nel sottofondo. L'assenza o la scarsità di penetrazione dell'energia acustica è da imputare alla natura sabbiosa o rocciosa del fondale;
- fondali accidentati con poche o senza riflessioni nel sottofondo. Vengono definiti acusticamente "sordi" e sono caratterizzati dalla presenza di incisioni, culminazioni o fondali in erosione. La risposta acustica tuttavia prevede un fondale caratterizzato da formazioni rocciose.

La proiezione de blocco in istanza lo inserisce tra piattaforma continentale, la scarpata continentale superiore, la fascia di transizione e la scarpata continentale inferiore. La batimetria del fondale varia da una profondità di 50 metri ai 1300 metri spostandoci da ovest verso est attraversando le principali unità morfologiche fino ad arrivare al fondo valle (Figura 4.8).

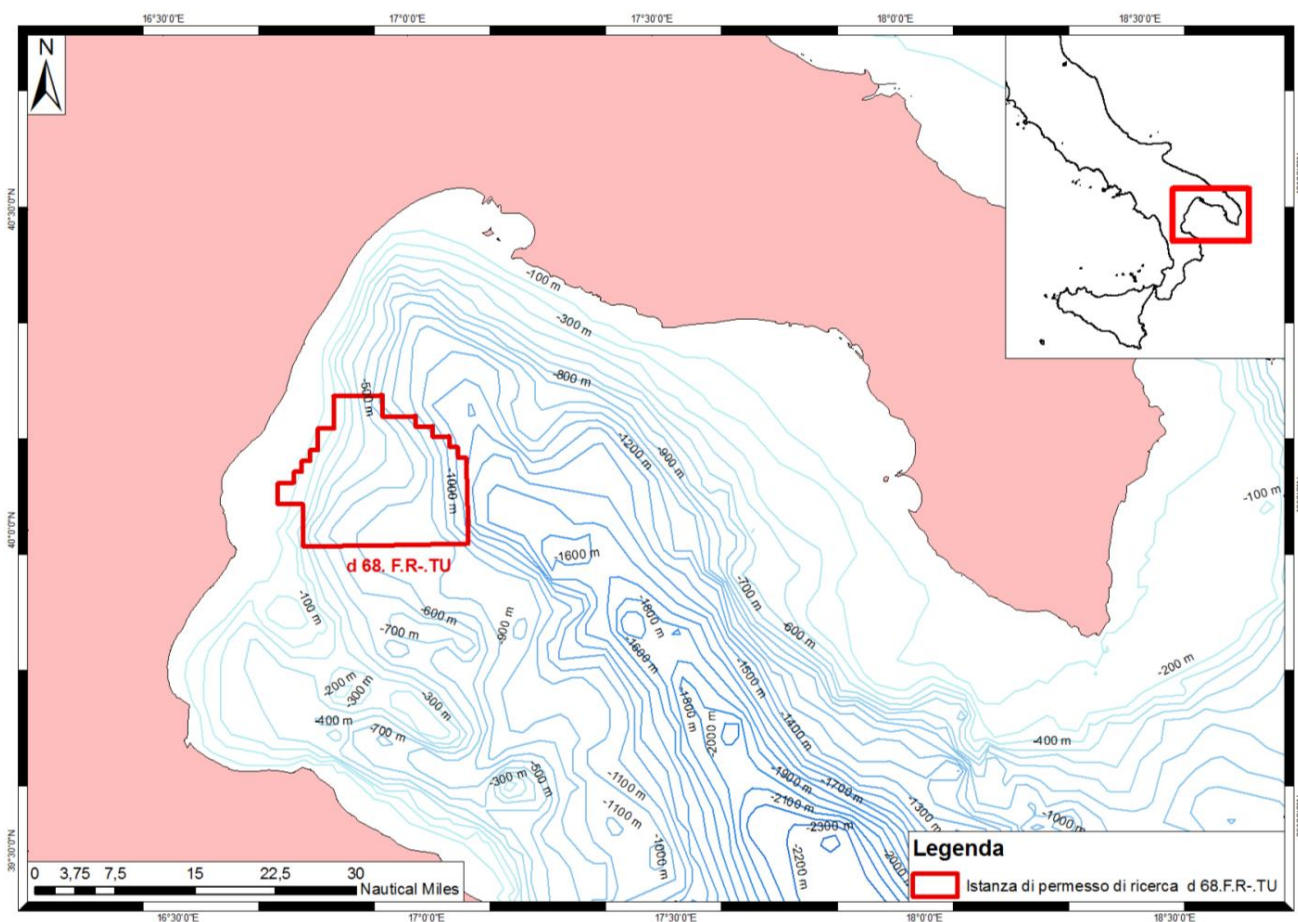


Figura 4.8 – Carta batimetrica del Mar Ionio settentrionale

4.3 AMBIENTE MARINO

4.3.1 Condizioni meteo marine

Le tre regioni che si affacciano sull'area oggetto di questa istanza, Calabria, Basilicata e Puglia, viste le loro posizioni geografiche, sono generalmente caratterizzate da un clima tipicamente mediterraneo.

Secondo la classificazione di Köppen il Clima Mediterraneo (o Cs) è caratterizzato da lunghi periodi di siccità estivi e da inverni miti. L'associazione di estati secche con inverni piovosi rappresenta un carattere peculiare di queste regioni. È da notare come la scarsità di precipitazioni nel semestre caldo sfavorisca l'agricoltura. Un fattore determinante del controllo climatico è dato dal mare, il quale influisce con escursioni termiche minime giornaliere e modeste durante l'anno (inferiori a 21°C). Il mare in questo contesto, trattiene il calore estivo e lo rilascia durante l'inverno.

Il sistema di classificazione di Köppen è in gran parte empirico dove ciascun clima viene definito in base a dei valori prestabiliti di temperatura e di precipitazioni, calcolati conformemente alle medie annue o di singoli mesi.

Nel dettaglio il clima della regione Calabria è generalmente di tipo mediterraneo. Il litorale ionico si presenta generalmente più secco e arido di quello tirrenico, più mite. L'influsso marittimo fa sentire i suoi effetti prevalentemente lungo la costa. Lo stesso effetto si esaurisce via via che si procede nell'entroterra. La Valle del Crati, ad esempio, ha temperature estive costantemente molto elevate. Tuttavia la media estiva in gran parte della Calabria si aggira sui 24 °C. È soprattutto d'inverno che sono veramente marcate le differenze. Mentre sulle coste la media di gennaio è sui 10 °C, nelle zone interne addirittura non supera i 4°C. Al di sopra dei 1.500 metri di quota sulla Sila e dei 1.700 metri sull'Aspromonte, scendono con facilità al di sotto dello zero. I rilievi tuttavia esercitano un influsso ancora più significativo sulla piovosità; in modo abbastanza netto si oppongono pianure costiere aride a zone montuose interne con precipitazioni frequentemente copiose. Il versante occidentale è caratterizzato da piogge tra le più abbondanti dell'Italia peninsulare ed è in contrasto con quello orientale, molto arido. Questa differenza sulle precipitazioni è dovuta alle alture centrali che esercitano una determinante azione di cattura delle correnti umide provenienti dall'Atlantico.

Nell'Aspromonte e nella Catena Costiera le precipitazioni toccano e persino superano i 2.000 millimetri annui che, concentrandosi nel periodo invernale, fanno della Calabria la regione con più intensa caduta nevosa dell'Italia meridionale. La fascia orientale ionica invece mostra valori tra i 600 e i 1.000 millimetri annui, con valori anche più bassi nelle aree pianeggianti, ad esempio nella piana di Sibari (www.voyagesphotosmanu.com).

Come la Calabria, il clima della Puglia è tipicamente mediterraneo con estati calde, ventilate secche e inverni miti e piovosi. Le aree costiere presentano un clima più tipicamente marittimo, grazie all'azione mitigatrice dei mari Ionio e Adriatico, con escursioni termiche stagionali meno spiccate. L'entroterra, ovvero il Tavoliere ed il promontorio del Gargano, presentano invece delle caratteristiche climatiche più prettamente continentali, con maggiori variazioni delle temperature, con estati fresche e durante l'inverno non sono rare le precipitazioni nevose.

Le precipitazioni piovose sono piuttosto scarse su tutta la regione e risultano essere concentrate nei mesi invernali in gran parte del territorio. Nella parte settentrionale ed in quella centrale le precipitazioni si aggirano intorno ai 550 millimetri (maggiori sulle zone costiere), mentre nella parte meridionale e il

Salento, la piovosità è attorno ai 600-650 millimetri. Considerando le dieci stazioni meteorologiche presenti in Puglia, le temperature nei mesi primaverili che vanno da marzo a maggio si attestano sui 20°C mentre da maggio a settembre la temperatura media va dai 25 ai 35 °C con massime che si spingono fino ai 38 in certi giorni di luglio o agosto (www.centrometeoitaliano.it). La media delle temperature minime di gennaio sono comprese tra 1,3 °C di Monte Sant'Angelo e 7,5 °C di Santa Maria di Leuca, mentre le massime di luglio vanno dai 24 °C di Monte Sant'Angelo ai 30,6 °C di Foggia Amendola.

Le misurazioni hanno registrato temperature anomale in fenomeni meteorologici estremi, come l'insolita ondata di alta pressione africana che a giugno 2007 in tutta la regione portò le temperature ben al di sopra dei 40 °C con picchi di 48°C nel barese e a Foggia. Lo stesso anno a dicembre invece si sono registrate temperature particolarmente rigide con precipitazioni anche nevose sulla costa.

Da un punto di vista climatico, la Basilicata è molto varia, cambiando di zona in zona. Una caratteristica rilevante di questa regione è che si affaccia su due mari, a sud-est sul Mar Ionio e a ovest sul Mar Tirreno. La parte orientale della regione, non avendo la protezione della catena appenninica, risente inoltre dell'influsso del Mar Adriatico. Nonostante la diversità, il clima della regione può essere definito continentale, con caratteri mediterranei solo nelle aree costiere. Infatti se ci si addentra già di qualche chilometro, soprattutto in inverno, la mitezza viene subito sostituita da un clima rigido e umido.

Nel dettaglio, data la complessità del territorio la Basilicata presenta quattro aree climatiche rispettivamente suddivise, da ovest verso est, in:

- clima della costa tirrenica, con inverni miti e piovosi alternati a estati temperate e umide;
- clima della montagna appenninica, che corrisponde ai 7/10 del territorio regionale. Qui gli inverni risultano molto freddi, soprattutto oltre i 1000 metri di quota, dove la neve al suolo rimane fino a metà primavera, ma può rimanere fino alla fine di maggio sui rilievi maggiori. A Potenza, capoluogo regionale posto a 819 metri s.l.m., l'inverno può essere molto nevoso, e le temperature possono scendere anche di molti gradi sotto lo zero. Le estati si presentano moderatamente calde, con temperature notturne fresche;
- collina materana, dove i caratteri climatici mediterranei si attenuano notevolmente andando verso l'interno: già a partire dai 300-400 metri gli inverni divengono freddi e nebbiosi, e la neve può fare la sua comparsa diverse volte all'anno da novembre a marzo inoltrato. Anche qui le estati sono calde e secche, con escursioni termiche giornaliere abbastanza elevate;
- pianura jonica del Metapontino, il clima presenta inverni miti e piovosi alternati a estati calde e secche, ma abbastanza ventilate.

La disposizione dei rilievi influenza la piovosità: a sud-ovest, per esempio, a ridosso del terreno, si registra un regime di precipitazioni annue attorno ai 1400 millimetri, mentre tra i bacini dei fiumi Gradano e Basento si riscontrano livelli minimi di 600 millimetri/anno. Ma la principale caratteristica delle precipitazioni è l'irregolarità, a causa della quale i torrenti si riempiono velocemente e impetuosamente, ma poi si seccano con altrettanta velocità (www.aptbasilicata.it).

Nelle figure seguenti vengono proposti i grafici con i valori della temperatura dell'acqua, temperatura dall'aria e dei livelli idrometrici di Taranto e di Crotona che dall'osservazione della carta risultano essere le stazioni mareografiche più prossime all'area di studio. I dati sono stati scaricati dall'archivio digitale della rete nazionale dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA).

I dati, scaricati dall'Istituto di Protezione e la Ricerca Ambientale, forniscono valori di temperatura nell'intervallo di riferimento dal 01/01/2009 al 04/02/2013 (Figura 4.9). Osservando i dati provenienti dalla stazione di Taranto, si può notare come la temperatura dell'acqua raggiunga i valori minimi nei mesi invernali di febbraio e marzo. Dall'analisi dei grafici è possibile osservare come l'inverno 2009 sia il più freddo, con temperature minime di 9.6°C. Nei successivi 3 inverni si registrano temperature leggermente più alte (2010: 10.4°C; 2011: 12.1°C; 2012: 11.4°C). I valori più alti registrati si osservano durante l'estate del 2012 (tra luglio e agosto) con temperature massime di 29.6°C. Le precedenti estati invece hanno registrato valori inferiori (2009: 28.2°C; 2010: 28°C; 2011: 28°C).

Per quanto riguarda la stazione di Crotona lo stesso intervallo di riferimento mostra valori di temperatura delle acque molto simili alla stazione di Taranto. Si può notare come la temperatura dell'acqua raggiunga i valori minimi nei mesi invernali, da gennaio a marzo. L'inverno 2009 risulta essere il più freddo con temperature minime di 10.1°C. Nei successivi 3 inverni registrano temperature leggermente più alte (2010: 11.4°C; 2011: 10.8°C; 2012: 11.9°C). I valori più alti registrati si osservano durante l'estate del 2012 (tra luglio e agosto) con temperature massime di 29.3°C. Le precedenti estati invece hanno registrato valori inferiori (2009: 28.7°C; 2010: 28°C; 2011: 27.8°C).

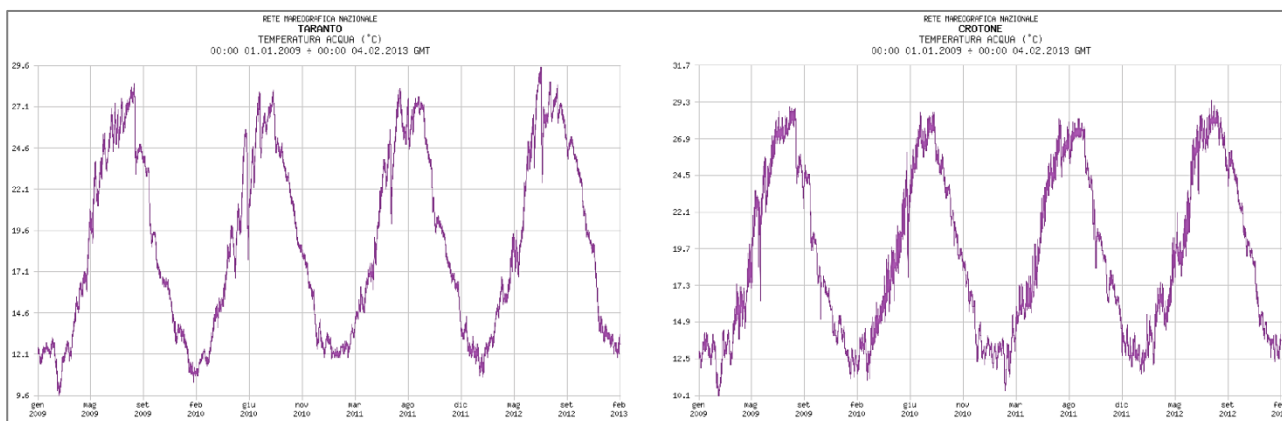


Figura 4.9 – Variazione della temperatura dell'acqua nelle stazioni di Taranto e Crotona per il periodo di riferimento dal 01/01/2009 al 04/02/2013 (fonte: www.mareografico.it)

Analogamente, la temperatura dell'aria nelle due stazioni di Crotona e Taranto nel periodo compreso tra gennaio 2009 e febbraio 2013 registra un andamento simile alla temperatura dell'acqua ma con valori minimi e massimi leggermente in anticipo rispetto alla curva della temperatura dell'acqua (Figura 4.10). Nel periodo temporale analizzato è possibile osservare come l'inverno 2010 nella stazione di Taranto, faccia registrare le temperature minime più basse (1°C) mentre gli altri inverni segnano temperature comprese tra i 2°C e 4°C. Per quanto riguarda le massime estive, le 4 estati registrate, mostrano temperature massime molto simili con valori tra 38°C e 37°C. Allo stesso modo la stazione di rilevamento di Crotona mostra temperature e andamenti molto simili a quelli osservati a Taranto. Le temperature più rigide vengono segnalate, come quanto osservato a Taranto, nell'inverno 2010 con minime di 2.4°C. Le temperature estive invece mostrano una massima assoluta nel luglio 2009 con valori di 38.4°C mentre per le successive 3 estati le massime sono calate a temperature di 35-36°C.

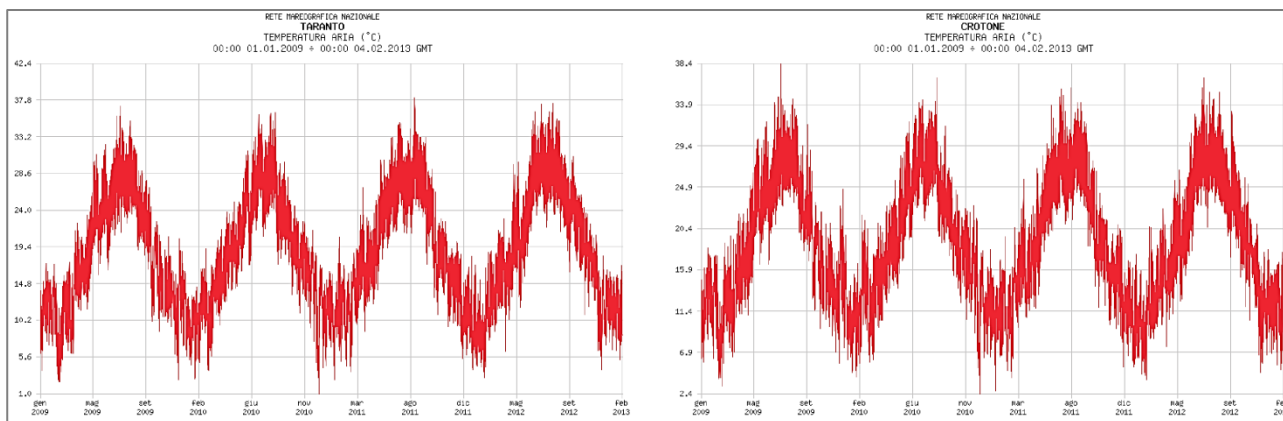


Figura 4.10 – Variazione della temperatura dell’aria nelle stazioni di Taranto e Crotone per il periodo di riferimento dal 01/01/2009 al 04/02/2013 (fonte: www.mareografico.it)

In riferimento alla Figura 4.11, che riporta il livello idrometrico per il periodo che va dal 01/01/2009 al 01/05/2012, si può evincere come nella stazione di Taranto il livello sfiora i 33 cm s.l.m. nel febbraio 2009, mentre la punta minima si attesta attorno a -57 cm di marzo 2012. Le oscillazioni registrate a Crotone mostrano un episodio singolare con valori oltre 68 cm nel novembre 2009. Senza considerare questi episodi, i massimi registrati si aggirano intorno a valori di 34-40 cm rispettivamente a febbraio 2009 e gennaio 2010. La punta minima registrata invece segna valori di -60 cm nel gennaio 2009.

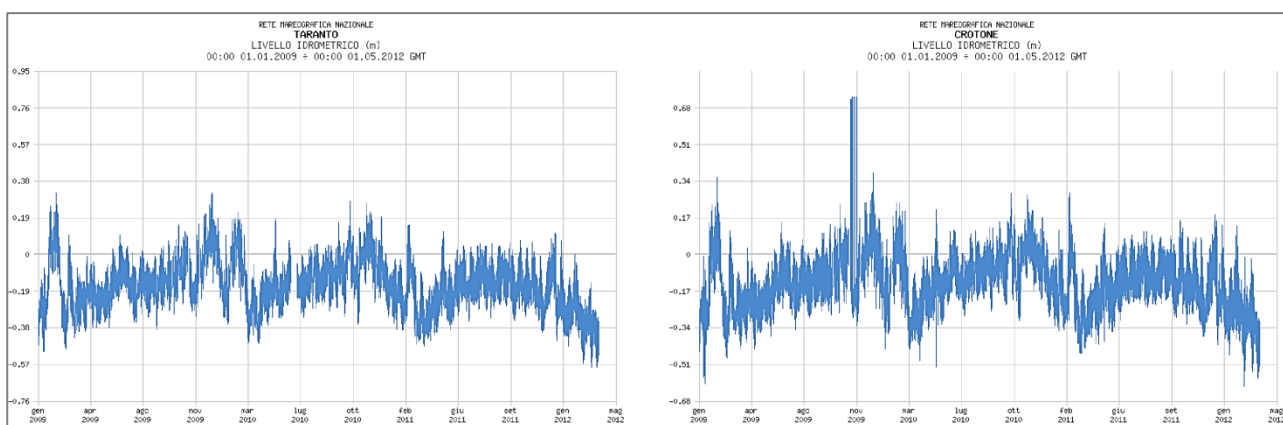


Figura 4.11 – Variazione del livello idrometrico nelle stazioni di Taranto e Crotone per il periodo di riferimento dal 01/01/2009 al 01/05/2012 (fonte: www.mareografico.it)

4.3.2 Salinit 

Il mar Mediterraneo   un bacino semichiuso con forte evaporazione ed un ridotto apporto di acque dolci provenienti dai fiumi. I processi di evaporazione sono per lo pi  legati al regime dei venti e per questo durante i mesi estivi l’evaporazione   relativamente ridotta. Al contrario, durante il periodo invernale, a causa dell’aria fredda e dalla prevalenza di venti secchi, si assiste a forti tassi di evaporazione. L’evaporazione   il ridotto apporto di acque fluviali fanno s  che il Mediterraneo sia in costante deficit idrico. Lo scompenso idrico viene contrastato maggiormente dall’oceano Atlantico attraverso lo Stretto di Gibilterra con l’apporto di ingenti masse d’acqua provocando forti correnti durante tutto l’anno.

Osservando la mappa di distribuzione della salinit  per tutto il bacino del Mar Mediterraneo (Figura 4.12), ad una profondit  di 30 metri   presente un aumento ragguardevole, spostandosi da ovest verso est. Si pu 

evincere come le acque atlantiche siano di gran lunga meno salate del margine più orientale del bacino mediterraneo andando da valori di 36.5 PSU (*Practical Salinity Units*) nello Stretto di Gibilterra, fino a 39.5 PSU nel Mar di Levante a oriente.

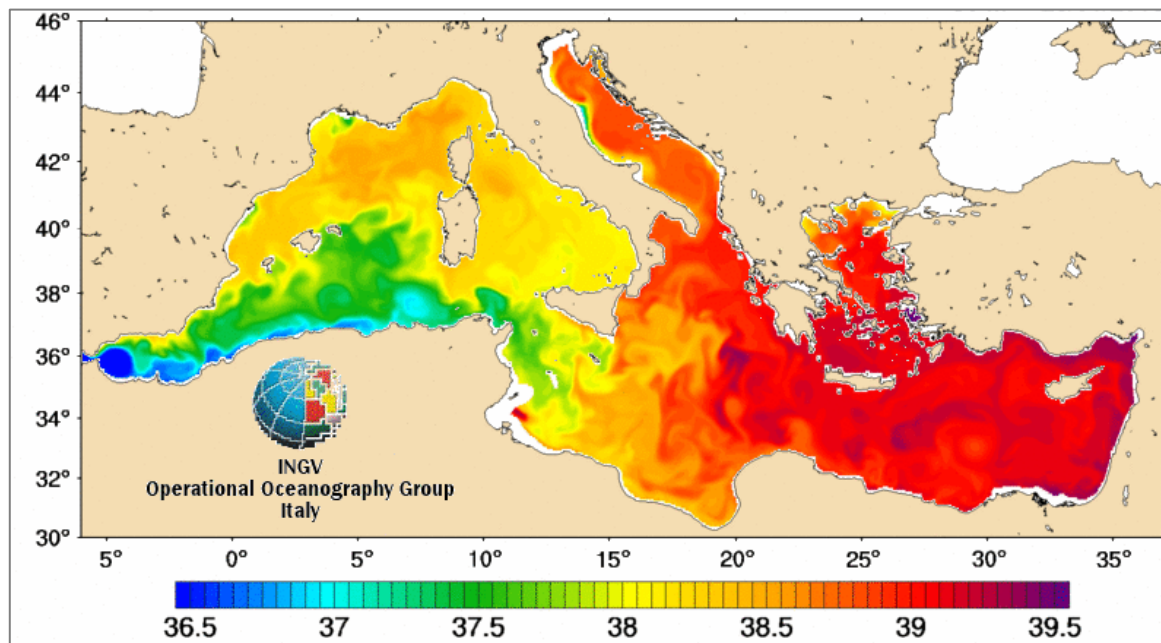


Figura 4.12 – Mappa della distribuzione della salinità in PSU nel Mar Mediterraneo a 30 metri di profondità (fonte: www.gnoo.bo.ingv.it)

Il bacino del Mar Ionio rappresenta uno dei sottobacini che costituiscono il Mar Mediterraneo e presenta profondità di rimescolamento delle acque attorno i 400 metri (Figura 4.13).

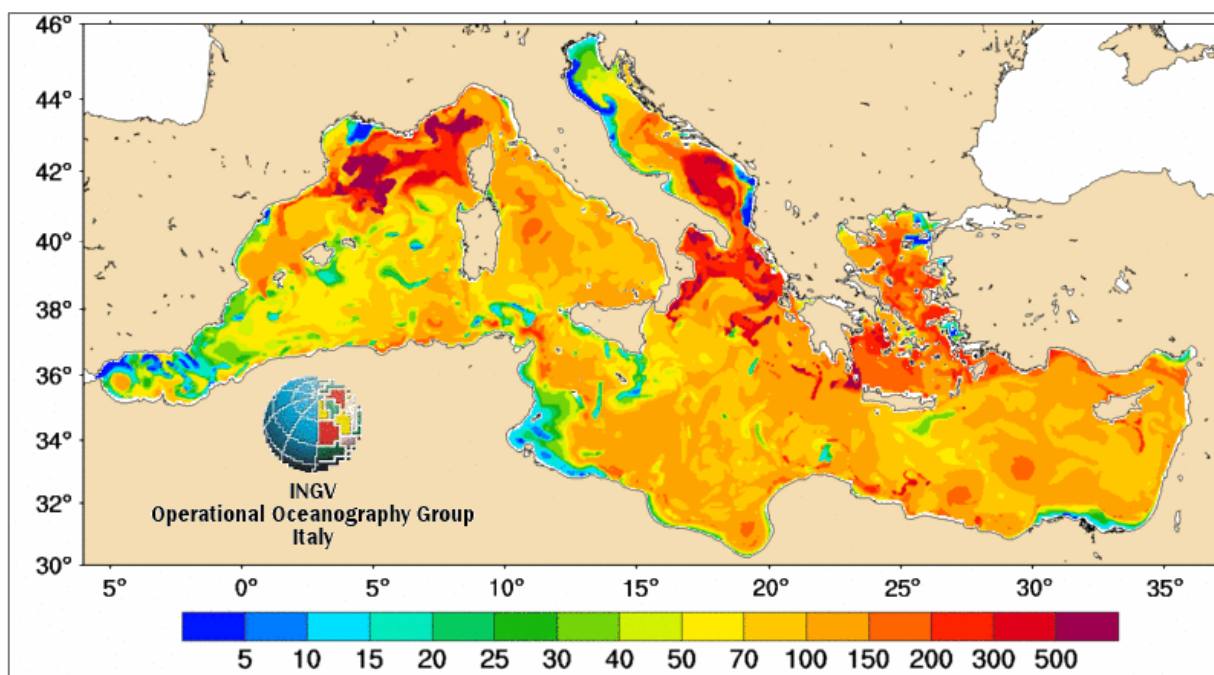


Figura 4.13 – Mappa delle profondità alla quale il rimescolamento delle acque (fonte: www.gnoo.bo.ingv.it)

Uno studio condotto tra il 2000 e il 2006 dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale di Trieste, ha analizzato la salinità dei diversi settori, ponendola in relazione con alcuni parametri fisici, come: pressione, temperatura, densità alle varie profondità lungo la colonna d'acqua. In ogni sottobacino sono stati rilasciati in mare strumenti in grado di prelevare ed analizzare le distribuzioni dei vari parametri e tra essi il bacino ionico risulta campionato in modo continuo dal 2000 al 2006.

Relativamente allo Ionio, inoltre, per i dati raccolti dal 2000 al 2006, sono state redatte delle mappe di minima e massima salinità. In esse si evince che i valori di salinità minima nello Ionio variano tra il 37.4 a 38.9 PSU (Figura 4.14), mentre quelli di massima salinità si attestano attorno ad un valore medio di circa 38.9 PSU (Figura 4.15).

Se si osservano più in dettaglio le medie mensili dei parametri fisici di temperatura potenziale θ , salinità e anomalia di densità potenziale nel Mediterraneo centrale, si nota subito che da ottobre 2004 a dicembre 2006 in Mar Ionio il minimo si attesta a profondità comprese tra 200 e 350 metri, la salinità, la temperatura e la densità potenziale sono superiori alle medie climatologiche (Figura 4.16, Figura 4.17, Figura 4.18, Figura 4.19). Inoltre, è possibile osservare come, nel 2005, in una zona situata circa nel centro-nord dello Ionio, siano stati registrati profili con un massimo di salinità localizzato nello strato più superficiale della colonna d'acqua (0-100 metri) e con temperature misurate nettamente superiori alla media ($\theta > 20^{\circ}\text{C}$). Nello Ionio abbiamo temperature medie comprese tra 14-15.5°C e salinità medie tra 38.85 e 38.95 PSU.

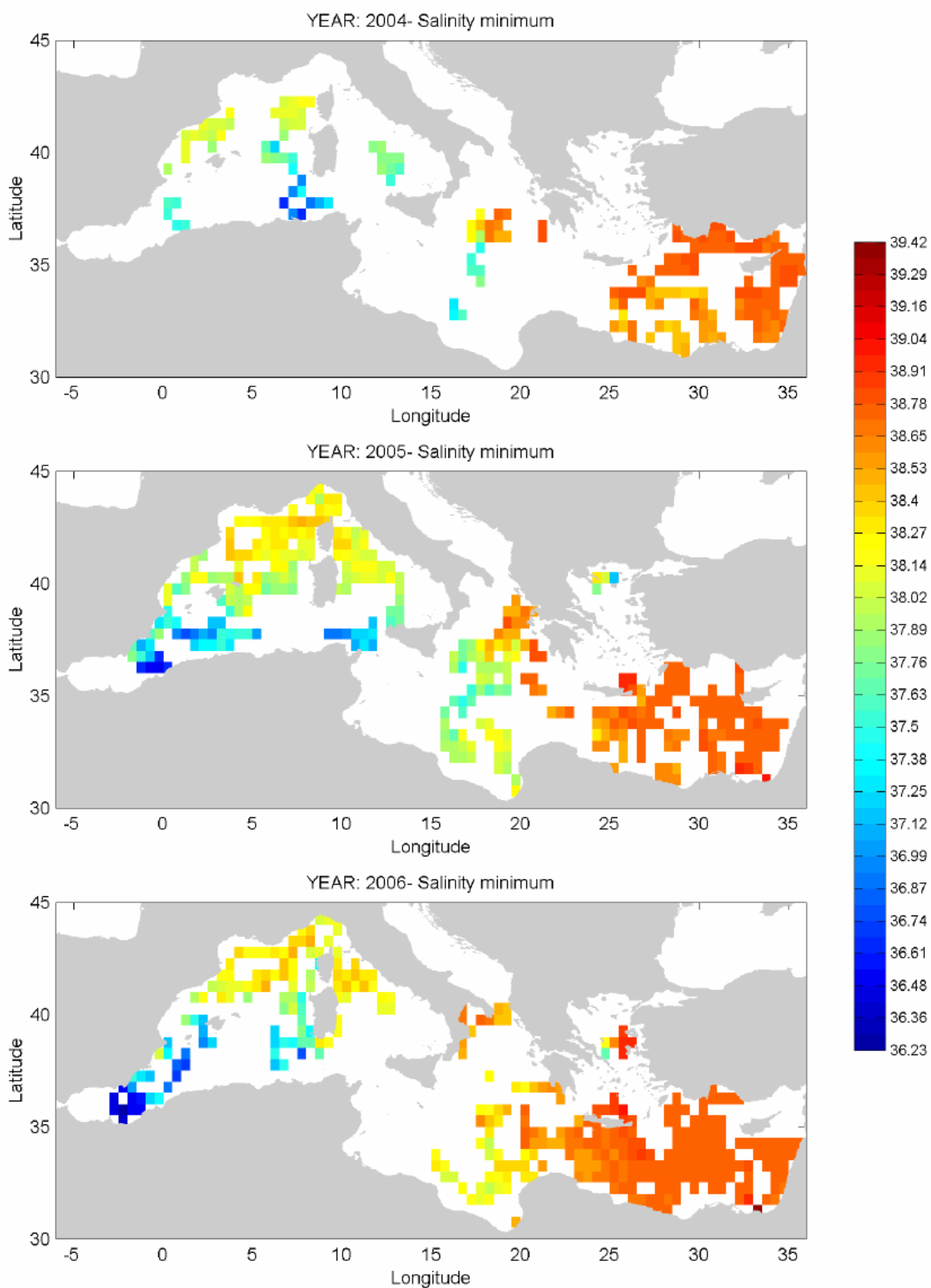


Figura 4.14 – Valore medio dei minimi di salinità nell’intervallo di profondità 0-250 metri calcolato in aree di 0.5° x 0.5° per gli anni 2004, 2005, 2006 (fonte: Barbanti e Poulain, 2007)

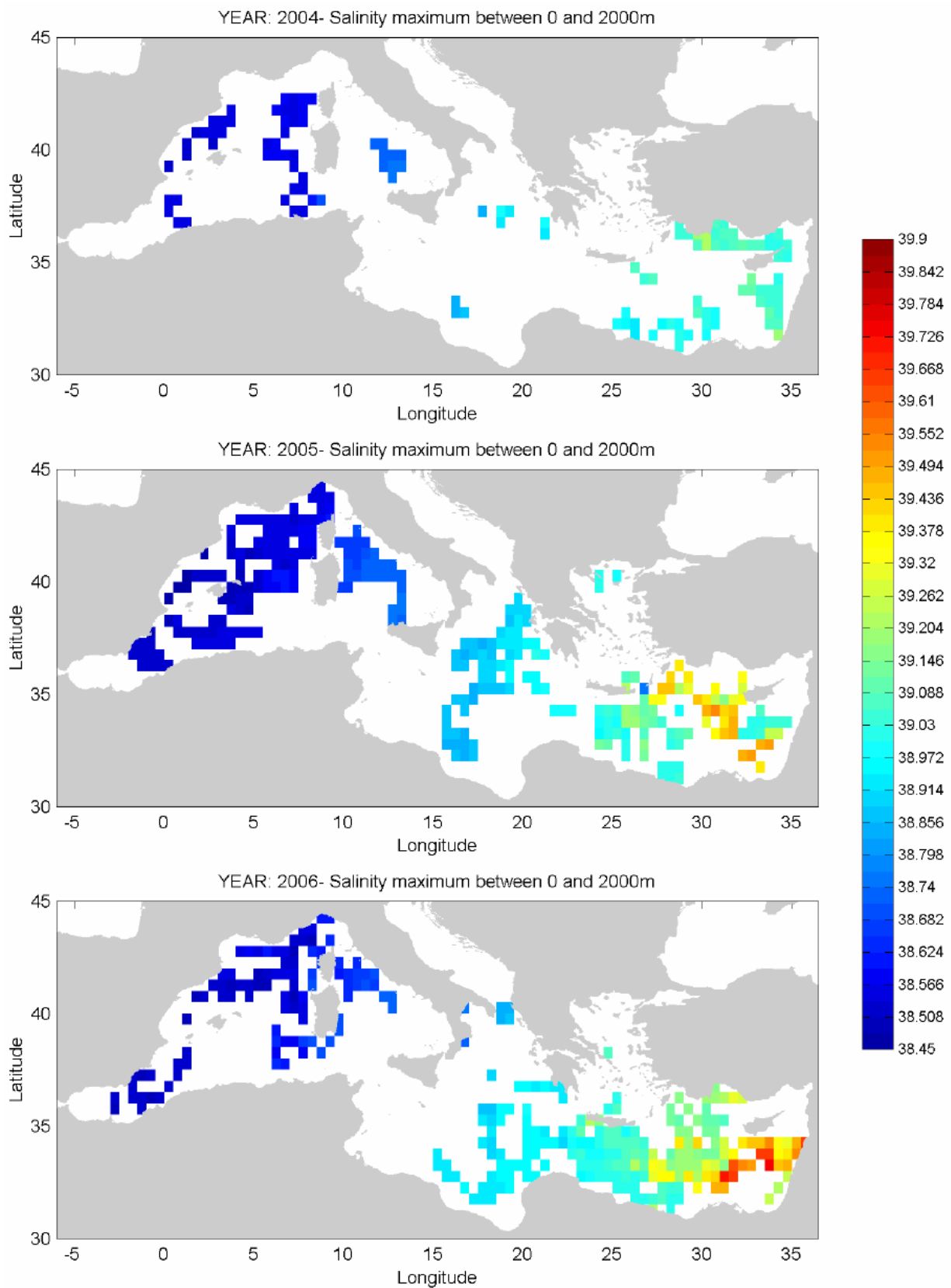


Figura 4.15 – Valore medio massimi di salinità nell’intervallo di profondità 0-2000 metri, calcolato in aree di 0.5° x 0.5° per gli anni 2004, 2005, 2006 (fonte: Barbanti e Poulain, 2007)

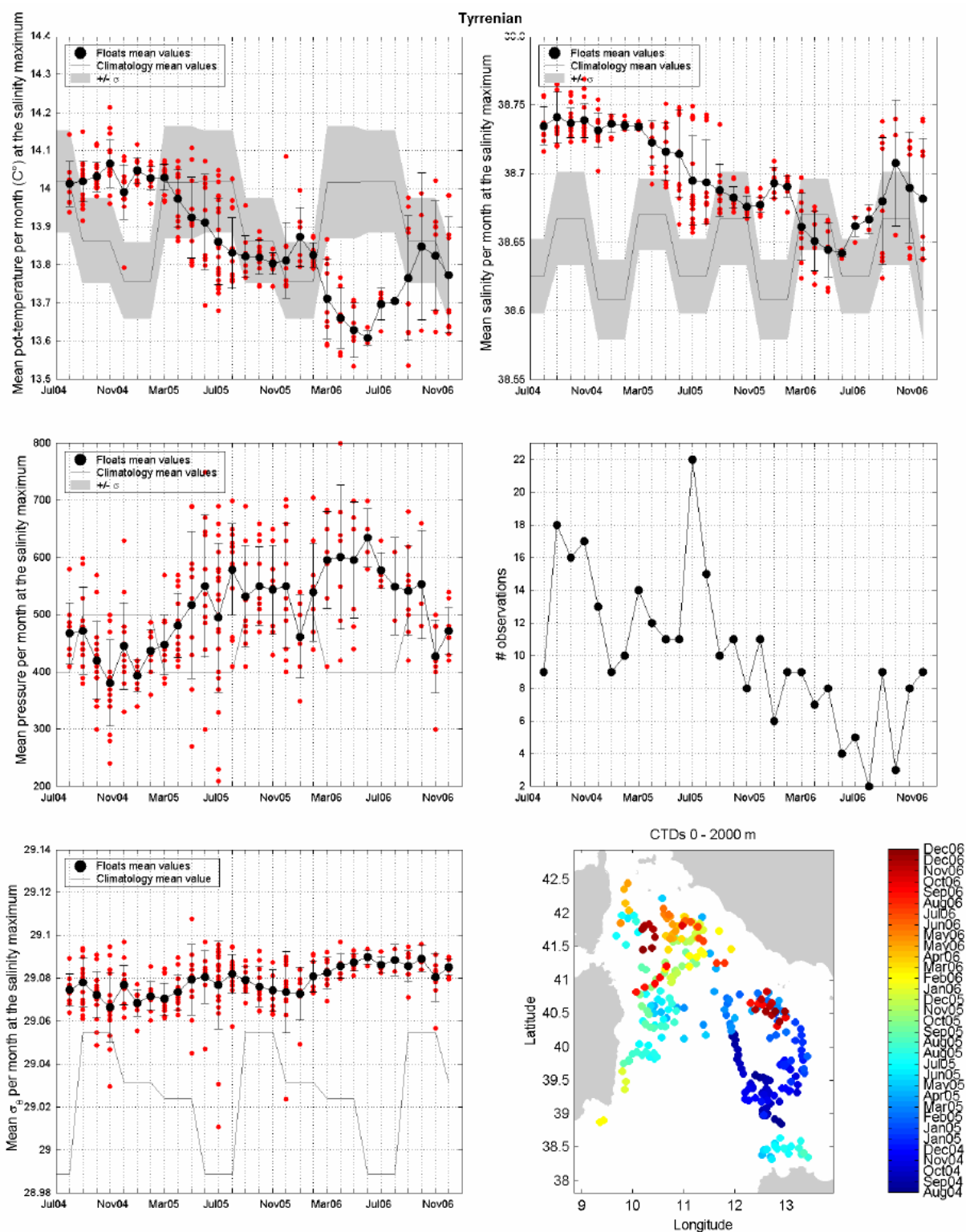


Figura 4.16 – Valori medi di temperatura potenziale, salinità e numero di osservazioni per mese (fonte: Barbanti e Poulain, 2007)

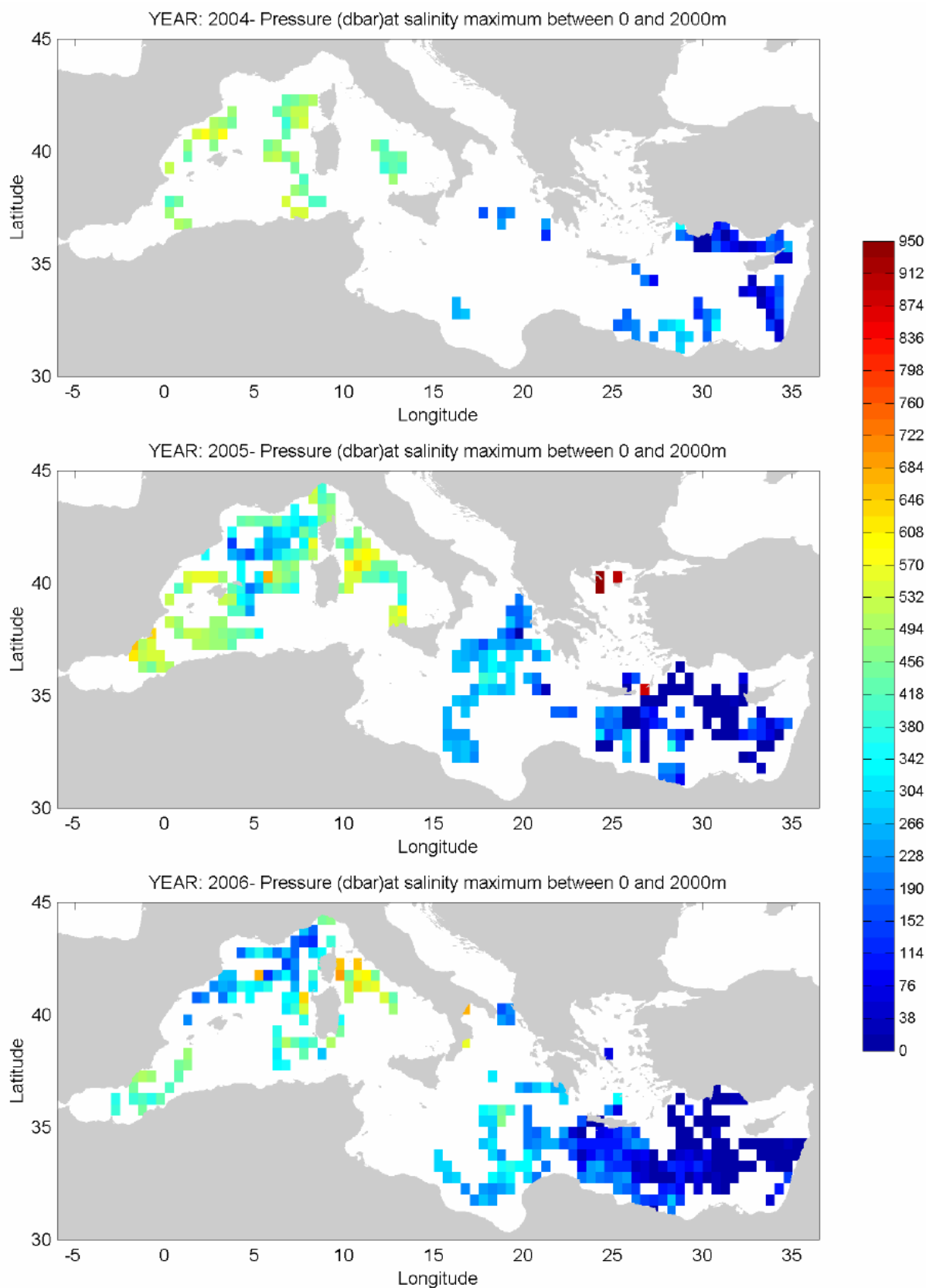


Figura 4.17 – Profondità alla quale si trova il massimo di salinità per gli anni 2004, 2005, 2006 (fonte: Barbanti e Poulain, 2007)

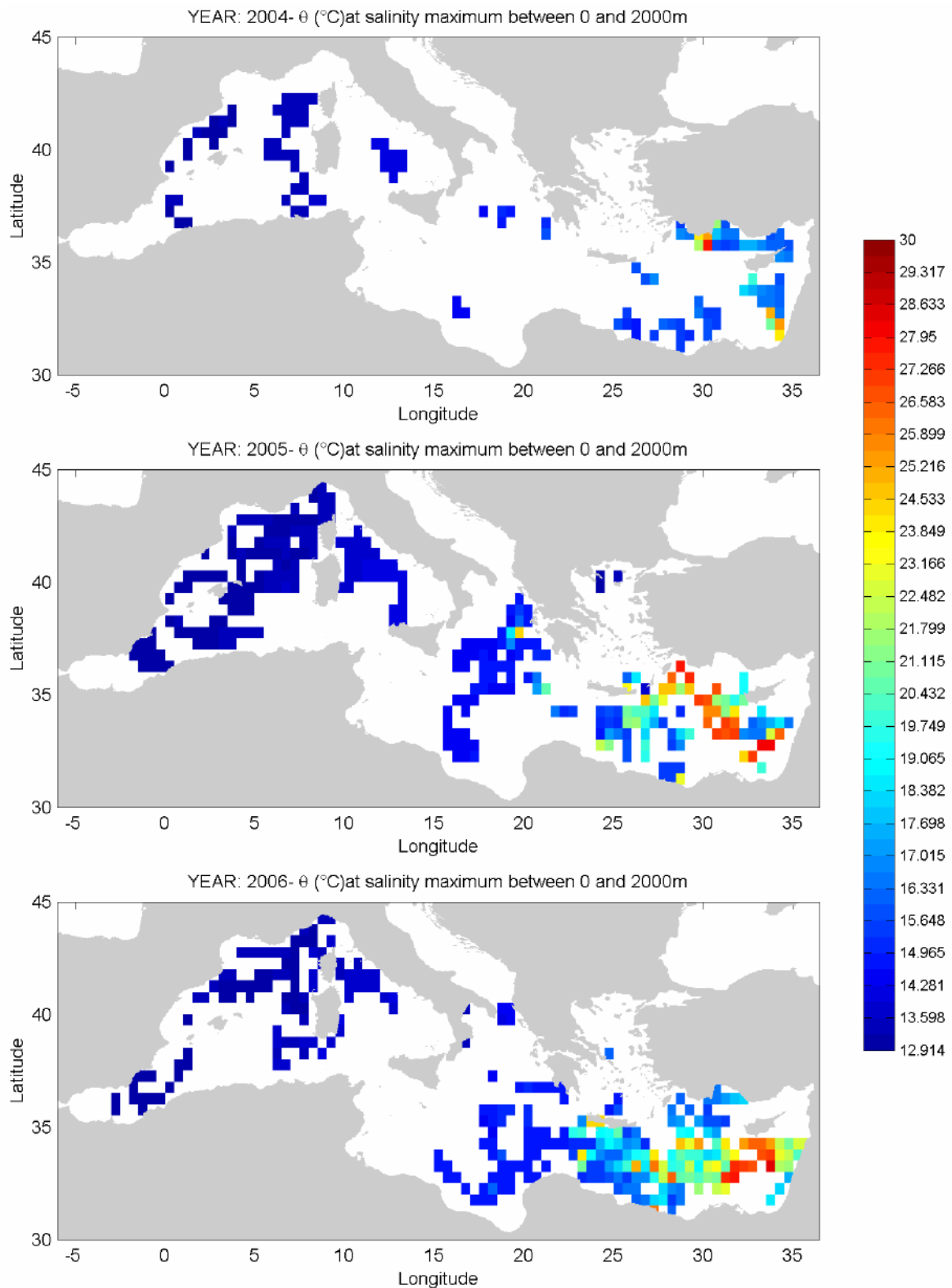
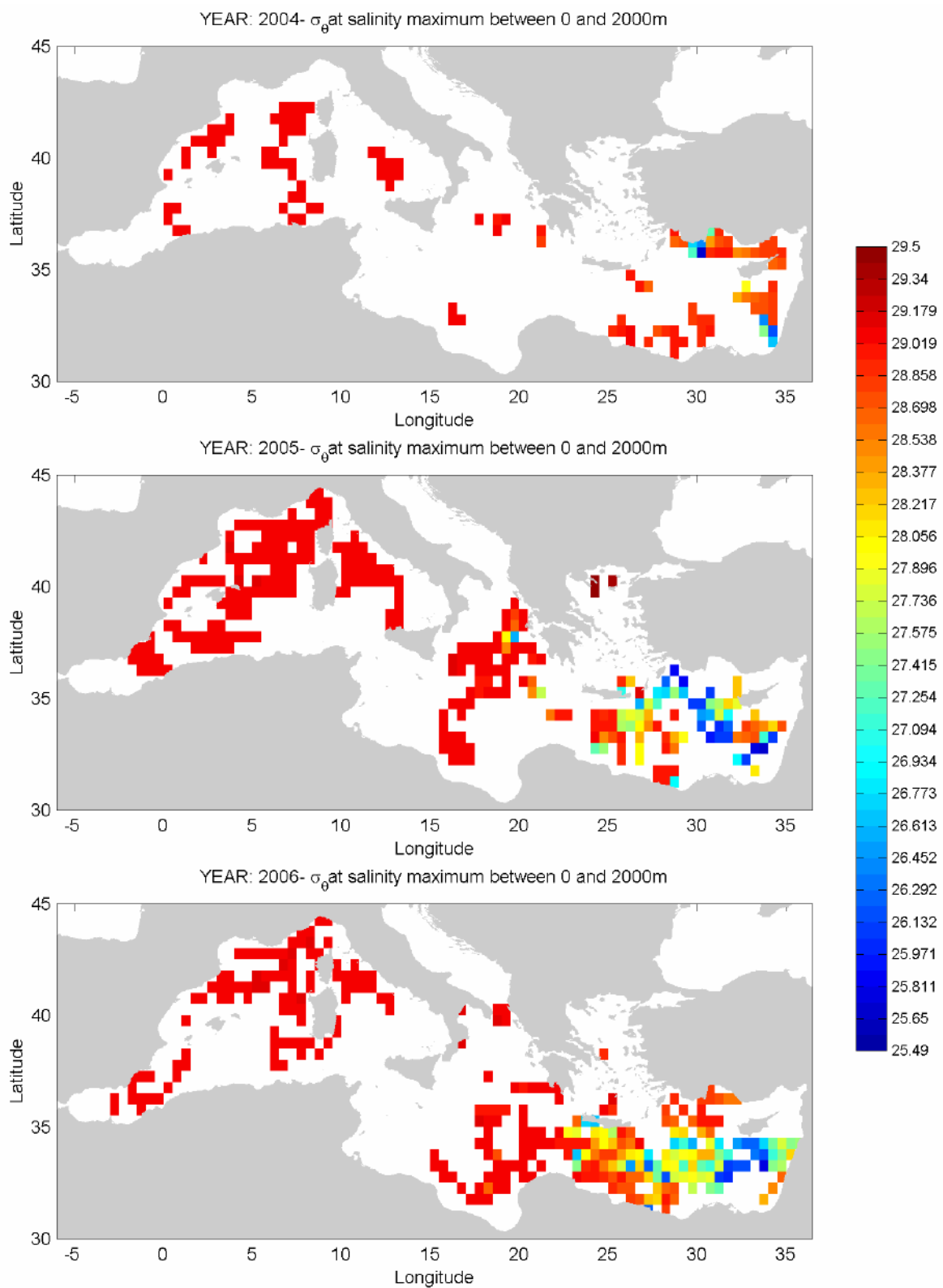


Figura 4.18 – Temperatura potenziale alla profondità del massimo di salinità per gli anni 2004, 2005, 2006 (fonte: Barbanti e Poulain, 2007)



**Figura 4.19 – Densità potenziale alla profondità del massimo di salinità per gli anni 2004, 2005, 2006
(fonte: Barbanti e Poulain, 2007)**

4.3.3 Venti

L'area mediterranea è condizionata dalla presenza di masse d'aria che ne influenzano la circolazione superficiale. Il triangolo centrale racchiuso tra Italia meridionale, Grecia e nord Africa è di per sé un'area molto complessa sotto questo aspetto, perché caratterizzata dall'incontro dai venti di Scirocco, Grecale e Maestrale che causano delle variazioni nel clima durante tutto l'anno.

L'area del bacino del Mar Ionio è interessata da venti dominanti provenienti dal 3° quadrante. Il periodo invernale è caratterizzato da un significativo flusso proveniente da nord-ovest e da nord-est che ruota a nord affacciandosi sulla parte settentrionale del Mar Ionio. La dinamica dei flussi è legata al passaggio dei fronti di alta e bassa pressione da ovest che determinano variazioni a carattere regionale con lo sviluppo di gradienti di pressione.

I flussi legati ai campi barici stagionali sono sostanzialmente 2:

- Corrente debole proveniente da E-NE che gira verso SE durante il periodo estivo;
- Forti correnti dai quadranti settentrionali che spazzano il mare talvolta con burrasche (sulla costa salentina) nel periodo invernale.

Analizzando i dati scaricati dal sito dell'Istituto di Protezione e la Ricerca Ambientale, relativi al periodo dal 01/01/2009 al 04/02/2013, è possibile osservare come nella stazione di Taranto sia stata registrata una prevalenza dei venti provenienti dal quadrante E-NE, senza trascurare la presenza di venti che spirano dai quadranti S-SO. Nella stazione di Crotona, è stata rilevata una predominanza netta dei venti che spirano da NO, anche se si evidenzia una percentuale elevata di venti provenienti dal quadrante SO (Figura 4.20).

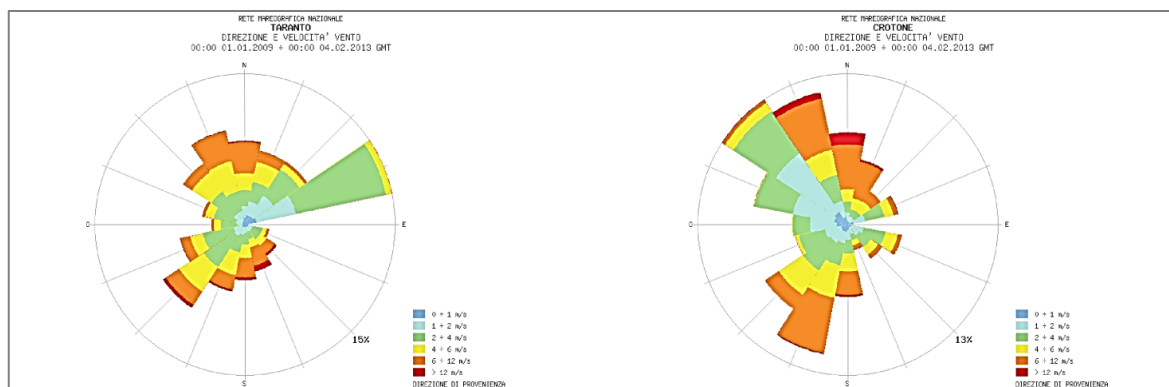


Figura 4.20 - Confronto tra le direzioni dei venti nelle stazioni più vicine all'area di permesso di ricerca: Taranto e Crotona nel periodo compreso tra gennaio 2009 e febbraio 2013 (fonte: www.mareografico.it)

Non è raro assistere a veloci passaggi frontali generati da depressioni profonde che transitano verso il mare Egeo con formazione di brevi ma forti burrasche da nord-ovest (www.infrastruttureprim.com). Partendo da un regime di alta pressione con flusso leggero da NE si assiste alla rotazione del vento a SE con intensificarsi della forza; generalmente questa fase ha durata inferiore alle 24 ore, il mare tende a crescere e ad orientarsi da SE fino generalmente a forza 5, con l'approssimarsi del fronte il vento ruota rapidamente a SO rinforzando fino anche a forza 8, il mare cresce e si stabilizza causando burrasche anche notevoli. Trascorse mediamente 24/36 ore il fronte si allontana verso NE ed il vento gira rapidamente a NO con irruzione di aria più fresca ed instabile, questa rapida rotazione genera un mare dapprima incrociato che poi si uniforma raggiungendo in media forza 3-4. Questo flusso generalmente dura circa 48 ore e pone fine al passaggio frontale ed al ristabilirsi del leggero flusso da NE.

4.3.4 Correnti marine

Le correnti del Mediterraneo (Figura 4.21) si sviluppano per lo più seguendo le coste in senso antiorario, e più precisamente verso levante lungo le coste meridionali e verso ponente lungo quelle settentrionali. Una volta varcato lo stretto di Gibilterra, la forza di Coriolis spinge l'acqua dando origine alla corrente algerina. Tale flusso si scontra con la corrente anticiclonica del mare di Alboràn e si biforca in due rami, uno che prosegue verso nord in direzione delle isole Baleari e uno in direzione del Canale di Sicilia. Dirigendosi verso il Canale di Sicilia la corrente algerina si biforca nuovamente dove un ramo prosegue verso il Canale, l'altra invece risale verso la Corsica dando origine alla corrente ligure provenzale catalana attraversando il Golfo del Leone. Giunti alla soglia sicula, i bassi fondali del canale di Sicilia fanno sì che la corrente si divida in due rami dove uno risale verso il Tirreno dando origine a una corrente ciclonica e l'altro prosegue verso oriente per giungere al mare di Levante.

Il bacino de Mediterraneo è interessato da fenomeni di circolazione profonda per lo più nel bacino ligure provenzale e nello Ionio. Le correnti hanno origine nella stagione invernale a seguito del rapido raffreddamento delle acque provocate dal vento. A seguito dell'aumento di densità l'acqua si dirige verso il fondo, sino ai 2000 metri di profondità, contribuendo al lento ricambio delle acque profonde.

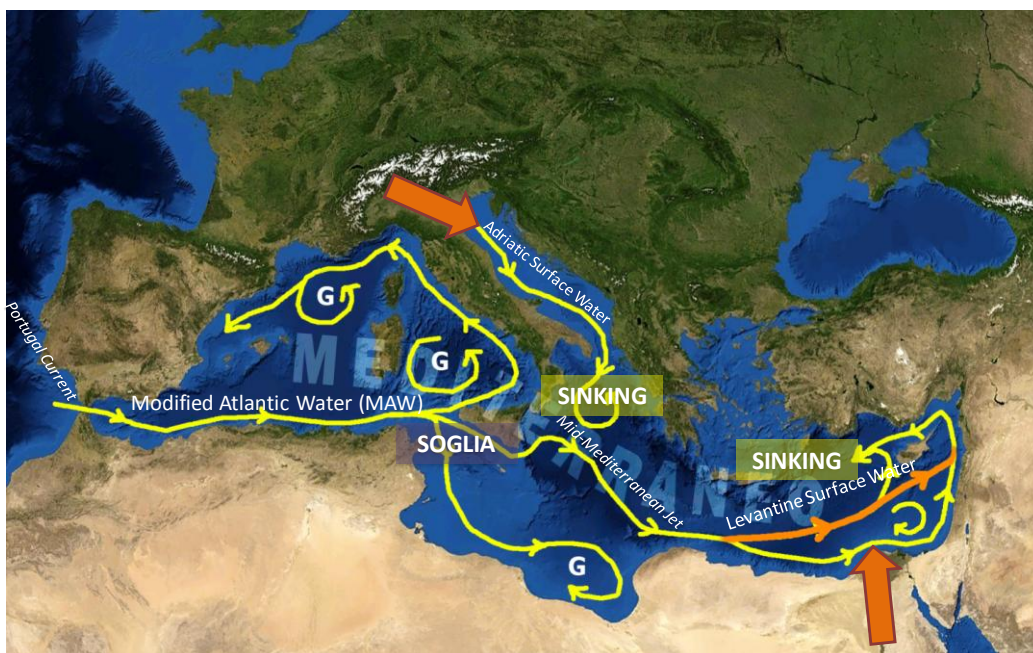


Figura 4.21 – Circolazione semplificata delle correnti all'interno del bacino mediterraneo. "G" sta per Gyre: sistemi di circolazione parzialmente chiusa, in cui una determinata massa d'acqua assume localmente un moto circolare indotto dalla frizione con/fra correnti maggiori e/o venti dominanti. Effetti: isolamento (in senso generale) di porzioni di oceano o di mare (fonte: Università di Padova)

Nel dettaglio della circolazione marina delle acque italiane, viene fatto riferimento al "Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani" redatto dall'Istituto Idrografico della Marina. L'atlante è suddiviso in dodici carte mensili, indicanti l'andamento della circolazione superficiale dei mari italiani.

Nelle figure seguenti, infatti, si può osservare l'andamento delle correnti superficiali dei mari italiani con il sistema vettoriale e la velocità in nodi, nei differenti mesi dell'anno (Figura 4.22, Figura 4.23, Figura 4.24). I dati riportati si riferiscono per la maggior parte all'alto mare, cioè a quelle regioni marine che distano almeno 5-10 miglia dalla linea di costa.

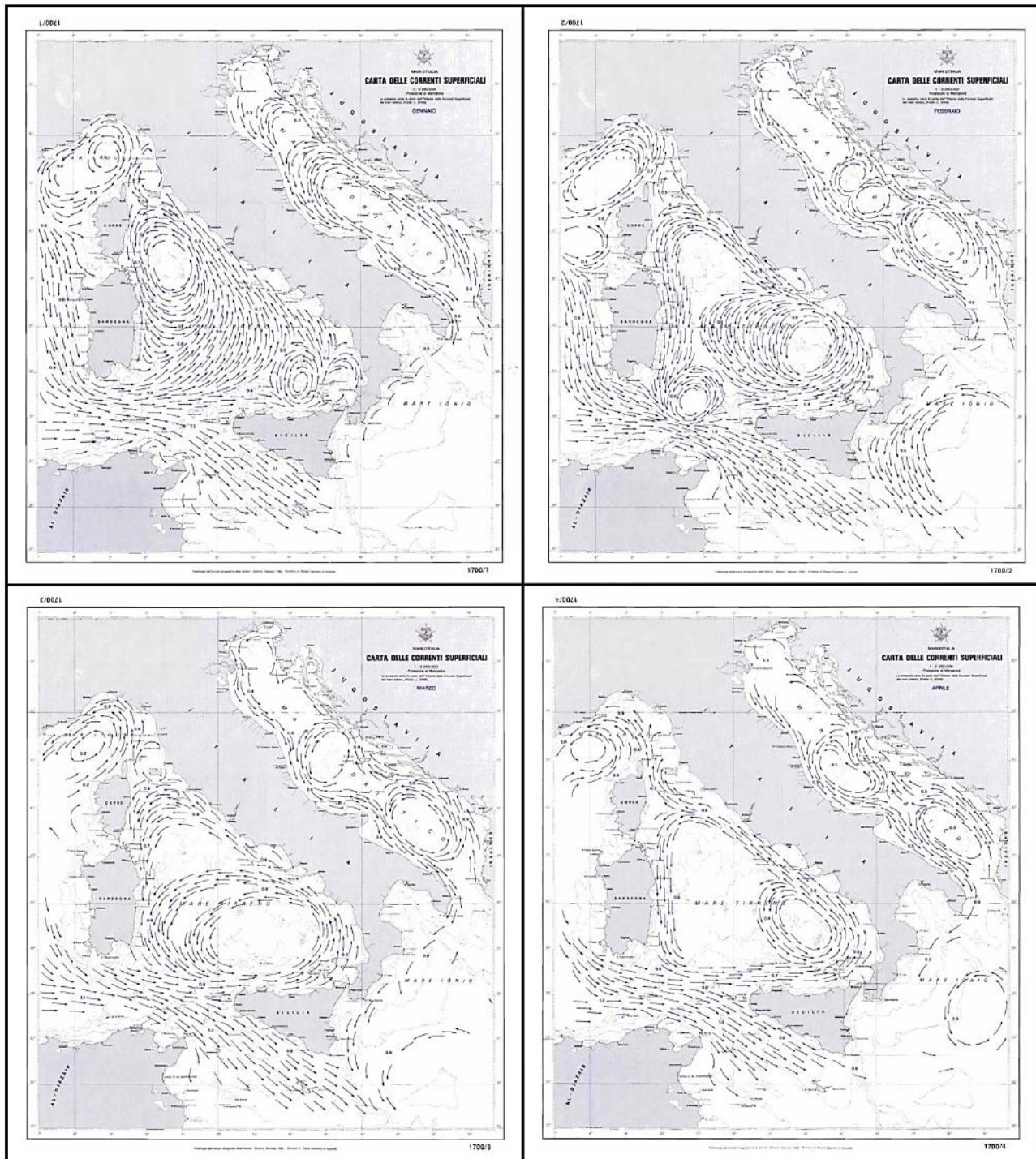


Figura 4.22 – Carta delle correnti superficiali dei mari italiani, periodo gennaio-aprile (fonte: Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani, Istituto idrografico della Marina)

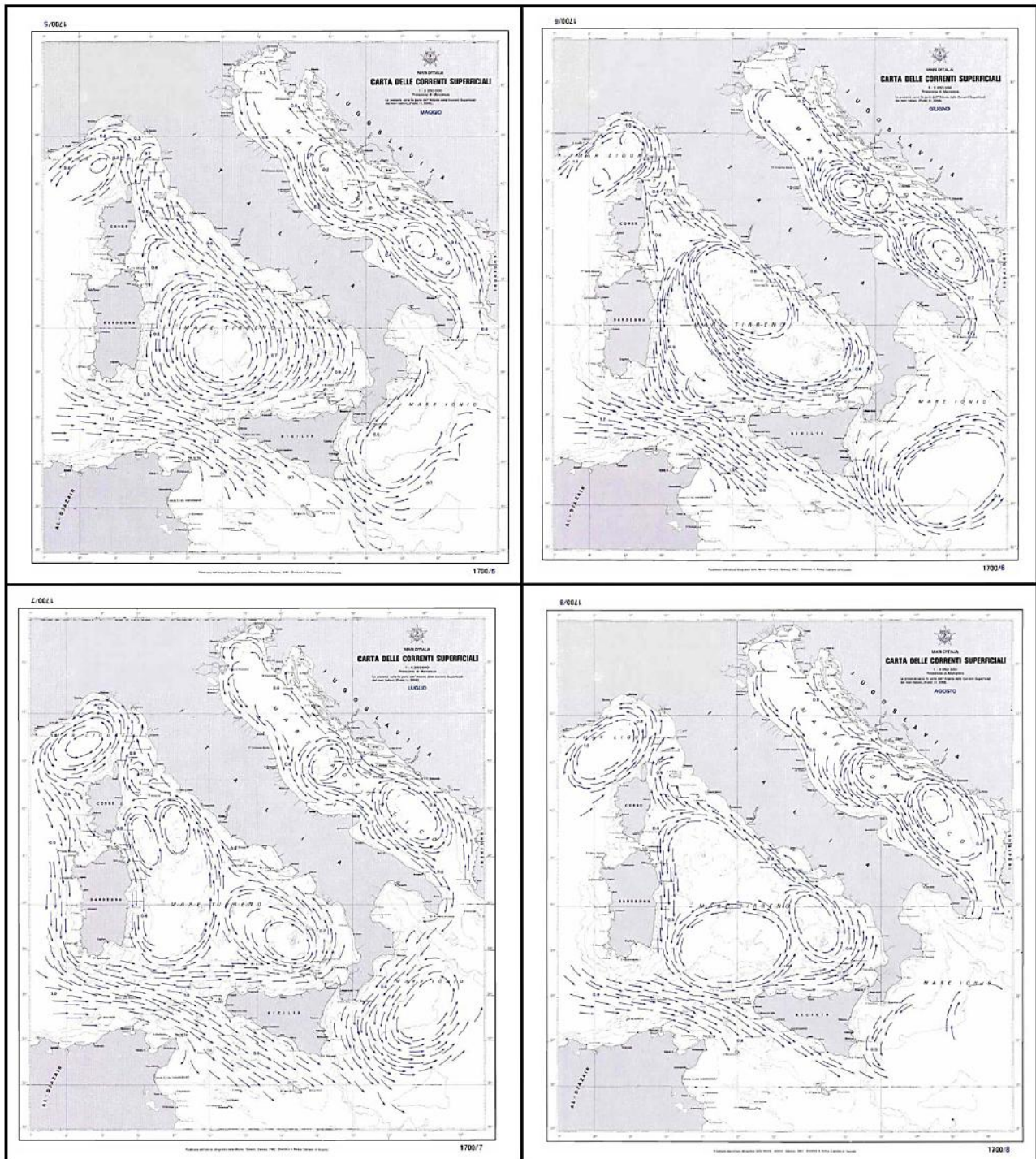


Figura 4.23 – Carta delle correnti superficiali dei mari italiani, periodo maggio-agosto (fonte: Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani, Istituto idrografico della Marina)

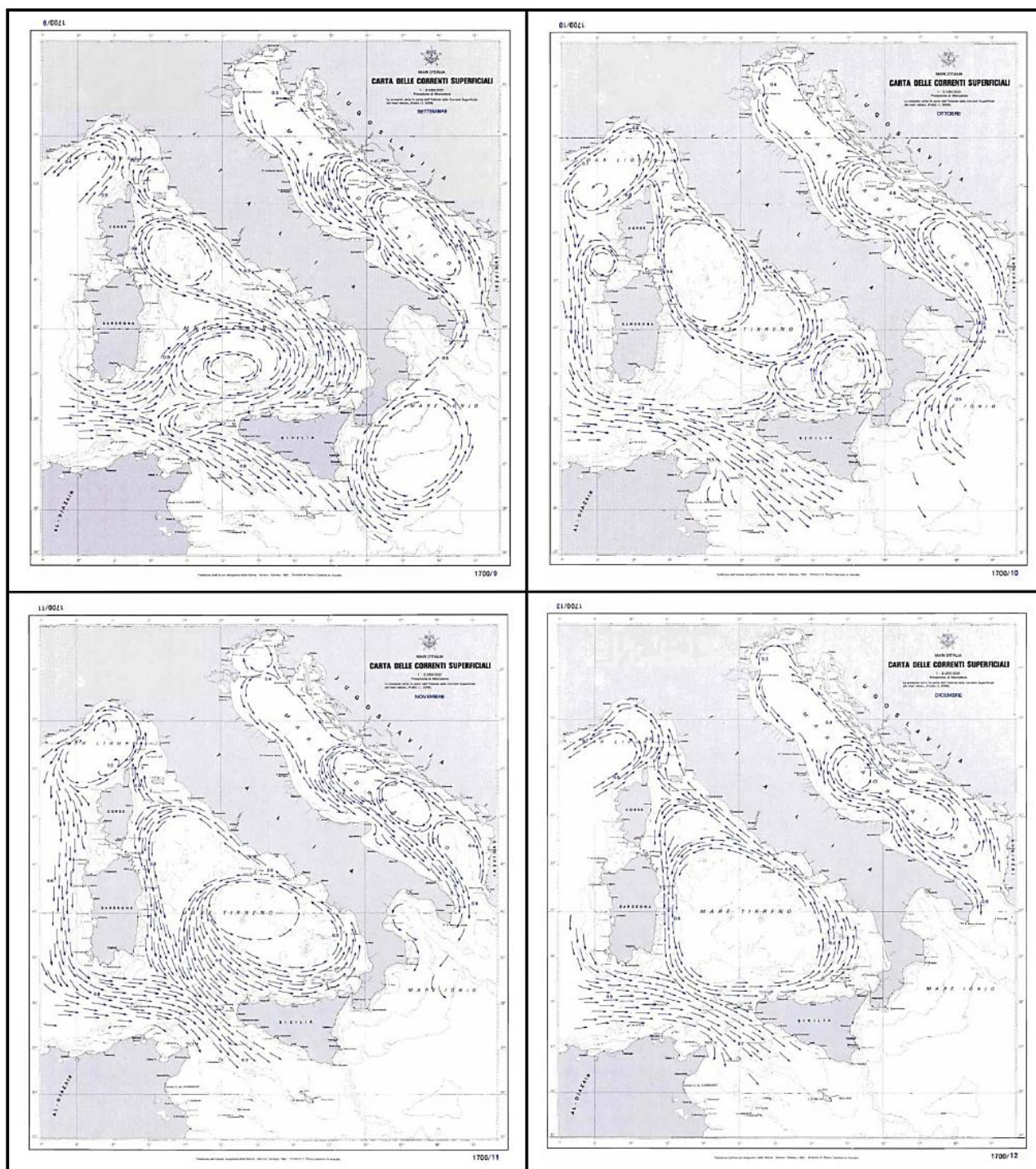


Figura 4.24 – Carta delle correnti superficiali dei mari italiani, periodo settembre-dicembre (fonte: Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani, Istituto idrografico della Marina)

Come è possibile osservare nelle figure sopra riportate, nello Ionio settentrionale le principali correnti non entrano nella zona del Golfo di Taranto. Solo nel mese di novembre una circolazione, dovuta al flusso proveniente dall’Adriatico, entra nel Golfo e percorre le coste pugliesi e lucane con direzione sud-ovest, per poi scendere lungo le coste calabresi.

4.4 AREE VINCOLATE

4.4.1 Siti Rete Natura 2000

Natura 2000 è il principale strumento della politica dell'Unione Europea per la conservazione della biodiversità. Si tratta di una rete ecologica diffusa su tutto il territorio dell'Unione, istituita ai sensi della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" per garantire il mantenimento a lungo termine degli habitat naturali e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario.

La rete Natura 2000 è costituita da Zone Speciali di Conservazione (ZSC) istituite dagli Stati Membri secondo quanto stabilito dalla Direttiva Habitat, e comprende anche le Zone di Protezione Speciale (ZPS) istituite ai sensi della Direttiva 79/409/CEE "Uccelli" e, le Zone Speciali di Conservazione istituite dagli Stati Membri secondo quanto stabilito dalla Direttiva Habitat, denominate Siti di importanza Comunitaria (SIC).

Le aree che compongono la rete Natura 2000 non sono riserve rigidamente protette dove le attività umane sono escluse; la Direttiva Habitat intende garantire la protezione della natura tenendo anche "conto delle esigenze economiche, sociali e culturali, nonché delle particolarità regionali e locali" (Art. 2). La Direttiva riconosce il valore di tutte quelle aree nelle quali la secolare presenza dell'uomo e delle sue attività tradizionali ha permesso il mantenimento di un equilibrio tra attività antropiche e natura. La Direttiva ha come obiettivo la conservazione non solo dei diversi tipi di habitat naturali ma anche quelli seminaturali (come le aree ad agricoltura tradizionale, i boschi utilizzati, i pascoli, etc.). Un altro elemento innovativo è il riconoscimento dell'importanza di alcuni elementi del paesaggio che svolgono un ruolo di connessione per la flora e la fauna selvatiche (art. 10).

Le aree SIC e le ZPS coprono complessivamente il 21% circa del territorio nazionale (www.minambiente.it).

All'interno del perimetro dell'area in istanza d 68 F.R.-TU non sono presenti aree marine o costiere a qualsiasi titolo protette per scopi di tutela ambientale.

Allo scopo di fornire un inquadramento generale delle caratteristiche ecologiche della zona circostante l'area oggetto di studio, sono state descritte in dettaglio le aree più vicine, ma che di fatto non verranno in alcun modo influenzate dalle operazioni.

La banca dati "Rete Natura 2000" raccoglie le varie schede dei siti SIC e ZPS le quali sono state integrate con le descrizioni degli Habitat reperibili nel "Manuale Italiano di interpretazione degli habitat della Direttiva 92/43/CEE". Vista l'ubicazione dell'area in istanza, sono stati descritti in dettaglio i siti tutelati nelle regioni di Puglia, Basilicata e Calabria, localizzate ad una distanza inferiore a 12 miglia nautiche marine (Figura 4.25). **Per la descrizione in dettaglio di tali siti si rimanda all'allegato 4.**

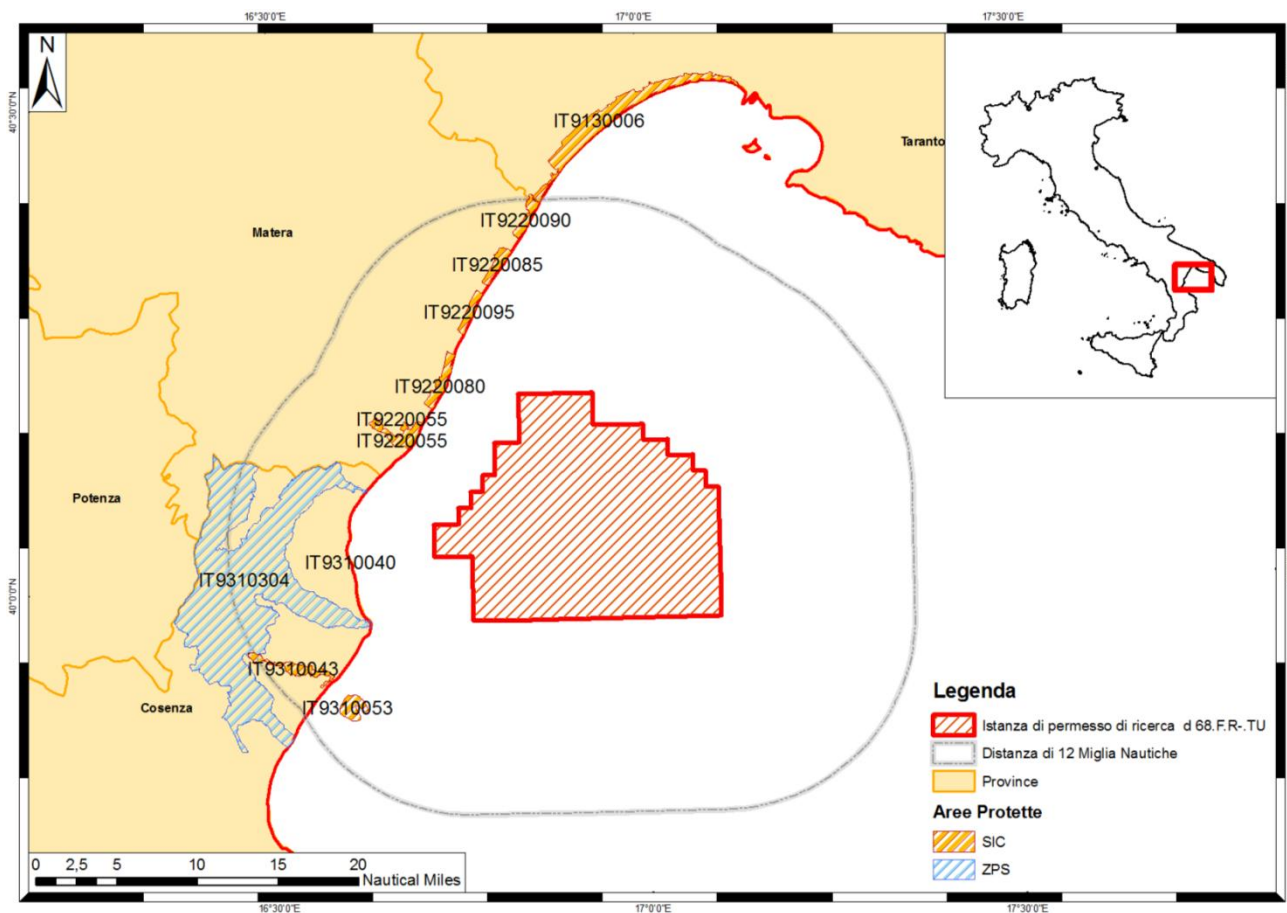


Figura 4.25 – Localizzazione delle aree protette (SIC, ZPS) entro un raggio di 12 miglia nautiche rispetto l’ubicazione dell’istanza di permesso di ricerca a mare “d 68 F.R.-TU”.

4.4.2 Aree Marine Protette

L’Area Marina Protetta (AMP) è per definizione una zona di mare circoscritta, di particolare pregio ambientale e paesaggistico, all’interno della quale è in vigore una normativa a protezione dell’habitat, delle specie e dei luoghi, e relativa alla regolamentazione e gestione delle attività consentite. Rientrano nell’ambito delle aree naturali protette e spesso sono anche definite riserve.

Al fine dell’istituzione di un’area marina protetta, un tratto di mare deve innanzitutto essere individuato per legge quale “area marina di reperimento”. Una volta avviato l’iter istruttorio all’area marina di reperimento, questa viene considerata come area marina protetta di prossima istituzione.

Le aree marine protette sono istituite ai sensi delle leggi n. 979 del 1982 e n. 394 del 1991 con un Decreto del Ministro dell’ambiente che contiene la denominazione e la delimitazione dell’area, gli obiettivi e la disciplina di tutela a cui è finalizzata la protezione.

Ogni area è suddivisa in tre tipologie di zone con diversi gradi di tutela. Sono costituite da ambienti marini, dati dalle acque, dai fondali e dai tratti di costa prospicienti, che presentano un rilevante interesse per le caratteristiche naturali, geomorfologiche, fisiche, biochimiche con particolare riguardo alla flora e alla fauna marina e costiera e per l’importanza scientifica, ecologica, culturale, educativa ed economica che rivestono. Possono essere costituiti da un ambiente marino avente rilevante valore storico, archeologico-ambientale e culturale.

Le aree marine protette generalmente sono suddivise al loro interno in diverse tipologie di zone denominate A, B e C. L'intento è quello di assicurare la massima protezione agli ambiti di maggior valore ambientale, che ricadono nelle zone di riserva integrale (zona A), applicando in modo rigoroso i vincoli stabiliti dalla legge. Con le zone B e C si vuole assicurare una gradualità di protezione attuando, attraverso i Decreti Istitutivi, delle eccezioni (deroghe) a tali vincoli al fine di coniugare la conservazione dei valori ambientali con la fruizione ed uso sostenibile dell'ambiente marino.

- Zona A: Area di riserva integrale, interdetta a tutte le attività che possano arrecare danno o disturbo all'ambiente marino. La zona A è il vero cuore della riserva. In tale zona, individuata in ambiti ridotti, sono consentite in genere unicamente le attività di ricerca scientifica e le attività di servizio.
- Zona B: Area di riserva generale, dove sono consentite, spesso regolamentate e autorizzate dall'organismo di gestione, una serie di attività che, pur concedendo una fruizione ed uso sostenibile dell'ambiente influiscono con il minor impatto possibile.
- Zona C: Area di riserva parziale, che rappresenta la fascia tampone tra le zone di maggior valore naturalistico e i settori esterni all'area marina protetta, dove sono consentite e regolamentate dall'organismo di gestione oltre a quanto già consentito nelle altre zone, le attività di fruizione ed uso sostenibile del mare di modesto impatto ambientale.

Le aree marine protette sono 27 oltre a 2 parchi sommersi che tutelano complessivamente circa 228000 ettari di mare e circa 700 chilometri di costa (Figura 4.26).

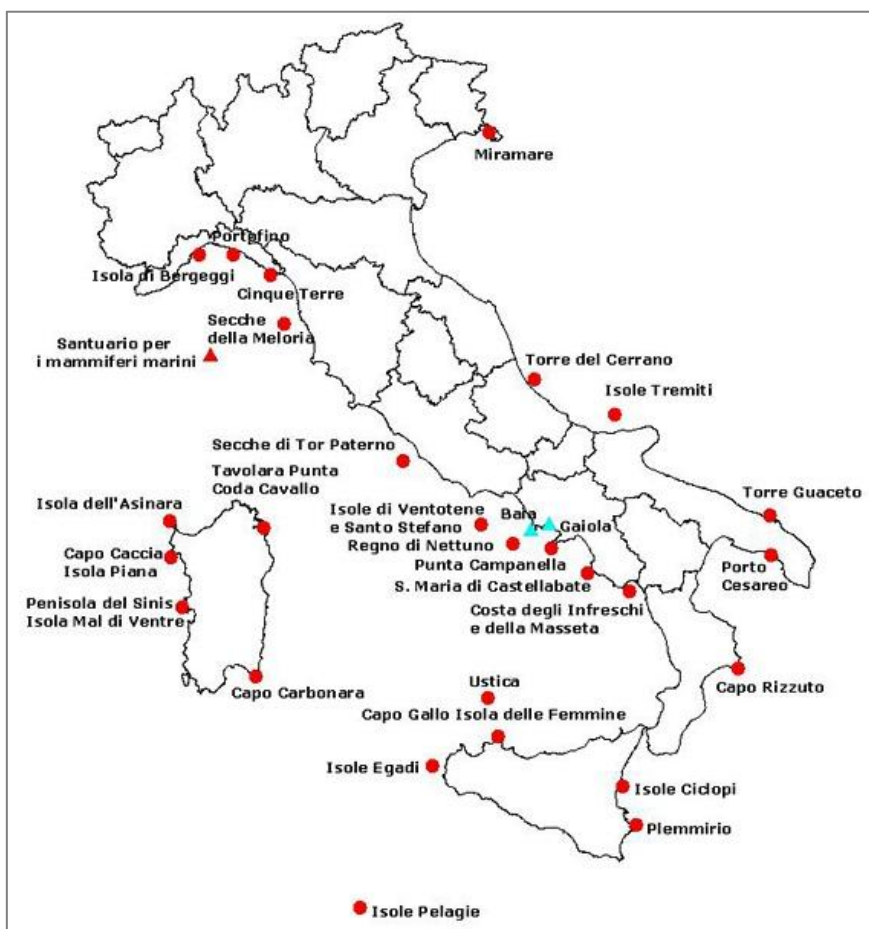


Figura 4.26 – Elenco e distribuzione delle 27 aree marine protette (fonte: www.minambiente.it)

Le aree marine protette presenti nelle vicinanze della zona oggetto dell'istanza, sono due (Figura 4.27):

- "Porto Cesareo", in provincia di Lecce, distante oltre 55 chilometri ad est del lato più orientale del blocco;
- "Capo Rizzuto", in provincia di Crotona distante oltre 90 chilometri verso sud del lato meridionale del blocco.

NB: Le aree marine protette non verranno influenzate in alcun modo dalle operazioni di ricerca nel blocco in istanza

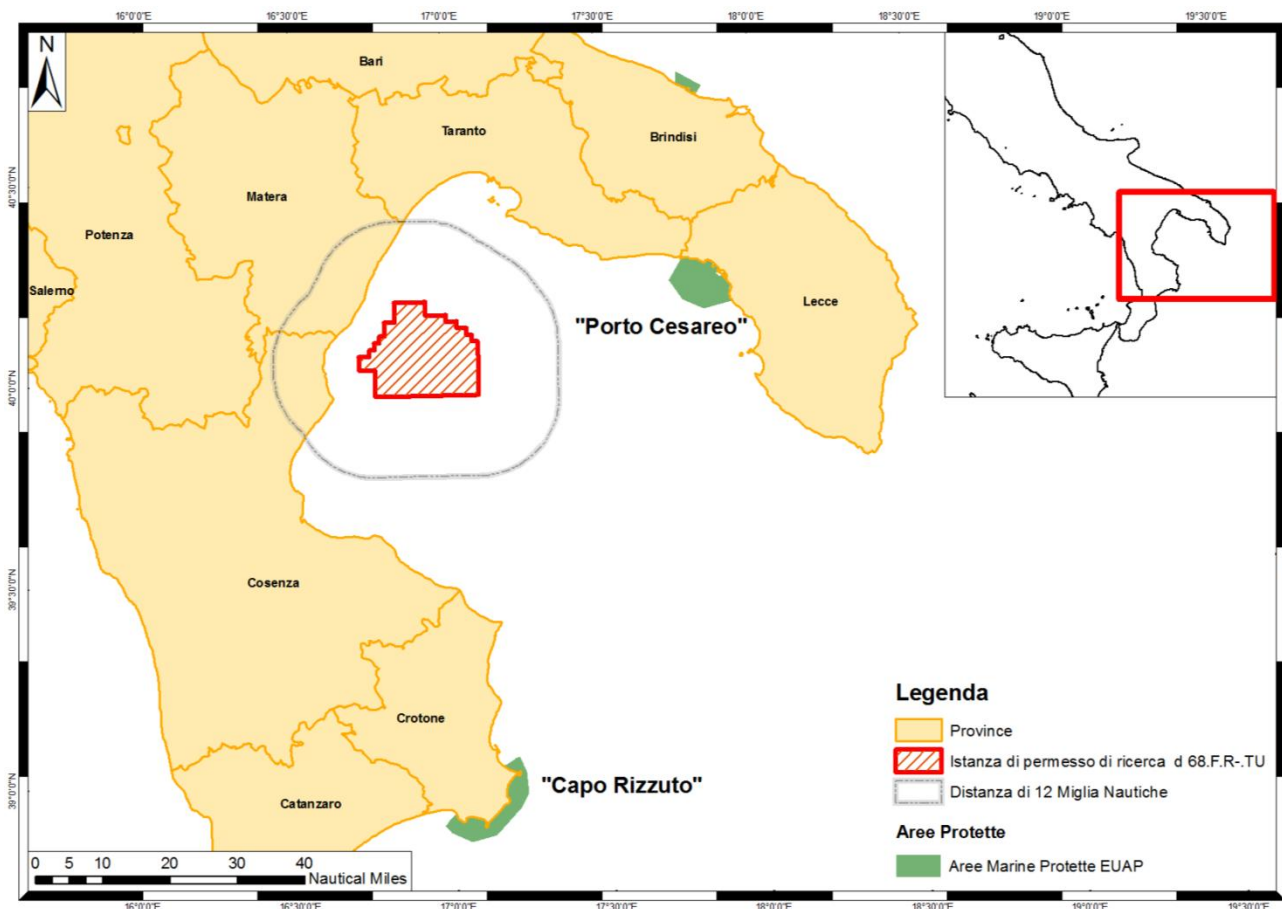


Figura 4.27 – Aree marine protette nelle vicinanze della zona in oggetto di studio

Area Marino Protetta "Porto Cesareo"

L'Area Marina Protetta "Porto Cesareo" si trova nella parte orientale del Golfo, a nord di Gallipoli, ed è compresa tra Punta Prosciutto e Torre dell'Inserraglio. L'AMP interessa il comune di Porto Cesareo e di Nardò, in provincia di Lecce, ed è stata identificata come area marina di reperimento dalla L. n. 979 del 1982 ed istituita con D.M. del 12.12.1997 (G.U. n. 45 del 24.02.1998).

Codice di riferimento: **EUAP 0950**

L'AMP "Porto Cesareo" si estende lungo 32 chilometri di costa, da Punta Prosciutto a nord fino a Torre dell'Inserraglio, più a sud e copre una superficie di 16654 ettari (Figura 4.28).

L'area presenta due zone di riserva integrale (Zona A) coprendo una superficie totale pari a 173 ettari coprendo oltre 5 chilometri di linea di costa. Sono presenti due zone di riserva generale (Zona B) che

coprono una superficie totale di 3056 ettari senza includere alcuna porzione costiera. Infine la Zona C si estende per i restanti 13425 ettari ricoprendo oltre 27 chilometri di linea costiera.

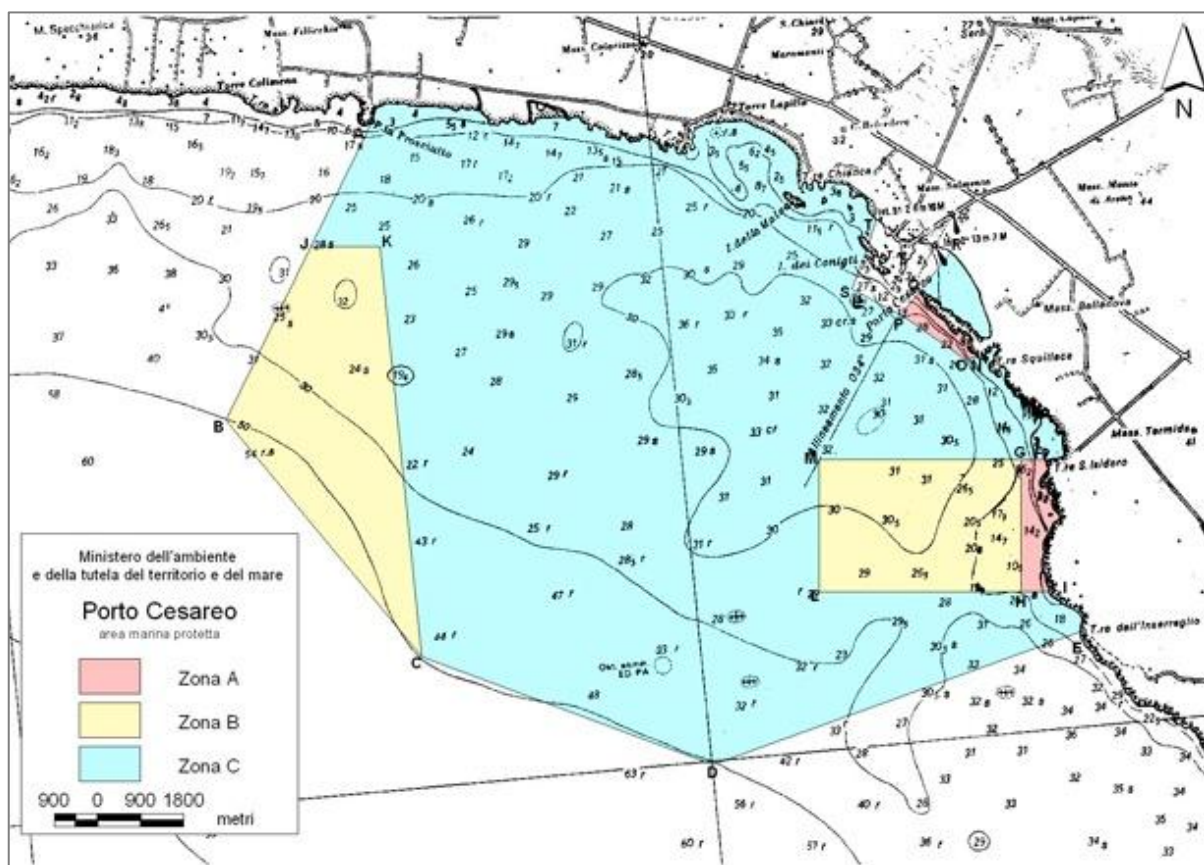


Figura 4.28 – Area marino protetta “Porto Cesareo” su carta nautica n.27 alla scala 1:100.000 (www.minambiente.it)

Le coordinate dei vertici sono riportate nella seguente tabella (Tabella 4.1).

Vertici	Latitudine	Longitudine
A	40° 17' 41 N	17° 45' 91 E
B	40° 14' 32 N	17° 43' 40 E
C	40° 11' 44 N	17° 45' 91 E
D	40° 09' 94 N	17° 50' 12 E
E	40° 13' 16 N	17° 55' 57 E
R	40° 15' 39 N	17° 54' 29 E
Q	40° 14' 90 N	17° 53' 73 E
P	40° 14' 66 N	17° 53' 44 E
S	40° 15' 05 N	17° 52' 72 E
T	40° 15' 82 N	17° 53' 16 E

Tabella 4.1 – Coordinate dei vertici della AMP “Porto Cesareo” (fonte: www.ampportocesareo.it)

Uno studio promosso dall'Università di Lecce e il Comune di Porto Cesareo ha permesso la mappatura dettagliata tra Torre Lapillo e Torre Squillace e la descrizione di almeno 10 tipologie di habitat differenti lungo il tratto di mare. Tra i più importanti spiccano gli habitat della Posidonia oceanica, il Coralligeno e gli ambienti di Grotta (www.ampportocesareo.it).

La *Posidonia oceanica* si trova a partire dai 10-12 metri di profondità, nei fondali sabbiosi del sublitorale di Porto Cesareo andando a costituire vere e proprie praterie. La *Posidonia oceanica* è una pianta marina endemica (presente esclusivamente in Mediterraneo) del Mediterraneo, le cui praterie costituiscono uno degli ecosistemi più produttivi del Mediterraneo. Le praterie di *P. oceanica*, nel fondale dell'AMP di Porto Cesareo, colonizzano principalmente i substrati sabbiosi ricadenti nella Zona B a sud della riserva, intorno ai 20 metri di profondità.

Il Coralligeno è un habitat che si sviluppa in ambienti profondi e in condizioni di luce attenuata. Viene definito "un substrato biogeno", ossia costruito da organismi viventi ed in particolare dall'insieme di concrezioni calcaree formate principalmente da alghe rosse calcaree ed altri organismi costruttori come i briozoi, le serpulidi e gli antozoi. L'habitat del coralligeno si sviluppa, generalmente, ad una profondità compresa fra i 50 e 140 metri. Nell'AMP di Porto Cesareo banchi di Coralligeno si formano, eccezionalmente a partire da una profondità di circa 15 metri e si presentano sotto forma di panettoni di roccia, intervallati da chiazze di sabbia. I biocostruttori più diffusi sono rappresentati dalla *Cladocora caespitosa*, unica grande madrepora coloniale presente nel Mediterraneo. Essa è distribuita in maniera abbondante in tutta l'AMP di Porto Cesareo ed in alcune zone, soprattutto nei fondi rocciosi antistanti Torre dell'Inserraglio. Questa unità ricopre vasti tratti di fondale a partire dai 15 metri di profondità. La superficie dei corpi biocostruiti presenta numerosi esemplari di spugna arborescente *Axinella sp.*, con il tipico colore giallo-arancio.

L'area mostra la presenza di numerose grotte sommerse a causa della natura carsica della regione. Sono state segnalate e descritte più di 50 grotte l'AMP di Porto Cesareo mostra moltissime cavità sommerse e la maggior parte delle quali situate nel tratto di mare antistante il litorale di Torre Lapillo. L'ambiente delle grotte marine è molto particolare. In esse si mescolano aspetti propri delle acque superficiali (temperatura media e pressione) e caratteristiche tipiche degli ambienti profondi (luminosità scarsa o nulla). In questi ambienti si vengono a creare condizioni adatte ad ospitare una fauna varia e diversificata.

L'Area Marina Protetta, presenta una ricca fauna di pesci dove i più caratteristici sono: Castagnola (*Chromis chromis*), Cernia bruna (*Epinephelus guaza*), Cavalluccio marino (*Hippocampus guttulatus*), Cefalo (*Mugil cephalus*), Dentice (*Dentex dentex*), Donzella (*Coris julis*), Murena (*Muraena helena*) e Sarago (*Diplodus anularis*).

Area Marino Protetta "Capo Rizzuto"

L'Area Marina Protetta "Capo Rizzuto" interessa i comuni di Isola di Capo Rizzuto, in provincia di Crotone, e Crotone ed è stata identificata come area marina di reperimento dalla L. n. 979 del 1982 ed istituita con D.I. del 27.12.1991 (G.U. n. 115 del 09.05.1992) e modificato col decreto del 19.02.2002 (G.U. n. 118 del 22.05.2002) che sostituisce integralmente il decreto precedente.

Codice di riferimento: **EUAP 166**

L'AMP "Capo Rizzuto" ricopre una superficie di 14721 ettari e si estende lungo 42 Km di costa (Figura 4.29).

L'area presenta tre zone di Riserva Integrale (Zona A) corrispondenti ai tratti di mare circostanti Capo Colonna e Capo Cimiti, e al tratto di mare antistante Capo Bianco. Le zone tipo "A" ricoprono un totale di 585 ettari, interessando 7.2 chilometri di linea di costa. La zona B, di riserva generale, circostante le zone A, comprende il tratto di mare da Capo Donato fino al limite est di Barco Vercillo ricoprendo un'area di 9326 ettari per oltre 34 chilometri di costa. La zona C invece ricopre l'area più in mare aperto con una superficie di 4810 ettari.

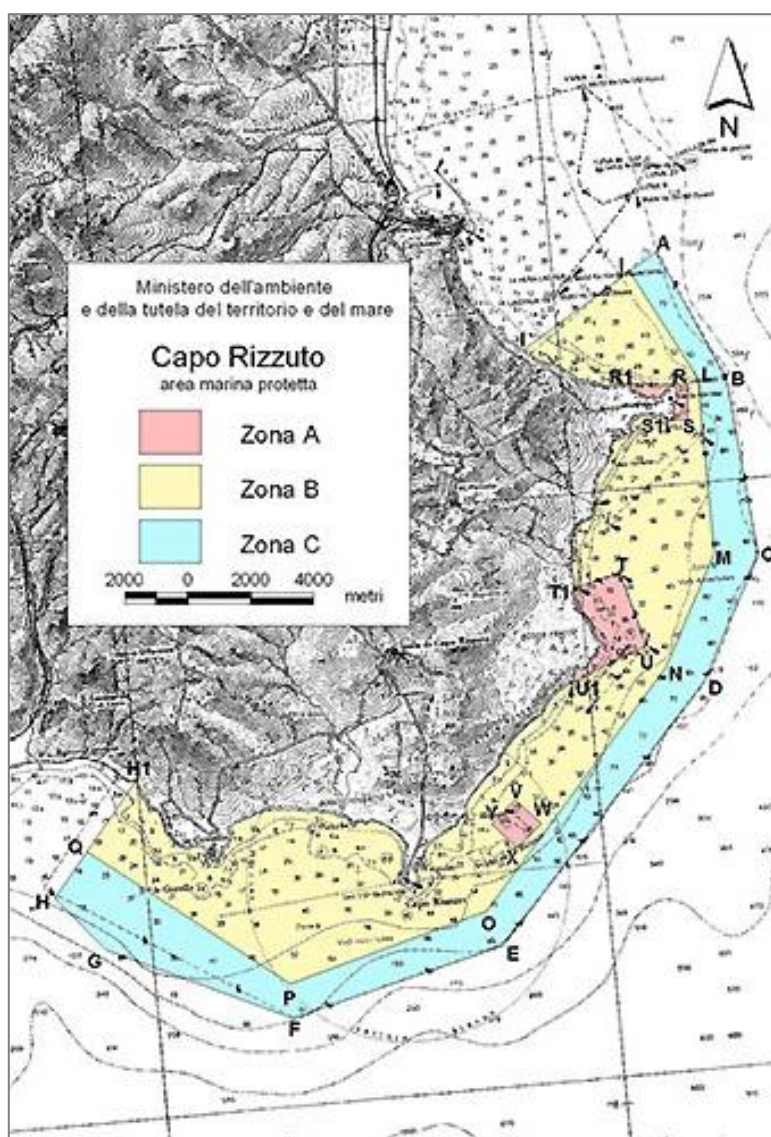


Figura 4.29 – Area marina protetta “Capo Rizzuto” su carta nautica n. 24 e n. 25 alla scala 1:100.000 (fonte: www.minambiente.it)

Le zone A, di riserva integrale, sono vietate la balneazione, le immersioni subacquee con e senza autorespiratore, la navigazione con imbarcazioni e natanti, l'ancoraggio, l'ormeggio e la pesca. La zona A di Capo Cimiti consente visite guidate anche subacquee, senza autorespiratore, disciplinate dall'Ente gestore.

Nella zona B è consentita la balneazione, le visite guidate subacquee con l'appoggio dei centri d'immersione locali; le immersioni subacquee con e senza autorespiratore disciplinate dall'Ente gestore. È possibile

effettuare la navigazione a vela e a remi, la navigazione a motore a velocità non superiore ai 5 nodi; l'ancoraggio in zone appositamente individuate attrezzate con gavitelli e ormeggi apposti.

La zona C, di riserva parziale, comprendente il residuo tratto di mare all'interno del perimetro dell'area marina protetta, dove sono consentite le attività previste per la zona B dove è possibile esercitare la pesca professionale disciplinata dall'Ente Gestore e con gli attrezzi della piccola pesca, la pesca turismo e la pesca sportiva solo con lenza e canna da fermo. E' comunque vietata la pesca subacquea.

Le coordinate dei vertici sono riportate nella seguente tabella (Tabella 4.2).

Vertici	Latitudine	Longitudine
A1	39°02' 45 N	17°09' 40 E
A	39°04' 00 N	17°12' 30 E
B	39°01' 70 N	17°13' 60 E
C	38°58' 70 N	17°13' 90 E
D	38°56' 60 N	17°12' 50 E
E	38°52' 40 N	17°07' 60 E
F	38°51' 50 N	17°02' 90 E
G	38°52' 95 N	16°59' 00 E
H	38°53' 88 N	16°58' 00 E
H1	38°55' 80 N	17°00' 00 E

Tabella 4.2 – Coordinate dei vertici della AMP “Capo Rizzuto” (fonte: www.ampcaporizzuto.it)

L'area marina protetta di "Capo Rizzuto" è caratterizzato da ciliate e secche, che scavate nel mare e dalle correnti, creano labirinti di cunicoli e anfratti offrendo un perfetto rifugio a molte specie di animali marini, che vivono a bassa, media ed alta profondità.

Tra i pesci tipici di questi fondali vi sono le cernie, i barracuda e i pesci pappagallo. Vi sono anche varie specie di ricci, come il Saetta (*Stylocidaris affinis*), la Stella rossa comune (*Echinaster sepositus*), la Stella serpente (*Ophidiaster ophidianus*) e cespugli di *Posidonia Oceanica*. Tra gli scogli è possibile riconoscere il Polpo (*Octopus vulgaris*), occhiate, salpe, anemoni di mare, Saraghi e Cernie (*Epinephelus guaza*).

4.4.3 Aree di ripopolamento

Si definiscono come aree di ripopolamento quelle aree protette dallo Stato per la conservazione, la gestione e la riproduzione della fauna e l'ampliamento degli habitat naturali. Le iniziative volte al ripopolamento delle acque marine nascono dall'esigenza di ricostruire una fauna danneggiata dal prelievo eccessivo o dal degrado degli ambienti naturali.

Dopo millenni di compatibilità ambientale tra uomo e ambiente, solo negli ultimi decenni si è riconosciuto che anche la pesca gioca un ruolo importante nel degrado dei mari italiani, nel quale certi sistemi di pesca hanno ormai acquisito caratteristiche operative tali da compromettere la salute dell'ecosistema marino. Si sta dunque cercando di attivare strumenti validi a regolare il prelievo di tali risorse e,

contemporaneamente, favorire il ripopolamento ittico delle acque costiere, laddove queste sono state depauperate indiscriminatamente. Ad oggi è possibile intraprendere diverse tipologie di iniziative che consentano di perseguire tali obiettivi. Una delle più importanti, indubbiamente, consiste nell'installazione di barriere artificiali, con la duplice funzione di protezione dei fondi costieri dalla pesca a strascico illegale e di ripopolamento ittico.

Il ripopolamento viene generalmente eseguito attraverso l'uso di barriere sottomarine polifunzionali che hanno il compito di rimpiazzare fondali prettamente sabbiosi, fangosi o detritici, con substrati solidi in modo da fornire un valido appiglio alle forme sessili dello zooplancton e del fitoplancton (Figura 4.30). In questo modo si costruisce inoltre una piattaforma alimentare sufficiente a soddisfare le esigenze di organismi sempre più grandi, avviando così una catena alimentare il cui ultimo anello è formato dalle specie commestibili per l'uomo. Il fenomeno tigmotropico, caratteristico dei corpi solidi sommersi, risulta di maggiore intensità proprio dove di substrati solidi ce ne sono pochi.

Le prime iniziative condotte nei mari italiani sono state realizzate, soprattutto in Adriatico e nel Tirreno settentrionale e meridionale attraverso l'uso di barriere artificiali di cemento. Le prime barriere in calcestruzzo sono state immerse nel 1973 in Mar Adriatico, al largo del promontorio del Conero (Ancona).

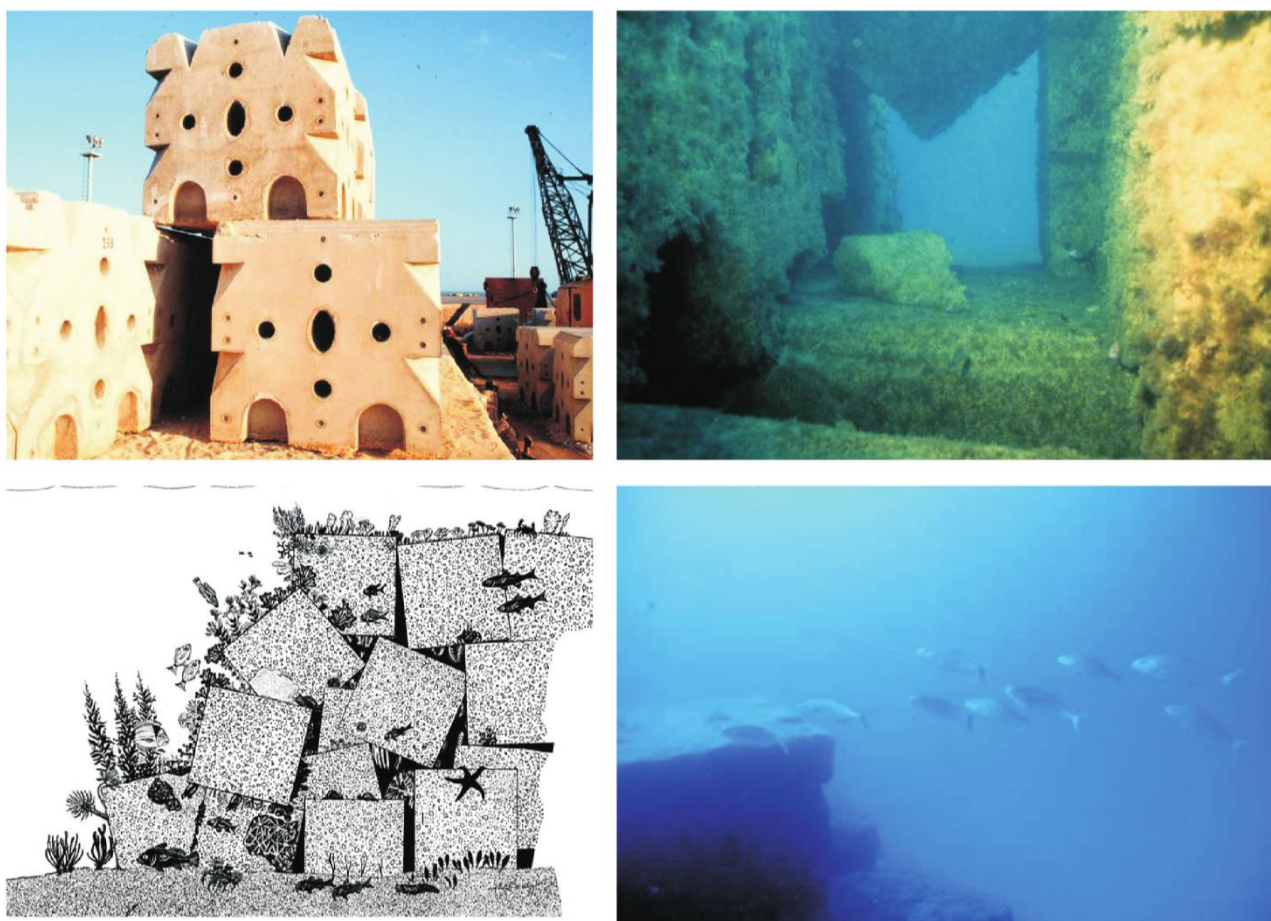


Figura 4.30 – Esempi di oasi e barriere artificiali, composte da blocchi di cemento (fonte: www.metis-srl.eu)

La cartografia nautica e le relative pubblicazioni dell'Istituto Idrografico della Marina hanno evidenziato la presenza di tre zone di ripopolamento ittico lungo costa anche nell'area del Golfo di Taranto.

Una zona di ripopolamento è ubicata al largo della foce del Fiume Trionto in provincia di Cosenza. Essa è costituita da una barriera artificiale antistrascico, e segnalata da boe poste sui vertici. All'interno dell'area sono vietati la navigazione, l'ancoraggio, la pesca ed ogni altra attività marittima, anche subacquea. Tutte le unità in transito devono mantenersi ad una distanza di sicurezza non inferiore a 0,25 Miglia. Questa zona dista circa oltre 35 chilometri dall'area in istanza.

La seconda oasi di sviluppo e ripopolamento delle risorse acquatiche è ubicata nello specchio acqueo immediatamente a nord del porto di Gallipoli. Tale zona è realizzata mediante la posa sul fondale marino di svariati elementi fissi di calcestruzzo. Sono vietati la navigazione, la sosta, l'ancoraggio, l'ormeggio nonché qualsiasi tipo di pesca e attività subacquea. L'oasi dista oltre 70 chilometri dall'area in istanza.

Un'altra zona di ripopolamento è ubicata nello specchio acqueo al largo della località Pazze nel Comune di Ugento. L'area è stata realizzata calando sul fondale numerosi elementi di calcestruzzo. Come per le altre due, nell'oasi sono vietati la navigazione, la sosta, l'ancoraggio, la pesca professionale e sportiva, le operazioni subacquee ed ogni altra attività non espressamente autorizzata. La zona dista circa a 80 chilometri dall'area in istanza.

All'interno dell'area oggetto di istanza, non risulta essere presente nessuna area di ripopolamento. Generalmente, queste tipologie di realizzazioni vengono effettuate nell'area costiera compresa entro le tre miglia, a profondità non superiori ai 50 metri.

È importante precisare che, in caso di eventuale presenza non segnalata di aree di ripopolamento in prossimità della zona oggetto di studio, le operazioni verranno immediatamente bloccate e verrà fatta comunicazione alle autorità competenti.

4.4.4 Aree marine archeologiche

La legislazione che regola il diritto internazionale marittimo, individua come area archeologica marina, quell'area la cui ampiezza non può superare le 24 miglia dalla costa (o più precisamente dalle linee di base dalle quali è misurata l'ampiezza delle acque territoriali) e nella quale lo stato costiero ha giurisdizione in materia di protezione del patrimonio culturale sottomarino. La zona archeologica coincide con la cosiddetta "zona contigua".

Per quanto riguarda le aree marine archeologiche presenti nelle zone circostanti l'area in istanza, è disponibile un censimento dei beni archeologici sommersi delle regioni Campania, Basilicata, Puglia e Calabria (Progetto "Archeomar"). Il progetto Archeomar è stato avviato nel 2004 in quattro regioni italiane (Campania, Basilicata, Calabria e Puglia) con l'obiettivo di censire e documentare i beni archeologici sommersi al fine di migliorare la tutela del patrimonio che tali beni rappresentano. Il progetto, coordinato dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali (Direzione Generale per i Beni Archeologici, Sezione Tecnica per l'Archeologia Subacquea) si svolge in stretta collaborazione con le Soprintendenze per i Beni Archeologici delle quattro regioni coinvolte e con le Forze dell'Ordine preposte alla tutela del patrimonio nazionale.

L'area del Golfo di Taranto mostra la presenza di alcuni siti di interesse archeologico e sono disposti prevalentemente sotto costa (Figura 4.31).

Come è possibile osservare in Figura 4.31, è presente un sito di notevole interesse archeologico rappresentato da un relitto. Il relitto, classificato come (Relitto n. 108), si trova nella provincia di Cosenza, in località Roseto Capo Spulico e risale ad un relitto della seconda guerra mondiale. Il sito è ubicato di fronte

la costa a oltre 3 Miglia Nautiche dal fianco orientale del blocco in istanza. Il relitto è adagiato sul fianco di babordo, che si staglia dal fondo per circa 8 m di altezza (Figura 4.32). Si tratta probabilmente del cacciatorpediniere “Regia Marina Geniere”, affondato l’1 aprile 1944, a causa del mare cattivo ed in seguito al danneggiamento subito da un bombardamento aereo.

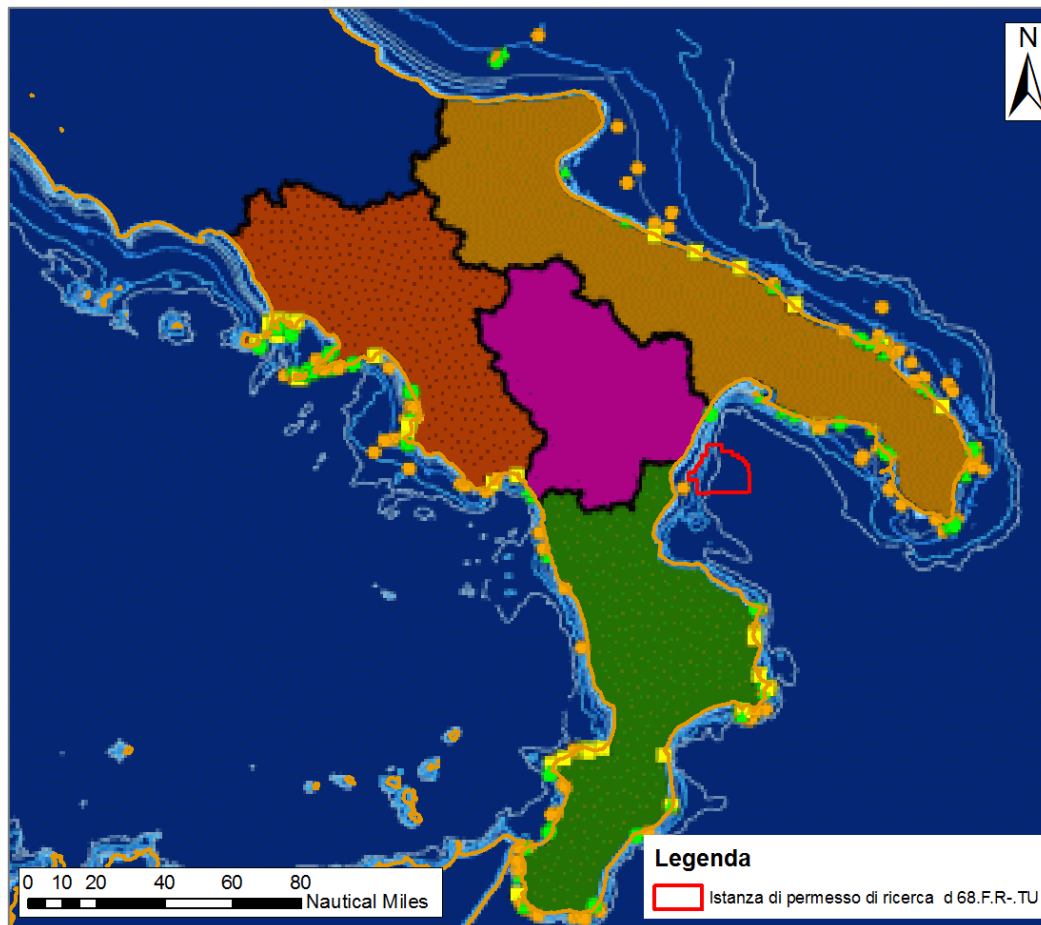


Figura 4.31 – Aree archeologiche marine per il database di ARCHEOMAR. In arancione sono siti che presentano relitti, in verde reperti isolati mentre in giallo strutture (fonte: www.archeomar.it)

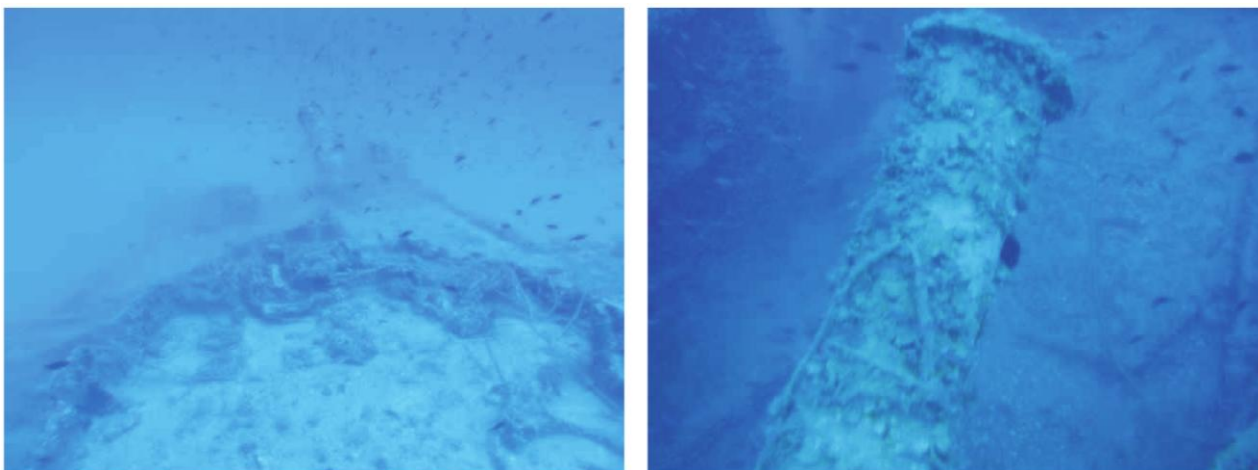


Figura 4.32 – Immagini del relitto n.108 probabilmente corrispondente al cacciatorpediniere “Regia marina Geniere”, sono ben visibili la prua e il cannone (fonte: www.rosetocapospulico.info)

L'area marina archeologica sopra citata non verrà influenzata in alcun modo dalle operazioni di ricerca e si sottolinea che in caso di rinvenimento di nuovi reperti a interesse storico e archeologico, verranno sospese le attività e avvertite le autorità competenti per le possibili nuove indagini.

4.4.5 Aree marine militari

Lungo le coste italiane esistono alcune zone di mare nelle quali sono saltuariamente eseguite esercitazioni navali di Unità di superficie e di sommergibili, di tiro, di bombardamento, di dragaggio ed anfibia. Dette zone sono pertanto soggette a particolari tipi di regolamentazioni dei quali viene data notizia a mezzo di apposito Avviso ai Naviganti (Figura 4.33).

In particolare i tipi di regolamentazione che possono essere istituiti a seconda del tipo di esercitazione possono essere: semplice interdizione alla navigazione od avvisi di pericolosità all'interno delle acque territoriali, o avvisi di pericolosità nelle acque extraterritoriali.

Ciascuna zona è indicata con una lettera alfabetica seguita da cifre:

- la lettera indica il tipo di attività che causa l'interdizione o la pericolosità della zona;
- i numeri sono di più cifre, dove la prima è associata al tipo di zona, la seconda individua il Dipartimento di giurisdizione. Le ulteriori cifre si riferiscono alla zona specifica.

L'area del Golfo di Taranto è storicamente una zona che ha ospitato e ospita tutt'ora infrastrutture militari infatti a Taranto è di istanza il Comando in capo del dipartimento militare marittimo dello Ionio e del Canale d'Otranto (MARIDIPART – Taranto).

Il porto di Taranto ospita una base navale della Marina Militare Italiana nel mar Piccolo, una nel mar Grande ed un deposito sotterraneo di rifornimento dell'Aeronautica Militare.

Alla prima base navale localizza nel mar Piccolo insiste anche il deposito sotterraneo di rifornimento dell'Aeronautica Militare. Esso è il più grande del sud Italia e serve tutte le basi per aerei della zona meridionale. La seconda base navale, localizzata nel Mar Grande, è una base a comando italiano dotata di alcune infrastrutture Nato (ad esempio per il rifornimento) condivise con le unità militari di altre nazioni della Nato.

Le basi militari sopra citate sono ubicate lungo costa e ad una distanza minima di oltre 17 miglia nautiche dall'area in istanza, pertanto non verranno influenzate dalle operazioni di rilievo sismico.

0901

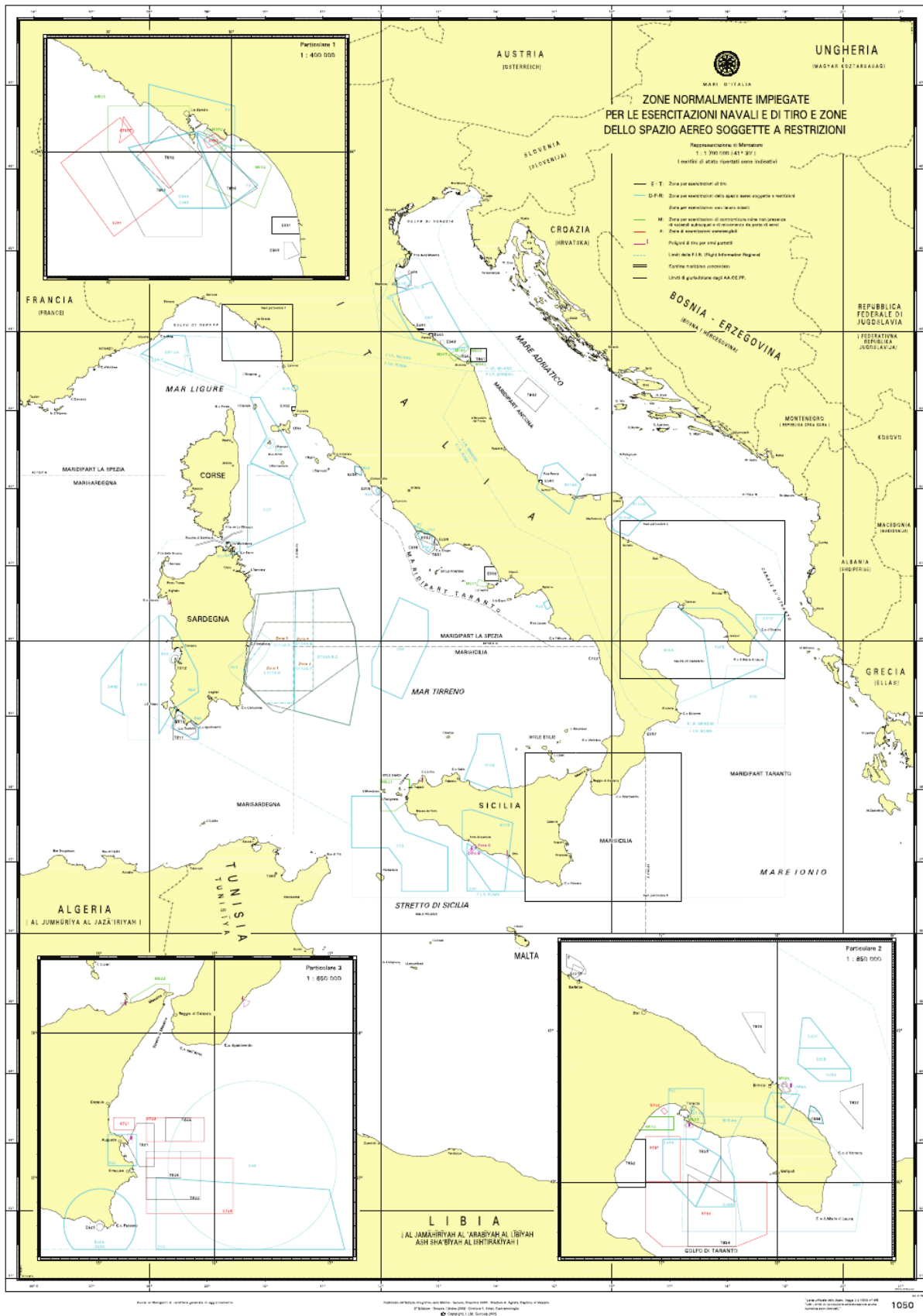


Figura 4.33 – Zone normalmente impiegate per le esercitazioni navali e di tiro e zone dello spazio aereo soggette a restrizioni
Scala 1:1.700.000 (fonte: www.difesa.it)

4.4.6 Vincoli paesaggistici

Grazie al database SITAP (Sistema Informativo Territoriale Ambientale e Paesaggistico) del Ministero per i Beni e le Attività Culturali, dedicato ai vincoli ambientali e paesaggistici ai sensi della legge 1497 del 1939 per la protezione delle bellezze naturali e la legge 431 del 1985, è stato possibile individuare le aree vincolate presenti lungo le coste limitrofe a sito in istanza.

Il database mostra la presenza di tre aree costiere soggette a vincolo di tutela paesaggistica in base alle leggi sopra citate (Figura 4.34):

1. area panoramica collinare caratterizzata da lussureggiante vegetazione comprendente parte del territorio comunale di Albidona (Vincolo 180015);
2. fascia litoranea del comune di Rotondella (Vincolo 170011);
3. costa occidentale ionica caratterizzata da una fitta pineta ricadente nei comuni di Ginosà, Castellaneta, Palagiano, Massafra e Taranto (Vincolo 160130).

Inoltre, secondo le L. 431/85 ed il D.lgs 42/2004 art. 142, recepite dalla L. 431/1985 cd. "Legge Galasso", su tutto il territorio nazionale è presente un'area di rispetto definita come vincoli relativi a fascia di rispetto alla linea di costa di 300 metri, in cui i territori costieri compresi in una fascia di 300 metri dalla linea di battigia, anche se terreni elevati sul mare, sono sottoposti a vincolo paesaggistico.



Figura 4.34 – Vincoli presenti nelle zone antistanti l'area in istanza (fonte: www.sitap.beniculturali.it)

1) **Vincolo 180015** (Figura 4.34)

AREA PANORAMICA COLLINARE CARATTERIZZATA DA LUSSUREGGIANTE VEGETAZIONE
COMPRENDEnte PARTE DEL TERRITORIO COMUNALE DI ALBIDONA

La zona predetta ha notevole interesse pubblico per i quadri naturali formati dal mare e dai rilievi collinari ricchi di lussureggiante vegetazione, ed ha particolare interesse pubblico in quanto costituisce un belvedere che offre visuali di suggestiva bellezza.

L'area panoramica collinare caratterizzata da lussureggiante vegetazione comprendente parte del territorio comunale di Albidona è stata dichiarata di notevole interesse pubblico e vi è presente un vincolo di tutela paesistica istituito con Decreto Ministeriale del 2 ottobre 1974, in conformità con la legge 1497/39 sulla protezione delle Bellezze naturali.

Tale zona è delimitata dal perimetro formato dalla riva del mare Ionio fino all'intersezione con la linea di confine con il comune di Amendolara, indi da detta linea di confine fino alla intersezione con la linea limite del foglio catastale 42, indi da detta linea limite fino all'intersezione con la linea limite del foglio catastale 53, indi da detta linea limite fino all'intersezione con la linea di confine con il comune di Trebisacce, indi da detta linea di confine fino all'intersezione con la riva del mare Ionio sopra detto.

Il vincolo comporta, in particolare, l'obbligo da parte del proprietario, possessore o detentore a qualsiasi titolo dell'immobile ricadente nella località vincolata, di presentare alla competente soprintendenza, per la preventiva approvazione, qualunque progetto di opere che possano modificare l'aspetto esteriore della facoltà stessa.

L'area soggetta a vincolo si trova ad una distanza minima di oltre 17 km dal vertice sud-occidentale del blocco "d 68 F.R.-TU".

2) **Vincolo 170011** (Figura 4.34)

FASCIA LITORANEA DEL COMUNE DI ROTONDELLA

La zona predetta ha notevole interesse pubblico perché facente parte del litorale ionico della provincia di Matera, forma anch'essa, come i comuni limitrofi, un quadro naturale di eccezionale bellezza, ricco di punti di vista e di belvedere accessibili al pubblico dai quali è possibile godere lo spettacolo del mare e delle colline stesse, e, inoltre, costituisce un insieme di cose immobili avente valore estetico e tradizionale in cui l'opera dell'uomo si fonde mirabilmente con gli elementi della natura.

La fascia litoranea del comune di Rotondella è stata dichiarata di notevole interesse pubblico e vi è presente un vincolo di tutela paesistica istituito con Decreto Ministeriale del 24 febbraio 1970, in conformità con la legge 1497/39 sulla protezione delle Bellezze naturali.

Il territorio comunale di Rotondella (Matera) avente notevole interesse pubblico e sottoposto, quindi, a tutte le disposizioni della legge 1497/39, si riferisce all'area costiera compresa tra i comuni di Policoro e Nova Siri e limitata a sud dal mar Jonio, ad ovest dal territorio vincolato del comune di Nova Siri, ad est dal territorio vincolato del comune di Policoro ed a nord da una linea che a monte - ad una distanza di cinquecento metri - il percorso della strada ionica n. 106 fino all'incrocio con i suddetti confini con i territori vincolati dei comuni di Nova Siri e di Policoro.

Il vincolo comporta, in particolare, l'obbligo da parte del proprietario, possessore o detentore a qualsiasi titolo dell'immobile ricadente nella località vincolata, di presentare alla competente soprintendenza, per la

preventiva approvazione, qualunque progetto di opere che possano modificare l'aspetto esteriore della località stessa.

L'area vincolata si trova ad una distanza minima di 8 km dalla costa al fianco nord occidentale del blocco "d 68 F.R.-TU".

3) **Vincolo 160130** (Figura 4.34)

COSTA OCCIDENTALE IONICA CARATTERIZZATA DA UNA FITTA PINETA RICADENTE NEI COMUNI DI GINOSA-CASTELLANETA-PALAGIANO-MASSAFRA E TARANTO

La costa occidentale ionica caratterizzata da una fitta pineta ricadente nei comuni di Ginosola, Castellaneta, Palagiano, Massafra e Taranto è stata dichiarata di notevole interesse pubblico dal ministro per i beni culturali e ambientali con decreto ministeriale del 1 agosto 1985 visti la legge 29 giugno 1939, n. 1497.

La zona riveste particolare interesse perché è caratterizzata da una fascia ininterrotta d'arenile chiusa verso l'entroterra da una fitta pineta. La zona, godibile da numerosi tratti di strade pubbliche, non è sottoposta, nel suo complesso, a tutela ai sensi della legge 29 giugno 1939, n. 1497, e che è pertanto, necessario ed urgente l'assoggettamento a tale provvedimento. La zona sopraccitata è stata oggetto, specie in tempi recenti, di una aggressione edilizia che ha interrotto in più parti la continuità della pineta, portando anche all'abbattimento di alberi secolari, con interventi caotici che per la loro casualità ed indifferenza al supporto naturale, rischiano di comprometterne definitivamente l'equilibrio ecologico. È stata istituita per garantire migliori condizioni di tutela che valgano ad impedire modificazioni dell'aspetto esteriore del territorio della costa occidentale ionica con una irreparabile compromissione delle caratteristiche di pregio paesistico individuate.

Il vincolo vieta possibili modificazioni all'assetto del territorio e la costruzione di nuove opere edilizie, fatta eccezione per i lavori di restauro, risanamento conservativo, nonché per quelli che non modificano l'aspetto esteriore dei luoghi.

L'area soggetta a vincolo si trova ad una distanza minima di oltre 20 km dal lato nord orientale del blocco "d 68 F.R.-TU".

4.5 FLORA E FAUNA

Il Mar Mediterraneo è caratterizzato per essere un bacino piuttosto povero di nutrienti ma allo stesso tempo presenta una grande biodiversità e circa il 28% delle specie presenti sono di origine endemica. Questa ricchezza è dovuta alla presenza di numerosi habitat diversi che favoriscono lo sviluppo di nicchie ecologiche legate alle diverse condizioni marine e climatiche. Condizioni eutrofiche, cioè ricche in nutrienti, si osservano nei pressi delle foci nei grandi fiumi (Nilo, Rodano, Ebro, Po) che sfociano nel bacino del Mediterraneo formando veri e propri ecosistemi diversi.

A seconda del rapporto che gli organismi instaurano con il fondo marino o con la massa d'acqua, la biologia marina distingue due domini: Dominio Pelagico, Dominio Bentonico.

Dominio pelagico

Con il termine pelagico (o *pelagos*), si intendono tutti gli organismi che nuotano o che vengono trasportati dalla corrente e che svolgono gran parte del ciclo vitale lontano dal fondo del mare. Gli organismi pelagici possono essere suddivisi in due categorie ecologiche:

- Plancton composto da organismi che non possono opporsi al moto delle correnti;

- Necton composto da animali in grado di contrastare le correnti e il moto ondoso.

Il dominio pelagico si sviluppa essenzialmente in due province: la provincia neritica e la provincia oceanica.

La provincia neritica è quella zona di mare o di oceano che si estende dalla costa fino al termine della piattaforma continentale, fino a 200 metri di profondità, e riceve quasi tutta la luce solare irradiata.

La provincia oceanica invece comprende la zona di mare o di oceano che si estende oltre la piattaforma continentale ed è quindi più distante dalla costa dove sono presenti acque profonde.

Il dominio pelagico può essere suddiviso in altre 5 sottosezioni basate sulle diverse caratteristiche ecologiche principalmente dovute alla profondità:

- Zona epipelagica: la zona compresa tra la superficie fino a 200 metri di profondità. Questa zona percepisce la maggior parte della luce del sole e per questo è possibile la fotosintesi. In questa zona sono presenti molti animali e vegetali;
- Zona mesopelagica: la zona compresa tra i 200 e 1000 metri di profondità. Seppur una piccola parte di luce riesca ad oltrepassare la zona epipelagica, essa non è sufficiente per la fotosintesi;
- Zona batipelagica: la zona compresa tra i 1000 e 4000 metri di profondità. In questa zona la luce non penetra e vi è sempre buio. Non sono presenti organismi fotosintetici ma è possibile osservare organismi bioluminescenti;
- Zona abissopelagica: la zona compresa tra i 4000 e 7000 metri di profondità. In questa zona la vivono organismi ciechi e senza colori;
- Zona adipelagica: è la zona con profondità superiori a 7000 metri dove si sa poco delle specie che vi abitano tipica delle fosse oceaniche.

Le zone epipelagiche e mesopelagiche vengono spesso raggruppate in una zona detta Zona Fotica mentre, per quanto riguarda le altre tre zone (batipelagica, abissopelagica, adipelagica) vengono solitamente raggruppate nella Zona Afotica.

Dominio bentonico

Con il termine bentonico (o *benthos*), si rappresenta la categoria ecologica che comprende gli organismi acquatici, siano essi animali o piante, che vivono in stretto contatto con il fondale. Questi organismi possono essere suddivisi in due categorie:

- Epibentonici che raggruppano gli organismi che vivono sopra il substrato roccioso che costituisce il fondale
- Endobentonici raggruppano gli organismi che vivono infossati nel fondale, per lo più fondali sabbiosi e fangosi.

Il dominio bentonico a seconda del grado di penetrazione della luce può essere diviso in due sistemi fitali cioè il limite di compensazione delle alghe fotofile dove le alghe producono tanto ossigeno quante ne consumano per i loro processi metabolici e il sistema afitale da dove termina il sistema fitale.

Il dominio bentonico può essere suddiviso in cinque piani che sono: sopralitorale, mesolitorale, infralitorale e circalitorale:

- Piano sopralitorale comprende le zone emerse bagnate dagli spruzzi delle onde;
- Piano mesotidale è compreso tra l'alta e la bassa marea. Gli organismi viventi in questo ambiente sopportano lunghi periodi di emersione alternati a periodi di immersione;

- Piano infralitorale rappresenta l'ambiente sommerso caratterizzato dallo sviluppo di alghe fotofile e praterie di Posidonia oceanica. Questo settore si estende dal limite di bassa marea ad una profondità variabile a seconda della penetrazione della luce. Il limite inferiore del piano è segnato dal limite inferiore della distribuzione della Posidonia che in acque trasparenti può raggiungere una profondità di 40 metri;
- Piano circalitorale è un ambiente sciafile che termina sulla piattaforma continentale. A questa profondità, a causa dell'attenuazione della luce, l'ambiente è dominato dalle alghe sciafile, ma la componente animale dei popolamenti prende lentamente il sopravvento sulla frazione algale. Le alghe circalitorali, di piccole dimensioni e a tallo calcareo, svolgono un ruolo fondamentale come costruttori della più importante biocenosi del circalitorale, il coralligeno.

4.5.1 Plancton

Il plancton rappresenta la categoria ecologica che comprende il complesso di organismi acquatici, animali e vegetali, che vivono in sospensione nella colonna d'acqua. Non sono in grado di dirigere attivamente il loro movimento per cui vengono trasportati passivamente dalle correnti in e dal moto ondoso. L'insieme di specie che compongono il plancton è caratterizzato da un alto tasso di biodiversità specifica per il qual è possibile distinguere le diverse forme, diverse dimensioni, i vari adattamenti, i differenti modi con cui si procurano energia e i diversi cicli biologici.

Le dimensioni del plancton sono molto varie e solitamente vengono classificati in:

- Megaplancton, $2 \times 10^{-1} \rightarrow 2 \times 10^2$ m (20-200 cm): Meduse, Colonie di Tunicati;
- Macroplancton, $2 \times 10^{-2} \rightarrow 2 \times 10^{-1}$ m (2-20 cm): Meduse, Salpe; Sifonofori, Pteropodi, Chetognati;
- Mesoplancton, $2 \times 10^{-4} \rightarrow 2 \times 10^{-2}$ m (0.2 mm-2 cm): Copepodi, Eufasiacei, Cladoceri;
- Microplancton, $2 \times 10^{-5} \rightarrow 2 \times 10^{-4}$ m (20-200 μ m): Diatomee, Peridinee, Tintinnidi, Radiolari;
- Nannoplancton, $2 \times 10^{-6} \rightarrow 2 \times 10^{-5}$ m (2-20 μ m): Fitoflagellati, Coanoflagellati;
- Picoplancton, $2 \times 10^{-7} \rightarrow 2 \times 10^{-6}$ m (0.2-2 μ m): Batteri, Cianobatteri, Prasinoficee;
- Femtoplancton, $< 2 \times 10^{-7}$ m, (< 0.2 μ m), costituito dai virus.

A seconda delle diverse modalità con le quali gli organismi si procurano l'energia necessaria per il metabolismo si possono suddividere in tre livelli trofici della catena alimentare:

- Fitoplancton: è composto da organismi a metabolismo autotrofo, protisti e vegetali, generalmente unicellulari o catene cellulari. Il loro movimento nell'acqua è completamente controllato dalla circolazione delle acque e dalla densità dell'organismo stesso. Sono in grado di utilizzare l'energia del sole attraverso processi di fotosintesi trasformando il biossido di carbonio in ossigeno. I carboidrati e l'ossigeno prodotti sono utilizzati per le funzioni vitali e ricoprono un ruolo fondamentale nell'ecosistema marino andando a rappresentare il primo anello della catena trofica.
- Zooplancton: rappresenta il plancton animale, occupando il ruolo di consumatore. È costituito da un'ampia varietà di organismi andando da organismi unicellulari a dalle larve di pesci. Sono in grado di piccoli movimenti autonomi ma le correnti marine, il moto ondoso e la turbolenza delle acque determinano il movimento principale. Pressoché ogni organismo marino animale è rappresentato nello zooplancton, se non adulto, almeno dai suoi stadi larvali. Il loro metabolismo è di tipo eterotrofo e rappresenta il secondo anello della catena trofica marina.

- Batterioplancton: è rappresentato da batteri galleggianti nella colonna d'acqua. Il loro ruolo è legato alla decomposizione della necromassa, restituendo all'ambiente acquatico le sostanze inorganiche utili per lo sviluppo del fitoplancton

Appartengono al fitoplancton le alghe unicellulari che sono i primi e più importanti produttori nell'ecosistema marino: tra questi le più famose sono le alghe azzurre (*Cyanophuyta*) e le alghe brune (*Chromomophyta*) alla quali appartengono le Diatomee che rappresentano il 70% del plancton marino. Le diatomee sono alghe unicellulari munite di scheletro siliceo, di forma e struttura molto diversa, che vivono isolate o riunite in colonie, particolarmente abbondanti nelle acque fredde. Lo scheletro siliceo è composto da due parti dette teche, che si incastrano l'una sull'altra. Sono tra i più importanti componenti del plancton, ma sono rappresentate anche nel benthos. Quando muoiono esse cadono sul fondo e i loro gusci ricoprono i fondi degli oceani andando a costituire i fanghi a diatomee.

Altri rappresentanti del fitoplancton sono i Dinoflagellati. Rappresentano alghe unicellulari ampiamente diffuse in tutti i mari. Le cellule si presentano munite di una teca cellulosica oppure prive di tale struttura. Sono organismi mobili facilmente riconoscibili al microscopio perché provvisti di 2 flagelli che possono essere situati perpendicolarmente l'uno all'altro all'intero di 2 solchi presenti nel corpo, oppure inseriti all'apice della cellula.

Costituiscono lo zooplancton innumerevoli forme microscopiche e macroscopiche da gruppi tassonomici di invertebrati. A questo gruppo appartengono i Protisti che sono costituiti da organismi unicellulari rappresentando i più comuni e abbondanti esponenti animali nel plancton. Essi sono grandi consumatori di piccoli organismi, quali i batteri, non direttamente utilizzabili da altre specie dello zooplancton. I protisti sono consumati dagli organismi dello zooplancton più grandi e sono quindi il maggior legame tra le forme microbiche e il resto della catena alimentare planctonica.

Altri importanti organismi sono i Ciliati, membri del *phylum* Ciliophora, sono ubiquitari nel plancton e spesso molto abbondanti. Sono di forma allungata e spesso ricoperti da fila di ciglia che, con il loro movimento coordinato, spingono l'acqua e ne permette il movimento. I ciliati hanno una apertura orale circondata da ciglia che muovono particelle di cibo verso il corpo dove esse vengono inglobate da vacuoli alimentari e digeriti. Si cibano di batteri e fitoplancton. Alcune specie si cibano di fitoplancton ma ne trattengono i cloroplasti, che rimangono funzionali all'interno del ciliato.

Un gruppo molto importante nel mondo dello zooplancton è rappresentato dai Foraminiferi. Le loro dimensioni variano da meno di 1 millimetro a pochi millimetri; normalmente secretano uno scheletro esterno di carbonato di calcio, diviso in camere. I Foraminiferi sono abbondanti nelle acque aperte e certe specie sono buone indicatrici delle diverse masse d'acqua.

Un altro gruppo tassonomico è rappresentato dai Copepodi che costituiscono il gruppo di crostacei più ampiamente rappresentato nel plancton animale e nelle comunità meiobentoniche (cioè con dimensioni inferiori a 0,5 millimetri) delle acque marine e continentali. Sono molto abbondanti e diversificati negli ambienti pelagici, dove possono colonizzare sia le acque di superficie che quelle più profonde. Si nutrono prevalentemente di fitoplancton. La composizione della comunità di copepodi e le sue variazioni nel corso del tempo sono considerati importanti indicatori per la valutazione della qualità dell'ambiente marino costiero.

Piccoli crostacei sono rappresentati dai Cladoceri, le cui dimensioni non superano i pochi millimetri. Poche specie vivono in mare o in acque salmastre. Il corpo è compresso lateralmente e racchiuso da un

rivestimento protettivo. I Cladoceri comprendono specie planctoniche e bentoniche che preferiscono ambienti poco profondi, prossimi alla riva e ricchi di vegetazione. Le specie planctoniche sono più numerose e frequenti di quelle bentoniche. Sono animali prevalentemente erbivori, che si nutrono di microscopiche alghe filtrate dall'acqua, vi sono anche specie predatrici e specie che ricercano detrito organico tra i sedimenti dei fondali sommersi che abitano.

Il Ministero dell'ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare rispondendo a precisi obblighi istituzionali conduce un attento controllo sugli ambienti marini costieri attraverso Programmi di monitoraggio svolti in collaborazione con le Regioni costiere. Lo scopo di questi monitoraggi sono quelli di verificare lo stato di qualità dei mari italiani. Questo studio fatto in collaborazione con ICRAM (Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare) ha permesso la descrizione tassonomica e relativa abbondanza degli organismi fitoplanctonici e zooplanctonici delle acque italiane.

Tra le forme di fitoplancton presenti nel Mar Ionio settentrionale si riconoscono specie appartenenti alle classi:

- BACILLORIFICEE;
- CIANOFICEE;
- CLOROFICEE;
- CRISOFICEE;
- DICTIOCOFICEE;
- DINOVICEE;
- EUGLENOVICEE;
- PRIMNESIOVICEE Cocolitoforali;
- PRIMNESIOVICEE Primnesiali;
- RADIOVICEE;
- INCERTAE SEDIS.

Tra lo zooplancton presente nel Mar Ionio settentrionale si riconoscono le forme:

- MEDUSE;
- SIFONOFORI;
- CTENOFORI;
- CLADOCERI;
- COPEPODI;
- MISIDACEI;
- MOLLUSCHI PTEROPODI;
- CHETOGNATI;
- APPENDICOLARIE;
- TALIACEI;
- LARVE PELAGICHE;
- ITTIOPLANCTON.

4.5.2 Fauna ittica

La fauna ittica dei mari italiani è molto differenziata ed è caratterizzata dalla presenza di molte specie diverse ognuna delle quali rappresentata da uno scarso numero di individui. L'abbondanza di individui è più paragonabile a quelle di un mare tropicale che a quelle di un mare temperato freddo come il nord Atlantico.

L'industria peschereccia, non può contare su grandi banchi come quelli di aringhe o merluzzi delle acque del nord Europa.

Per quanto riguarda la fauna, si possono trovare molto frequentemente bivalvi, naselli, seppie, pesci spada, scampi, tonni, polpi e sardine. Queste sono solo alcune delle tipologie di fauna presenti, le più note proprio perché di uso quotidiano.

Uno studio effettuato dall'Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Abruzzo e del Molise, per quanto riguarda i periodi riproduttivi delle specie ittiche dei mari italiani, ha individuato i periodi di maggiore attività riproduttiva delle specie maggiormente commercializzate. lo studio mostra come il periodo di maggiore attività riproduttiva sia la primavera, in cui il mese di maggio è quello che ne ha il maggior numero (Figura 4.35).



Figura 4.35 – Periodi riproduttivi delle specie ittiche dei mari italiani (fonte: Istituto Zooprofilattico Sperimentale dell'Abruzzo e del Molise "Giuseppe Corporale")

Il tonno è un genere della famiglia Scombridae che raggruppa 8 specie di grandi pesci pelagici predatori. Nell'area settentrionale del Mar Ionio le specie più comuni sono, il Tonno rosso (*Thunnus Thynnus*) ed il Tonno bianco (*Thunnus alalunga*).

Il tonno rosso (*Thunnus Thynnus*) è particolarmente pregiato e viene, quindi, pescato frequentemente. Si tratta di un pesce con corpo fusiforme a sezione circolare, che può raggiungere una lunghezza di tre metri e superare i 500 kg di peso. Dorsalmente il colore è blu metallico, ventre e fianchi biancastri ma ricchi di iridescenze. La regione del corsaletto, appena oltre l'apice della pinna pettorale, è coperta da squame più grandi rispetto a quelle delle altre parti del corpo. La prima pinna dorsale è gialla o bluastra, la seconda pinna dorsale è rosso-bruna, la pinna anale e le pinnule sono giallo-grigio.

Il tonno bianco (*Thunnus alalunga*), invece, non supera la dimensione di 1,40 metri, anche se può scendere a ben 600 metri di profondità. Ha lunghe pinne pettorali, che arrivano sin dietro la seconda pinna dorsale, da cui il nome alalunga. Predilige acque con temperature comprese tra i 10 e i 25°C.

I mari italiani mostrano anche la presenza di numerose specie di squalo. Gli squali nei mari d'Italia corrispondono in numero e specie a quasi tutti i pesci cartilaginei del bacino del Mediterraneo. Attraverso

pubblicazioni e *checklist* già esistenti si hanno indicazioni della presenza accertata di 70 specie diverse, comprendenti squali e razze e chimere. Altre 8 specie sono invece segnalate per il Mediterraneo, ma la presenza nelle acque italiane è ancora da accertare. Infine 2 specie sono al momento dubbie in quanto gli ittiologi non hanno ancora pareri unanimi nell'accettarle o meno come specie valide.

Nella tabella a seguire (Tabella 4.3) è possibile osservare una lista che raccoglie alcune specie di pesci presenti nell'area del golfo settentrionale del Mar Ionio.

NOME COMUNE	NOME SCIENTIFICO	NOME COMUNE	NOME SCIENTIFICO
Acciuga - Alice	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Pagro dentice	<i>Pagrus pagrus</i>
Aguglia	<i>Belone belone</i>	Palombo	<i>Mustelus</i>
Anguilla	<i>Anguilla anguilla</i>	Palombo punteggiato	<i>Mustelus punctulatus</i>
Aragosta	<i>Palinurus vulgaris</i>	Palombo stellato	<i>Mustelus asteria</i>
Arca di Noè	<i>Arca Noeae</i>	Patella, Scodellina	<i>Patella caerulea</i>
Astice	<i>Homarus gammarus</i>	Pesce forca	<i>Peristedion cataphractum</i>
Bocca d'oro	<i>Mullus surmuletus</i>	Pesce San Pietro	<i>Zeus faber</i>
Boccanera	<i>Galeus melastomus</i>	Pesce violino	<i>Rhinobatus rhinobatus</i>
Boga	<i>Boops boops</i>	Pesce volante – Rondine di mare	<i>Exocoetus rondeleti</i>
Calamaro	<i>Loligo vulgaris</i>	Piè d'asino	<i>Glycymeris glycymeris</i>
Cannolicchio	<i>Solen vagina</i>	Polpo	<i>Octopus vulgaris</i>
Capone gallinella	<i>Chelidochthis lucernus</i>	Rana pescatrice	<i>Lophius piscatorius</i>
Capone gallinella	<i>Trigla hirundo</i>	Razza bianca	<i>Raja marginata</i>
Castagnola	<i>Chromis chromis</i>	Riccio di mare	<i>Paracentrotus lividus</i>
Cavalluccio marino	<i>Hippocampus guttulatus</i>	Ricciola	<i>Seriola dumerili</i>
Cefalo	<i>Mugil cephalus</i>	Rovello	<i>Pagellus bogaraveo</i>
Cefalo calamita	<i>Mugil capito</i>	Sagri – Spinarolo	<i>Squalus acanthias</i>
Cefalo verzelata	<i>Mugil saliens</i>	Salpa	<i>Boops salpa</i>
Cernia bruna	<i>Epinephelus guaza</i>	Sarago	<i>Diplodus anularis</i>
Cernia di fondale	<i>Polyprion cernium</i>	Sarago faraone	<i>Diplodus cervinus</i>
Cocciola	<i>Cardium edule</i>	Sarago maggiore	<i>Diplodus sargus</i>
Costardella	<i>Scomberesox saurus</i>	Sarago pizzuto	<i>Lithognatus mormyrus</i>
Dattero di mare	<i>Lithophaga lithophaga</i>	Sarago sparaglione	<i>Charax puntazzo</i>
Dentice	<i>Dentex dentex</i>	Sardina	<i>Clupea pilchardus</i>
Donzella	<i>Coris julis</i>	Scimnorino	<i>Daliatis licha</i>
Dragoncello	<i>Callionymus lyra</i>	Scorfano rosso	<i>Scorpaena scrofa</i>
Galeo	<i>Galeorhinus galeus</i>	Seppia	<i>Sepia officinalis</i>
Gamberetto, Palemone	<i>Palaemon serratus</i>	Sgombro	<i>Scomber scombrus</i>
Gambero della sabbia (grigio)	<i>Crangon crangon</i>	Sogliola	<i>Solea solea</i>
Gambero rosso	<i>Aristeus antennatus</i>	Sogliola occhiuta	<i>Solea ocellata</i>
Gattopardo	<i>Shilliorhynchus stellaris</i>	Spigola	<i>Dicentrarchus labrax</i>
Gattopardo	<i>Scyliorhinus stellaris</i>	Spinarolo	<i>Squalus acanthias</i>
Gattuccio	<i>Scyliorhinus canicula</i>	Squadro	<i>Squatina squatina</i>
Gattuccio	<i>Scyliorhinus canicula</i>	Squadro aculeato	<i>Squatina aculeata</i>
Ghiozzo	<i>Gobius</i>	Squalo bianco	<i>Carcharodon carcharias</i>
Granceola	<i>Maja squinado</i>	Squalo centroforo	<i>Centrophorus granulosus</i>
Granchio comune	<i>Carcinus maenas</i>	Squalo gattuccio boccanera	<i>Galeus melastomus</i>
Grongo	<i>Conger</i>	Squalo grigio	<i>Carcharhinus plumbeus</i>
Lampuga – Pesce castagna	<i>Coriphaena hippurus</i>	Squalo latteo	<i>Rhizoprionodon acutus</i>
Lanzardo	<i>Scomber japonicus colias</i>	Squalo mako	<i>Isurus oxyrinchus</i>
Latterino	<i>Atherina mochon</i>	Squalo orlato	<i>Carcharhinus limbatus</i>
Leccia stella	<i>Trachinotus ovatus</i>	Squalo pinnacorta	<i>Carcharhinus brevipinna</i>
Lemargo	<i>Somniosus rostratus</i>	Suacia	<i>Pleuronectes laterna</i>
Magnosa, Pannochia	<i>Scylarides latus</i>	Suro	<i>Trachurus trachurus</i>
Mitilo, Muscolo, Cozza	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Tanuta	<i>Cantharus lineatus</i>
Moretto	<i>Etmopterus spinax</i>	Tartufo di mare	<i>Venus verrucosa</i>
Mormora	<i>Pagellus bogaraveo</i>	Tellina	<i>Donax trunculus</i>
Moscardino bianco	<i>Eledone cirrosa</i>	Tombarello	<i>Ommasterphes sagitatus</i>
Motella	<i>Gaidopsaurus mediterraneus</i>	Tonnetto	<i>Euthynnus alletteratus</i>
Murena	<i>Muraena helena</i>	Tordo	<i>Labrus turdus</i>
Murice comune	<i>Murex brandaris</i>	Tordo fischietto	<i>Labrus mixtus</i>
Musdea	<i>Phycis blennioides</i>	Torricella comune	<i>Cerithium vulgatum</i>
Nasello	<i>Merluccius merluccius</i>	Totano	<i>Todarodes sagittatus</i>
Occhiata	<i>Oblada melanura</i>	Tracina	<i>Trachinus draco</i>
Oloturia, Cetriolo di mare	<i>Holothuria tubulosa</i>	Triglia di scoglio	<i>Maena smaris</i>
Ombrina	<i>Umbrina cirrosa</i>	Uovo di mare	<i>Microcosmus sulcatus</i>
Orata	<i>Spartus aurata</i>	Ventaglio, Capesanta	<i>Pecten jacobaeus</i>
Orecchia marina	<i>Haliotis tuberculata</i>	Verdesca	<i>Prionace glauca</i>
Ostrica	<i>Ostrea edulis</i>	Verdesca	<i>Prionace glauca</i>
Pagello	<i>Pagellus erythrinus</i>	Vongola	<i>Venerupis decussata</i>

Tabella 4.3 – Fauna ittica presente nella parte settentrionale del Mar Ionio (fonte: www.tarantonostra.com)

4.5.3 Mammiferi

I mammiferi marini presenti nel Mediterraneo e nei mari italiani sono rappresentati da più specie appartenenti all'ordine dei cetacei e una sola specie appartenente alla famiglia dei focidi.

La Società Italiana di Biologia Marina (SIBM), su incarico della Direzione Generale per la Protezione della Natura e del Mare (DPNM) del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MiATTM), ha rivisto ed aggiornato la *checklist* delle specie marine della fauna italiana. Lo studio ha suddiviso i mari italiani in otto aree principali, più un "microsettore" (Figura 4.36).

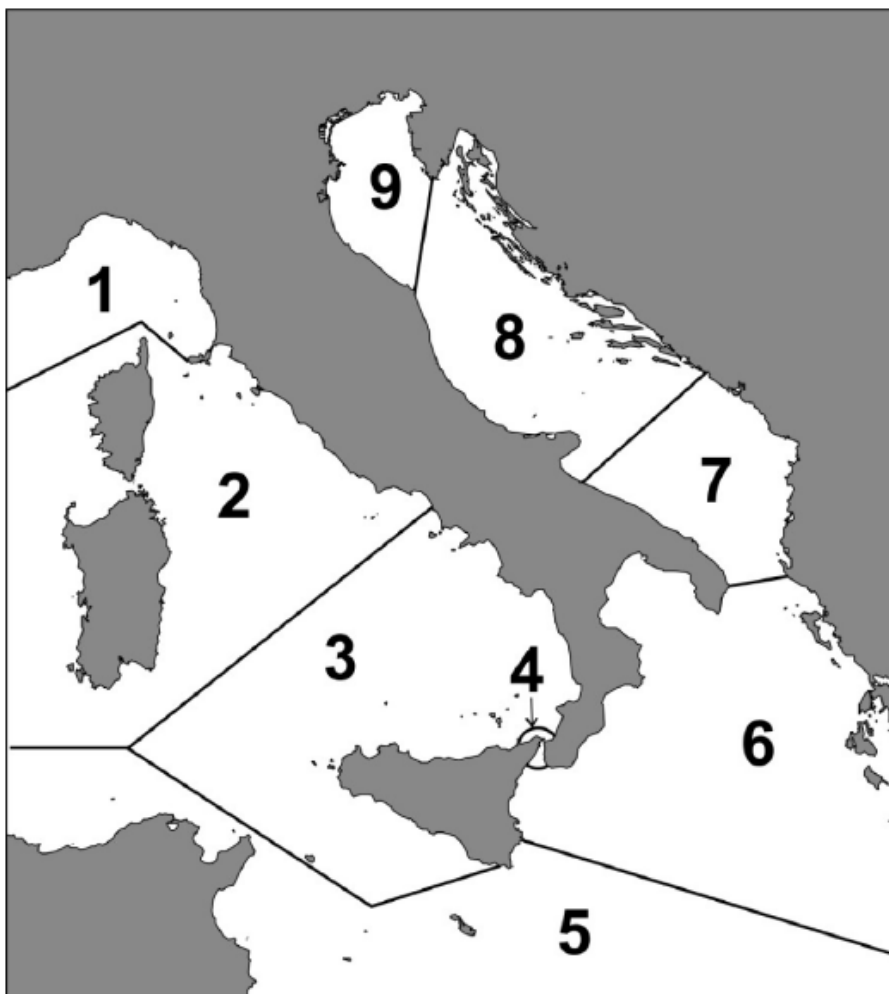


Figura 4.36 – Nove settori biogeografici dei mari italiani (fonte: Biologia Marina Mediterranea, 2010; www.sibm.it)

La lista dei mammiferi marini presenti nell'area del Golfo di Taranto (Ionio settentrionale), zona oggetto dell'istanza, fa capo al settore numero 6. Il settore comprende la costa orientale della Sicilia (escluso lo Stretto di Messina), le coste ioniche della Calabria e della Basilicata e la porzione meridionale della penisola salentina fino ad Otranto.

L'analisi, oltre a fornire la lista di specie, per i diversi mari italiani implementa lo studio con nuove informazioni. Nella dodicesima colonna (CAR), vengono indicate le possibili caratteristiche: E) endemica italiana, M) minacciata, sulla scorta delle conoscenze dell'autore o perché presente nelle liste di allegati di Convenzioni Internazionali, AL) aliena o non indigena (senza distinzione tra le varie tipologie). Nella

tredicesima colonna (SIN) vengono indicate con una sigla eventuali sinonimie e nella quattordicesima (NOTE) annotazioni riguardanti questioni sistematiche, nuove segnalazioni, etc (Tabella 4.4).

Inoltre, al fine di proteggere la cetofauna, è stato siglato l'accordo ACCOBAMS (Accordo sulla Conservazione dei Cetacei nel Mar Nero, Mar Mediterraneo e Aree Atlantiche Contigue) che è uno strumento di cooperazione per la conservazione della biodiversità marina nel Mar Mediterraneo e nel Mar Nero. Il suo scopo è quello di ridurre le minacce per i cetacei e migliorare la nostra conoscenza di questi animali.

La direttiva impone agli Stati membri di attuare un dettagliato piano di conservazione per i cetacei, basato sul rispetto della legislazione che vieta la cattura intenzionale di cetacei, sulle misure per ridurre al minimo la cattura accidentale e, infine, sulla creazione di aree protette.

L'accordo di ACCOBAMS deriva dalla cooperazione tra i Segretariati di quattro convenzioni:

- La Convenzione di Barcellona sulla Protezione dell'Ambiente Marino e della Costa Mediterranea (e il suo nuovo Protocollo di Applicazione relativo alle Zone a Protezione Speciale e alla Diversità Biologica nel Mediterraneo, adottato il 10 giugno 1995);
- La Convenzione di Bonn sulla Conservazione delle Specie Migratrici della Fauna Selvatica;
- La Convenzione di Berna sulla Conservazione della Fauna Selvatica Europea e degli Habitat Naturali;
- La Convenzione di Bucarest sulla protezione del Mar Nero contro l'inquinamento si è iscritta al gruppo delle convenzioni più tardi.

Nel corso di due incontri nel Principato di Monaco le Parti hanno negoziato un progetto di accordo sulla conservazione dei cetacei nel Mediterraneo e del Mar Nero. Al tavolo erano presenti rappresentanti oltre 20 paesi del Mediterraneo e del Mar Nero, nonché osservatori di molte organizzazioni intergovernative e non governative.

L'accordo è stato disposto alla firma dal 24 novembre 1996 ed è entrato in vigore il 1 giugno 2001.

La fauna appartenente ai cetacei, o cetofauna, del Mar Mediterraneo può essere considerata come un sottoinsieme di quella nordatlantica. Delle 86 specie conosciute di cetacei, 19 sono state osservate in Mediterraneo. Di queste 19 specie, 8 possono essere considerate come regolari, 4 occasionali e 7 accidentali. Le specie regolari sono definite tali in quanto svolgono tutte le loro funzioni vitali in Mediterraneo. Esse vivono, si riproducono e si alimentano nei nostri mari, a differenza di quelle occasionali che generalmente non si riproducono in questo mare, ma vi possono stanziare per alcuni periodi. Infine, sono definite accidentali le specie che entrano accidentalmente in Mediterraneo poiché questo mare non è tra i loro habitat (Notarbartolo di Sciara & Demma, 1997).

Delle 8 specie di cetacei che vivono regolarmente nel Mediterraneo, una è rappresentata dai Mysticeti e le altre sette dai Odontoceti. Si riconoscono:

- la balenottera comune (*Balaenoptera physalus*);
- il capodoglio (*Physeter macrocephalus*);
- lo zifio (*Ziphius cavirostris*);
- il globicefalo (*Globicephala melas*);
- il grampo (*Grampus griseus*);
- il tursiope (*Tursiops truncatus*);

- la stenella striata (*Stenella coeruleoalba*);
- il delfino comune (*Delphinus delphis*).

L'osservazione di esemplari delle rimanenti specie occasionali ha riconosciuto e osservato:

- l'orca (*Orcinus orca*);
- il delfino di grosse dimensioni detto steno (*Steno bredanensis*);
- la pseudorca (*Pseudorca crassidens*);
- la balenottera minore o balenottera rostrata (*Balaenoptera acutorostrata*);
- la balena franca nordatlantica (*Eubalaena glacialis*) più raramente;
- la megattera (*Megaptera novaeangliae*) più raramente;
- la cogia di Owen (*Kogia sima*) più raramente.

In base alle loro preferenze di habitat si riconoscono mammiferi marini che prediligono aree costiere, come il tursiope e il delfino comune, con profondità che non superano i 500 metri, ed area pelagiche, dove si riscontrano la balenottera comune, lo zifio, il globicefalo e la stenella striata. Nella scarpata profonda invece è l'habitat prediletto dalle forme come il capodoglio e il grampo.

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	CAR	SIN	NOTE
Ordine Cetacea														
Famiglia Balaenidae														
<i>Eubalaena</i>	15672	Gray, 1864												
<i>Eubalaena glacialis</i>	15673	(Müller, 1776)							x			M		A1, A17
Famiglia Balaenopteridae														
<i>Balaenoptera</i>	15674	Lacépède, 1804												
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	15675	Lacépède, 1804	x	x	x	x	x	x	x				a1	A2, A17
<i>Balaenoptera musculus</i>	15676	(Linnaeus, 1758)												A3, A17
<i>Balaenoptera physalus</i>	15677	Lacépède, 1804	x	x	x	x	x	x	x	x	x	M	a2	A4, A17
<i>Megaptera novaeangliae</i>	15678	(Borowski, 1781)								x				A5, A17
Famiglia Physeteridae														
<i>Kogia</i>	15679	Gray, 1846												
<i>Kogia sima</i>	15680	(Owen, 1866)		x	x									A7, A17
<i>Physeter</i>	15681	Linnaeus, 1758												
<i>Physeter catodon</i>	15682	Linnaeus, 1758	x	x	x	x	x	x	x	x	x	M	a3	A6, A17
Famiglia Ziphiidae														
<i>Ziphius</i>	15683	Cuvier 1823												
<i>Ziphius cavirostris</i>	15684	Cuvier 1823	x	x	x	x	x	x	x	x				A8, A17
Famiglia Delphinidae														
<i>Delphinus</i>	15685	Linnaeus, 1758												
<i>Delphinus delphis</i>	15686	Linnaeus, 1758	x	x	x	x	x	x	x	x	x	M		A10, A17
<i>Globicephala</i>	15687	Lesson, 1828												
<i>Globicephala melas</i>	15688	(Traill, 1809)	x	x	x	x	x	x	x				a5	A14, A17
<i>Grampus</i>	15689	Gray, 1828												
<i>Grampus griseus</i>	15690	(Cuvier,1812)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			A11, A17
<i>Orcinus</i>	15691	Fitzinger, 1860												
<i>Orcinus orca</i>	15692	(Linnaeus, 1758)	x	x	x		x	x						A13, A17
<i>Pseudorca</i>	15693	Reinhardt, 1862												
<i>Pseudorca crassidens</i>	15694	(Owen, 1846)	x		x						x		a4	A12, A17
<i>Stenella</i>	15695	Gray, 1866												
<i>Stenella coeruleoalba</i>	15696	(Meyen, 1833)	x	x	x	x	x	x	x	x				A9, A17
<i>Steno</i>	15697	Gray, 1846												
<i>Steno bredanensis</i>	15698	(Cuvier in Lesson, 1828)		x	x		x							A15, A17
<i>Tursiops</i>	15699	Gervais, 1855												
<i>Tursiops truncatus</i>	15700	(Montagu,1821)	x	x	x	x	x	x	x	x	x			A17
Ordine Carnivora														
Famiglia Phocidae														
<i>Monachus</i>	15701	Fleming, 1822												
<i>Monachus monachus</i>	15702	(Hermann, 1779)		x	x		x	x				M	a6	A16; A17

Tabella 4.4 – Lista dei mammiferi marini dei mari italiani. La colonna N° 6 fa riferimento alla fauna presente nel bacino ionico (fonte: www.sibm.it – Biologia Marina Mediterranea 2010)

Per quanto riguarda la famiglia delle Phocidae, la foca monaca (*Monachus monachus*) è una specie in rarefazione in tutto il suo areale di ripartizione, è osservata occasionalmente lungo le coste della Sardegna, delle isole minori della Sicilia sudoccidentale e del Salento. Considerando le osservazioni registrate in Italia in questi ultimi anni, non è da escludere che tali esemplari possano trattarsi lungo le coste italiane per periodi superiori a qualche settimana (Mo et al, 2007).

La “Valutazione e mitigazione dell’impatto acustico dovuto alle prospezioni geofisiche” redatta dall’Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (maggio 2012) raccoglie nell’Allegato V la descrizione delle specie di mammiferi marini.

Balenottera comune (*Balaenoptera physalus*):

La balenottera comune è un cetaceo prevalentemente pelagico, tuttavia non è raro incontrarlo anche in prossimità delle coste a seconda della distribuzione delle sue prede.

La velocità media del nuoto è di circa 5 nodi ma in casi eccezionali può raggiungere i 20 nodi. Gli esemplari all’interno dell’area Pelagos (Santuario dei Cetacei) si presentano preferenzialmente isolati o in coppia e, più raramente, in gruppi che possono raggiungere i 6 o 7 individui. In Mediterraneo la preda più nota è il *krill*, l’eufausiaceo planctonico *Meganyctiphanes norvegica*, di cui sembra si alimenti prevalentemente in estate.

Ha una distribuzione regolare in tutti i mari italiani eccetto l’Adriatico, dove è occasionale. La balenottera comune è frequente in estate nel Mar Ligure, Mare di Corsica, Alto e Medio Tirreno, Mare di Sardegna settentrionale e nello Ionio.

In Figura 4.37 si evidenziano le aree del Mar Mediterraneo in cui si rileva una maggiore presenza della balenottera (ACCOBAMS status report, 2010), sebbene uno studio per il censimento di popolazioni di cetacei effettuato dall’ISPRA nel 2009 da mezzo aereo (Panigada et al., 2011) ha evidenziato una generale riduzione di questa specie rispetto a precedenti studi da mezzo navale (Forcada et al., 1995). Le differenze stagionali in termini di densità di popolazioni (maggiore in estate e minore nel periodo invernale) sono in accordo con le informazioni oceanografiche disponibili che evidenziano un’alta percentuale di biomassa nel Santuario nel periodo estivo e sembrano confermare il fatto che le balenottere utilizzino solo stagionalmente la regione del Santuario, migrando altrove negli altri periodi dell’anno. Uno studio di Castellote et al. (2009) sembra evidenziare uno spostamento delle balenottere dal Santuario, dove risiedono in estate, verso le coste meridionali della Spagna e la costa nordafricana dove trascorrerebbero il periodo invernale. Per quanto riguarda l’area del golfo di Taranto, oggetto dell’attività proposta, la Balenottera comune risulta presente, ma non con regolarità.

Le frequenti osservazioni estive di neonati lasciano presumere che la stagione riproduttiva non sia esclusivamente legata al periodo invernale come avviene nelle popolazioni atlantiche.

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 15Hz a 35Hz.

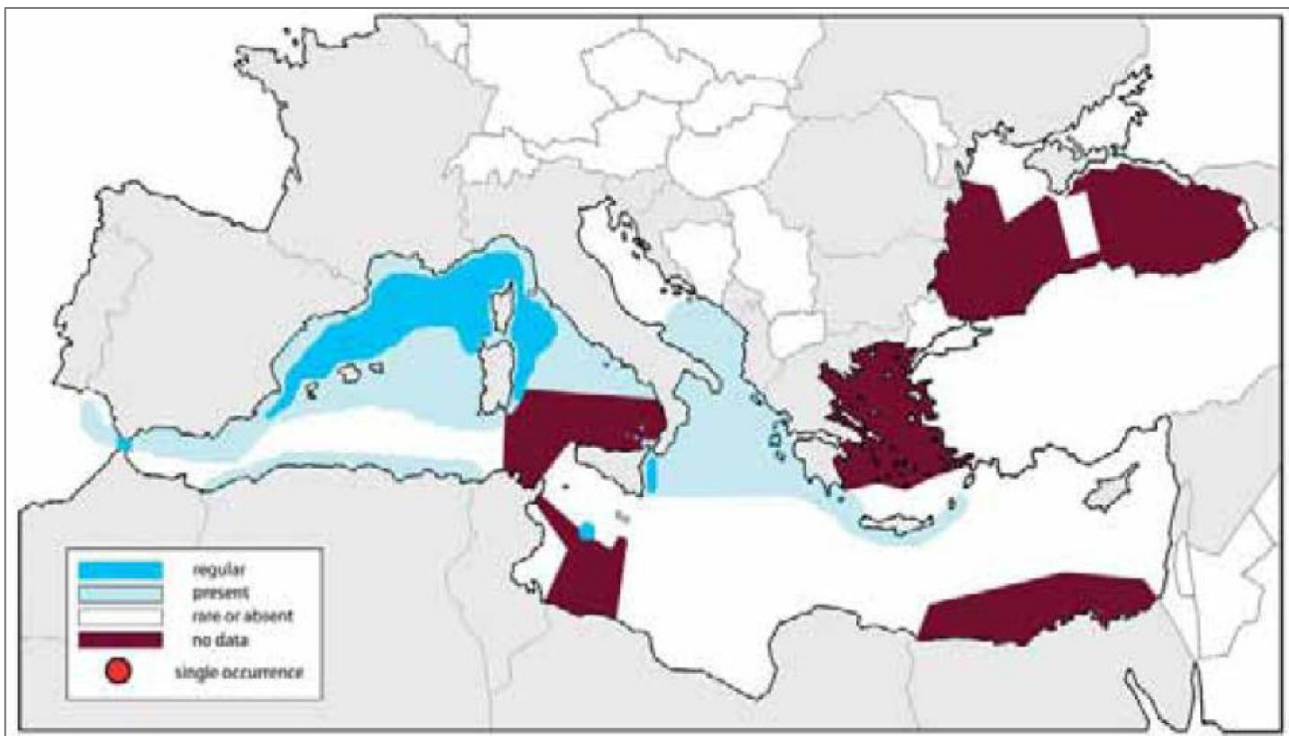


Figura 4.37 – Distribuzione della Balenottera Comune nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciara & Birkun, 2010)

Balenottera minore (*Balaenoptera acutorostrata*):

È la più piccola della famiglia (7-10 metri) e sembra essere un animale piuttosto solitario, con gruppi di massimo tre individui. Viene avvistata piuttosto raramente nel Mediterraneo, in cui la sua presenza è ritenuta occasionale. Pare che il numero di individui sia ridotto a circa 500.000 unità in tutto il mondo, questa balenottera è infatti ancora oggi cacciata per fini commerciali in alcuni paesi. La Balenottera minore in genere viene più facilmente osservata nelle acque che sovrastano la piattaforma continentale, anche se frequenta il mare aperto. Nell'emisfero settentrionale questo cetaceo si nutre soprattutto di Pesci appartenenti alle famiglie dei Salmonidi, Clupeidi e Gadidi. Nell'emisfero australe prevalgono invece i Crostacei planctonici Eufausiacei.

Gli accoppiamenti e le nascite avvengono nelle acque calde di entrambi gli emisferi, dove le balenottere minori migrano dai poli come fanno altri Mysticeti. Gli adulti degli oceani settentrionali hanno una lunghezza media di 7 metri, valore quasi massimo per le acque italiane, mentre quelli dei mari australi possono raggiungere i 10 metri. Per il Mediterraneo non si dispone di valutazioni di consistenza di popolazioni, anche perché probabilmente gli individui avvistati appartengono alle popolazioni del nord Atlantico, da cui possono provenire. La balenottera minore è avvistata più frequentemente nelle acque del Mar Ligure e del Tirreno, più raramente in Adriatico. E' sconosciuta la dinamica dei suoi spostamenti. Per quanto riguarda l'area del golfo di Taranto, oggetto dell'attività proposta, la presenza della Balenottera minore è da considerarsi rara od occasionale (Figura 4.38).

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 80 Hz a 22 kHz.

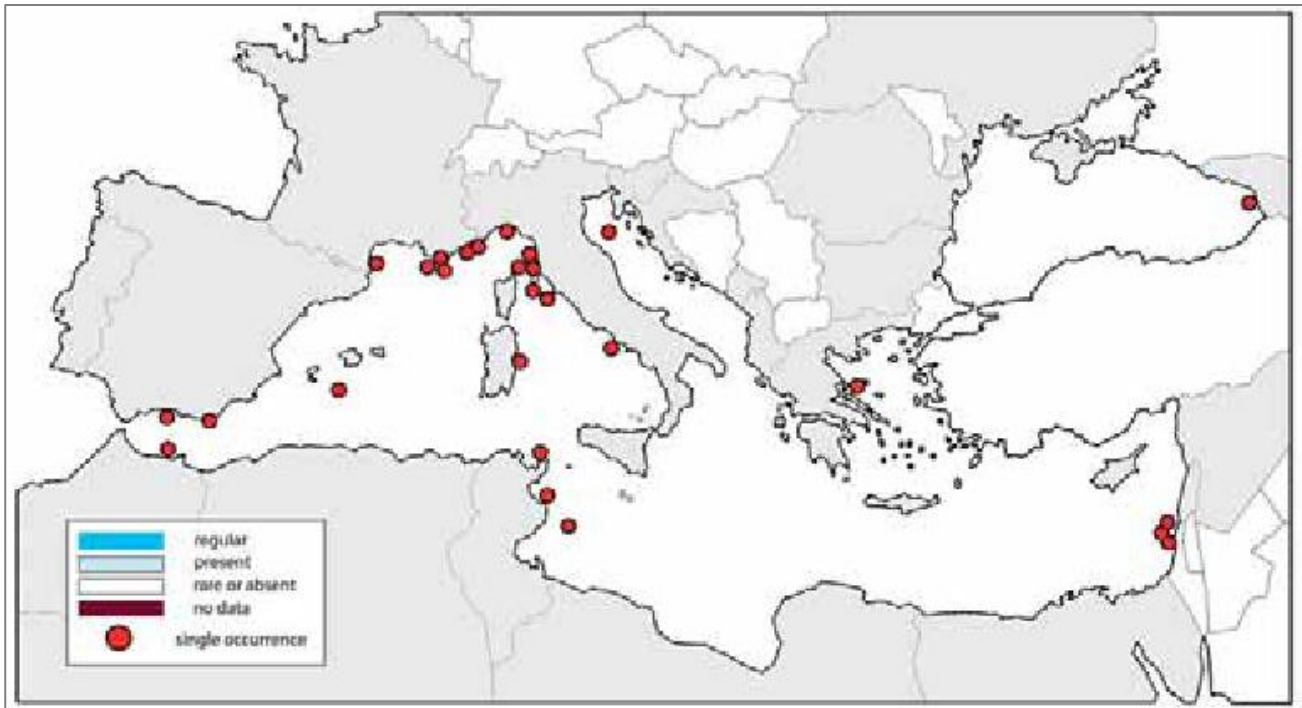


Figura 4.38 – Avvistamenti della Balenottera minore nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciara & Birkun, 2010)

Capodoglio (*Physeter macrocephalus*):

Il capodoglio è il più grande odontocete esistente, il maschio raggiunge i 18 metri di lunghezza e supera le 50 tonnellate di peso, mentre la femmina si ferma a circa 12 metri di lunghezza. Il capodoglio è presente nel mar Mediterraneo soprattutto in aree di scarpata continentale dove il fondale precipita bruscamente verso grandi profondità. Dette aree, infatti, sono notoriamente ricche di cefalopodi di grandi dimensioni di cui gli stessi capodogli si nutrono.

I maschi lasciano i gruppi familiari, costituiti da femmine e sub-adulti ad un'età compresa tra i 3 ed i 15 anni, per formare dei gruppi di aggregazione, senza una precisa struttura sociale, di individui con un'età omogenea, definiti *bachelors schools* o *groups*. Si tratta di gruppi di maschi immaturi sessualmente e non strutturati, con dimensioni comprese tra i 12 e i 14 metri, che rimangono uniti fino all'età adulta. In alcune parti del Mediterraneo centrale e occidentale, i maschi si separano dalle femmine per muoversi verso nord, mentre i gruppi sociali rimangono nella parte meridionale del bacino (Drouot et al., 2004).

È diffuso lungo la costa occidentale della Corsica e Sardegna e nei mari intorno alla Sicilia. Importantissima appare l'area dell'Arcipelago delle Eolie, caratterizzata da fondali ripidi e profondità elevate, dove i capodogli sembrano anche riprodursi. In Adriatico il Capodoglio è presente lungo la costa della Dalmazia e nella parte meridionale del bacino (Figura 4.39). Un cospicuo numero di esemplari è stato segnalato al largo di Catania (febbraio 2007) da ricercatori dell'istituto di fisica nucleare (INFN) dell'università di Catania, tramite la stazione sperimentale Onde (*Ocean Noise Detection Experiment*), costruita nell'ambito del progetto NEMO. L'apparato innovativo dell'INFN ha permesso, infatti, di ascoltare a oltre duemila metri di profondità i caratteristici "schiocchi" dei capodogli e di registrare in questo modo il passaggio di almeno un esemplare ogni due giorni per un periodo di circa un anno e mezzo. Ciò ha permesso di ipotizzare la presenza di centinaia di esemplari nel Mediterraneo piuttosto che di poche decine come si credeva

precedentemente. Per quanto riguarda l'area del golfo di Taranto, oggetto dell'attività proposta, il Capodoglio risulta presente, ma non con regolarità.

La stagione riproduttiva si prolunga da metà inverno a metà estate, mentre la gestazione può superare i 14 mesi con la nascita dei piccoli in primavera-estate.

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 200Hz a 32kHz.

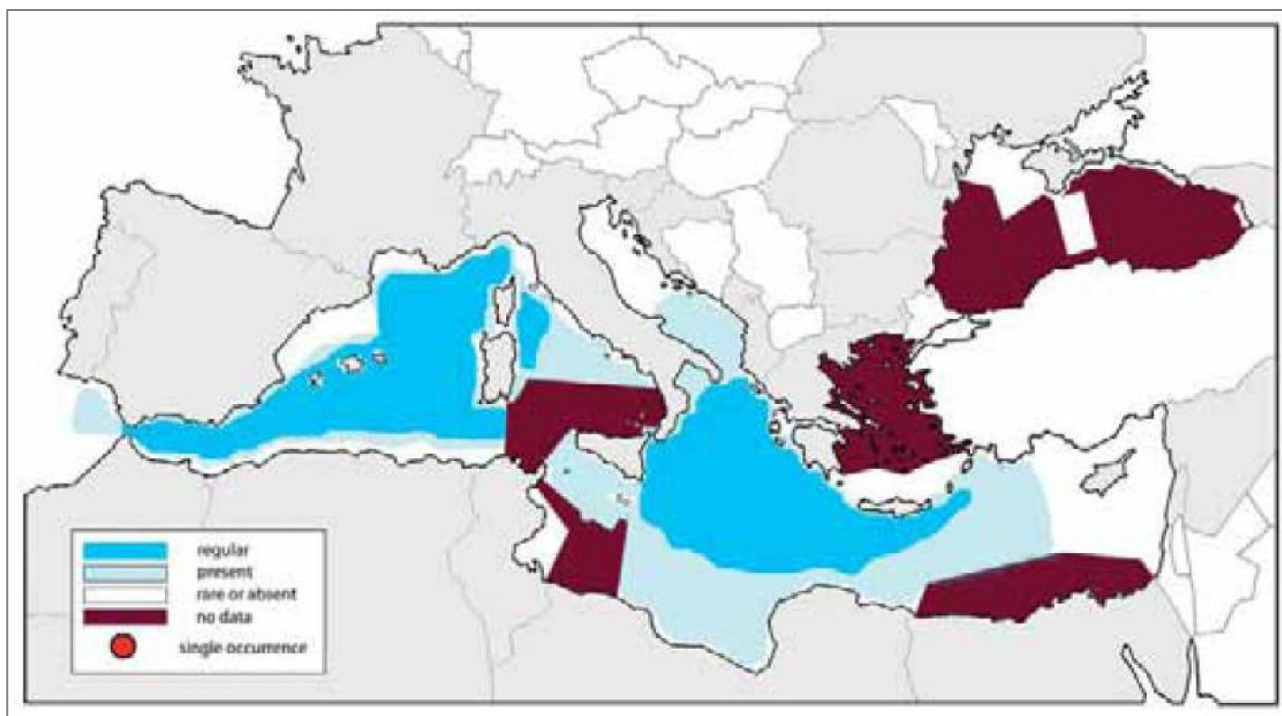


Figura 4.39 – Distribuzione dei Capodogli nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciara & Birkun, 2010)

Orca (*Orcinus orca*):

L'orca è il mammifero marino più veloce a nuotare, raggiungendo la velocità di 55 km/h. Appartiene alla famiglia dei Delfinidi (Cetacei Odontoceti) e può raggiungere la lunghezza di 5-9 metri per il maschio e 4, 6-8 metri per la femmina. L'orca presenta una colorazione bianca sul ventre, nera sul dorso, interrotta solo da due macchie ovali, bianche, dietro gli occhi, e da una macchia allungata, detta sella, di colore grigio, posta dietro la base della pinna dorsale. Le pinne pettorali sono completamente nere e di forma arrotondata.

L'Orca frequenta habitat molto vari, dalle acque pelagiche a quelle delle zone costiere. Può talora risalire anche grandi fiumi in cerca di prede. In estate può frequentare acque polari, all'interno della banchisa in disgregazione, così come è possibile trovarla nelle calde acque tropicali. È comunque evidente che la sua presenza è legata alla disponibilità delle prede. L'Orca è un tipico predatore, capace di un'estrema variabilità nella dieta e di una notevole cooperazione con i compagni di branco per la cattura delle prede. Si nutre di Pesci, Molluschi, Uccelli e Mammiferi acquatici, arrivando ad attaccare anche balene e balenottere.

Per il Mediterraneo non esistono dati sulla consistenza della specie e neppure in ambito mondiale, data l'enorme diffusione geografica. È un animale tipicamente gregario, che forma branchi costituiti da

una media di 15 individui, probabilmente imparentati tra loro. Anche se inserita nei progetti generali di protezione dei Cetacei, la specie non è oggetto di specifiche misure.

Gli accoppiamenti e le nascite sembrerebbero distribuiti nell'arco di molti mesi, senz'altro in relazione anche alla zona in cui vive una popolazione.

La sua presenza nel Mediterraneo è ritenuta occasionale con avvistamenti in zone localizzate. Gli avvistamenti sono per lo più localizzati nella parte occidentale del bacino (Figura 4.40). Si ipotizza che sporadicamente alcuni esemplari entrino nel Mar Mediterraneo attraverso lo Stretto di Gibilterra. Per quanto riguarda l'area del golfo di Taranto, oggetto dell'attività proposta, la presenza dell'Orca è ritenuta un evento raro ed occasionale.

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 150 Hz a 160 kHz.

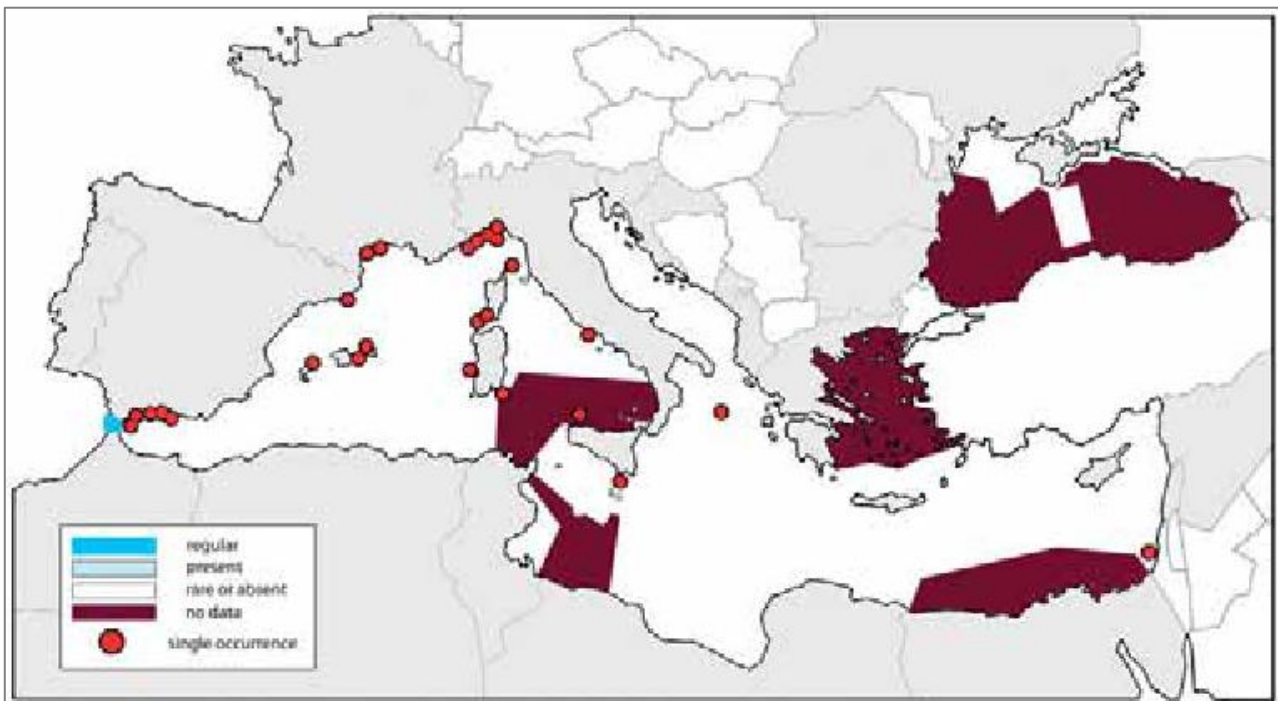


Figura 4.40 – Avvistamenti di Orche nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciara & Birkun, 2010)

Zifio (*Ziphius cavirostris*):

Lo Zifio è un Odontocete della famiglia degli Ziphiidae, dal corpo siluriforme e tozzo, che mediamente può raggiungere dimensioni di sei metri di lunghezza e tre tonnellate di peso. Fino a qualche anno fa, lo Zifio veniva considerato uno dei cetacei più misteriosi del Mediterraneo in quanto si conosceva pochissimo della sua ecologia e lo si riteneva un animale "timido", difficile da avvicinare con le imbarcazioni. Sono stati avvistati sia esemplari solitari sia gruppi di pochi individui, mentre rimane ignota l'esistenza di possibili rotte migratorie.

Come specie pelagica, compie delle immersioni piuttosto profonde (fino a 2000 metri) privilegiando habitat caratterizzati da canyon e rilievi sottomarini come le aree di scarpata continentale del Mar Ligure occidentale.

Negli ultimi anni è stata individuata una zona tra Imperia e Finale ligure in cui vive una popolazione residente. Inoltre, i risultati della campagna di indagine svolta in mar Tirreno nel mese di ottobre 2010 nell’ambito del progetto europeo GIONHA, per raccogliere avvistamenti e rilievi acustici di tutte le specie di cetacei presenti, hanno evidenziato un’importante presenza di zifii nell’area di indagine, in particolare in prossimità del Cialdi Seamount e del Caprera Canyons. Non a caso l’intera area di mare compresa tra le coste nord orientali della Sardegna e quelle di Lazio e Toscana ospita zone che costituiscono habitat d’elezione per lo zifio (Figura 4.41). Per quanto riguarda l’area del golfo di Taranto, oggetto dell’attività proposta, lo Zifio risulta presente, ma non in modo regolare.

Sembra non vi sia una stagionalità degli estri e la maturità sessuale avviene al raggiungimento di 5.5 metri di lunghezza.

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 20kHz a 150kHz.

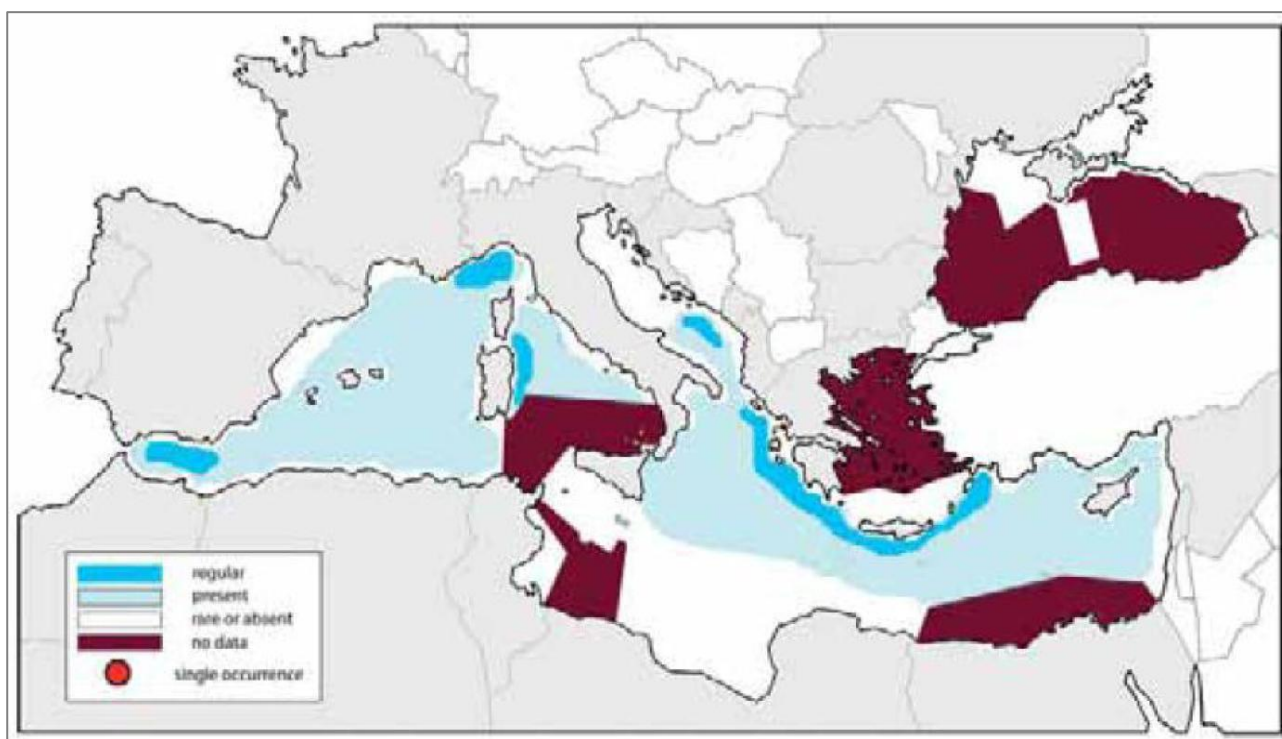


Figura 4.41 – Distribuzione dello Zifio nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciara & Birkun, 2010)

Globicefalo (*Globicephala melas*):

Il globicefalo è un delfinide di medie dimensioni che può raggiungere i 6 metri di lunghezza e pesare quasi due tonnellate. La colorazione del corpo è uniformemente nera, tranne che sul ventre dove si osserva una caratteristica macchia bianca a forma di ancora. L’etimologia del nome deriva dal latino *globus* (sfera) e dal greco *kephalé* (dalla testa globosa) che si riferisce appunto alla forma globosa del capo che è privo di rostro. Sono animali estremamente sociali che vivono in gruppi compatti, mediamente composti da 12 individui. Prediligono l’habitat pelagico dove si nutrono prevalentemente di calamari e pesci pelagici.

In Mediterraneo prediligono le acque profonde del bacino occidentale, mentre non si hanno dati precisi circa la presenza di questo cetaceo nel bacino orientale (Figura 4.42). Per quanto riguarda l’area del golfo di

Taranto, oggetto dell'attività proposta, la presenza del Globicefalo è considerato un evento raro ed occasionale.

La stagione riproduttiva ha luogo tra aprile e giugno mentre la gestazione dura circa 15 mesi.

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 1kHz a 65kHz.

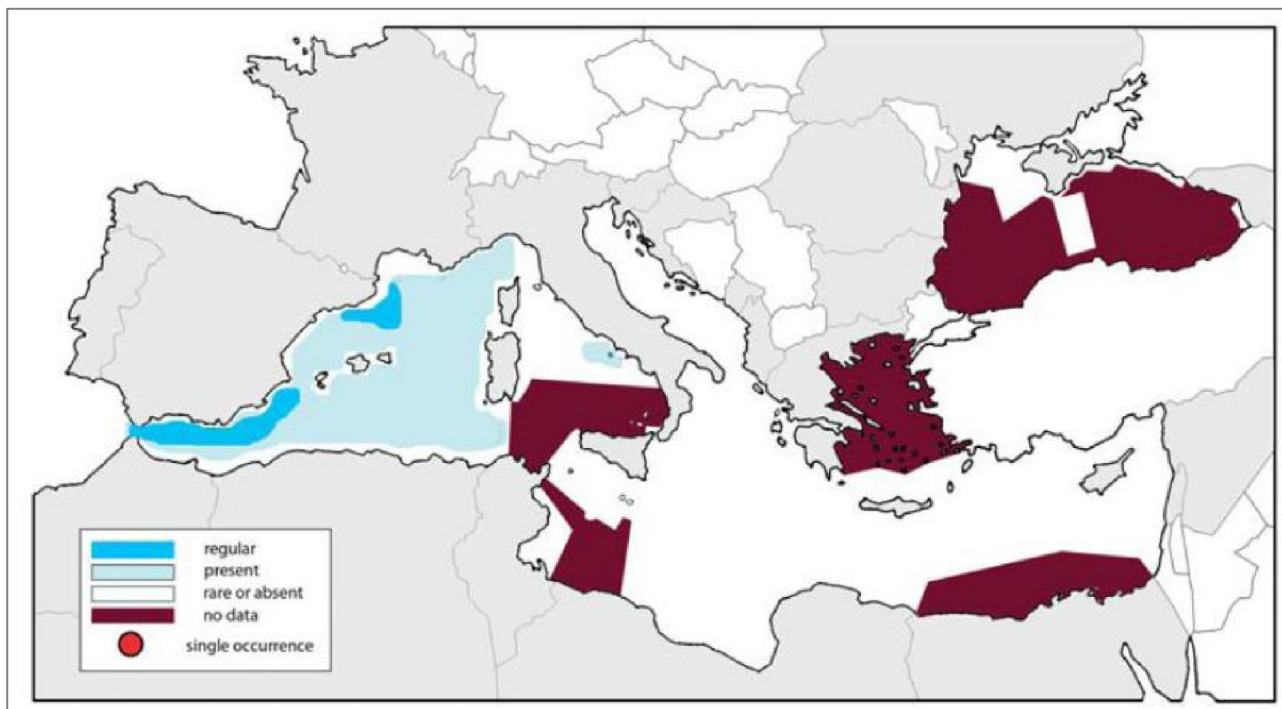


Figura 4.42 – Distribuzione del Globocefalo nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)

Grampo (*Grampus griseus*):

Il grampo è un cetaceo diffuso in tutto il Mediterraneo, sebbene la maggior parte degli avvistamenti riguardino il bacino occidentale. Possiede una corporatura leggermente tozza nella zona anteriore del corpo con capo rotondeggiante e rostro completamente coperto dal melone. Alla nascita, il cucciolo è di colore grigio chiaro uniforme, ma con l'età il corpo si ricopre di graffi bianchi che gli animali si procurano durante le interazioni sociali anche piuttosto violente; in alcune porzioni del corpo, come il capo, sono talmente fitti da conferire un colorito bianco. Predilige acque profonde, in zone dove la scarpata continentale è più ripida. La dieta è marcatamente teutofaga e, vista la scarsa dentatura, si nutre raramente di pesci. Forma in genere gruppi di 1-2 dozzine di individui (in Mediterraneo la media è 16), ma l'organizzazione sociale è sconosciuta. Non compie migrazioni.

Nei mari italiani si trova abitualmente nel bacino Corso-Ligure-Provenzale, nel Tirreno e tra Ustica e le Eolie. Alcuni spiaggiamenti sono stati rilevati nel nord Adriatico. In particolare, sembra preferire le acque del bacino corso-ligure-provenzale dove si è registrata la sua presenza durante tutto l'anno (Figura 4.43). Relativamente all'area del golfo di Taranto, oggetto dell'attività proposta, il Grampo risulta presente, anche se non in modo regolare. Per quanto riguarda la riproduzione del grampo, i dati a disposizione sono pochi. La femmina raggiunge la maturità sessuale attorno agli 8-10 anni, nel maschio questo dato non è noto. Si stima che la gestazione duri 13-14 mesi e che la maggior parte dei parti avvenga nel periodo estivo (Mizue e Yoshida, 1962). Lo svezzamento dura 12-18 mesi e la femmina va in calore ogni 3 anni circa.

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 2kHz a 16kHz.

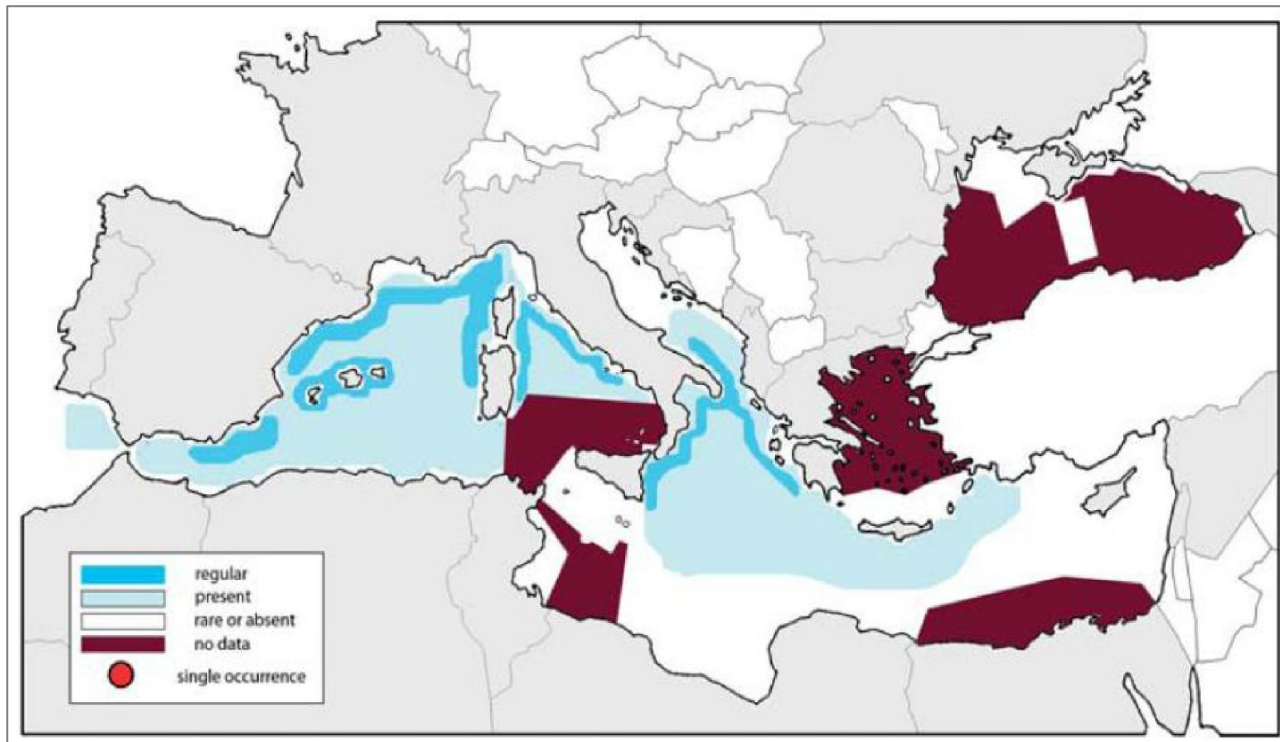


Figura 4.43 – Distribuzione del Grampo nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)

Tursiope (*Tursiops truncatus*):

Il tursiope è un delfino di taglia medio-grande, in cui l'adulto raggiunge i 2,5-3,5 m di lunghezza per un peso di 270-350 kg. Le popolazioni mediterranee, ed in particolare quella adriatica, raggiungono le dimensioni maggiori al mondo. Esistono due ecotipi di tursiopi, quelli costieri, residenti, che formano gruppi di circa 7 individui, e quelli pelagici, che formano generalmente gruppi di maggiori dimensioni (anche 35 individui) e possono compiere migrazioni notevoli. Mentre i maschi adulti si muovono in coppia, le femmine costituiscono unità familiari di 5-10 individui. Il tursiope è prevalentemente ittiofago, ma si ciba anche di cefalopodi e macroinvertebrati bentonici.

Una zona molto importante per l'aggregazione della specie è situata nel tratto superficiale del Canyon di Cuma a nord dell'isola di Ischia e nelle limitrofe isole Pontine. Regolarmente presente in Adriatico. Nonostante rappresenti la specie più studiata e moltissimi siano gli avvistamenti effettuati lungo le coste dei nostri mari, molto poco si conosce riguardo abbondanza, distribuzione e movimenti del tursiope. Mancano *survey* a livello di bacino, mentre le uniche informazioni affidabili derivano da studi effettuati su scala locale. La sola area in cui è possibile determinare con certezza un trend nella presenza di tursiopi (grazie alla presenza di dati storici) è l'Adriatico settentrionale, dove si è rilevata una diminuzione del 50% di individui negli ultimi 50 anni (Figura 4.44). Per quanto riguarda l'area del golfo di Taranto, oggetto dell'attività proposta, il Tursiope risulta presente, ma non in modo regolare.

Gli accoppiamenti e le nascite sono distribuiti durante tutto l'anno, con un picco di nascite in estate. La gestazione dura 12 mesi e lo svezzamento circa 18 mesi.

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 4kHz a 130kHz.

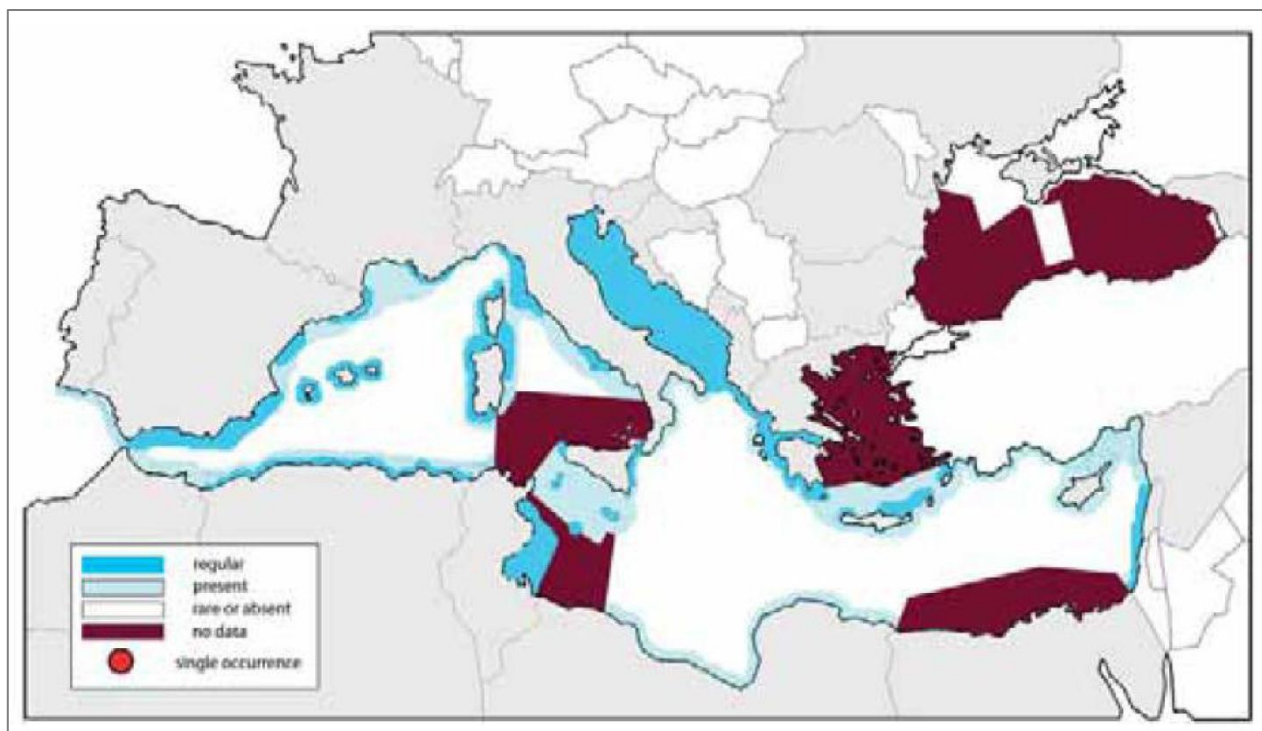


Figura 4.44 – Distribuzione del Tursiopo nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciara & Birkun, 2010)

Stenella striata (*Stenella coeruleoalba*):

La stenella striata è un delfino di piccola mole che non supera i 2 metri di lunghezza ed i 100 kg di peso. Predilige le acque produttive profonde al di là della piattaforma continentale.

Rappresenta sicuramente la specie più diffusa in Mediterraneo, sia nel bacino occidentale, sia in quello orientale. Particolarmente abbondante nelle acque del mar Ligure dove è presente in gruppi di dimensioni anche piuttosto grandi (Figura 4.45). Per quanto riguarda l'area del golfo di Taranto, oggetto dell'attività proposta, la Stenella risulta presente in modo regolare.

Si riproduce sia in estate che in inverno e la gestazione dura circa 18 mesi.

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 4kHz a 65kHz.

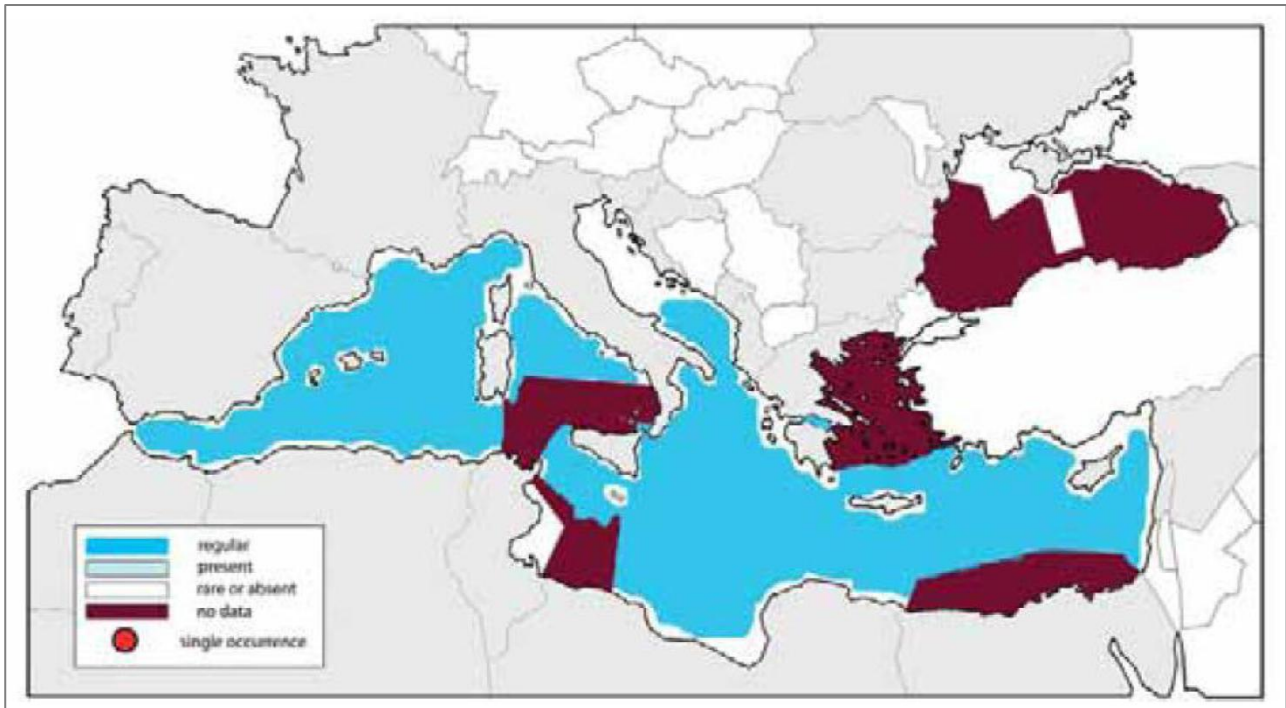


Figura 4.45 – Distribuzione della *Stenella striata* nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciara & Birkun, 2010)

Delfino comune (*Delphinus delphis*):

Il delfino comune (*Delphinus delphis*) vive sia in acque pelagiche che costiere ed è preferenzialmente ittiofago, tuttavia si nutre anche di cefalopodi. In genere, i branchi sono formati da 10-20 individui, a volte viene avvistato in associazione alla stenella striata o al tursiope.

Un tempo molto diffuso nei mari italiani, oggi lo si può incontrare soltanto nei pressi di Gibilterra, nel mare di Alboran, lungo le coste africane e vicino alla Grecia (Figura 4.46). Al contrario, in Mar Ligure è diventato rarissimo. Non si conosce esattamente il motivo di questa diminuzione così massiccia, si ipotizza sia dovuta a una maggior sensibilità di questi animali all'inquinamento delle acque, attitudine che li ha allontanati dalle zone più antropizzate per concentrarsi in aree dove l'impatto umano è ancora limitato. Per quanto riguarda l'area del golfo di Taranto, oggetto dell'attività proposta, il Delfino comune risulta essere presente in modo regolare.

La riproduzione ha luogo in estate e la gestazione dura poco meno di un anno, con intervalli tra un parto e l'altro di almeno due anni.

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 2kHz a 67kHz

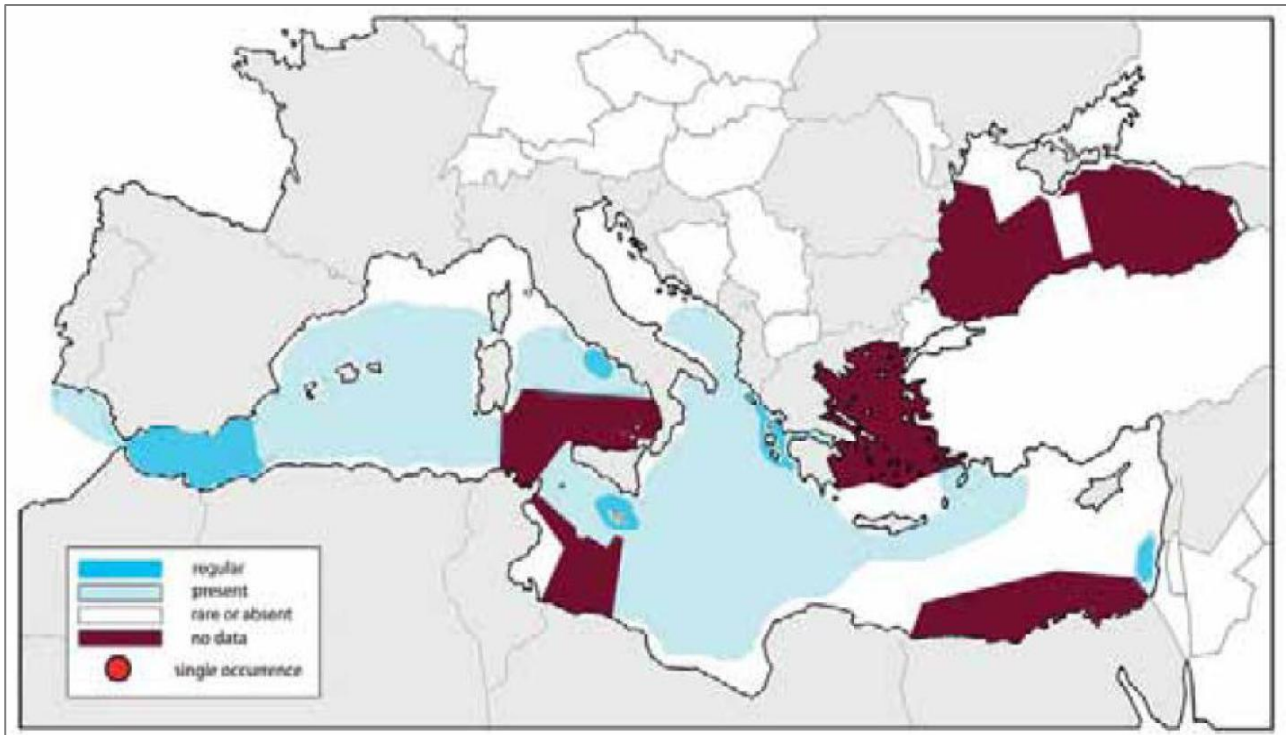


Figura 4.46 – Distribuzione del Delfino comune nel Mediterraneo (fonte: Notarbartolo di Sciarra & Birkun, 2010)

Foca monaca (*Monachus monachus*):

La foca monaca mediterranea è un mammifero pinnipede della famiglia delle foche. Ha un corpo allungato e robusto, provvisto di un mantello di colore variabile dal marrone al grigio più o meno scuro e con i fianchi e la parte ventrale più chiara. Spesso il corpo è macchiato e ricoperto da numerose cicatrici, dorsalmente più frequenti nelle femmine. Raggiunge una lunghezza di circa 2,5 metri con un peso di circa 300-315 kg.

La vita della foca monaca si svolge soprattutto in mare, dorme in superficie in mare aperto o utilizzando piccoli anfratti sul fondale per poi risalire periodicamente a respirare. Si nutre di pesci, crostacei e molluschi. Si spostano anche di alcune decine di chilometri al giorno alla ricerca del cibo, con immersioni continue. Sono state registrate immersioni a 90 metri di profondità ma è probabile che possa superare facilmente alcune centinaia di metri di profondità durante immersioni effettuate per la ricerca di prede.

La fortissima diminuzione delle popolazioni, dovuta prevalentemente all'intervento umano, ha ridotto questi pinnipedi a piccoli gruppi familiari e individui isolati. Secondo una stima della International *Union for Conservation of Nature* (IUCN) della foca monaca sopravvive una popolazione di appena 300-400 esemplari: circa 200 concentrati nell'Egeo e nel Mediterraneo sudorientale, 20-30 nel Mar Ionio, 10-20 nel Mar Adriatico, una decina nel Mediterraneo centrale, dai 10 ai 20 nel Mediterraneo occidentale, una decina nel Mar Nero e 130 in Atlantico (Figura 4.47). La specie è pertanto da considerarsi in pericolo critico di estinzione.

Durante il periodo riproduttivo predilige i tratti di mare vicini alle coste dove cerca spiagge isolate prevalentemente in grotte o piccoli anfratti accessibili solo dal mare, perché il parto e l'allattamento si svolgono esclusivamente sulla terra ferma. I maschi adulti sono fortemente territoriali e, nel periodo riproduttivo che coincide generalmente con i mesi autunnali, si scontrano frequentemente con altri maschi. Le femmine raggiungono la maturità sessuale a 5/6 anni, hanno un ciclo di riproduzione di circa 12 mesi e

partoriscono, di solito tra settembre e ottobre; allattano, in grotte vicinissime al mare o in spiagge riparate, un cucciolo all'anno.

I segnali acustici prevalenti hanno una frequenza che va da 75 Hz a 75kHz.

La *Zoological Society of London*, in base a criteri di unicità evolutiva e di esiguità della popolazione, considera *Monachus monachus* una delle 100 specie di mammiferi a maggiore rischio di estinzione.

La Figura 4.47 riporta graficamente la distribuzione a cadenza temporale degli avvistamenti di foca validati dal 1998 al 2010, lungo le coste italiane. Nell'area del Golfo ionico è stato segnalato un solo avvistamento, risalente al 2002, il che lascia ipotizzare che la foca monaca non frequenti abitualmente la zona in cui ricade l'istanza, ma che il suo avvistamento rappresenti un evento raro ed occasionale.

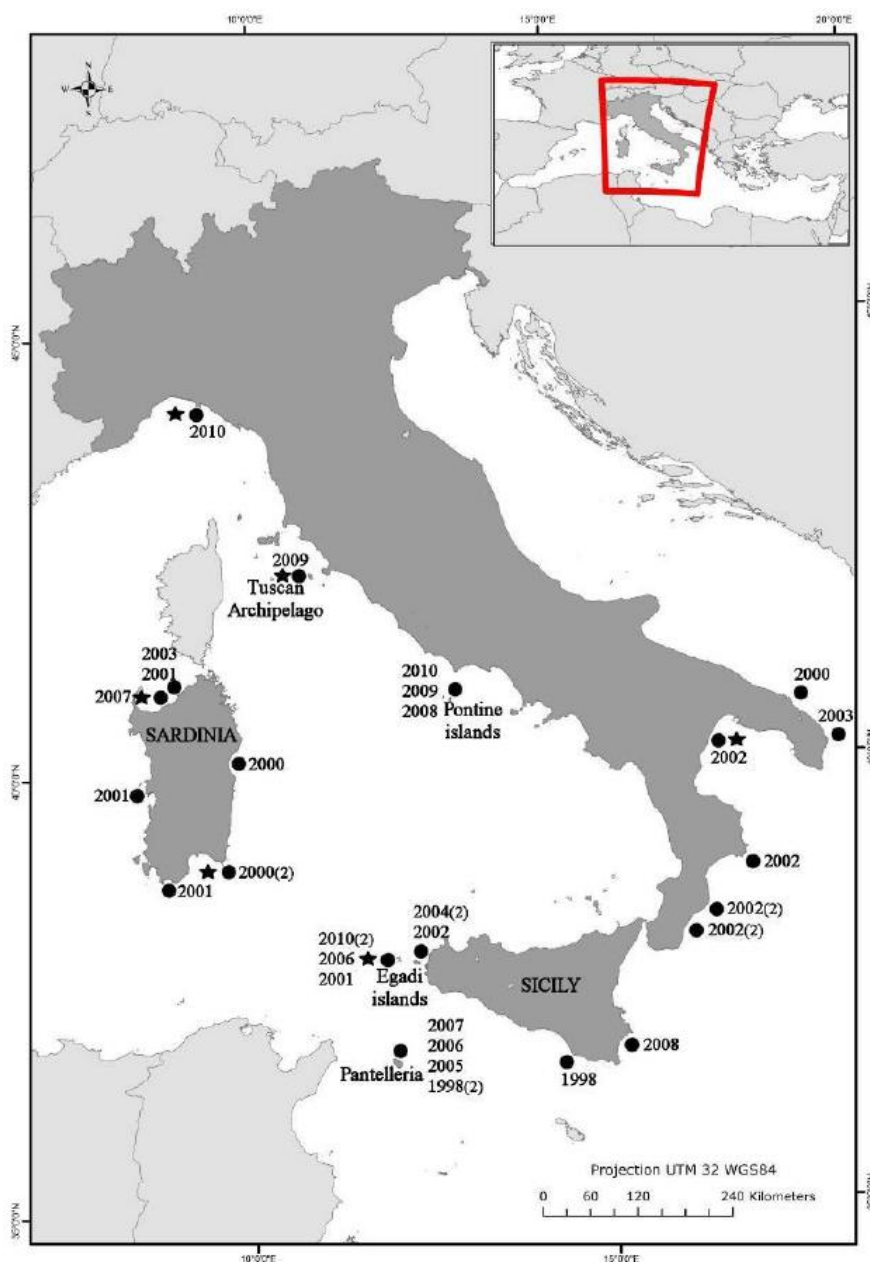


Figura 4.47 – Distribuzione a cadenza temporale degli avvistamenti di foca validati dal 1998 al 2010. I cerchi neri indicano le località, le stelle la presenza di documentazione fotografica, i numeri tra parentesi indicano il numero di avvistamenti riferiti all'anno (fonte: Mo et al., 2011)

Fenomeno dello Spiaggiamento

La raccolta sistematica di informazioni sugli spiaggiamenti di mammiferi marini sulle coste italiane è iniziata nel 1986 grazie all'impegno del Centro Studi Cetacei e dei volontari ad esso aderenti. Il Centro costituisce una rete nazionale di osservatori per tenere sotto controllo le coste e intervenire nel caso di animali spiaggiati per effettuare il riconoscimento delle specie, prelevare campioni di tessuti, o l'intero corpo, per necessità di studi sulle cause della morte o sulla specie in questione. L'impegno scientifico del CSC si è anche concretizzato nella pubblicazione di rapporti annuali sugli animali rinvenuti e sulle cause di mortalità. I rapporti sono stati pubblicati fin dalle origini dal Museo Civico di Storia Naturale di Milano (MSNM).

La rete costituita dal CSC è stata per molti anni un importante punto di riferimento e un modello per le reti di monitoraggio di altre nazioni sia nel Mediterraneo che al di fuori di esso. In anni recenti altre organizzazioni hanno incominciato ad occuparsi di spiaggiamenti e a raccogliere dati creando così reti di monitoraggio locali. Questo aspetto ha in parte portato ad una maggiore e più distribuita attenzione per il fenomeno, ma ha anche reso più difficoltosa la centralizzazione delle informazioni, per scopi scientifici, ma anche per le esigenze di controllo del Ministero dell'Ambiente e in particolare dell'Ispettorato Difesa Mare. Per ovviare a questi problemi, ma anche per ottemperare a nuove esigenze di monitoraggio dell'ambiente marino e di controllo degli impatti delle attività umane, talvolta causa diretta (collisioni con natanti, interazioni con attrezzi da pesca, uccisioni deliberate) o concausa degli spiaggiamenti (inquinamento chimico, inquinamento acustico), anche in risposta a raccomandazioni espresse da organizzazioni internazionali quali ACCOBAMS, il Ministero ha istituito una Banca Tessuti, presso l'Università di Padova, e un Centro di Coordinamento per la raccolta dei dati sugli animali spiaggiati.

La banca dati suddivide gli spiaggiamenti lungo le coste italiane in diversi settori. Ai fini del presente studio, sono stati analizzati i dati inerenti il settore dello Ionio Settentrionale (IS) relativamente alle regioni Basilicata, Calabria e Puglia (Figura 4.48).

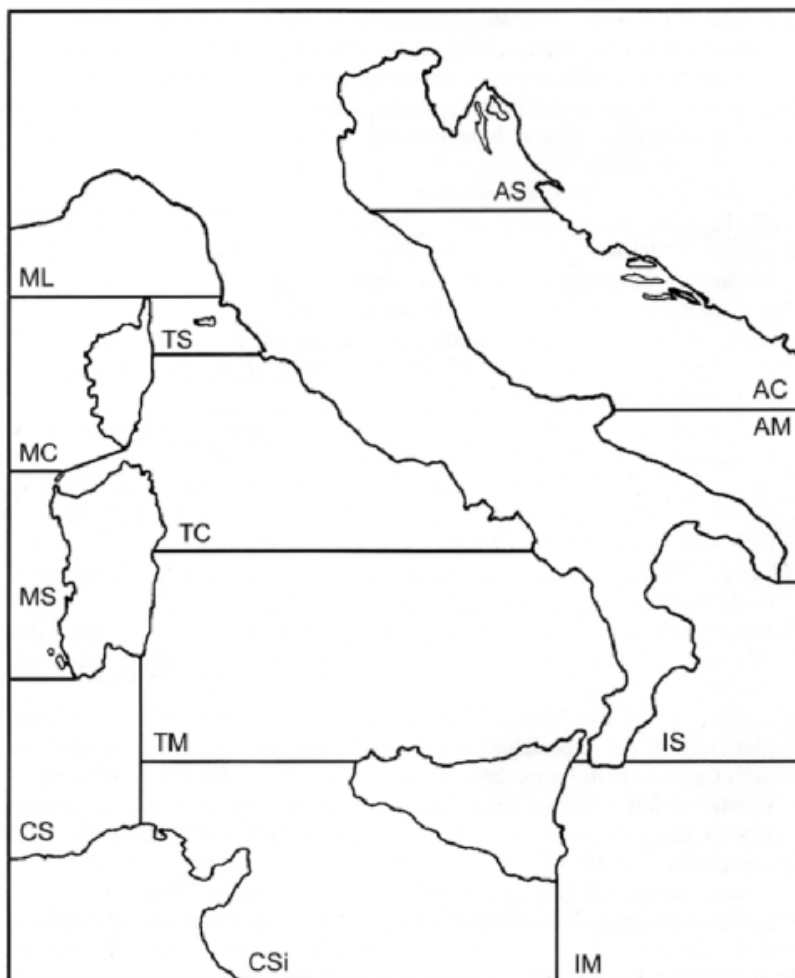


Figura 4.48 – Mappa dei 13 settori in cui sono state divise le coste italiane per la raccolta dei dati sugli spiaggiamenti (fonte: www.mammiferimarini.unipv.it)

Le cause degli spiaggiamenti non sono del tutto chiare e sono tuttora oggetto di accesa discussione fra gli addetti ai lavori. In ogni caso le cause accertate fino ad ora sono sicuramente quelle naturali, quali variazione di fattori ambientali, cattive condizioni meteorologiche, debolezza dovuta all'età avanzata, infezioni, difficoltà nel parto, alterazioni del campo geomagnetico ed errori di navigazione. Ulteriori cause possono essere catture accidentali, inquinamento da liquami e chimico, inquinamento acustico. Spesso gli spiaggiamenti di massa sono dovuti alla risposta del branco ad una richiesta di aiuto di un singolo. Altre cause sono da imputarsi a predatori o all'inseguimento delle prede fin sotto costa, oppure alla collisione con imbarcazioni nelle aree a intenso traffico marittimo. Anche i sonar possono provocare spiaggiamenti e addirittura malattie nei cetacei (malattia da decompressione), soprattutto quelli a bassa frequenza per l'individuazione di sottomarini della marina militare (100-1000 Hz corrispondenti a 235 dB).

Nelle tabelle seguenti si riportano i dati relativi agli spiaggiamenti delle specie di mammiferi marini precedentemente descritti. Queste informazioni provengono dalla banca dati con riferimento al settore dello Ionio settentrionale, in cui ricade l'area oggetto di istanza (www.mammiferimarini.unipv.it), (Tabella 4.5, Tabella 4.6, Figura 4.49).

Specie	N. spiaggiamenti (settore Ionio Settentrionale)	%
<i>Balaenoptera acuto rostrata</i> (Balenottera minore)	-	-
<i>Balaenoptera physalus</i> (Balenottera comune)	-	-
<i>Physeter macrocephalus</i> (Capodoglio)	2	0,55
<i>Ziphius cavirostris</i> (Zifio)	14	3,88
<i>Delphinus delphis</i> (Delfino comune)	1	0,27
<i>Globicephala melas</i> (Globicefalo)	1	0,27
<i>Grampus griseus</i> (Grampo)	21	5,83
<i>Orcinus orca</i> (Orca)	-	-
<i>Stenella coeruleoalba</i> (Stenella striata)	271	75,28
<i>Tursiops truncatus</i> (Tursiope)	50	13,89
<i>Monachus monachus</i> (Foca monaca)	-	-

Tabella 4.5 – Spiaggiamenti di cetacei avvenuti nel periodo 1986 fino a settembre 2012 all'interno del settore (IS - Ionio Settentrionale), suddivisi per Specie (fonte dei dati: www.mammiferimarini.unipv.it)

Settore: Ionio settentrionale	N. spiaggiamenti (1986-2012)
Basilicata	22
Calabria	115
Puglia	327
Totale	464

Tabella 4.6 – Spiaggiamenti di cetacei avvenuti nel periodo 1986 fino a settembre 2012 all'interno del settore (IS - Ionio Settentrionale), nelle diverse regioni (fonte dei dati: www.mammiferimarini.unipv.it)

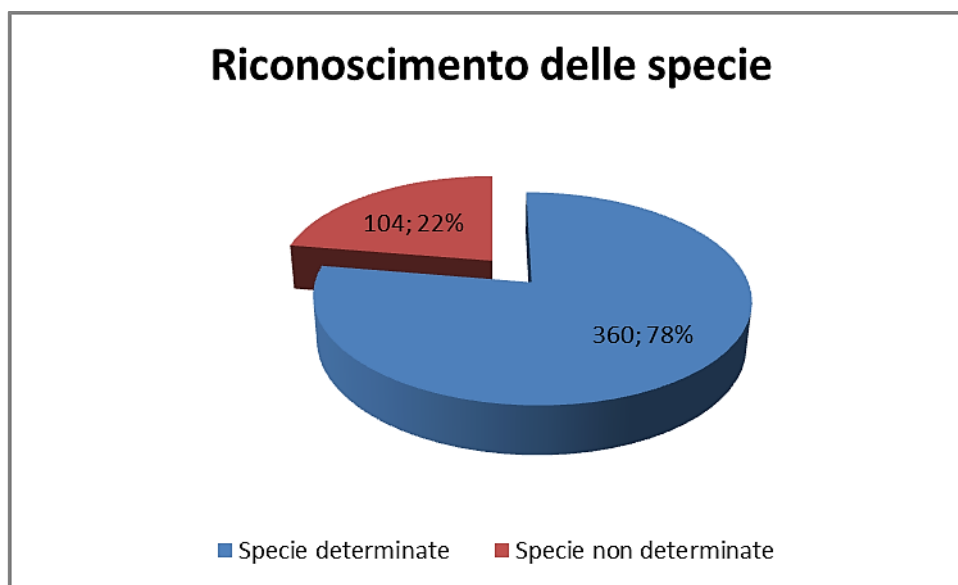


Figura 4.49 – Per un totale di 464 spiaggiamenti avvenuti nel periodo 1986 fino a settembre 2012 solo nel 22% dei casi non è stato possibile la determinazione della specie (fonte dei dati: www.mammiferimarini.unipv.it)

4.5.4 Rettili marini

Le tartarughe marine appartengono all'ordine Testudines che comprende anche le tartarughe terrestri e lacustri. Le specie segnalate nel mar Mediterraneo sono 5, ma soltanto 3 hanno una reale probabilità di essere incontrate nell'area dello Ionio settentrionale (Tabella 4.7), quali:

- la tartaruga Caretta (*Caretta caretta*) è la specie più comune nel mar Mediterraneo e l'unica a riprodursi lungo le coste meridionali italiane;
- la tartaruga verde (*Chelonia mydas*) è la seconda specie come importanza del Mediterraneo. Non è frequente nel Mediterraneo occidentale poiché la sua distribuzione, per motivi legati alla temperatura dell'acqua, è limitata alla zona sudorientale del bacino dove essa nidifica. L'osservazione di questa specie nei mari italiani è occasionale e costituita prevalentemente da esemplari giovani in fase pelagica;
- la tartaruga liuto (*Dermochelys coriacea*), specie dalle abitudini pelagiche, non nidifica in Mediterraneo dove è tuttavia presente con esemplari, di origine Atlantica, che entrano nel bacino sfruttando gli ambienti pelagici per scopi alimentari. L'osservazione di questa specie nei mari italiani riguarda soprattutto esemplari di taglia medio-grande.

Altre due specie minori sono la tartaruga *Eretmochelys imbricata* e la tartaruga *Lepidochelys kempii*, che vengono segnalate nel Mediterraneo, ma la loro presenza deve essere ritenuta accidentale e imputabile al trasporto passivo nel bacino.

			1	2	3	4	5	6	7	8	9	CAR	SIN	NOTE
Ordine Testudines														
Famiglia Cheloniidae														
<i>Caretta</i>	15662	Rafinesque, 1814												
<i>Caretta caretta</i>	15663	(Linnaeus, 1758)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	M		A1, A6
<i>Chelonia</i>	15664	Brongniart, 1800												
<i>Chelonia mydas</i>	15665	(Linnaeus, 1758)	x	x	x		x	x	x	x	x	M		A2, A6
<i>Eretmochelys</i>	15666	Fitzinger, 1843												
<i>Eretmochelys imbricata</i>	15667	(Linnaeus, 1766)										M		A4, A6
<i>Lepidochelys</i>	15668	Fitzinger, 1843												
<i>Lepidochelys kempii</i>	15669	(Garman, 1880)										M		A5, A6
Famiglia Dermochelyidae														
<i>Dermochelys</i>	15670	Blainville, 1816												
<i>Dermochelys coriacea</i>	15671	(Vandelli, 1761)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	M		A3, A6

Tabella 4.7 – Lista dei rettili marini dei mari italiani. La colonna N° 6 fa riferimento alla fauna presente nel bacino ionico (fonte: www.sibm.it)

La tartaruga *Caretta caretta* risiede in acque profonde e tiepide, prossime alle coste. Le aree predilette per la nidificazione sono limitatissime a causa dello sviluppo del turismo costiero e balneare. In Italia, i principali siti di alimentazione e nidificazione della tartaruga *Caretta caretta* sono stati identificati in Campania e lungo la fascia costiera ionica di Basilicata e Calabria, unitamente al sito di riproduzione presente sull'Isola di Lampedusa. Le nidificazioni che ricadono al di fuori del contesto delle aree riproduttive è spesso ad opera di tartarughe primipare, o non perfettamente in salute che vinte dalle correnti sono costrette a nidificare in località lontane e diverse da quelle naturali. Si assiste in questo caso alla perdita di quasi tutte le uova, per fattori diversi, come mancata fecondazione, uova non perfettamente formate e soprattutto per fattori ambientali legati al clima ed ai suoli.

Il Mar Ionio comprende alcuni importanti corridoi di migrazione costituiti dal Canale di Sicilia e dallo Stretto di Messina. In particolare, il Canale di Sicilia agisce da zona di congiungimento tra la popolazione Mediterranea, che si riproduce nel bacino orientale, e le aree di alimentazione oceanica del Mediterraneo occidentale. L'area compresa tra Sicilia meridionale e le coste della Puglia comprende un'importante zona di alimentazione pelagica.

Per quanto riguarda le coste limitrofe all'area oggetto di istanza, è importante segnalare che le aree marine protette "Porto Cesareo" e "Capo Rizzuto" sono state interessate da eventi, seppur sporadici ed eccezionali, di nidificazione da parte di esemplari di *Caretta caretta*.

La banca dati "Spiaggiamenti cetacei e tartarughe marine" fornisce dati e mappe relative agli spiaggiamenti di tartarughe nell'area dello Ionio settentrionale riferibili al periodo dal 1997 al 2006 (Figura 4.50).

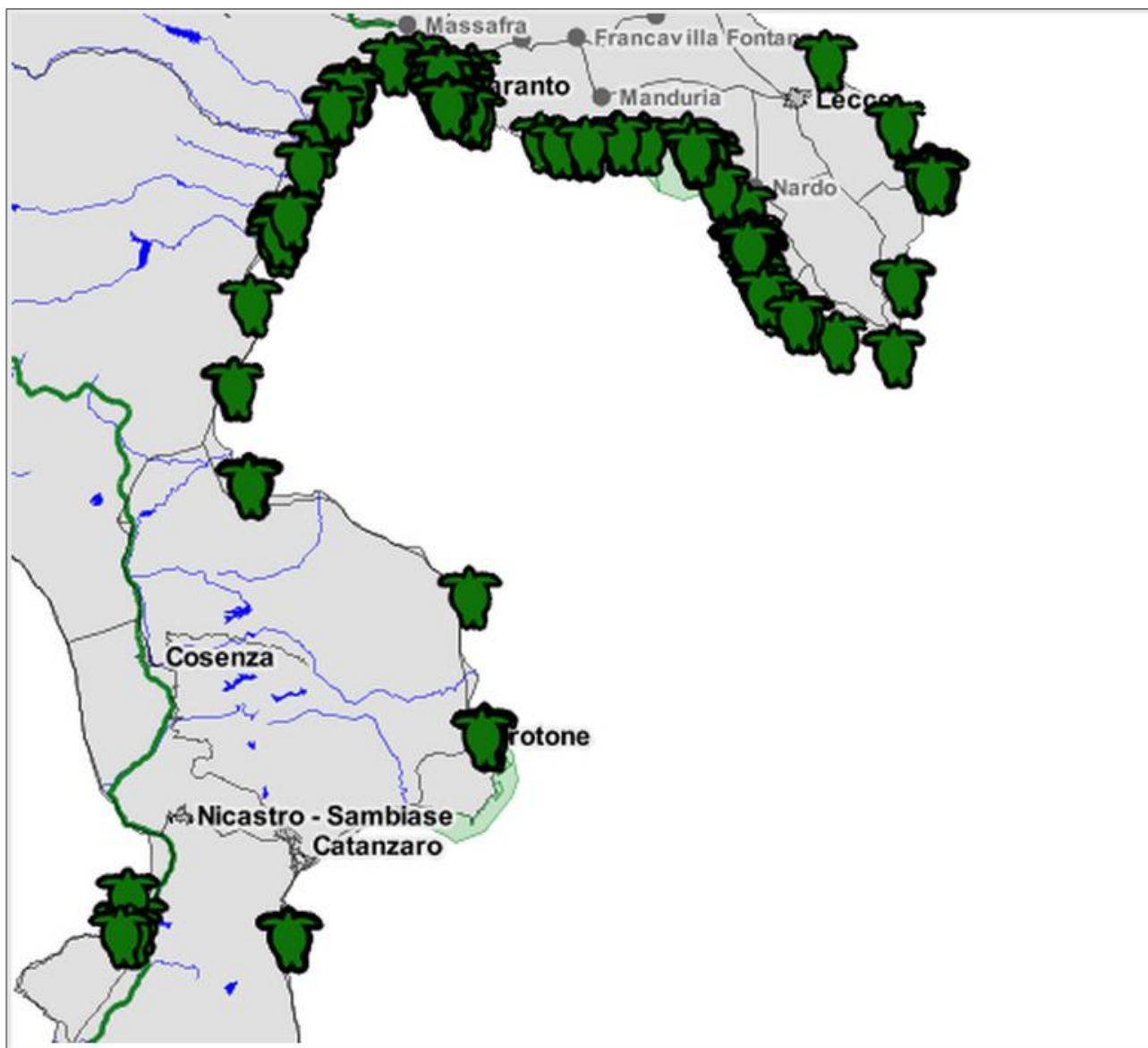


Figura 4.50 – Spiaggiamenti di tartarughe nella parte settentrionale del Mar ionio nel periodo compreso tra il 1997 a marzo 2006
(fonte: www.sidimar.tutelamare.it)

Attualmente la protezione delle tartarughe marine è messa in atto a livello internazionale attraverso la ratifica da parte di numerosi stati, di alcune convenzioni internazionali e in particolare dell'Unione Europea con specifiche direttive comunitarie.

Convenzione di Berna (Allegato II), ratificata dall'Italia con la Legge n.503/81, "Specie di fauna rigorosamente protette" (Art. 6).

Convenzione di Bonn (Allegati I e II), ratificata dall'Italia con la Legge n.42/83, specie migratrici minacciate e specie migratrici oggetto di accordi internazionali per la conservazione e gestione.

Convenzione di Washington (Appendice I Allegato A) sul commercio internazionale delle specie di fauna e flora minacciate di estinzione (normativa CITES), recepita dall'Italia con legge n.150/92 e modificata dal decreto legislativo n.275 del 2001.

Convenzione di Barcellona con la ratifica dell'atto finale "Legge 175/99" che prevede l'istituzione di Aree Speciali Protette di Importanza Mediterranea (ASPIM) e l'elaborazione di un piano d'azione per la conservazione delle tartarughe marine nell'ambito dell'adozione del Piano d'Azione del Mediterraneo (MAP).

Il decreto D.P.R. 357/97, regolamento recante attuazione della direttiva "Habitat" 92/43/CEE, inserisce le tartarughe marine in allegato D come specie animali che richiedono una protezione rigorosa.

Il decreto D.P.R. n.120/03, che reca integrazioni e modifiche al sopraccitato D.P.R. 357/97.

4.5.5 Benthos e Biocenosi

Le acque del Mar Ionio presentano caratteristiche oligotrofiche e le concentrazioni di nitrati e fosfati sono di circa il 90% e il 129% più basse rispetto a quelle del Mediterraneo occidentale.

Differenti biocenosi bentoniche caratterizzano il bacino ionico, dalla linea di costa fino al piano batiale. Lungo le coste della Puglia ionica dominano i fondi rocciosi sulla platea. Tra Otranto e Santa Maria di Leuca la costa è ricca di grotte sottomarine ed è frequente la biocenosi del coralligeno, con alcune aree ricoperte dalla fanerogama *Posidonia oceanica*. Questa, comunque, risulta più estesa nel tratto di costa compreso tra Santa Maria di Leuca e Porto Cesareo entro i 30 metri di profondità. Fondi a coralligeno sono presenti un po' dappertutto e, in particolare, intorno alle Secche di Ugento, fra 40 e 80 metri di profondità. Procedendo verso ovest, differenti biocenosi si avvicendano sul piano infralitorale e circalitorale. Praterie di *P. Oceanica* si alternano con aree ricoperte a *Cymodocea nodosa* nonché con fondi ad alghe fotofile su fondi rocciosi. In acque molto basse si trovano le biocenosi delle sabbie grossolane con correnti di fondo e delle sabbie fangose superficiali nelle zone riparate. In acque più profonde, si presenta diffusa la biocenosi del coralligeno di piattaforma e del detritico costiero. Lungo le coste ioniche della Basilicata e della Calabria, la presenza di numerosi fiumi e torrenti (Bradano, Basento, Cavane, Agri, Sinni, Crati, etc.) ha determinato la formazione di vaste spiagge alluvionali caratterizzate da fasce dunali ricoperte da macchia sempreverde. Nel piano infralitorale le biocenosi delle sabbie fini e grossolane si alterna con detritico costiero e praterie di *C. nodosa* e *P. oceanica*.

Nel piano circalitorale, sia in Puglia sia nelle regioni del versante sud-occidentale, la biocenosi dei fanghi terrigeni costieri è diffusa a partire dai 70-80 metri.

In Calabria, a sud-est di Capo Spulico, è presente la secca dell'Amendolara che copre un'area di circa 31 km². Per la ricchezza di specie, anche d'interesse commerciale, la secca è frequentata da pescatori locali che usano tramagli, palamiti e nasse. Intorno a essa, invece, a maggiori profondità, pescatori delle marinerie di Taranto e Corigliano Calabro effettuano la pesca a strascico mirata soprattutto alla cattura di naselli (*Merluccius merluccius*) e di gamberi rosa (*Parapenaeus longirostris*). Al margine della platea ci sono alcune aree, sia a nord che a sud della Valle di Taranto, in cui è presente la biocenosi del detritico del largo, generalmente caratterizzata dalla dominanza del crinoide *Leptometra phalangium*. Oltre la platea, la biocenosi del fango batiale si estende in tutto il bacino. Nell'ambito di questa biocenosi, le *facies* caratterizzate dalle specie *Funiculina quadrangularis* e *Isidella elongata* sono quasi completamente scomparse a causa della pesca a strascico. Queste due *facies* sono molto importanti poiché a esse risultano spesso associate specie di rilevante importanza commerciale, in particolare il gambero rosa (*P. longirostris*) e lo scampo (*Nephrops norvegicus*) alla prima e i gamberi batiali (*A. antennatus* e *A. foliacea*) alla seconda. Nel piano batiale, al largo di Santa Maria di Leuca, tra 350 e 1.100 metri di profondità, si estendono per circa 900 km² formazioni a coralli bianchi. Collinette carbonatiche (*mound*) di differente dimensione sono

ricoperte con variabile densità da colonie morte e viventi delle specie di scleractinie coloniali *Lophelia pertusa* e *Madrepora oculata*. Oltre 220 specie sono state identificate in questa area e molte di queste, anche di interesse commerciale, vi trovano rifugio, risorse alimentari e siti riproduttivi e di reclutamento. La complessità dell'habitat a coralli bianchi, con la presenza di organismi sospensivori e filtratori, è dovuta al sistema energetico-trofico strettamente correlato alla situazione idrografica dell'area. L'area a coralli bianchi di Santa Maria di Leuca è localizzata soprattutto oltre le 12 miglia nautiche delle acque territoriali. La marineria di Leuca e di Gallipoli operano intorno a tale area tra Otranto e Torre Ovo. Al fine di proteggere questo habitat particolare, la Commissione della Pesca in Mediterraneo (GFCM) ha istituito la nuova categoria legale di "*Deep-sea fisheries restricted area*".

Tra le biocenosi appena descritte un'attenzione particolare è riservata alle praterie di *Posidonia oceanica* che è stata dichiarata specie protetta, considerato il suo importante ruolo nell'ecosistema del Mediterraneo.

La *Posidonia oceanica*, è una pianta superiore, endemica del Mediterraneo, costituita da rizoma, foglie, fiori e frutti che si sviluppano lungo il litorale costiero fino a circa 40 metri di profondità.

La *Posidonia* si trova per lo più sui fondali mobili (fangosi e sabbiosi), e i suoi rizomi che hanno la capacità di crescere sia in verticale che in orizzontale, si intrecciano strettamente fra loro, formando con il sedimento intrappolato dalle foglie, una sorta di terrazze sottomarine, chiamate "*mattes*", alte anche diversi decimetri. Le praterie hanno un ruolo fondamentale nell'ecosistema del bacino mediterraneo. In primo luogo è uno dei produttori primari di ossigeno (circa 14 l/mq all'anno) e di sostanze, inoltre è fondamentale per la sopravvivenza di numerose specie di pesci, molluschi, echinodermi e crostacei, costituendo il riparo ideale per questi organismi marini che trovano tra le sue fronde, condizioni ottimali per la riproduzione e l'alimentazione, parte della quale è costituita dalle foglie stesse della pianta e dagli "epifiti" che vivono adesi ad esse e ai rizomi.

Un'altra funzione della *Posidonia* è quella di attenuare i fenomeni erosivi del mare sulle coste, infatti il movimento delle foglie rallenta il moto ondoso creando una vera e propria barriera. Nonostante tutte queste caratteristiche positive, nel bacino del Mediterraneo si sta assistendo ad una progressiva regressione delle praterie dovuta a fattori diversi. Oltre alla competizione con le alghe invasive alloctone, *Caulerpa racemosa* e *Caulerpa taxifolia*, contribuiscono al regresso della specie, con effetti altamente destabilizzanti per l'equilibrio dell'intero ecosistema marino, altri importanti fattori di disturbo, come la cementificazione delle rive, l'inquinamento, gli effetti dannosi delle reti "a strascico", gli ancoraggi, etc. Il Servizio Difesa Mare del Ministero dell'Ambiente, ha definito un piano specifico per la mappatura della *Posidonia* lungo le coste del Mediterraneo, secondo il "Programma nazionale di individuazione e valorizzazione della *Posidonia oceanica* nonché di studio delle misure di salvaguardia della stessa da tutti i fenomeni che ne comportano il degrado e la distruzione", previsto dalla Legge n° 426/98.

A partire degli anni '90 sono state realizzate le mappature delle praterie di *Posidonia oceanica* lungo le coste italiane. Il sito del Si.Di.Mar. fornisce la distribuzione delle varie tipologie di *Posidonia*. Dal sito sono state ricavate le differenti mappe per poi essere assemblate in un'unica carta di distribuzione (Figura 4.51).

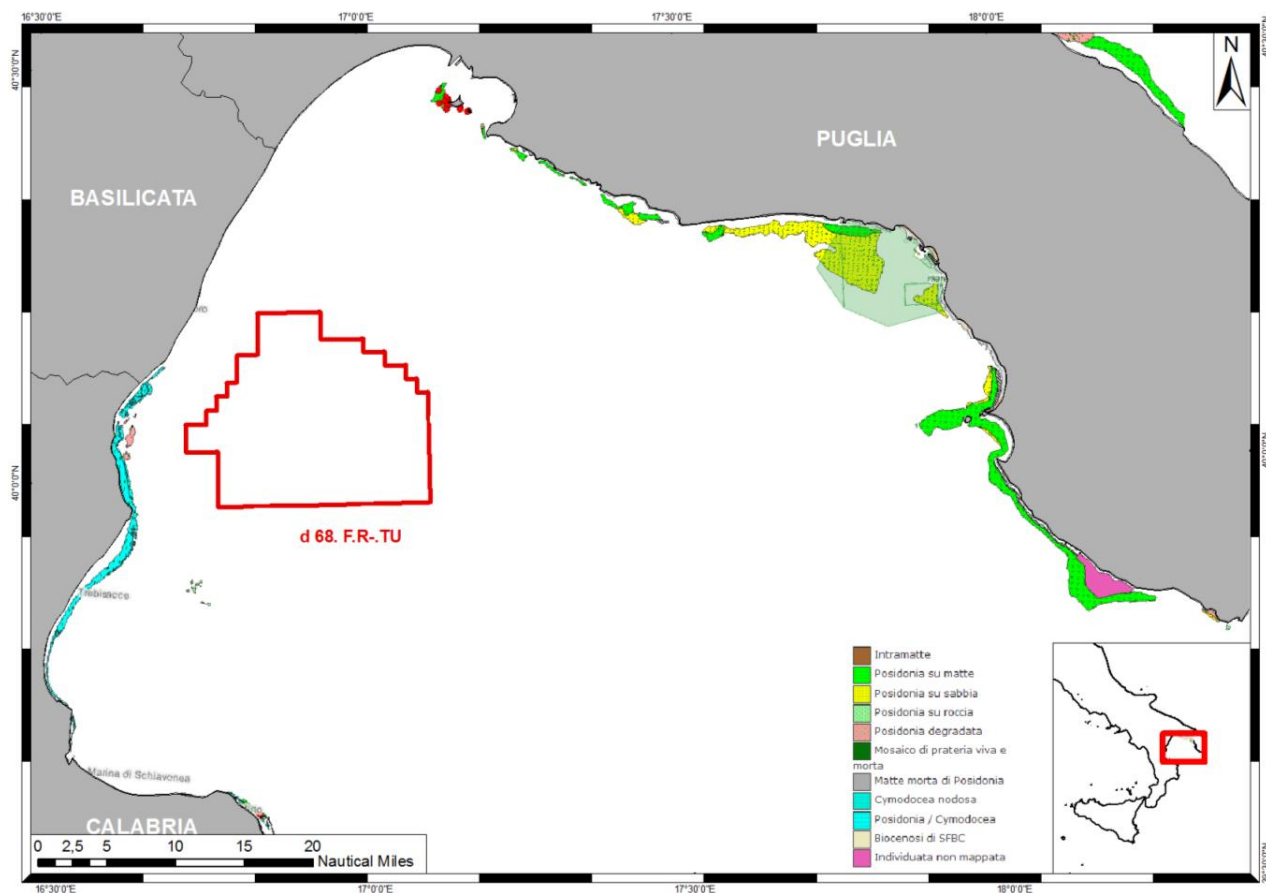



Figura 4.51 – Mappature delle praterie di *Posidonia Oceanica* nel Golfo di Taranto
(fonte: www.sidimar.tutelamare.it, modificata)

Altre specie che arricchiscono il patrimonio biocenotico marino nell’area del bacino ionico sono elencate e descritte nella seguente tabella (Tabella 4.8).

ACETABULARIA ACETABULUM	
	<p>Si tratta di un’alga verde facilmente riconoscibile per la tipica forma ad ombrellino, presente solo nei mesi estivi. Pur essendo macroscopica è un’alga unicellulare; colonizza i fondali duri ben illuminati e riparati dal moto ondoso, dalla superficie sino a 30 m di profondità. Ha un colore verde pallido ed è comunemente chiamata “Ombrellino di mare”.</p>
AIPTASIA MUTABILIS	



È un anemone dal corpo tubolare provvisto di base adesiva a forma di ventosa e di diametro minore di quello della colonna portante. Mostra minute papille adesive sulla metà inferiore. La caratteristica di questo anemone sono i numerosi tentacoli (più di cento) non molto lunghi che, se toccati, si contraggono a scatti sino a richiudersi. I tentacoli, che formano un caratteristico collare, sono di dimensioni differenti, massicci alla base e sottili sulla punta. Se disturbata emette filamenti bianchi (aconzie). Vive su fondali rocciosi, spesso in pozze riparate, in anfratti o fra le alghe, persino su legno; la si trova più comunemente in superficie, ma anche a 25-30 m di profondità.

APLYSIA DEPILANS



È un gasteropode, conosciuto con il nome di lepre di mare, che ha una conchiglia estremamente ridotta, trasparente, in posizione dorsale. Il corpo lobato mostra un ampio piede espanso e diviso in parapodi e il capo allungato presenta due escrescenze tentacolari. Vive su substrati duri ricchi di alghe, fino a 20 m di profondità. Si nutre di vegetali e si riproduce in primavera deponendo cordoni di uova di color rosso arancio, conosciuti con il nome di spaghetti di mare.

AXINELLA CANNABINA



Alga di colore verde pallido, consistente al tatto, caratterizzata da lunghi stoloni, dai quali partono ramoscelli di pochi centimetri simili a racemi (da cui prende nome la specie). Tra le specie appartenenti al genere *Caulerpa*, questa è quella con più alta variabilità morfologica. *Migrante lessepsino*, *C. racemosa* è di origine tropicale, penetrata nel Mediterraneo attraverso il Canale di Suez. È una specie poco esigente, con un tasso di crescita molto alto ed una elevata adattabilità, capace di insediarsi e svilupparsi anche in presenza di un forte disturbo antropico. Predilige fondali sabbiosi e melmosi a scarsa profondità, dove forma vere e proprie praterie sottomarine, entrando in competizione con specie autoctone.

CAULERPA RACEMOSA



Alga di colore verde pallido, consistente al tatto, caratterizzata da lunghi stoloni, dai quali partono ramoscelli di pochi centimetri simili a racemi (da cui prende nome la specie). Tra le specie appartenenti al genere *Caulerpa*, questa è quella con più alta variabilità morfologica. *Migrante lessepsino*, *C. racemosa* è di origine tropicale, penetrata nel Mediterraneo attraverso il Canale di Suez. È una specie poco esigente, con un tasso di crescita molto alto ed una elevata adattabilità, capace di insediarsi e svilupparsi anche in presenza di un forte disturbo antropico. Predilige fondali sabbiosi e melmosi a scarsa profondità,

dove forma vere e proprie praterie sottomarine, entrando in competizione con specie autoctone.

CEREUS PEDUNCULATUS



Si tratta di un anemone dal corpo tubolare che si allarga alle due estremità. Nella parte basale presenta un disco adesivo, in quella apicale un disco orale molto sporgente e spesso lobato, munito di circa 700 tentacoli delicati, piuttosto corti e anellati da bande chiare e scure, disposti in otto file. Vive su fondali duri più comune nelle strette fessure delle pozze di marea; presente dalla superficie fino a 30 m, ma anche rinvenuta oltre i 90 m di profondità. Dagli anfratti, in cui spesso vive, sporge solo con la corona di tentacoli. La parete del corpo è provvista, nella metà superiore, di numerose verruche

biancastre irregolari che spesso trattengono piccoli corpi estranei (frammenti di alghe, ciottolini o gusci di conchiglie).

CERIANTHUS MEMBRANACEUS



È un antozoo che vive all'interno di un tubo lungo fino ad un metro, infossato nei fondi sabbiosi o detritici che viene prodotto dall'animale durante l'intera vita, grazie alla produzione di sostanze proteiche che agglomerano sedimento e feci, solidificandosi a contatto con l'acqua. La parte più evidente è il ciuffo di tentacoli che sporge dal tubo utilizzato dall'animale per nutrirsi; la corona di tentacoli può raggiungere i 40 cm di diametro. La colorazione è variabile fra il biancastro e il violetto. Predilige fondali sabbiosi fra le praterie di Posidonia, all'ingresso delle grotte o alla base delle pareti rocciose.

CHAETOMORPHA SPP



Sono alghe verdi con tallo composto, formato da filamenti non ramificati, più o meno rigidi. Specie erette, a volte i filamenti formano batuffoli lanosi. Comuni su rocce, tra altre alghe, nelle pozze di marea poco profonde. I talli hanno riflessi perlacei ed andamento a crine di cavallo. Sono specie annuali e stagionali: il loro ciclo è ancora poco conosciuto. Non sono eccessivamente proliferanti e formano chiazze di modesta estensione.

CHONDRILLA NUCULA



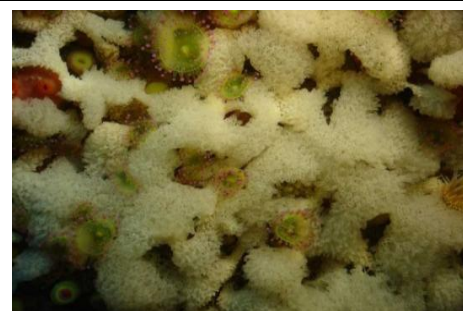
Spugna che forma colonie costituite da masserelle globulari i cui singoli individui hanno l'aspetto di un cuscinetto. Questi cuscinetti sono connessi tra loro a formare ammassi che possono raggiungere alcune decine di centimetri quadrati. La colonia ha generalmente sviluppo orizzontale. La consistenza al tatto è morbida e viscida. Abbondante su fondali rocciosi poco profondi, in fessure e piccole grotte.

CLADOCORA CAESPITOSA



È una specie comune in tutto il Mediterraneo. Vive preferenzialmente tra i blocchi rocciosi vicino alla sabbia, su rocce con scarsa vegetazione. Frequente nei primi 15 m di profondità può tuttavia essere rinvenuta fino ai 600 m. Nei luoghi esposti le colonie formano il cosiddetto frangente corallino, potendo arrivare a coprire diversi metri quadrati di substrati rocciosi pianeggianti all'ombra di rocce a strapiombo.

CLATHRINA CORIACEA



È una spugna che forma incrostazioni intrecciate e contorte, di aspetto piatto o a cuscinetto. La colonia raggiunge dimensioni di circa 10 cm di diametro. È una specie abbastanza comune nelle fessure e nelle cavità della roccia, solitamente in acque molto mosse. La colorazione è generalmente biancastra.

CLAVELINA LEPADIFORMIS



Caratteristica Ascidia sociale del Mediterraneo. Gli individui danno origine ad una colonia in cui i singoli zoidi sono collegati fra loro da uno stolone. I singoli individui hanno forma di clava e sono del tutto trasparenti. In questo modo è possibile osservare dall'esterno, tutte le strutture interne. Gli individui possono raggiungere un'altezza di 2-3 cm. Si nutre filtrando le particelle organiche presenti in sospensione. Vive solitamente appena sotto la linea di marea, anche se è stata ritrovata a 50 metri di profondità.

CLIONA SPP.



Appartiene alle spugne perforanti dalle piccole dimensioni e dall'aspetto incrostante che vivono all'interno delle rocce. Formano minuscole camere di perforazione nel substrato (forma alfa) oppure fuoriescono parzialmente con delle piccole papille (forma beta) all'interno delle quali si apre l'osculo. La colonia si presenta come una massarella soffice e polposa la cui forma, rotondeggiante o minutamente ramificata, dipende dal foro in cui vive. Queste particolari spugne vivono all'interno della matrice rocciosa perché possono disgregare il calcare per mezzo di secrezioni acide.

CYMODOCEA NODOSA



È una pianta superiore che fa fiori maschili e femminili, produce frutti ed è munita di foglie e radici. È molto simile alla più nota Posidonia, da cui si distingue per la minore dimensione delle sue foglie ed il colore verde più chiaro. I fiori maschili sono rossi, con un lungo peduncolo; i fiori femminili, invece, sono protetti da una guaina alla base delle foglie. I frutti sono discoidali, del diametro di circa 1 cm. È una pianta perenne. vive in fondali sabbiosi in acque poco profonde; è molto esigente per quanto riguarda la luminosità, pertanto di solito non la si trova a più di 10 metri di profondità.

CYTOSEIRA SP



Appartiene al gruppo delle alghe brune, ampiamente diffuse lungo i fondali rocciosi a bassa profondità e ben illuminati. Al genere *Cystoseira* appartengono numerose specie, la cui determinazione è piuttosto difficoltosa.

DICTYOTA DICHOTOMA



Alga dal portamento eretto con tallo nastriforme appiattito, tipicamente ramificato dicotomicamente su di un unico piano (da cui il nome della specie) e in maniera regolare. Gli apici sono arrotondati e generalmente bilobati e il tallo si fissa al substrato tramite rizomi terminanti in un disco adesivo. Nel periodo riproduttivo, sulle superfici delle fronde, sono visibili gli organi riproduttori in forma di piccoli puntini scuri. Colonizza i substrati duri del piano infracircolatorale, comunemente in acque calme e superficiali, rara a grandi profondità. Spesso epifita su altre alghe, la si ritrova sovente

associata a specie del genere *Dictyopteris*. La colorazione varia dal bruno al verde con forti iridescenze azzurre lungo il margine del tallo (visibili solo sott'acqua), più evidenti durante il periodo dell'accrescimento.

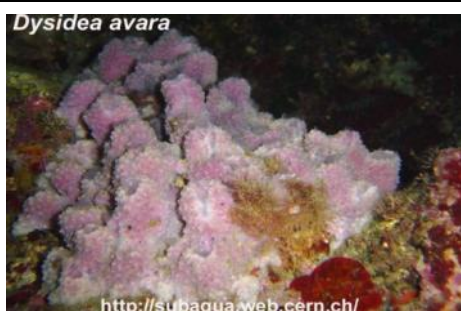
DISCODORIS ATROMACULATA



Questo nudibranco è uno dei più noti nel Mediterraneo, per la sua colorazione bianca a macchie nere che gli è valsa il nome di vacchetta di mare. Nella porzione posteriore è ben evidente il ciuffo branchiale esterno. I rinofori, nella parte anteriore, sono tozzi e lamellari. Può raggiungere i 15 cm di lunghezza, si riproduce in autunno e depone le uova in strutture a nastro di colore biancastro. Una volta schiuse le uova e dopo la metamorfosi, le vacchette di mare rimangono strettamente legate dal punto di vista alimentare ad una spugna, la *Petrosia ficiformis*, di cui si nutrono e su cui è facile ritrovarle. Vive su

fondali rocciosi dai 5 m fino ai 50 m di profondità.

DYSIDEA AVARA



Spugna cornea dal corpo massiccio, di forma lobata o tubulare. Si eleva di alcuni centimetri rispetto al substrato formando delle ramificazioni cilindriche alla cui sommità si aprono gli osculi esalanti. La superficie è ruvida e spinosa per la presenza di conuli alti 4-6 millimetri in cui terminano le fibre di spongina. Le fibre a loro volta formano un sottile reticolo che conferisce alla spugna un aspetto delicato. Vive generalmente all'interno di grotte o su fondi ad alghe coralline, da 20 a 70 m.

ECHINASTER SEPOSITUS



È conosciuto come stella rossa, per via della sua colorazione molto vivace, ed è uno degli asteroidei più noti. Il corpo è piuttosto piccolo e da questo si dipartono 5 braccia lunghe a sezione circolare, di consistenza molle ma ruvida. Come tutti gli asteroidei è una specie dai movimenti molto lenti, si ciba prevalentemente di spugne, di vermi o di materiale in sospensione. Vive su fondali rocciosi, detritici, a volte anche su sabbia e fango o nelle praterie di fanerogame marine, dalla superficie fino ad oltre 250 m di profondità.

FLABELLIA PETIOLATA



Comunemente nota come "Ventaglio di mare" è un'alga verde, con tallo fogliaceo, tipicamente a forma di ventaglio con margini ondulati o sfrangiati negli esemplari più grossi. Ha portamento eretto ed aderisce al substrato tramite un sottile e piccolo peduncolo, fissato a sua volta ad un rizoma orizzontale da cui si possono originare più fronde. La *Flabellia petiolata* è comune nei primi metri ma è stata segnalata sino a -120 m.

FLABELLINA AFFINIS



La parte più caratteristica di questo nudibranco è sicuramente la presenza di numerose appendici dorsali, le papille, riunite in gruppi ed emergenti da brevi appendici, disposte in numero di 6-9 per ciascun lato. Questo gasteropode ha una dieta estremamente specializzata, si nutre infatti prevalentemente di idroidi del genere *Eudendrium*. Questa particolare associazione è resa possibile dal fatto che il nudibranco è del tutto immune dalle punture delle nematocisti degli idroidi, anzi le ingerisce, le accumula nelle papille dorsali e le utilizza come strumento di difesa.

GEODIA CYDONIUM



Spugna dal corpo massiccio, di forma variabile tra il globoso e il circonvoluto (simile ad un cervello). La superficie presenta delle sferule silicee disposte a stella, tra le quali le spicole assumono disposizione radiale. Vive di norma su fondali sabbiosi e melmosi, in grotte e su banchi ricchi di sedimento grossolano a 20-25 m di profondità, più raramente sul litorale roccioso profondo. Spesso è epifitata da numerosi altri organismi.

GOBIUS CRUENTATUS



Questo Gobide è conosciuto con il nome di ghiozzetto boccarossa per la caratteristica pigmentazione presente sulle labbra. Lo si ritrova facilmente nelle praterie di Zostera e di Posidonia in acque aperte e si avvicina alla terra durante la riproduzione. Può raggiungere i 18 cm di lunghezza. Nonostante la sua ampia diffusione poco si sa sulla sua biologia.

HALICLONA MEDITERRANEA



Spugna in forma di placche massicce e molli, ramificate o incrostanti. Forma dei tubuli simili a ciminiere di varia altezza con osculo che si apre in posizione terminale. I pori inalanti non sono visibili. La consistenza è tenera e friabile. La superficie è ruvida e rugosa per la presenza di un reticolo regolare di fibre aghiformi. Vive su pareti rocciose ben illuminate, fondali detritici, comune su fondali ad alghe coralline, dai 15 ai 40 m di profondità.

HALIMEDA TUNA



Alga verde il cui tallo, fissato al substrato per mezzo di sottili rizoidi, è formato da una serie di dischetti sovrapposti, che la rendono simile ad un minuscolo fico d'india, da cui le deriva il nome comune di "Fico d'India marino". Il suo colore è verde, ma può presentarsi biancastra a causa di incrostazioni calcaree. Specie comune su substrati rocciosi tra la superficie ed i 70 metri di profondità. La riproduzione sessuale avviene nello stesso giorno per diverse popolazioni della stessa età.

HALOCYNTHIA PAPILLOSA



Rappresenta una delle ascidie solitarie più appariscenti del Mediterraneo, con un corpo cilindrico, allungato e leggermente rigonfio al centro. Si fissa con la parte inferiore al substrato e presenta due sifoni ben evidenti nella parte superiore, uno superiore inalante (orale) e uno laterale esalante (anale). I due sifoni presentano un collaretto all'apertura relativamente alto, portante una serie di setole scure molto rigide. Quando i sifoni sono chiusi, l'apertura assume la forma di una croce. La tunica è di consistenza dura, papillosa e ruvida al tatto. La muscolatura è ben sviluppata, se

toccata, reagisce prontamente contraendosi ed espellendo l'acqua.

HEXAPLEX TRUNCULUS



È un gasteropode con conchiglia tendenzialmente fusiforme e possiede un'ampia apertura anteriore da cui fuoriesce l'animale. La superficie esterna è riccamente ornata da pieghe longitudinali e bottoncini disposti soprattutto sulla superficie superiore. L'apertura ovale termina con un canale sifonale ben evidente, ripiegato posteriormente e dotato di un opercolo corneo che serve da chiusura quando l'animale si ritrae all'interno del guscio, in caso di pericolo. È una specie carnivora, si ciba prevalentemente di carogne di pesci o di altri animali. Non è difficile trovare ammassi di decine di individui

intenti a nutrirsi. *Hexaplex*, insieme ad un altro muricide, *Stramonita haemastoma*, si riproduce da maggio a giugno. In questo periodo, più individui si radunano e depongono insieme le uova in strutture biancastre e tubulari fissate a substrato roccioso. In antichità, da questo gasteropode, così come da altri murici, veniva estratta la porpora, il famoso colorante utilizzato per tingere gli indumenti delle classi più abbienti.

HYPSELODORIS MESSINIENSIS



Molti nudibranchi sono caratterizzati da una differente morfologia e colorazione nelle varie fasi dello sviluppo. È il caso di questo piccolo gasteropode, *H. messiniensis*, che ha uno stadio giovanile simile ad altre specie, uno stadio adulto ben evidente e riconoscibile ed infine uno stadio senile con caratteristiche completamente differenti, tanto che spesso i diversi stadi vengono erroneamente considerati tre differenti specie. Lo si ritrova su popolamenti algali su fondi vicini alla superficie, dove per mezzo della radula (placca dotata di denti), raspa la superficie delle rocce e delle alghe nutrendosi soprattutto del film

batterico ed algale.

HYPSELODORIS TRICOLOR



Molti nudibranchi mostrano associazioni alimentari piuttosto strette: questo, molto delicato, mostra ad esempio, nella sua dieta una predilizione per le spugne. Si ritrova infatti spesso associato a spugne del genere *Cacospongia*. Si ritrova su fondi rocciosi o detritici, fino a 50 m di profondità. È ben riconoscibile per la livrea riccamente colorata di blu elettrico e per la presenza di strie longitudinali gialle, bianche e arancio.

LAURENCIA OBTUSA



Ha un tallo eretto di forma piramidale. La colorazione varia dal rosso vinaccio al rosato, al giallognolo, al verde oliva. Tipica del piano infralitorale, comune su rocce vicino alla superficie in luoghi moderatamente esposti, su substrati fotofili, spesso epifita su altre alghe (*Cystoseira*). La si ritrova anche in profondità (soprattutto sulle foglie di *Posidonia*), fino a 40 m.

LITHOPHAGA LITHOPHAGA



È un mollusco bivalve comunemente detto “Dattero di mare”. Vive all’interno delle rocce calcaree, dove scava una nicchia, secernendo acidi, che viene ampliata man mano che il mollusco si accresce. Aderisce alla parete interna del buco con i filamenti del bisso. È comune e molto diffuso sulle coste rocciose di tipo calcareo dell’infraitorale, dalla superficie fino a 10-15 metri di profondità. Ha una crescita molto lenta; raggiunge gli 8 cm di lunghezza, anche se sono stati segnalati esemplari fino a 20 cm. Il prelievo di questa specie, dato il particolare habitat di *L. lithophaga*, può avvenire solo

mediante asportazione della roccia che lo circonda, distruggendo completamente la fauna e la flora che su di essa crescono, provocando, inevitabilmente, un enorme danno alla roccia ed ai popolamenti animali e vegetali ad essa associati. Il danno arrecato, inoltre, è aggravato dall’azione dei ricci che, brucando sulla roccia desertificata, e nutrendosi delle larve appena insediate, impediscono la ricolonizzazione di questi substrati che rimangono deserti per decenni. Per questo motivo sono vietati, oltre al prelievo, anche la vendita, l’acquisto ed il consumo dei dattero di mare.

LITHOPHYLLUM SP.



Alga rossa fortemente calcificata ed incrostante, forma spesso grandi proliferazioni a scaglie sovrapposte di forma lamellare saldate insieme a formare vasti cuscinetti compatti ma fragili. Si fissa al substrato tramite la porzione più piccola del lato inferiore lasciando liberi i margini che si aprono a ventaglio semicircolare. I singoli talli raggiungono dimensioni di 20 cm, nelle zone di marea arrivano a costituire una fascia compatta e continua. Abbondante su fondi duri e ben ombreggiati in prossimità della superficie e su rocce e detriti fino a 60 metri di profondità. Nel Mediterraneo è conosciuto con il

nome di lichene di mare e nella zona di risacca in corrispondenza delle aree rocciose è responsabile delle cosiddette formazioni a “trattoir”.

MYRIAPORA TRUNCATA



È un Briozoo arboreo dall’aspetto poroso, cespuglioso e dicotomicamente ramificato in tutte le direzioni. I rami sono a sezione cilindrica ed appaiono troncati alle estremità e punteggiati lungo tutta la superficie da minuscoli pori che corrispondono alle aperture degli zoidi. Per la sua colorazione e struttura della colonia, viene spesso scambiato e raccolto come corallo rosso, ma ben presto perde il colore trasformandosi in un alberello bianco e delicato. Questa caratteristica gli è valso il nome di “corallo degli sciocchi”. La colonia si fissa al substrato per mezzo di un corto e tozzo tronco non

sempre visibile. Rappresenta uno degli organismi più tipici dei fondali rocciosi poco illuminati. La riproduzione avviene tra febbraio e marzo, prediligendo le zone d’ombra della costa rocciosa. Lo si ritrova in anfratti e sul fondo all’entrata delle grotte, a partire da 1 m di profondità sino a 100 m.

Tabella 4.8 – Tabella che raccoglie le diverse specie bentoniche (fonte: www.ampportocesareo.it)

Le diverse specie bentoniche risultano strettamente correlate alla profondità del fondale. Essendo organismi fotosintetici, la loro distribuzione è limitata alla zona fotica, in cui la luce solare è sufficientemente forte per sostenere i processi di fotosintesi. Il limite dalla zona fotica nel Mar Ionio si aggira ad una profondità di circa

200 metri che varia a seconda della zona e dagli apporti di sedimento che aumentano la torbidità dell'acqua.

4.5.6 Nursery

In riferimento alle risorse e alle attività di pesca, col termine *Nursery* si indicano quegli ambienti e quelle aree marine idonee in cui le diverse specie ittiche svolgono le proprie attività riproduttive. Risulta semplice intuire l'importanza di tali attività di ripopolamento in relazione al continuo rinnovo delle risorse aliutiche.

Per cercare di ottimizzare le attività nel Mar Ionio, sono stati attuati programmi dedicati alle risorse demersali come la campagna di raccolta dati MEDIT, CAMPBIO e GRUND, finanziato dalla FAO e dal MiPAAF, finalizzato alla cooperazione scientifica a supporto della pesca responsabile, sia demersale che pelagica.

Risulta fondamentale conoscere e individuare le cosiddette aree di *Nursery* (dedite alla riproduzione) e *Spill-out* (serbatoi di risorse giovanili e di riproduttori) presenti nella GSA 19, così da preservarne il normale svolgimento delle attività biologiche ed ecologiche in relazione all'esecuzione delle operazioni di prospezione.

I dati utilizzati per la stima dell'indice di reclutamento provengono dalle campagne sperimentali MEDIT condotte dal 1994 al 2010. In particolare, per quanto riguarda il Nasello (*Merluccius merluccius*), Gambero rosa (*Parapeneus longirostris*) e lo Scampo (*Nephrops norvegicus*) i valori soglia utilizzati per individuare la frazione corrispondente alle reclute sono stati derivati dal progetto *Nursery* (MiPAAF). L'andamento dell'indice di reclutamento del Nasello (*M. merluccius*) è risultato piuttosto fluttuante nel tempo senza evidenziare un trend significativo. Tuttavia, un aumento statisticamente significativo dell'indice di reclutamento è stato osservato per la specie nella GSA 19. L'indice di reclutamento per il Gambero Rosa (*P. longirostris*) ha mostrato ampie oscillazioni lungo l'intero periodo investigato, senza mostrare tendenze significative nell'andamento temporale. Tuttavia, per il gambero rosa un incremento dei valori è stato osservato nel biennio 2008-2009. L'intensità di reclutamento dello Scampo (*N. norvegicus*) ha mostrato un andamento fluttuante, senza mettere in evidenza alcun trend significativo. La distribuzione geografica delle aree di *Nursery* di nasello, gambero rosa e scampo nella GSA 19 è stata analizzata utilizzando i metodi della geostatistica sui dati raccolti durante le campagne di pesca sperimentali GRUND e MEDIT.

Le più importanti aree di *Nursery* presenti nella GSA 19 per nasello e gambero rosa sono state individuate tra 100 e 250 metri, soprattutto tra Otranto e Santa Maria di Leuca e, nel Golfo di Squillace, a sud di Capo Rizzuto e a nord di Punta Stilo. Tali aree di *Nursery* sono risultate piuttosto stabili nel tempo. Per quanto riguarda lo scampo, le aree di maggiore concentrazione dei giovanili sono state rilevate con continuità temporale soprattutto al largo di Gallipoli e Torre Ovo tra 200 e 800 metri di profondità. Un'ulteriore area di *Nursery* per la specie è stata rilevata nel Golfo di Corigliano, a nord del Banco dell'Amendolara, entro gli 800 metri di profondità (Figura 4.52 a, b, c).

All'interno della zona in istanza di permesso di ricerca non ricade nessuna delle nursery sopracitate in quanto il valore dell'indice di probabilità per il Nasello, Gambero Rosa e lo Scampo è molto basso e va da un minimo di 0 a massimo 0,20. Gli indici più elevati nei pressi del blocco in istanza si osservano per quanto riguarda le specie di Gambero Rosa e Scampo a oltre 16 chilometri in direzione sud ovest del blocco in prossimità della Secca di Amendolara.

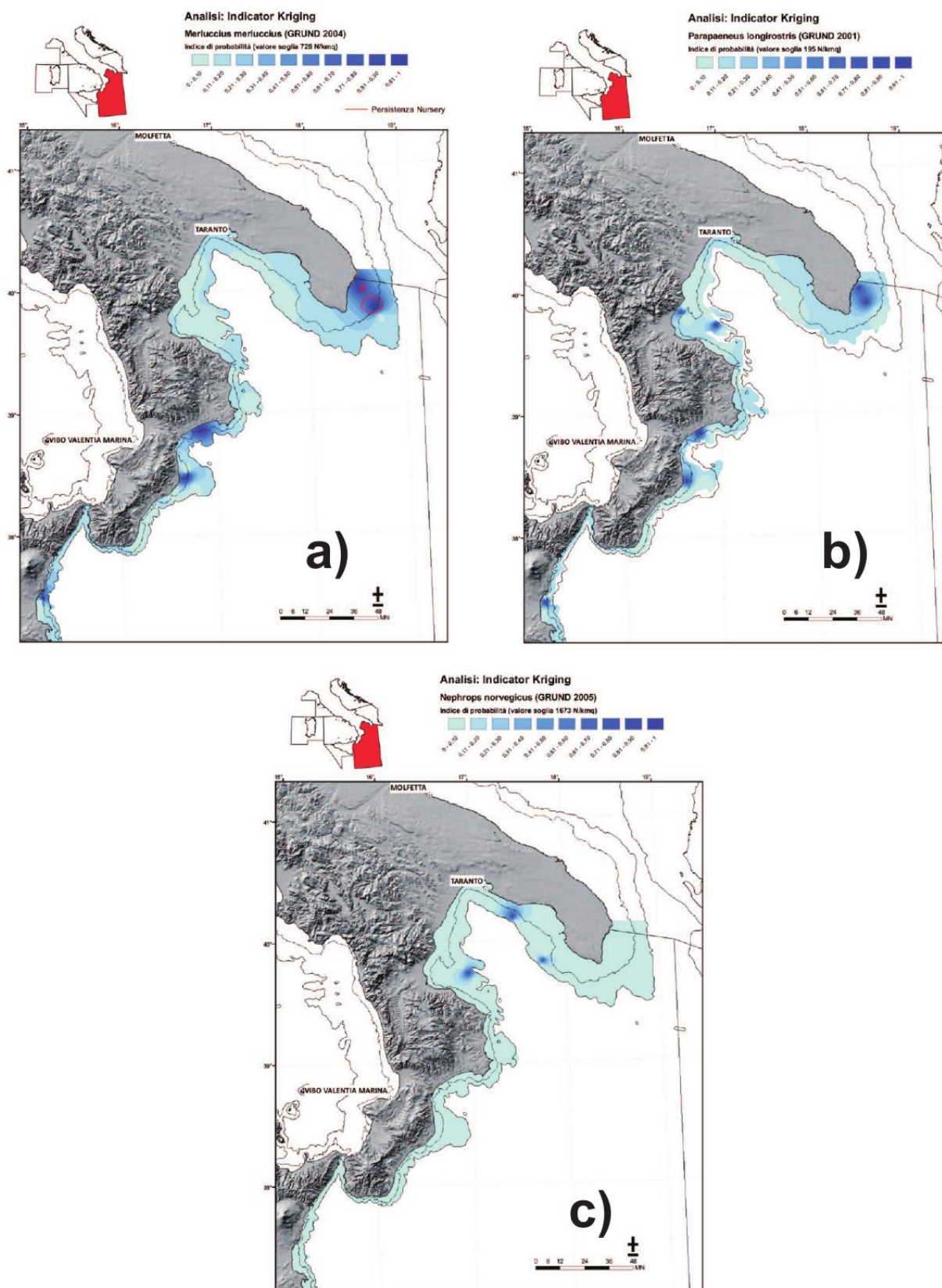


Figura 4.52 – I dati provenienti dalle campagne sperimentali MEDITS condotte dal 1994 al 2010 hanno reso possibile la realizzazione delle mappe di distribuzione geografica delle Nursery per: a) Nasello (*Merluccius merluccius*); b) Gambero Rosa (*Parapeneus longirostris*); c) Scampo (*Nephrops norvegicus*), (fonte: www.politicheagricole.it – Stato della natura della pesca 2011 – Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali)

4.6 ATTIVITÀ COMMERCIALI

4.6.1 Pesca

Lo studio per una valutazione delle risorse biologiche e sul monitoraggio della attività di pesca delle flotte operanti (legata ad aspetti giuridici nazionali) hanno determinato la ripartizione del Mar Mediterraneo in una serie di aree che fanno da riferimento tanto per le attività di gestione quanto per quelle di indagine scientifica.

Le aree rappresentano, con i loro confini, un compromesso tra i vari aspetti in gioco (giuridico, geografico, ambientale). Il Mar Mediterraneo è stato suddiviso in 30 sub-aree geografiche, denominate GSA (*Geographic Sub Areas*). Il termine "sub" è riferito al fatto che il Mar Mediterraneo è, a sua volta, uno degli oltre 60 Grandi Ecosistemi Marini (*Large Marine Ecosystem*) del pianeta. Tale ripartizione è stata stabilita dalla risoluzione 31/2007/2 della Commissione Generale per la Pesca nel Mediterraneo (*General Fisheries Commission for the Mediterranean – GFCM*), su indicazioni del Comitato Scientifico Consultivo (*Scientific Advisory Committee – SAC*). Le 30 aree differiscono largamente per dimensioni e per caratteristiche. La ripartizione geografica delle aree di pesca in Mediterraneo è un processo in continua evoluzione, e soggetto a periodici miglioramenti da parte del SAC (Tabella 4.9, Figura 4.53).

Ripartizione del Mediterraneo in GSA					
1	Mare di Alboran settentrionale		16	Coste meridionali della Sicilia	
2	Isole Alboran		17	Adriatico settentrionale	
3	Mare di Alboran meridionale		18	Adriatico meridionale	
4	Algeria		19	Ionio occidentale	
5	Isole Baleari		20	Ionio orientale	
6	Nord della Spagna		21	Ionio meridionale	
7	Golfo del Leone		22	Mare Egeo	
8	Corsica		23	Isola di Creta	
9	Mar Uigure e Tirreno settentrionale		24	Mar di Levante settentrionale	
10	Tirreno centro-meridionale		25	Isola di Cipro	
11	Mari di Sardegna	11.1 11.2	Sardegna Ovest Sardegna Est	26	Mar di Levante meridionale
12	Nord della Tunisia		27	Mar di Levante	
13	Golfo di Hammamet		28	Mar di Marmara	
14	Golfo di Gabes		29	Mar Nero	
15	Isola di Malta		30	Mare d'Azov	

Tabella 4.9 – Lista delle sub-aree geografiche che compongono la ripartizione del Mediterraneo istituite dalla Commissione Generale per la Pesca nel Mediterraneo (fonte: www.politicheagricole.it – Stato della natura della pesca 2011 – Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali)

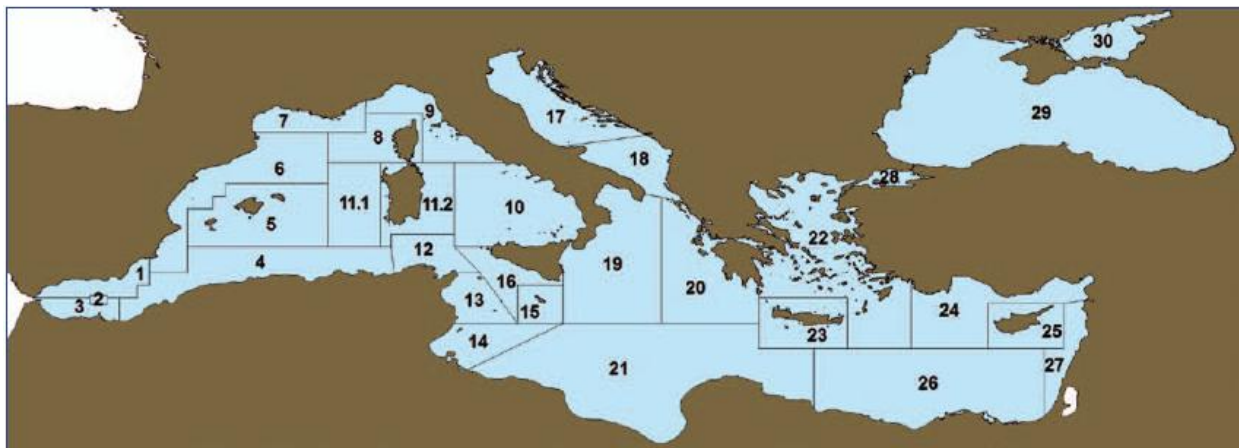


Figura 4.53 – Distribuzione delle sub-aree geografiche che compongono la ripartizione del Mediterraneo istituite dalla Commissione Generale per la Pesca nel Mediterraneo (fonte: www.politicheagricole.it – Stato della natura della pesca 2011 – Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali)

L'area in istanza ricade nel sub area GSA 19 "Ionio occidentale". La GSA 19 (divisione statistica FAO 37 .2.2 – Ionio) ha una estensione circa 16.500 km², interessando, da Capo d 'Otranto (Lecce) sino a Capo Passero (Siracusa), più di 1.000 km di costa della Puglia, Basilicata, Calabria e Sicilia dove sono distribuiti 8 Compartimenti marittimi. Il bacino settentrionale del Mar Ionio è diviso dal canyon di Taranto in due settori, differenti fra loro per caratteri geomorfologici e idrografici (Figura 4.54).

L'attività di pesca si realizza, in relazione alla particolarità dei fondali e al valore commerciale delle varie specie, sia nelle acque costiere sia sui fondi di scarpata fino a 700-750 m di profondità. L'intera GSA 19 è caratterizzata dalla pesca costiera artigianale che usa varie tipologie di attrezzi: reti da posta, reti da circuizione, palangari, nasse. Lo strascico, in particolare con il *métier "mixed demersal and deep water species"* occupa, in genere, il secondo posto in ordine di importanza, sia con riferimento al numero di battelli sia alla produzione (Irepa, 2010).

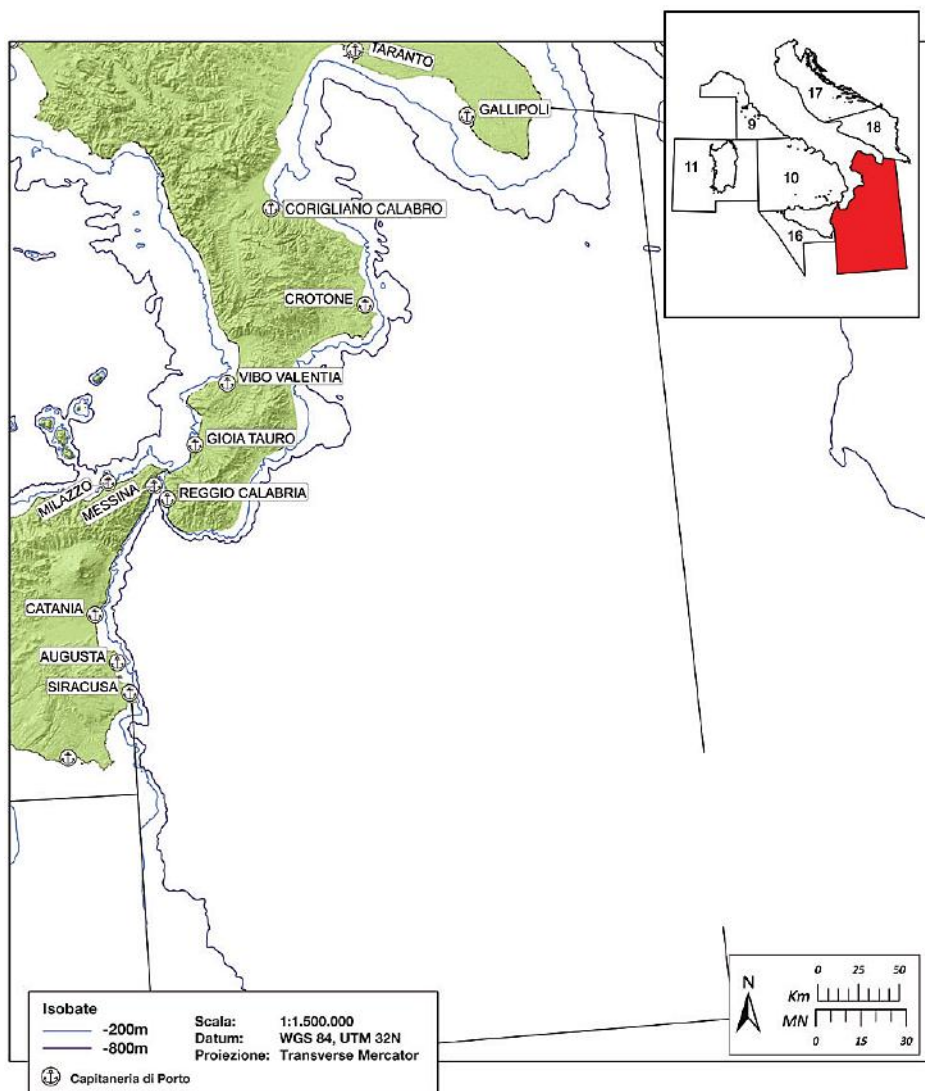


Figura 4.54 – Delimitazione geografica della GSA 19. Le linee blu e blu scuro indicano rispettivamente le profondità batimetriche di 200 e 800 metri. Sono inoltre riportate le Capitanerie di porto dei rispettivi Compartimenti marittimi (fonte: www.politicheagricole.it – Stato della natura della pesca 2011 – Ministero delle politiche agricole alimentari e forestali)

Le sovrapposizioni di areali di pesca con imbarcazioni provenienti da altre GSA non sono particolarmente rilevanti e riguardano principalmente le coste della Calabria ionica. Le risorse demersali sono prevalentemente oggetto delle catture dello strascico e della piccola pesca. Fra le specie bersaglio, il Nasello è considerata la specie che presenta la maggiore varietà di sistemi impiegati per la cattura, che prelevano frazioni della popolazione sostanzialmente differenti (es. strascico e palangaro) o con parziale sovrapposizione (strascico e piccola pesca). In Puglia e Calabria ionica il sistema di pesca più largamente diffuso è lo strascico, seguito dalla piccola pesca costiera che utilizza tramagli, palamiti e nasse. Comunque, in tutte le aree ioniche sono presenti imbarcazioni fornite di licenza "polivalente" che frequentemente cambiano la tipologia di pesca in relazione alla stagione, alla disponibilità delle risorse in mare e alle richieste del mercato.

Nella GSA 19 i Compartimenti marittimi dove la flotta peschereccia a strascico è maggiormente rappresentativa sono Gallipoli, Taranto, Crotone e Reggio Calabria.

Dal punto di vista strutturale, la flotta a strascico della GSA 19 che opera lungo il litorale ionico della Calabria e della Puglia è composta da 225 battelli. La quasi totalità delle imbarcazioni a strascico della GSA 19 effettua bordate di pesca di un giorno (Gallipoli, Taranto, Crotona), ad eccezione di alcune flottiglie, e in particolare quella di Roccella Ionica (Reggio Calabria), che realizza bordate di pesca di 2-3 giorni. I pescherecci a strascico contribuiscono con la più alta produzione e il maggior valore del prodotto nella GSA 19. Complessivamente, le catture dello strascico nei tre maggiori porti di sbarco (Crotona, Taranto e Gallipoli) della GSA 19 rappresentano fino al 3% dell'intero sbarcato nazionale (Maiorano et al., 2010).

Gallipoli, Taranto, Crotona e Reggio Calabria rappresentano le attività di pesca più importanti del nord-ovest del Mar Ionio, anche se con una diversa distribuzione dello sforzo di pesca. Le statistiche ufficiali nazionali (Irepa, 2010) riportano a Crotona la percentuale più alta delle grandi navi di stazza lorda, con il 44%, a Reggio Calabria il 21%, mentre una percentuale inferiore di pescherecci da traino opera a Gallipoli (24%) e Taranto (11%).

Altri sistemi di pesca nel GSA 19 vedono l'utilizzo delle reti da posta, palangari e circuizione. Nelle acque tra Taranto e Schiavonea è molto significativa la piccola pesca costiera realizzata da imbarcazioni che utilizzano soprattutto tramagli e, in misura minore, nasse per la cattura di cernie, tanute (*Spondyliosoma cantharus*), saraghi (*Diplodus annularis*), mormore (*Lithognathus mormyrus*), pagelli fragolina (*Pagellus erythrinus*), pagri (*Pagrus pagrus*), scorfani (*Scorpaena porcus*, *Scorpaena scrofa*), spicare (*Spicara spp.*), sogliole (*Solea soea*), seppie (*S. officinalis*) e polpi (*O. vulgaris*). Nella stessa area, nei mesi tra dicembre e aprile, viene praticata con le reti da circuizione la pesca al bianchetto (soprattutto *Sardina pilchardus* e *Engraulis encrasicolus*).

4.6.2 Traffico marittimo

L'Italia si trova al centro dei traffici marittimi europei, grazie anche alla sua posizione strategica al centro del Mediterraneo. La Figura 4.55 evidenzia quali siano i porti maggiormente coinvolti nelle principali rotte, rappresentate con una linea blu, delle navi che collegano il nord Europa all'Asia. I dati riportati nella carta riguardano i *teu* (*twenty-foot equivalent unit*) dei vari porti coinvolti in questi traffici.

Focalizzando l'attenzione sulla parte settentrionale del mar Ionio, in cui ricade l'area oggetto di indagine, il porto più vicino risulta essere quello di Taranto, ad una distanza di circa 33 chilometri a nord-est. La rotta principale per raggiungerlo è localizzata nella parte orientale del Golfo ionico, e non si sovrappone all'area oggetto di indagine.

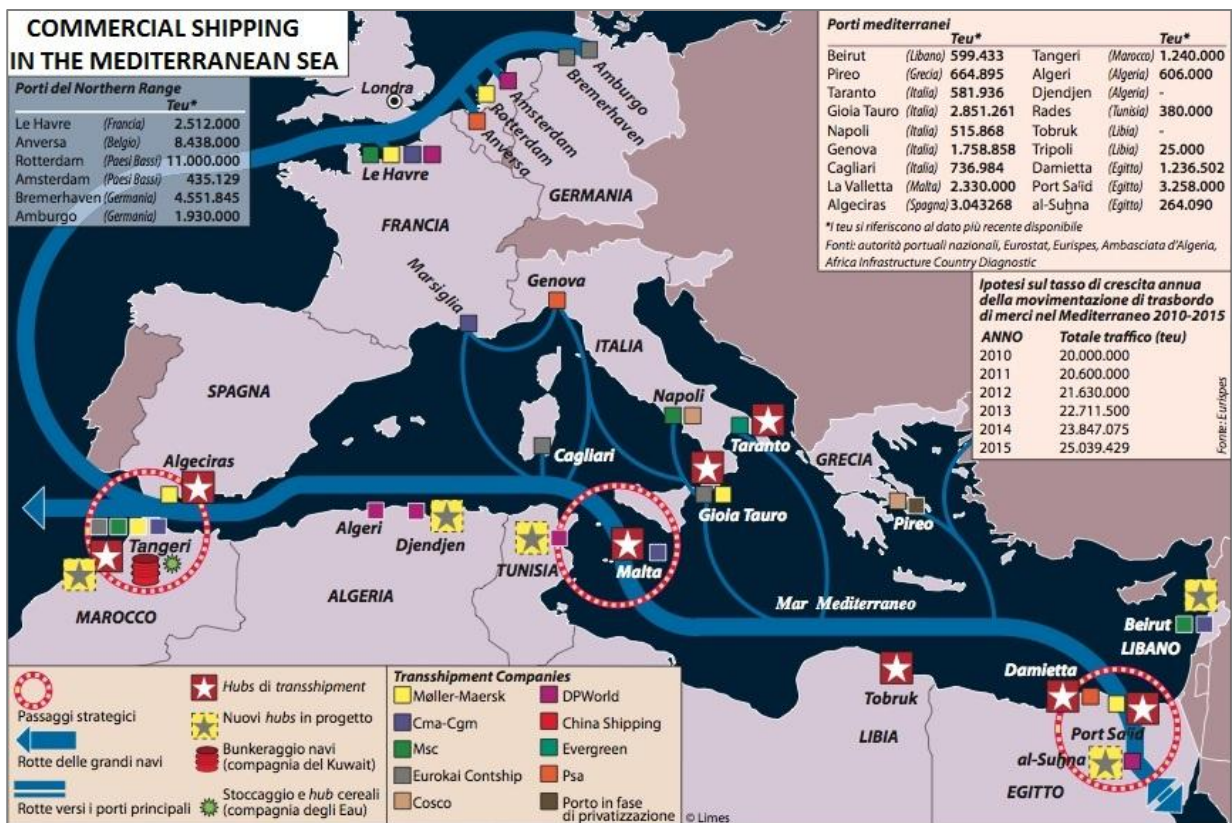


Figura 4.55 – La carta evidenzia quali porti sono maggiormente coinvolti nelle rotte del mare. Cerchiati in rosso si segnalano i passaggi strategici come lo stretto di Gibilterra, il canale di Suez e il corridoio siculo-tunisino. In blu sono rappresentate le principali rotte delle navi che collegano il nord Europa all’Asia (fonte: www.temi.repubblica.it/limes)

Il Porto di Taranto, situato sulla costa settentrionale dell’omonimo Golfo, è costituito da un’ampia rada denominata Mar Grande e da un’insenatura interna chiamata Mar Piccolo. Le infrastrutture portuali sono distribuite lungo il settore nord occidentale del Mar Grande (Porto Mercantile e Porto Industriale) e immediatamente fuori di esso in direzione ovest (Terminal contenitori e 5° Sporgente). L’ambito portuale si estende per 3.408.560 m², di cui: 2.431.594 m² sono aree operative, mentre 1.998.790 m² sono aree in concessione. Le caratteristiche dei traffici suddivise per tipologia di cargo sono riassunte come segue:

- Cargo containerizzato movimentato al Taranto Container Terminal
- Rinfuse solide e prodotti siderurgici relativi alle attività industriali dell’ILVA
- Rinfuse liquide (greggio e prodotti raffinati) prodotte dalla raffineria ENI
- Movimentazione di cemento relativo alle attività produttive della Cementir Italia
- Merci varie movimentate sulle banchine libere non assentite in concessione

Il Mar Grande è un’ampia rada di facile accesso che consente una buona manovrabilità. E’ delimitata da due dighe che integrano le protezioni naturali della costa (promontori e isolette). L’imboccatura principale è larga 1.400 m. Dal centro del Mar Grande si diparte un canale d’accesso profondo 25 metri che conduce alla banchina del 4° Sporgente. Le navi vengono pilotate lungo specifici allineamenti per raggiungere i rispettivi moli di attracco. Questi ultimi sono protetti da tre scogliere frangiflutti. Il Molo ovest e il Polisetoriale, situati al di fuori del Mar Grande, sono protetti da una diga foranea.

Di seguito vengono riportati i dati relativi al traffico navale che ha interessato il porto di Taranto nel periodo febbraio-marzo 2013.

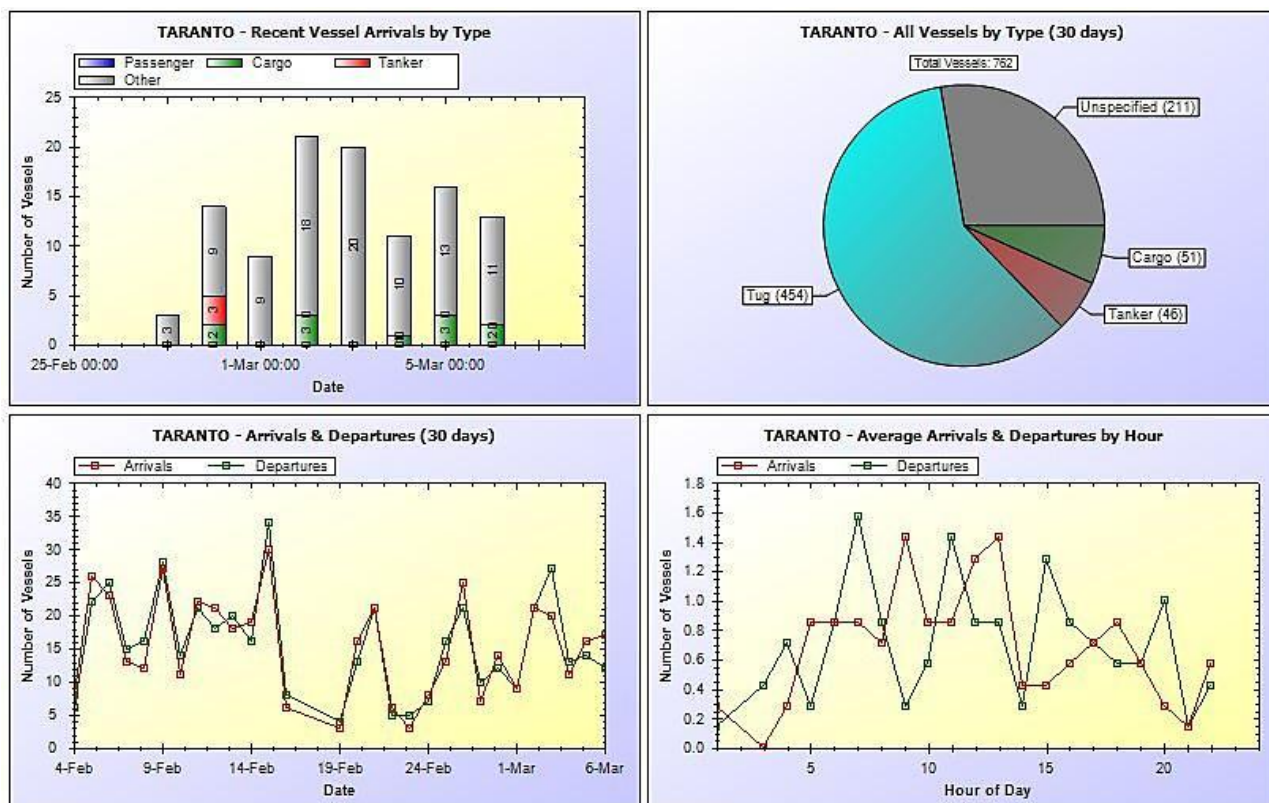


Figura 4.56 – Dati relativi al traffico navale del porto di Taranto nel periodo febbraio-marzo 2013
(fonte: www.marinetraffic.com)

Dai dati riportati in Figura 4.56, risulta un traffico totale di 762 imbarcazioni durante il periodo di riferimento di 30 giorni, rappresentate per il 59% da rimorchiatori, per il 28% da navi non identificate, per il 7% da cargo e per il 6% da petroliere.

Per quanto riguarda il numero di arrivi giornalieri, si va da un minimo di 3 navi fino ad un massimo di 30, mentre le partenze giornaliere vanno da un minimo di 4 imbarcazioni fino ad un massimo di 34. La curva degli arrivi ricalca approssimativamente quella delle partenze, per cui è deducibile che le navi che arrivano in porto ripartano durante la stessa giornata.

5 ANALISI E STIMA DEGLI IMPATTI POTENZIALI

5.1 INTRODUZIONE

Lo scopo del presente capitolo è quello di individuare e valutare gli impatti potenziali che potrebbero verificarsi sulle componenti ambientali presenti all'interno dell'area in oggetto durante la campagna di acquisizione geofisica, condotta con l'utilizzo dell'*air-gun*.

Come descritto nei paragrafi precedenti, l'area oggetto di istanza si presenta come uno specchio d'acqua sito nella parte settentrionale del Mar Ionio racchiuso tra le Regioni Calabria, Basilicata e Puglia. L'area del permesso dista circa 14 miglia dalle coste orientali calabresi, circa 15 miglia dalle coste lucane e circa 22 miglia marine dalle coste meridionali pugliesi, ricadendo interamente nella zona marina convenzionalmente definita F.

Per quanto riguarda i possibili impatti legati alla sola presenza fisica della nave sismica e della nave di appoggio durante il tempo previsto per effettuare l'attività di acquisizione sismica, si ritengono assimilabili al normale traffico marittimo presente nell'area.

Durante la fase dell'indagine geofisica, condotta utilizzando come fonte di energizzazione l'*air-gun* e considerando le caratteristiche morfologiche dell'area, le possibili interazioni con la costa e le attività costiere sono da considerarsi nulle, viste la notevole distanza. Inoltre, le operazioni sono di carattere temporaneo, infatti al termine dell'acquisizione dei dati, tutte le attrezzature verranno rimosse. Le interazioni principali previste sono dunque emissioni sonore, occupazione dello specchio d'acqua, interazioni su fauna marina e con le attività di pesca.

Come precedentemente descritto, il progetto risulta, nel suo complesso, compatibile con quanto previsto dai vincoli normativi vigenti al momento della stesura di questo studio ambientale.

Si ricorda che l'attività di energizzazione, effettuata attraverso gli *air-gun*, non andrà ad interessare le seguenti aree:

- complessi archeologici (siti e monumenti) ufficialmente riconosciuti, relitti sommersi di interesse storico;
- aree marine protette;
- aree SIC-ZPS;
- aree di nidificazione delle tartarughe;
- aree di ripopolamento.

Queste aree non solo non verranno interessate dall'energizzazione vera e propria, ma nemmeno dalle operazioni di corollario allo studio, quali stendimento di cavi, posizionamento degli idrofoni, posizionamento della nave con la sorgente e naturalmente le conseguenti operazioni di rimozione totale delle attrezzature.

5.2 EMISSIONI SONORE E IMPATTO ACUSTICO

Le onde acustiche sono onde meccaniche longitudinali che si propagano, a partire dalla sorgente, in tutte le direzioni dello spazio tridimensionale. Le molecole investite dall'onda vibrano lungo il raggio di propagazione e quindi nella stessa direzione di propagazione dell'onda, provocando fasi alternate di compressione, alta densità e pressione, e di rarefazione, bassa densità e pressione, del mezzo attraversato.

Le onde sonore sono onde acustiche comprese fra 20 Hz e 20 kHz, cioè l'intervallo di frequenze udibili dall'orecchio umano. Onde acustiche di frequenza inferiore a 20 Hz si dicono infrasuoni, onde acustiche di frequenza superiore a 20 kHz si dicono ultrasuoni.

In mare le principali sorgenti acustiche possono essere di origine naturale, provocate da mammiferi marini, terremoti, moto ondoso e piogge, oppure di origine antropica, dovute al traffico navale, lavori di costruzione ed attività costiere, ecoscandagli, *sonar* militari e civili, indagini geosismiche ed esperimenti oceanografici, generatori eolici.

Uno tra i primi studi condotti sul rumore dell'ambiente nei sistemi marini, e che tutt'oggi costituisce ancora un valido punto di riferimento è stato condotto negli anni '60 da Wenz (Wenz, 1962) ed è riassunto nella sottostante Figura 5.1. Da essa si può notare come le varie sorgenti naturali, a carattere sia intermittente che continuo, abbraccino una porzione considerevole dello spettro sonoro, andando dai pochi Hz fino alle centinaia di kHz.

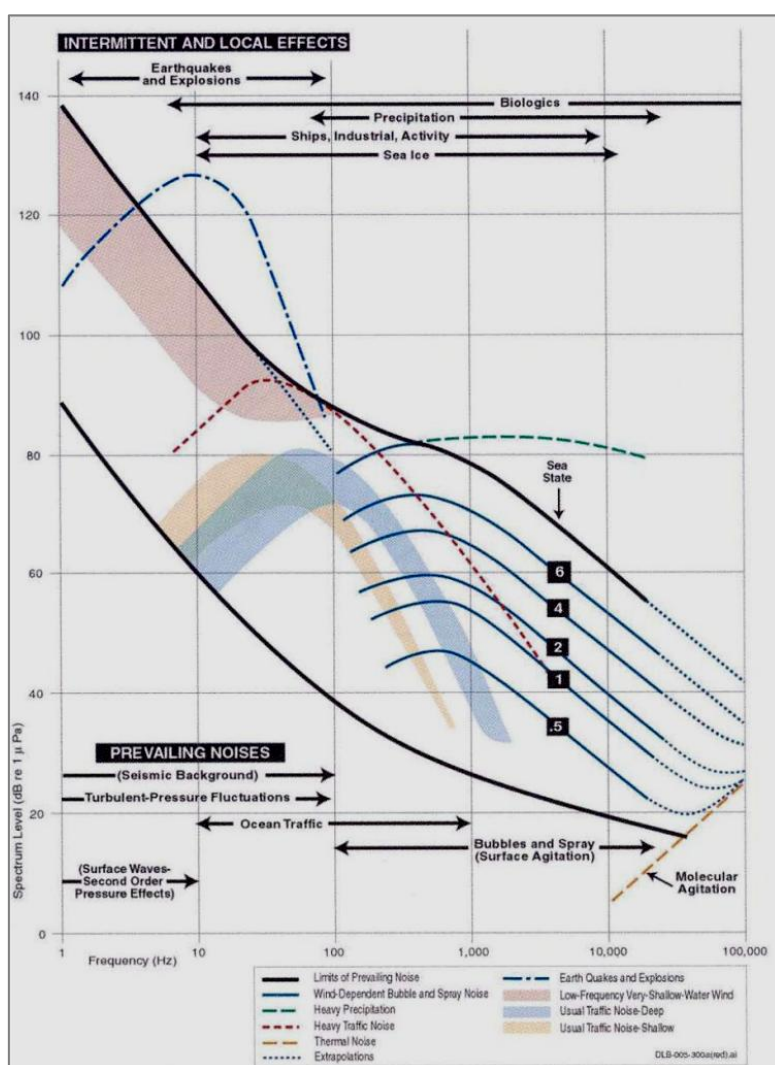


Figura 5.1 - Curve di Wenz: l'asse verticale mostra i valori dei livelli sonori (dB re 1 μ Pa), mentre quello orizzontale le frequenze (fonte: Wenz, 1962)

Nel presente studio saranno prese in esame le sole sorgenti di origine antropica con un dettaglio sull'attività relativa alle indagini geosismiche.

I suoni emessi durante le indagini geosismiche, generalmente caratterizzati da alta intensità e basse frequenze, vengono diretti verso la crosta terrestre e da questa, a loro volta, riflessi per poter così fornire una conoscenza dei vari assetti geologici che caratterizzano l'area indagata. Il suono riflesso viene processato per ottenere informazioni riguardo alla struttura e alla composizione delle formazioni geologiche, e per individuare potenziali riserve di idrocarburi.

Durante queste operazioni la sorgente acustica, un array di *air-gun* (come da progetto del presente studio), viene trainato ad una profondità di 4-10 m con una velocità di 4-5 nodi, mentre la catena idrofonica (per la rilevazione dei segnali riflessi) viene posizionata ad una profondità di 10-12 metri e ad una distanza di alcuni chilometri dall'array delle sorgenti.

Ad ogni singolo *air-gun* è associabile un livello sonoro tra 215-230 dB re 1 μ Pa, con una concentrazione dell'energia tra i 10 ed i 300 Hz (Greene et al., 1994) e, se utilizzato in acque poco profonde (20-25 metri), può essere percepibile anche in aree distanti decine di chilometri.

Per rendersi realmente conto, sia qualitativamente che quantitativamente, dell'impatto acustico che può generare nell'ambiente marino circostante un'attività di prospezione sismica si demanda al sito web www.sonsdemar.eu, nel quale è possibile udire diverse fonti sonore a confronto, potenzialmente presenti in mare.

Il fenomeno di propagazione delle onde sonore è molto complesso e funzione di diversi fattori e parametri fisici. Generalmente la velocità con cui le onde sonore si propagano attraverso un qualsiasi mezzo (gassoso, liquido o solido) non è una costante in ogni punto, ma dipende dalle caratteristiche del mezzo stesso. Essa, infatti, aumenta al diminuire di tre parametri, quali temperatura, livello di salinità e pressione. In questo ambito si parla più frequentemente di pressione intesa in senso lato come profondità dal momento che, con l'aumentare della prima, la pressione aumenta in modo lineare. La temperatura e la salinità, invece, variano secondo latitudine, stagione, ora del giorno, condizioni meteorologiche e altri fattori oceanografici.

I tre parametri citati modificano il valore della velocità di propagazione secondo la seguente formula di Mackenzie (1981):

$$c(P,S,T) = 1448.96 + 4.591 T - 5.304 \times 10^{-2} T^2 + 2.374 \times 10^{-4} T^3 + 1.340 (S - 35) + 1.630 \times 10^{-2} P + 1.675 \times 10^{-7} P^2 - 1.025 \times 10^{-2} T(S - 35) - 7.139 \times 10^{-13} TP^3$$

dove:

c = velocità del suono (m/s); T = temperatura ($^{\circ}$ C); S = salinità (ppt) e P = profondità (m).

Questa relazione fornisce un errore di 0,07 m/s ed è valida entro valori di temperatura tra 0 e 30 $^{\circ}$ C, livello di salinità tra 25 e 40 ppt e profondità tra 0 e 8000 metri.

Il valore convenzionale della velocità del suono in acqua, ad una temperatura di riferimento di 23 $^{\circ}$ C, è di circa 1500 m/s, ovvero circa 4,3 volte il valore in aria.

5.2.1 Limiti acustici per la tutela dei mammiferi marini

I suoni di origine antropica possono avere intensità e frequenze tali da sovrapporsi ai suoni utilizzati normalmente dai cetacei, i quali, a seconda delle loro capacità uditive, vengono suddivisi in cetacei che percepiscono le basse, medie e alte frequenze.

Le prospezioni geofisiche sono incluse fra le attività antropiche a potenziale rischio acustico, in quanto responsabili dell'introduzione di rumore in ambiente marino, ed i cetacei che utilizzano per le loro

comunicazioni suoni a bassa frequenza percepiscono maggiormente la propagazione dei suoni prodotti dagli *air-gun* (Figura 5.2) e potrebbero quindi essere la categoria più esposta a rischi (Lanfredi et al., 2009).

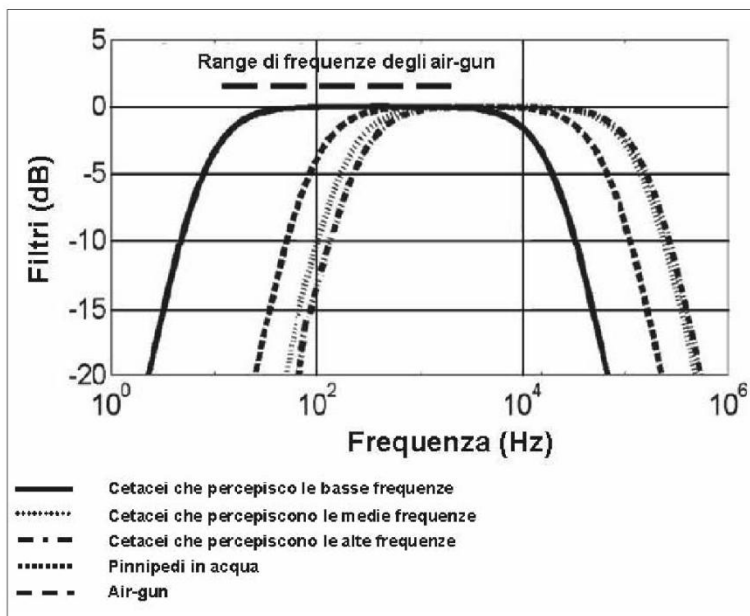


Figura 5.2 – Grafico riportante il range di frequenze percepite dai mammiferi marini, con indicazione delle frequenze prodotte dagli *air-gun* (fonte: Lanfredi et al., 2009)

Nella tabella seguente vengono illustrate le diverse categorie di mammiferi marini in relazione ai tipi di frequenze udibili e con indicazione delle differenti specie (sono state sottolineate quelle presenti nell'area oggetto di studio).

Categoria	Range di frequenza (Hz)	Specie (genere)
Cetacei che percepiscono le basse frequenze	7 – 22.000	<i>Balaena</i> , <i>Caperea</i> , <i>Eschrichtius</i> , <i>Megaptera</i> , <u><i>Balaenoptera</i></u>
Cetacei che percepiscono le medie frequenze	150 – 160.000	<i>Steno</i> , <i>Sousa</i> , <i>Sotalia</i> , <i>Tursiops</i> , <u><i>Stenella</i></u> , <u><i>Delphinus</i></u> , <i>Lagenodelphis</i> , <i>Lagenorhynchus</i> , <i>Lissodelphis</i> , <u><i>Grampus</i></u> , <i>Peponocephala</i> , <i>Feresa</i> , <i>Pseudorca</i> , <u><i>Orcinus</i></u> , <u><i>Globicephala</i></u> , <i>Orcacella</i> , <i>Physeter</i> , <i>Delphinapterus</i> , <i>Monodon</i> , <i>Ziphius</i> , <u><i>Berardius</i></u> , <i>Tasmacetus</i> , <i>Hyperoodon</i> , <i>Mesoplodon</i>
Cetacei che percepiscono le alte frequenze	200.000 – 180.000	<i>Phocoena</i> , <i>Neophocaena</i> , <i>Phocoenoides</i> , <i>Platanista</i> , <i>Inia</i> , <i>Kogia</i> , <i>Lipotes</i> , <i>Pontoporia</i> , <i>Cephalorhynchus</i>
Pennipedi: percezione in ambiente acquoso	75 – 75.000	<i>Arctocephalus</i> , <i>Callorhinus</i> , <i>Zalophus</i> , <i>Eumetopias</i> , <i>Neophoca</i> , <i>Phocarcos</i> , <i>Otaria</i> , <i>Erignathus</i> , <i>Phoca</i> , <i>Pusa</i> , <i>Halichoerus</i> , <i>Histiophoca</i> , <i>Pagophilus</i> , <i>Cystophora</i> , <u><i>Monachus</i></u> , <i>Mirounga</i> , <i>Leptonychotes</i> , <i>Ommatophoca</i> , <i>Lobodon</i> , <i>Hydrurga</i> , and <i>Odobenus</i>

Tabella 5.1 – Frequenze udibili dalle diverse categorie di mammiferi marini. Sono state sottolineate le specie presenti nell'area del Mar Ionio settentrionale (fonte: Sounthall et al, 2007).

Dalla Tabella 5.1, è possibile osservare come l'unico mammifero che percepisce le basse frequenze presente nell'area oggetto di studio sia la *Balenoptera acutorostrata*.

Il *National Marine Fisheries Service* (NMFS), l'agenzia responsabile della gestione delle risorse marine viventi della nazione e del loro habitat, ha adottato dei criteri di sicurezza standard in termini di limiti massimi di esposizione per diverse categorie di mammiferi marini. Tali limiti sono stati calcolati dall'Università della Columbia sulla base della sensibilità acustica di specie target, con lo scopo di migliorare le misure da adottarsi in caso di investigazioni geofisiche (Tabella 5.2).

Categoria	Limiti di esposizione (dB re 1 μ Pa)
Mammiferi marini in generale	160
Tartarughe marine	170
Cetacei	180
Pinnipedi	190

Tabella 5.2 - Limiti di esposizione proposti ed adottati dal *National Marine Fishery Service* per diverse categorie di mammiferi marini (fonte: Lanfredi et al., 2009)

Il lavoro pubblicato da Southall et al. nel 2007 rappresenta il lavoro più recente e aggiornato in cui sono riportati i valori soglia del rumore oltre i quali si possono verificare effetti negativi a livello dei mammiferi marini. I valori indicati tengono conto delle diverse caratteristiche dei rumori di origine antropica (suoni a impulsi singoli, impulsi multipli e suoni non impulsivi), delle caratteristiche acustiche delle diverse specie di mammiferi marini (cetacei a bassa, media e alta frequenza) e di tre tipologie di effetti biologici legati all'esposizione al rumore (perdita temporanea TTS o permanente PTS di sensibilità uditiva e disturbi comportamentali).

Nella tabella seguente sono riportati i valori soglia per mammiferi marini esposti a diversi tipi di rumore (*single pulses, multiple pulses, non-pulses*) capaci di originare perdita temporanea (TTS) di sensibilità uditiva (Southall et al., 2007). Come si evince dalla Tabella 5.3, i cetacei (a bassa, media ed alta frequenza) esposti a suoni a impulsi multipli, in cui rientra la categoria dei survey geosismici, con valori di picco di RL (*received level*) pari a 224 dB re: 1 μ Pa possono essere soggetti a perdita temporanea di sensibilità uditiva.

Marine mammal group	Sound type		
	Single pulses	Multiple pulses	Non-pulses
Low-frequency cetaceans			
Sound pressure level	224 dB re: 1 μ Pa (peak)(flat)	224 dB re: 1 μ Pa (peak)(flat)	224 dB re: 1 μ Pa (peak)(flat)
Sound exposure level	183 dB re: 1 μ Pa ² -s	183 dB re: 1 μ Pa ² -s	195 dB re: 1 μ Pa ² -s
Mid-frequency cetaceans			
Sound pressure level	224 dB re: 1 μ Pa (peak)(flat)	224 dB re: 1 μ Pa (peak)(flat)	224 dB re: 1 μ Pa (peak)(flat)
Sound exposure level	183 dB re: 1 μ Pa ² -s	183 dB re: 1 μ Pa ² -s	195 dB re: 1 μ Pa ² -s
High-frequency cetaceans			
Sound pressure level	224 dB re: 1 μ Pa (peak)(flat)	224 dB re: 1 μ Pa (peak)(flat)	224 dB re: 1 μ Pa (peak)(flat)
Sound exposure level	183 dB re: 1 μ Pa ² -s	183 dB re: 1 μ Pa ² -s	195 dB re: 1 μ Pa ² -s

Tabella 5.3 - Valori soglia per mammiferi marini esposti a diversi tipi di rumore (il tipo di attività in oggetto rientra nella categoria *multiple pulses*) capaci di originare perdita temporanea (TTS) di sensibilità uditiva (fonte: Southall et al., 2007)

5.3 SALUTE PUBBLICA

L'area oggetto di studio si colloca nella parte settentrionale del Mar Ionio, all'interno del "golfo di Taranto", quel tratto di mare compreso tra Punta Meliso di Santa Maria di Leuca (LE) e Punta Alice. La linea di base che lo racchiude è lunga 60 miglia marine e bagna le coste di tre regioni: Calabria, Basilicata e Puglia.

Per quanto riguarda i possibili impatti sulla salute pubblica, è opportuno precisare che durante lo svolgimento della campagna di acquisizione sismica non si produrranno emissioni di radiazioni ionizzanti e/o non ionizzanti, pertanto non si prevede alcun rischio per la popolazione costiera, la quale non sarà esposta ad alcun tipo di interferenza in grado di determinare effetti sulla salute umana.

5.4 RISCHIO SISMICO

L'Italia è uno dei Paesi a maggiore rischio sismico del Mediterraneo, per la frequenza dei terremoti che hanno storicamente interessato il suo territorio e per l'intensità che alcuni di essi hanno raggiunto, determinando un impatto sociale ed economico rilevante. La sismicità della Penisola italiana è legata alla sua particolare posizione geografica, perché è situata nella zona di convergenza tra la zolla africana e quella eurasiatica ed è sottoposta a forti spinte compressive, che causano l'accavallamento dei blocchi di roccia. Dall'andamento della linea nell'immagine si capisce perché, di fatto, solo la Sardegna non risenta particolarmente di eventi sismici.

La sismicità è rappresentata dalla frequenza e dalla forza con cui si manifestano i terremoti. Rappresenta una caratteristica fisica del territorio, al pari del clima, dei rilievi montuosi e dei corsi d'acqua. Conoscendo la frequenza e l'energia (magnitudo) associate ai terremoti che caratterizzano un territorio ed attribuendo un valore di probabilità al verificarsi di un evento sismico di una certa magnitudo, in un certo intervallo di tempo, possiamo definire la sua pericolosità sismica. Un territorio avrà una pericolosità sismica tanto più elevata quanto più probabile sarà, a parità di intervallo di tempo considerato, il verificarsi di un terremoto di una certa magnitudo. Le conseguenze di un terremoto, tuttavia, non sono sempre gravi: molto dipende infatti, dalle caratteristiche di resistenza delle costruzioni alle azioni di una scossa sismica. Questa caratteristica, o meglio la predisposizione di una costruzione ad essere danneggiata da una scossa sismica, si definisce vulnerabilità. Quanto più un edificio è vulnerabile (per tipologia, progettazione inadeguata, scadente qualità dei materiali e modalità di costruzione, scarsa manutenzione), tanto maggiori saranno le conseguenze che ci si deve aspettare in seguito alle oscillazioni cui la struttura sarà sottoposta. Infine, la maggiore o minore presenza di beni a rischio e, dunque, la conseguente possibilità di subire un danno (economico, in vite umane, ai beni culturali, etc...), viene definita esposizione (di vite umane, beni economici, beni culturali).

Le più recenti norme che dettano le linee da seguire in ambito sismico sul territorio italiano sono fornite dal D.M.II.TT. 14 gennaio 2008. In esso si illustrano le disposizioni da osservare per la realizzazione di costruzioni in zona sismica ed è per questo conosciuto come NTC 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

Per quanto riguarda la classificazione del rischio sismico sul territorio nazionale italiano sono state aggiornate, nel tempo, diverse mappe basate su criteri e parametri fisici differenti. Sulla base di tali norme, è stata di recente prodotta la mappa di classificazione sismica aggiornata al 2012 (Figura 5.3). Secondo tale mappa la penisola italiana viene suddivisa in quattro principali zone sismiche in relazione al differente livello di pericolosità. Sono presenti, tuttavia, sottozone la cui identificazione scaturisce dalla necessità di interventi ed indagini ad hoc in caso di studio.

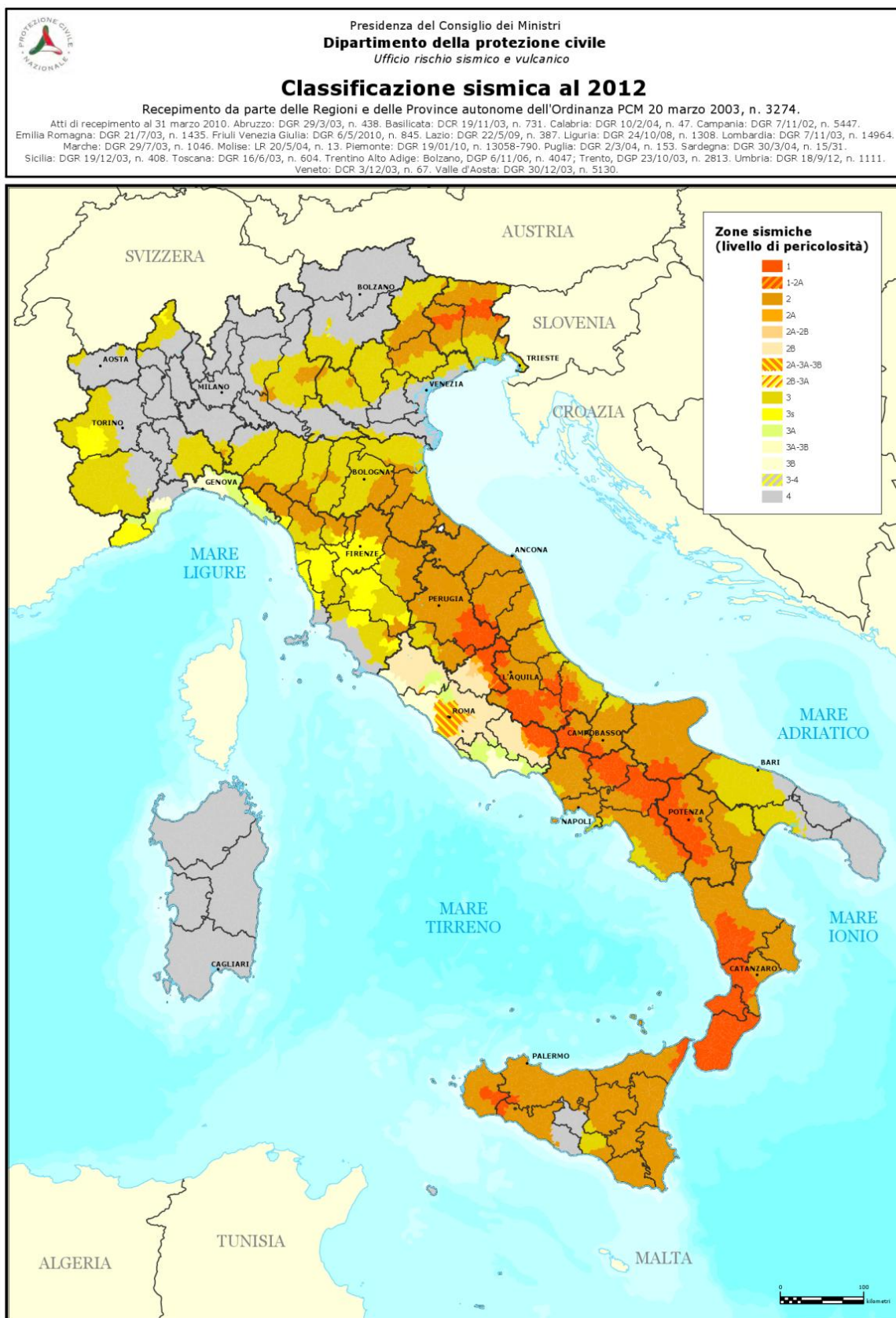


Figura 5.3 – Mappa della classificazione sismica per il territorio italiano nei diversi comuni. Da notare i comuni che si affacciano nel Golfo di Taranto sono classificati da rischio medio (Zona 2) a rischio molto basso (Zona 4) (fonte: www.protezionecivile.gov.it)

L'area interessata dalle operazioni oggetto del presente studio ambientale, trovandosi in mare, fa capo al P.C.M. 28 aprile 2006, che definisce il grado di pericolosità sismica in tutto il territorio nazionale italiano compresa una abbondante fascia costiera a largo delle coste della penisola (Figura 5.4). La normativa classifica i livelli di pericolosità sismica in termini di accelerazione massima del suolo, riferita a suoli rigidi con $VS_{30} > 800$ m/s, con probabilità di eccedenza del 10% e considerando tempi di ritorno del fenomeno sismico di 50 anni. I suoli rigidi a cui ci si riferisce appartengono alla categoria A del D.M. 14 settembre 2005 e le VS_{30} rappresentano le velocità delle onde di taglio che si propagano durante un evento sismico.

L'area considerata, oggetto del presente studio ambientale, ha una sismicità compresa tra 0,05 e 0,1 g (dove $g=9,81$ m/s², costante di accelerazione di gravità) per quanto riguarda la zona a mare. Il massimo grado di pericolosità lungo le zone costiere si registra ad ovest di Taranto, lungo il litorale sud-occidentale pugliese con valori compresi tra 0,1 e 0,150 g e lungo le coste orientali calabresi con valori tra 0,175 e 0,2 g. In entrambi i casi si tratta di una sismicità molto bassa in tutta l'area relativa al permesso di ricerca, media per le zone costiere considerate.

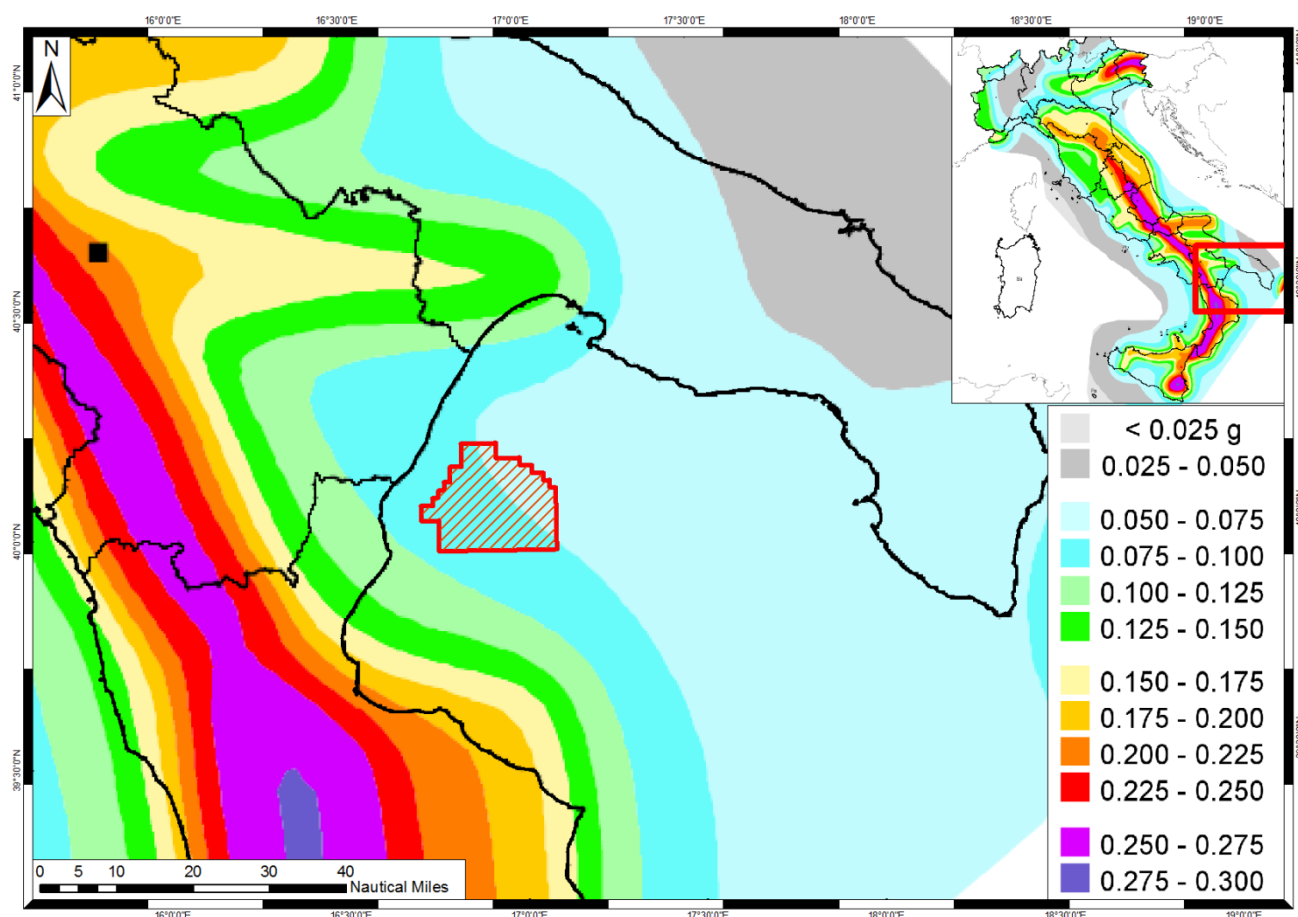


Figura 5.4 – Particolare della Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale italiano nella zona del Golfo di Taranto; è riportata la posizione dell'area in istanza (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, modificata)

L'attività di prospezione geofisica in oggetto è chiamata comunemente sismica marina, in quanto utilizzatrice di onde elastiche (prodotte artificialmente) della stessa tipologia delle onde sismiche, naturalmente a energia infinitamente minore. Ciò può evocare nell'immaginario comune, proprio per l'uso del termine legato ad attività telluriche, scenari inverosimili di terremoti o scosse sismiche. In realtà, la

comunità scientifica concorda nell'affermare che questo genere di attività non può essere in alcun modo la causa scatenante di attività sismiche di qualsiasi tipo.

Pertanto, per il tipo e la temporaneità dell'attività proposta, composta dalla nave dotata dell'equipaggiamento necessario allo svolgimento delle operazioni e dalla nave di appoggio, è possibile escludere qualsiasi rischio sismico indotto dalle operazioni, traducibile con un movimento tellurico registrabile o che possa influire negativamente su cose o persone.

5.5 SOTTOFONDO MARINO E SUBSIDENZA

La strumentazione necessaria all'attività di acquisizione sismica, che prevede l'uso degli *air-gun* come sorgenti di energizzazione, opera ad una profondità massima di 10 metri dalla superficie del mare e non prevede alcuna interazione con il fondo marino. Il tipo di attività non è in grado di determinare in alcun modo modifiche all'assetto geologico strutturale del sottosuolo, né alle caratteristiche chimico-fisiche dei sedimenti marini.

Non sono previste attività di estrazione di nessun tipo di materiale, sia esso liquido, solido o gassoso. L'assenza di interazioni con il sottosuolo garantisce l'impossibilità di favorire fenomeni in grado di generare processi di subsidenza nel sottofondo marino dell'area oggetto di istanza e nelle zone limitrofe.

5.6 IMPATTI SULLA PERCEZIONE DEL PAESAGGIO

Per valutare l'impatto sulla componente della percezione del paesaggio causato dalla presenza della nave di rilievo geofisico ed analizzare la distanza entro la quale è visibile la nave dalla costa è opportuno richiamare qualche nozione sull'orizzonte visibile.

La distanza "d" dell'orizzonte per un osservatore vicino alla superficie terrestre, tenendo in considerazione l'effetto della rifrazione atmosferica, è data dalla seguente formula matematica:

$$d \approx 3.86 \sqrt{h}$$

Dove "h" è l'altezza sul livello del mare in metri e "d" risulta calcolato in chilometri. Pertanto, prendendo come esempio un osservatore in piedi sulla terraferma con altezza media degli occhi di 1.70 metri, l'orizzonte, e quindi la massima visibilità, è ad una distanza di 5.0 km mentre per un osservatore in piedi sulla terraferma con l'altezza degli occhi di 2 metri, l'orizzonte è a una distanza di 5.5 km.

Prendendo in considerazione una tipologia standard di nave sismica, tra le più grandi normalmente utilizzate, che emerge dalla superficie del mare di 7 metri, il calcolo per stimare la distanza dalla costa entro la quale si percepisce la nave è rappresentato dalla seguente formula, rappresentata graficamente in Figura 5.5:

$$D_{BL} \approx 3.86 (\sqrt{h_B} + \sqrt{h_L})$$

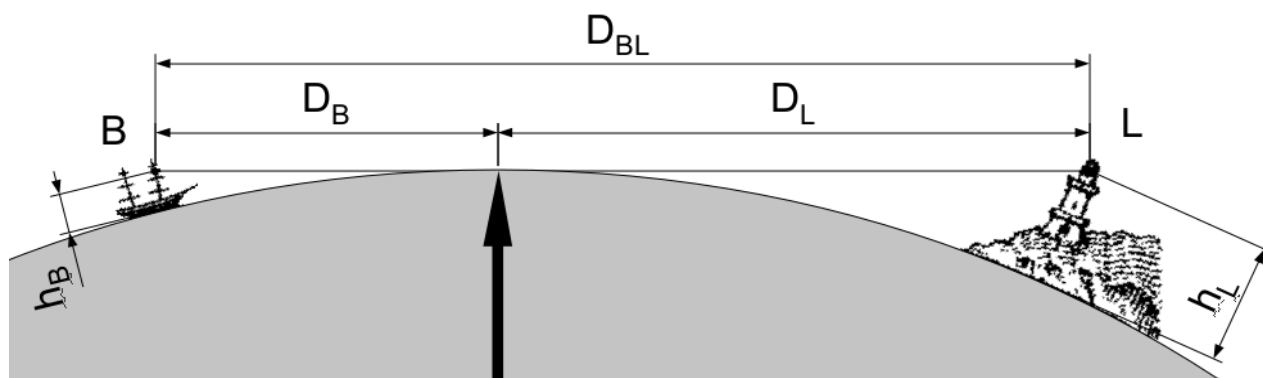


Figura 5.5 – Distanza geometrica dell'orizzonte

Pertanto, utilizzando la formula sopra citata e mettendoci nelle condizioni peggiorative di un osservatore con altezza media degli occhi di 2 metri, lungo la costa in condizioni di ottima visibilità è possibile percepire la nave che effettuerà il rilievo geofisico ad una distanza massima di 15,6 km.

L'impatto visivo è comunque del tutto assimilabile a quello prodotto dal transito di una normale imbarcazione con le stesse caratteristiche dimensionali di quella utilizzata per le operazioni di prospezione.

Osservando la Figura 5.6, in cui è stata proiettata la distanza di 15,6 km dalla linea di costa, è possibile notare come la nave sismica, secondo i principi utilizzati ed in condizioni di ottima visibilità, potrebbe rendersi visibile da un visitatore posto sulla linea di costa solo per il breve periodo di tempo in cui il natante stia percorrendo la porzione nord-occidentale dell'area.

In ogni caso, essendo una superficie minimale dell'area e trattandosi di un'imbarcazione in movimento, l'impatto visivo è minimo, del tutto assimilabile al normale transito di una nave di medesime dimensioni.

Si ricorda che le operazioni hanno carattere temporaneo, benché al termine dell'acquisizione dei dati, la nave e tutte le attrezzature rientreranno in porto, e che l'attività verrà svolta indicativamente nel periodo autunno-invernale, ossia al di fuori del periodo di stagione turistica caratterizzato da maggior affluenza costiera.

In conclusione è possibile affermare che, durante la fase dell'indagine geofisica condotta utilizzando come fonte di energizzazione l'*air-gun*, la presenza della nave sismica non produrrà interazioni in grado di alterare in modo significativo e/o danneggiare la percezione del paesaggio da parte di un osservatore lungo le coste limitrofe, se non in maniera del tutto trascurabile.

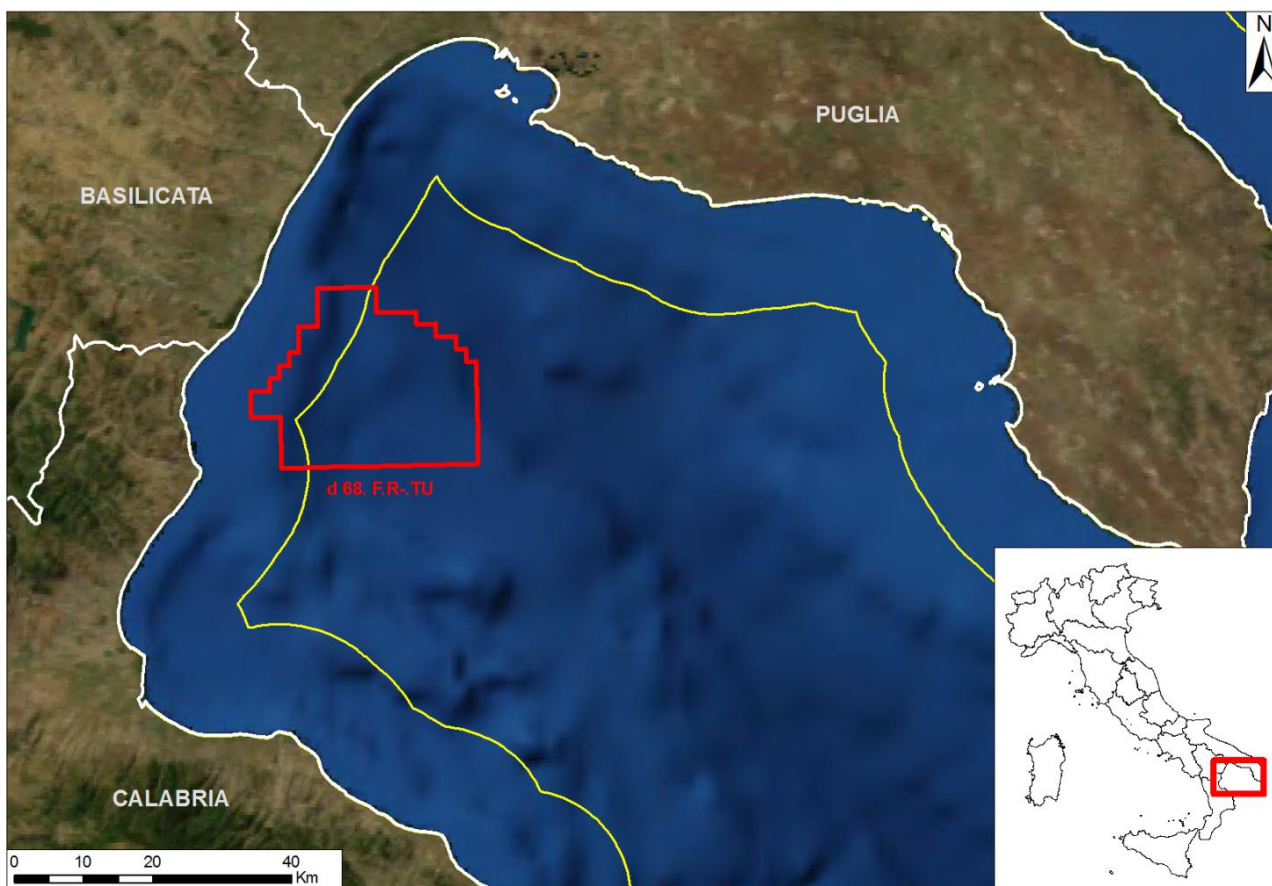


Figura 5.6 – La linea gialla indica la distanza di 15,6 km dalla linea di costa. Il limite dunque segna la distanza massima in condizioni ottimali di visibilità entro cui è possibile osservare da un'altezza di 2 metri sulla linea di costa una nave altezza di 7 metri.

5.7 AMBIENTE IDRICO MARINO

Le attività che verranno svolte durante l'acquisizione sismica non prevedono l'approvvigionamento idrico né lo scarico di acqua e/o reflui. L'impatto sull'ambiente marino acquatico è dunque da considerarsi pressoché nullo.

5.8 RIFIUTI

La convenzione MARPOL 73/78 (MARitime POLLution) detta le linee guida sulla prevenzione dell'inquinamento provocato da navi ed i relativi annessi. Rappresenta una convenzione internazionale per la prevenzione dell'inquinamento a mare legato dalle attività navali ed è il risultato tra la combinazione di due precedenti trattati internazionali:

- La convenzione del 1973, che ha modificato la precedente Convenzione Internazionale per la Prevenzione dell'Inquinamento delle Acque Marine da idrocarburi (OILPOL), firmata a Londra il 12 maggio 1954, ratificata dall'Italia con la Legge 23 febbraio 1961, n. 238;
- Il protocollo del 1978, firmato durante la Conferenza TSP (Tanker Safety Pollution Prevention) organizzata in seguito ai disastri ambientali causati da petroliere alla fine degli anni '70.

La convenzione MARPOL 73/78 col trascorrere del tempo ha subito numerose modifiche ed integrazioni finalizzate a continui aggiornamenti per fornire una maggiore tutela e conservazione dell'ambiente marino,

riguarda disposizioni inerenti l'inquinamento prodotto dalle navi sia nelle operazioni di routine, sia in maniera accidentale da qualsiasi sostanza ritenuta inquinante. La convenzione MARPOL, pertanto, rappresenta la principale convenzione internazionale operante ad opera della salvaguardia dell'ambiente marino.

La convenzione a febbraio 2012 è stata ratificata da 151 nazioni aderenti all'IMO ed include al suo interno sei allegati tecnici, di cui i solamente i primi due obbligatori. Tale norma in Italia è stata recepita dalle leggi 462/80 (MARPOL '73) e 438/82 (TSPP '78).

È composta da 20 articoli e 6 annessi. Gli annessi, a loro volta, sono suddivisi in capitoli. Il protocollo aggiornato al 1978 contiene delle modifiche rispetto al testo originale del 1973 seguite all'*International Conference on Tanker Safety Pollution and Prevention* (TSPP '78) che rende obbligatorio quanto contenuto negli annessi I e II. Assieme alle norme per la prevenzione dall'inquinamento da rifiuti, acque da scarico, oli minerali, sostanze nocive, etc., gli annessi stabiliscono l'esistenza di zone speciali nelle quali, per le loro caratteristiche (scarsa circolazione, mari chiusi, etc.), richiedono l'adozione di metodi obbligatori per la prevenzione dell'inquinamento.

Gli annessi si riferiscono a specifiche tipologie di inquinamento o rifiuto prodotto che potrebbero potenzialmente prodursi durante le attività marittime. Nello specifico vengono elencati in (www.naturaitalia.it):

- Annesso 1 – Norme per l'inquinamento da oli minerali;
- Annesso 2 – Norme per la prevenzione dell'inquinamento da sostanze liquide pericolose (entrato in vigore nel 1987);
- Annesso 3 – Norme per la prevenzione dell'inquinamento da sostanze inquinanti trasportate per mare in imballaggi (entrato in vigore nel 1992);
- Annesso 4 – Norme per la prevenzione dell'inquinamento da liquami scaricati dalle navi (entrato in vigore nel 2003);
- Annesso 5 – Norme per la prevenzione dell'inquinamento da rifiuti solidi (entrato in vigore nel 1988);
- Annesso 6 – Norme per la prevenzione dell'inquinamento atmosferico da scarichi dei motori marini (entrato in vigore nel 2005).I rifiuti organici prodotti dalle navi impiegate verranno opportunamente trattati secondo la convenzione sopra descritta, mentre non è prevista la produzione di rifiuti strettamente correlati all'attività di acquisizione sismica in oggetto.

5.9 IMPATTI IN ATMOSFERA

Come per quanto elencato nel capitolo precedente, la convenzione MARPOL regola la prevenzione dell'inquinamento atmosferico da scarichi dei motori marini attraverso l'Annesso 6. Quest'ultimo, adottato nel 1997, è entrato in vigore il maggio 2005, dodici mesi dopo il raggiungimento delle condizioni che erano state prefissate. L'Annesso 6 si applica alle navi il cui paese di bandiera abbia ratificato il protocollo 1997 e a tutte le navi che pur battendo bandiera di paesi che non sono firmatari, operano in acque la cui competenza è di paesi aderenti a tale protocollo. Nel dettaglio l'Annesso 6 regola le seguenti emissioni in atmosfera:

- Le emissioni provenienti da sostanze che influenzano lo strato di ozono nell'atmosfera come gas refrigeranti e /o antincendio;

- Le emissioni di ossidi di azoto e di zolfo presenti nei gas di scarico dei motori a combustione interna;
- I componenti organici volatili (VOC) provenienti dalla zona del carico di navi cisterna;
- Le emissioni prodotte da inceneritori.

A bordo della nave sismica e di quella di appoggio, saranno quindi regolarmente controllati i fumi di scarico per l'efficienza dei sistemi di combustione ed acquisite le necessarie certificazioni di conformità alle emissioni di inquinanti atmosferici.

La durata di carattere temporaneo della campagna sismica, di circa 15 giorni, genererà emissioni in atmosfera strettamente legate alla durata delle operazioni ed alla posizione della nave a notevole distanza dalla costa ed in assenza di ricettori sensibili. Pertanto, gli impatti in atmosfera sulla qualità dell'aria legati dalle attività preposte per questa acquisizione sono da ritenersi trascurabili, considerato che non vi sono punti emissivi fissi e che l'unico impatto in atmosfera può derivare dalle emissioni prodotte dalla nave sismica e dalla nave di appoggio del tutto assimilabili alle emissioni di imbarcazioni e pescherecci, che abitualmente transitano nella zona.

5.10 OCCUPAZIONE DELLO SPECCHIO D'ACQUA

La durata della campagna sismica si aggira attorno a 15 giorni, durante i quali l'area in istanza di ricerca verrà occupata dalle varie strumentazioni ed imbarcazioni. L'occupazione dello specchio d'acqua è un fattore d'impatto a durata limitata ed al termine di ogni sessione di indagine si provvederà al recupero dell'area indagata ed alla restituzione dell'originaria destinazione d'uso. L'impatto potenziale durante la fase di acquisizione è estremamente ridotto, dato che le attrezzature presentano modeste dimensioni, mentre l'impatto della nave sismica è assimilabile a quello del normale traffico marittimo di pescherecci e traghetti presenti nella zona del Golfo di Taranto.

Al fine di ridurre al minimo le interferenze con la navigazione indotte dalle attività in progetto, inclusa quella finalizzata alla pesca, è prevista la suddivisione dell'area indagata in zone che verranno analizzate di volta in volta in successione. Inoltre, durante l'acquisizione, il proponente fornirà alle Capitanerie di Porto aventi giurisdizione sulla zona oggetto di indagine un calendario settimanale delle operazioni che verranno svolte e delle zone che saranno interessate dall'attività proposta. Sarà inoltre presente un rappresentante locale che si occuperà di mantenere i contatti con le autorità coinvolte.

Con lo scopo di limitare al più possibile qualsiasi eventuale interferenza tra l'attività proposta e le attività di pesca presenti nell'area, Transunion Petroleum si impegna ad effettuare il rilievo sismico esclusivamente al di fuori dei periodi di maggiore attività riproduttiva delle specie maggiormente commercializzate, corrispondenti al periodo primaverile.

5.10.1 Interferenza con il traffico marittimo

In base alle norme di sicurezza sulla navigazione, durante le attività di prospezione sismica sarà momentaneamente interdetta la navigazione lungo le rotte utilizzate dalla nave sismica all'interno del blocco di ricerca, previa comunicazione alle Autorità marittime competenti. L'interferenza che si potrebbe generare con il traffico marittimo presente nello Ionio settentrionale e nel Golfo di Taranto è comunque di carattere temporaneo e trascurabile, visto il fatto che le rotte marittime principali sono localizzate verso il porto di Taranto, al di fuori dell'area oggetto di indagine sismica.

La navigazione in condizioni di sicurezza è garantita da opportuni regolamenti nel Codice della Navigazione. Le attività di prospezioni sismiche e le ricerche scientifiche in genere sono comunicati periodicamente con diversi sistemi dall'Istituto Idrografico della Marina e pubblicazione sul Fascicolo Avvisi ai Naviganti, con lo scopo di far conoscere agli utenti tutte le notizie, sia di carattere temporaneo che definitivo, riguardanti la sicurezza della navigazione. In base alle norme di sicurezza sulla navigazione, è previsto che le navi e le imbarcazioni di qualsiasi genere non impegnate nelle prospezioni debbano mantenersi a distanza di sicurezza dall'unità che effettua i rilievi (normalmente non inferiore a 3.000 metri dalla poppa per tutta l'ampiezza del settore di 180° a poppavia del traverso della stessa) ed in ogni caso evitare di intralciarne la rotta.

5.10.2 Interferenza con le attività di pesca

Quali siano le interferenze che possono avvenire durante le operazioni di rilievo geofisico legate alla diminuzione del pescato dell'attività di pesca è ancora argomento di discussione, con opinioni molto controverse. Quanto riportato in questa sezione è il risultato di una ricerca approfondita nell'ambito della letteratura di settore, della documentazione tecnica relativa alle fasi progettuali, e dell'esperienza maturata su progetti simili.

Per quanto riguarda la fauna ittica ed in particolare i pesci adulti, dallo studio condotto dagli autori Santulli et al. nel 1999 e da Hassel et al nel 2004 svolti in una parte dei mari europei, si può dedurre che la prima reazione degli animali all'emissione sonora dell'*air-gun* è il cosiddetto "*C-start response*", cioè l'inarcamento del corpo del pesce a formare una "*C*". Questa è la prima reazione unita alla fuga dalla fonte sonora, che non sempre avviene in modo evidente. In ogni caso al termine dell'emissione sonora il comportamento degli esemplari ritorna quello pre-operazioni sismica. Questo dato è parzialmente confermato dallo studio condotto dall'*Institute of Marine Research* (Hassel et al. 2003, 2004) che conferma la fuga e il "*C-start response*" come prima reazione della fauna ittica, ma afferma inoltre che a seguito della cessazione delle emissioni il comportamento dei pesci torna alla normalità. Inoltre, dallo studio condotto da Eni Agip in collaborazione con il Dipartimento di Biologia dell'Università di Ferrara sugli effetti dell'*air-gun* sulla fauna ittica ha dimostrato che i danni causati dall'*air-gun* su esemplari presenti nelle immediate vicinanze della sorgente non sono mortali fatto salvo per quegli esemplari affetti da patologie pregresse. Su esemplari sani gli effetti riguardano solo lo spavento causato dall'energizzazione che può condurre all'allontanamento. L'effetto energizzante diminuisce rapidamente di intensità all'aumentare della distanza fra l'animale e la fonte.

Tutti questi studi inoltre concordano sul fatto che le reazioni sono diverse per specie diverse e per contesti ambientali diversi, ma in generale l'*air-gun* non ha effetti nocivi sul comportamento abituale dell'animale e sulla salute della fauna ittica composta da esemplari adulti.

Uno studio condotto in Australia tra il 1969-1999, afferma che la pesca a strascico potrebbe risentire negativamente dell'attività di rilievo geofisico condotta utilizzando l'*air-gun*, fino a 1-2 Km dall'imbarcazione, ma non necessariamente registrando ripercussioni negative sulla popolazione ittica. Gli studi condotti in Norvegia e sul Mar Adriatico rispettivamente da Slotte et al. 2004 e La Bella et al. 1996 non hanno rilevato effetti a breve termine sulla distribuzione orizzontale degli organismi ma bensì hanno evidenziato cambiamenti nella distribuzione verticale, con la tendenza a rimanere a profondità maggiori per alcune specie di pesci, ed una diminuzione nella densità di aggregazione all'interno dell'area soggetta a prospezione. Tuttavia, lo studio in Adriatico di La Bella et. al 1996 non ha registrato differenze significative nel numero di catture prima e dopo il rilievo sismico.

Ragionando quindi in termini cautelativi, ipotizzando un'interferenza sul numero dei pesci presenti nel raggio di 1-2 km dalla nave sismica, è comunque da escludersi la possibilità di una riduzione del pescato, dovuto al fatto che in base alle norme di sicurezza sulla navigazione è previsto che le navi e le imbarcazioni di qualsiasi genere non impegnate nelle prospezioni debbano mantenersi a distanza di sicurezza dall'unità che effettua i rilievi (normalmente non inferiore a 3.000 metri dalla poppa per tutta l'ampiezza del settore di 180° a poppavia del traverso della stessa) ed in ogni caso evitare di intralciarne la rotta. Pertanto sarà interdetta la navigazione lungo le rotte che verranno comunicate alle Autorità marittime competenti.

Questa interferenza, legata all'occupazione fisica dello specchio d'acqua, è di carattere temporaneo e limitato, dovuto al fatto che si conosceranno a priori le rotte interessate dalla nave geofisica dando modo ai pescatori di poter scegliere quotidianamente aree alternative a quelle interessate dalla rotta della nave di prospezione.

La sicurezza della navigazione sarà garantita da opportuni regolamenti nel Codice della Navigazione, infatti le attività di prospezioni sismiche e le ricerche scientifiche sono comunicati periodicamente con diversi sistemi dall'Istituto Idrografico della Marina, e pubblicati sul Fascicolo Avvisi ai Naviganti, che ha lo scopo di far conoscere agli utenti tutte le notizie, sia di carattere temporaneo che definitivo, riguardanti la sicurezza della navigazione.

Al fine di arrecare il minor disturbo possibile alle attività ittiche è prevista la suddivisione dell'area indagata in zone che verranno analizzate di volta in volta in successione. Questa modalità permette di ridurre notevolmente l'occupazione dello specchio d'acqua e di programmare le aree interessate dall'attività in modo efficace e preciso, dando modo ai pescatori di sapere con anticipo quali saranno le rotte seguite quotidianamente dalla nave sismica. Sarà inoltre presente un rappresentante locale che si occuperà di mantenere i contatti con le autorità coinvolte.

Inoltre, come ulteriore misura preventiva, le attività di rilievo sismico verranno effettuate nel periodo autunnale-invernale, così da evitare eventuali interferenze con le attività di riproduzione delle specie ittiche di maggior interesse commerciale, i cui periodi riproduttivi si concentrano in primavera.

In conclusione, è quindi possibile affermare che l'interferenza che si potrebbe generare con l'attività di pesca è di carattere temporaneo, limitato e le misure preventive che verranno adottate permettono di azzerare e/o rendere del tutto trascurabili i potenziali impatti su tali attività.

5.11 IMPATTI SU ECOSISTEMI FLORA E FAUNA

L'obiettivo di questa sezione dello studio è finalizzata all'analisi e alla stima degli eventuali impatti che l'attività in progetto potrebbe provocare su ecosistemi, flora e fauna. A questo scopo si punta ad utilizzare una metodologia in grado di fornire una valutazione il più possibile oggettiva delle implicazioni del progetto, rappresentata dalla matrice ambientale di Leopold.

Si evidenzia che, oltre alla quantificazione degli impatti potenziali, sono stati tenuti in considerazione vari fattori, quali:

- la reversibilità, per valutare se l'impatto causerà alterazioni più o meno permanenti allo stato ambientale;
- la durata dell'impatto sulla matrice ambientale, ossia quanto l'alterazione prodotta sullo stato ambientale permanga anche dopo la conclusione dei lavori;

- la scala spaziale, cioè l'area massima di estensione in cui l'azione che crea l'impatto ha influenza sull'ambiente;
- l'evitabilità di un'azione specifica;
- la mitigabilità dell'impatto, ossia la possibilità di ammortizzare gli impatti anche in maniera parziale attraverso interventi di mitigazione o col tempo.

Il progetto andrà ad insistere su una porzione di mare aperto a distanza superiore alle 5 miglia marine dalla costa. La maggior parte delle attrezzature impiegate per la prospezione (sorgente di energia e sensori) verrà posta ad una profondità compresa fra i 5 e i 10 metri per cui non si andranno ad interessare i fondali e i relativi ecosistemi.

Le eventuali interferenze tra le operazioni proposte e la fauna presente verranno attenuati osservando precisi protocolli nati per la tutela della fauna come, l'utilizzo di tecnologia soft start, la presenza di un osservatore per i cetacei e i mammiferi marini a bordo della nave per l'eventuale sospensione delle operazioni in caso di avvistamenti di questi animali marini.

Un utile strumento per la valutazione degli impatti ambientali è fornito da matrici di valutazione che consistono in tabelle bidimensionali. Queste tabelle possono fornire ad esempio, una lista di attività di progetto previste per la realizzazione dell'opera la quale viene messa in relazione con una lista di componenti ambientali per identificare le potenziali aree di impatto. Per ogni intersezione tra gli elementi delle due liste si può dare una valutazione del relativo effetto assegnando un valore di una scala scelta e giustificata. Si ottiene così una rappresentazione bidimensionale delle relazioni causa effetto tra le attività di progetto ed i fattori ambientali potenzialmente suscettibili di impatti.

Il metodo delle matrici risulta uno dei più utilizzati in quanto consente di unire l'immediatezza visiva della rappresentazione grafica delle relazioni causa-effetto alla possibilità di introdurre nelle celle una valutazione, qualitativa o quantitativa, degli impatti.

Le valutazioni fornite dalle matrici possono essere qualitative, semi-quantitative o quantitative. Nel primo caso si definisce solo la correlazione tra causa ed effetto senza dare indicazioni aggiuntive. Nel secondo caso la matrice individua gli impatti e ne definisce anche la rilevanza tramite un'apposita notazione, secondo parametri quali, ad esempio, positività o negatività dell'impatto, intensità dell'impatto, reversibilità o irreversibilità dell'impatto.

Le matrici quantitative, infine, prevedono l'individuazione e la stima, per ciascun elemento della matrice, attraverso, per esempio, un indice di qualità ambientale (EQI: *Environmental Quality Index*) che definisce numericamente l'intensità dell'impatto della data azione di progetto sulla data componente ambientale. Lo scopo di una matrice quantitativa è di ottenere valori confrontabili tra loro e quindi in forma adimensionale. Pertanto il problema fondamentale è il passaggio dagli indicatori ambientali, espressi in unità di misura specifiche per ogni elemento d'impatto considerato, agli indici di impatto ambientale, valori adimensionali.

5.11.1 Il metodo della matrice di Leopold

Il primo e classico esempio di matrice per la valutazione degli impatti è quella della Matrice di Leopold introdotta nel 1971, che riporta in colonna una lista di azioni di progetto con le componenti ambientali su cui agiscono le azioni stesse.

La Matrice di Leopold, in sostanza, consiste nella creazione di una tabella di corrispondenza (equivalente a una *checklist* bidimensionale) che permette di confrontare le azioni previste nel progetto e che possono avere ripercussioni sull'ambiente con le caratteristiche dell'ambiente stesso (fisiche-chimiche, biologiche e sociali-culturali). In questo modo è possibile apprezzare una visualizzazione immediata, attraverso una rappresentazione grafica, degli impatti potenziali rispetto a ciascuna componente ambientale. La matrice viene sviluppata riportando nelle colonne le azioni previste nel progetto, e nelle righe le componenti ambientali (suddivise in categorie principali) che possono essere interessate, in modo tale da riuscire a valutare gli eventuali impatti mediante le intersezioni che si creano tra lo stato ambientale e le azioni proposte (Figura 5.7).

		Azioni			
		Realizzazione volumetriche	Emissioni	Occupazione di spazi	<i>Ecc</i>
Componenti	Aria			
	Suolo	Flora Fauna Insediamenti	Interazione ?		
	Acqua			
 <i>Ecc</i>				

Figura 5.7 – Esempio di matrice azioni-componenti ambientali e le eventuali interazioni nelle caselle di intersezione

Le procedure di compilazione sono fornite nell'articolo "A procedure for evaluating Environmental Impact" (Leopold et al., 1971). Secondo quanto indicato dagli autori, la matrice viene sviluppata riportando in colonne le azioni previste nel progetto e in righe le componenti ambientali (riunite in tre categorie principali) che possono essere interessate, in modo tale da riuscire a valutare gli eventuali impatti mediante le intersezioni che si creano tra lo stato ambientale e le azioni proposte.

La procedura illustrata dal citato articolo consiste nell'individuare all'interno della matrice tutte le possibili intersezioni tra righe e colonne che indicano interazioni tra le attività progettuali e le componenti ambientali. Ad ogni intersezione viene quindi assegnato un valore di una scala scelta per poter ottenere una valutazione quantitativa del probabile impatto. Ad ogni casella corrispondente una probabile interazione ed è caratterizzata da due numeri:

- Primo numero: corrisponde alla magnitudine dell'impatto,
- Secondo numero: indica la rilevanza dell'impatto "importance".

La sommatoria orizzontale e verticale di tali valutazioni singole permette di giungere ad una valutazione globale. La matrice di Leopold è di facile comprensione, può essere applicata a molti casi ed è indicata per impatti diretti.

5.11.2 Descrizione ed esposizione delle matrici impiegate

La redazione della matrice di Leopold è stata eseguita a partire dalla scelta degli indicatori che compongono la matrice nel caso di questo progetto in modo che la soggettività della valutazione fosse ridotta al minimo al fine di ottenere una più completa visualizzazione degli impatti che si possono produrre sulle componenti ambientali durante le attività di acquisizione sismica che verranno realizzate nell'intera area oggetto di istanza (Tabella 5.4).

Per quanto riguarda le azioni, sono state riportate, in colonna, tutte le opere previste durante le varie fasi di della campagna di acquisizione sismica. Le operazioni previste dal progetto si dividono in:

- Stendimento e rimozione cavi e idrofoni;
- Energizzazione;
- Movimento nave per posizionamento;
- Movimento nave di appoggio.

Le valutazioni dei possibili impatti ambientali con questa metodologia permettono non solo di avere un quadro più chiaro delle interazioni tra le attività e l'ambiente, ma consente anche di evidenziare se, eventualmente, una delle fasi presenti più criticità rispetto alle altre.

I cosiddetti "ricettori di impatto" invece corrispondono a tutti gli elementi in cui è stato scomposto il sistema ambientale circostante che possono subire modificazioni causate dalle attività sopra citate che si trovano nelle immediate vicinanze dell'area che diverrà oggetto di rilievo geofisico. I ricettori di impatto sono stati suddivisi in tre categorie (fisico-chimiche, biologiche e socio-culturali), che a loro volta sono state suddivise in altre sottocategorie in particolare:

- Componenti fisico-chimici:
 - Acqua
 - Atmosfera
- Componenti biologici:
 - Flora
 - Fauna
 - Ecosistemi
- Componenti Socio-Culturali:
 - Attività commerciali
 - Percezioni del paesaggio

Lo scopo principale della scomposizione delle componenti ambientali in sottoelementi è la possibilità di poter evidenziare il livello al quale agiscono le diverse attività del progetto. In generale si può affermare che i principali ricettori chimico fisici dell'idrosfera "Acqua" nel caso di questo progetto sono stati suddivisi in acque marine superficiali e profonde. La suddivisione è frutto del sistema di correnti che circolano nell'area oggetto di istanze e nel suo intorno.

All'interno componenti biologici, la flora è stata suddivisa negli impatti nella vegetazione acquatica marina e nelle sue specie tutelate. La fauna comprende in particolare i campi dei mammiferi marini, tartarughe, fauna ittica, le diverse specie tutelate, squali e gli altri animali.

Nelle componenti Socio culturali vengono inglobate tutte le attività commerciali legate alla pesca.

In seguito alla scelta delle componenti della matrice, sono state esaminate le possibili interazioni tra le azioni previste nel programma dei lavori e le componenti ambientali interessate. In corrispondenza di ogni eventuale interazione, è stata proposta la valutazione quantitativa dell'interazione, attribuendo un primo numero per la valenza dell'impatto "*magnitude*" e un secondo numero ad indicare la rilevanza di esso.

Se non sono previste probabilità di interazione tra una data azione e una componente ambientale, la casella non viene compilata.

Dopo la compilazione della matrice si è proceduto alla somma dei valori presenti nelle righe e nelle colonne, in modo tale da riuscire a ottenere una visione d'insieme degli effetti che ogni fase in cui è stato scomposto il programma potrebbe produrre sull'ambiente e, a seguire, è stato fornito un breve commento delle interazioni previste.

I numeri bassi attribuiti alla "rilevanza dell'impatto" sono legati al fatto che tutte le azioni previste dal progetto avranno carattere limitato nel tempo, reversibile al cessare delle attività di acquisizione sismica e che verranno impiegate tutte le tecniche al fine della prevenzione dei rischi e degli impatti.

MATRICE DI LEOPOLD APPLICATA A TUTTA LA ZONA OGGETTO DI STUDIO													
				AZIONI PREVISTE NEL PROGETTO									
				Stendimento e rimozione cavi e idrofoni		Energizzazione		Movimento nave per posizionamento		Nave di appoggio		TOTALE	
				max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	(max 40/40- 40/40)	
COMPONENTI AMBIENTALI E SOCIALI	Fisico-chimiche	Acqua	Correnti marine superficiali	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	4/40	4/40
			Correnti marine profonde	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	1/10	4/40	4/40
		Atmosfera	Qualità dell'aria	-	-	-	-	1/10	1/10	1/10	1/10	2/40	2/40
		Suolo	Sottofondo marino	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Biologiche	Flora	Vegetazione acquatica marina	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40
			Specie tutelate	2/10	1/10	2/10	1/10	1/10	1/10	2/10	1/10	7/40	4/40
		Fauna	Fauna ittica	2/10	1/10	3/10	2/10	2/10	1/10	2/10	1/10	9/40	5/40
			Mammiferi marini	2/10	1/10	4/10	3/10	2/10	1/10	2/10	1/10	10/40	6/40
			Tartarughe	2/10	1/10	3/10	2/10	2/10	1/10	2/10	1/10	9/40	5/40
			Specie tutelate	2/10	1/10	2/10	2/10	2/10	1/10	2/10	1/10	8/40	5/40
			Altri animali	2/10	1/10	2/10	2/10	2/10	1/10	2/10	1/10	8/40	5/40
	Ecosistemi	Qualità degli ecosistemi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Socio-culturali	Attività commerciali	Attività di pesca	3/10	1/10	4/10	2/10	3/10	1/10	-	-	10/40	4/40
		Percezione del paesaggio	Aspetto del paesaggio	-	-	-	-	1/10	1/10	1/10	1/10	2/40	2/40
TOTALE (max 140/140-140/140)				19/140	10/140	22/140	19/140	21/140	13/140	18/140	11/140		

Tabella 5.4 – Matrice di Leopold applicata all'intera area oggetto di studio. Le caselle evidenziate in verde indicano un impatto nullo (meno del 10% del valore massimo raggiungibile), mentre le caselle evidenziate in giallo indicano un impatto minimo (di carattere temporaneo e reversibile).

Azioni di stendimento e rimozione cavi e idrofoni

Nel dettaglio le attività connesse allo stendimento e la rimozione dei cavi e degli idrofoni prevedono l'utilizzo di una nave appositamente attrezzata a cui è connessa la fonte di energizzazione, il cui scopo è di trascinare i cavi a cui sono collegati gli idrofoni. Il processo di acquisizione prevede un percorso programmatico "a griglia" per coprire in modo sistematico l'area da indagare. Durante tutta l'attività non è prevista alcuna interazione con il fondo marino in quanto i cavi e gli idrofoni saranno posti ad una profondità massima di 10 metri dalla superficie. Saranno possibili interazioni con la fauna ma comunque a impatto basso e limitate nel tempo. L'unico disturbo per la fauna è legato alla presenza di questi cavi che rappresentano oggetti estranei all'ambiente ma che stazioneranno per un periodo molto breve nella zona oggetto di indagine. Uno studio eseguito da una società inglese Ketos Ecology individua come unico fattore di rischio per la fauna, la possibilità di intrappolamento di tartarughe marine nella boa di coda, posizionata alla fine del cavo sismico. Al fine di ridurre possibili intrappolamenti accidentali di tartarughe marine, verranno utilizzati dei dispositivi metallici da applicare alla struttura della boa di coda. Alla fine della campagna di rilevamento ogni elemento appartenente a questa attrezzatura operativa verrà rimossa ripristinando le condizioni ambientali precedenti all'acquisizione.

Azioni di energizzazione

Le attività di energizzazione necessarie ai fini della campagna geofisica inducono ad una perturbazione acustica temporanea. Le frequenze previste in questo progetto saranno intorno a 100 Hz, valori che non influiscono permanentemente sulla fauna presente.

La fauna presa in considerazione si riferisce a:

- Pesci adulti;
- Uova, larve e pesci allo stadio giovanile
- Mammiferi marini;
- Tartarughe marine.

Uno studio condotto dagli autori Santulli et al. nel 1999 e da Hassel et al nel 2003 rivolge le attenzioni alla fauna ittica dei pesci adulti, mette in reazione il comportamento animale all'emissione sonora dell'*air-gun*. La prima reazione, denominata "*C-start response*", cioè l'inarcamento del corpo del pesce a formare una "*C*" è legata alla fuga dalla fonte sonora, che non sempre avviene in modo evidente. In ogni caso al termine dell'emissione sonora il comportamento degli esemplari ritorna quello pre-operazioni sismiche. Questo dato è parzialmente confermato dallo studio di condotto dall'*Institute of Marine Research* che conferma la fuga e il "*C-start response*" come prima reazione della fauna ittica, ma afferma inoltre che a seguito della cessazione delle emissioni il comportamento dei pesci torna alla normalità. Altri studi condotti da Eni Agip in collaborazione con il Dipartimento di Biologia dell'Università di Ferrara sugli effetti dell'*air-gun* su esemplari presenti nelle immediate vicinanze dalla sorgente mostrano conseguenze non sono mortali fatto salvo per quegli esemplari affetti da patologie pregresse. Unici effetti apprezzabili sono un allontanamento dalla fonte energizzante la quale diminuisce di intensità all'aumentare della distanza fra l'animale e la fonte. Tutti questi studi, inoltre, concordano sul fatto che le reazioni sono diverse per specie diverse e per contesti ambientali diversi. L'unico rischio potenziale, quindi, risulta essere quello legato all'allontanamento dalle aree di deposizione abituale delle uova durante il periodo della riproduzione.

Con riferimento ad uno studio condotto da Dalen e collaboratori nel 1996 si afferma che l'influenza dell'energizzazione attraverso *air-gun* non provoca mortalità delle larve, uova o esemplari giovanili. Lo

studio afferma che la mortalità di larve, uova o esemplari giovani è legata alla normale percentuale di mortalità rilevata in condizioni normali. Durante un esperimento condotto dai Payne et al. nel 2009, su uova fecondate e larve di alcune specie, ha mostrato l'assenza di differenze significative in termini di mortalità negli organismi esposti alle perturbazioni acustiche da parte degli *air-gun*. Ciò nonostante, altri studi presenti in letteratura sembrano indicare queste tecniche di acquisizione possono causare la morte di uova e larve di pesci solo quando queste si trovino a brevi distanze dalla sorgente sismica (Kostyuchenko, 1973).

La matrice di Leopold attribuisce un valore di interferenza più alto per quanto riguarda i mammiferi marini, in quanto i cetacei risultano essere il soggetto più sensibile ad un potenziale rischio acustico in ambiente marino. Questi ultimi, infatti, si orientano e comunicano grazie a suoni in specifiche frequenze. Disturbi più evidenti sono relativi anche in questo caso allo spavento causato dall'energizzazione che induce gli animali ad allontanarsi dalle zone interessate dalle indagini. Può esserci una momentanea interferenza con le frequenze che questi usano per le comunicazioni fra i vari membri del branco. Il valore assegnato alla rilevanza è leggermente minore, dovuto alla reversibilità dell'impatto. L'influenza sonora termina una volta terminata l'energizzazione. A tutela dei mammiferi marini inoltre, verranno attuate opportune misure di mitigazione eventualmente presenti nelle vicinanze dell'area oggetto di indagine. Sarà sempre presente un incaricato specifico per all'avvistamento a bordo della nave con il compito di monitorare costantemente il mare in modo da poter bloccare le energizzazioni in caso di avvistamento di cetacei all'interno della zona e in caso, di sospendere le attività.

Pochissimi sono i dati disponibili circa gli eventuali effetti che possono riscontrarsi a livello delle tartarughe marine. Diversi studi hanno evidenziato atteggiamenti di allarme o di fuga come reazione immediata agli impulsi sonori emessi dagli *air-gun* (McCauley et al. 2000; Lenhardt 2002), mentre i risultati di monitoraggi effettuati durante survey sismici hanno evidenziato risultati controversi. Ciò nonostante diversi autori riportano un numero maggiore di avvistamenti di tartarughe marine nei periodi in cui non sono previste attività sismiche (Weir, 2007; Hauser et al., 2008).

Per quanto riguarda alle interferenze con le attività di pesca, vengono attribuiti valori più alti per quanto riguarda la "magnitudine". Ciò è dovuto dal fatto che durante l'attività di energizzazione, in base alle norme di sicurezza sulla navigazione, le navi e le imbarcazioni di qualsiasi genere non impegnate nelle prospezioni dovranno mantenersi ad una distanza di sicurezza dall'unità che effettua i rilievi. Le operazioni previste dal progetto sono limitate nel tempo, che risultano reversibili al cessare delle attività di acquisizione sismica. Da sottolineare che verranno impiegate tutte le tecniche al fine della prevenzione dei rischi e degli impatti, questo giustifica il valore più basso attribuito alla casella corrispondente alla "rilevanza dell'impatto".

L'impatto sulla componente ambientale rappresentata dalla flora dovuto dalle attività di energizzazione è da considerarsi pressoché nullo.

Azioni di movimento della nave a scopo posizionamento

Durante il movimento della nave per posizionare la strumentazione tecnica il disturbo che si verrà a creare sarà relativo soprattutto alla presenza della nave stessa e al rumore provocato dai motori che la alimentano. In generale la fauna presente tende ad allontanarsi, salvo ritornare nell'area una volta che il disturbo creato dalla presenza della nave sia svanito. L'impatto temporaneo è da considerarsi assolutamente reversibile. Come per il resto del traffico marittimo esiste anche il rischio di collisione con mammiferi marini, ed in particolare il Capodoglio e la Balenottera comune. Infatti, l'esigenza di emergere per respirare e l'enorme mole di questi mammiferi marini, che ne rallenta i tempi di reazione ed i

movimenti, rendono queste due specie più soggette alle collisioni con le navi. Al fine di minimizzare questo rischio sarà sempre presente un osservatore a bordo e che possa avvertire tempestivamente il capitano per effettuare le opportune manovre per evitare possibili collisioni.

Azioni da parte delle navi in appoggio

La nave di appoggio avrà lo scopo di accertare il corretto funzionamento dei cavi e il corretto stendimento degli stessi, oltre a supportare la nave per qualsiasi problema possa riscontrare. Come per il resto del traffico marittimo l'impatto sarà limitato al rumore dei motori e alla presenza della nave stessa.

Conclusioni in seguito all'analisi della matrice di Leopold

Dall'analisi della matrice, si può evincere che gli impatti che si verificheranno sono estremamente bassi e del tutto reversibili. Essi riguardano soprattutto la fauna marina presente, che tende ad allontanarsi dalla fonte durante l'azione di energizzazione provocando la perturbazione acustica temporanea, ma che ritorna alla condizione originaria al termine di questa fase. Non sono riscontrate alterazioni per quanto riguarda il ciclo biologico, in particolare sulla deposizione delle uova, durante le fasi operative di prospezione geofisica.

5.11.3 Impatti sui cetacei

Lo scopo del presente paragrafo è quello di valutare gli impatti potenziali dell'attività proposta sui mammiferi marini presenti nell'area, in quanto rappresentano la categoria più soggetta a rischi. In particolare, le prospezioni geofisiche ricadono fra le attività antropiche responsabili dell'introduzione di rumore nell'ambiente marino con la produzione di un potenziale rischio acustico per quanto riguarda i cetacei. L'esposizione al rumore di origine antropica può produrre un'ampia gamma di effetti sugli organismi acquatici, in particolare sui mammiferi marini. Un suono di basso livello può essere udibile ma non produrre alcun effetto visibile, viceversa può causare il mascheramento dei segnali acustici e indurre l'allontanamento degli animali dall'area esposta al rumore. Aumentando il livello del suono, gli animali possono essere soggetti a condizioni acustiche capaci di produrre disagio o stress fino ad arrivare al danno acustico vero e proprio con perdita di sensibilità uditiva, temporanea o permanente.

Esistono principalmente due tipi di inquinamento acustico:

- inquinamento acuto e puntuale: esso viene prodotto in una posizione per un periodo definito di tempo, ad esempio un test sonar o un'esplorazione geofisica;
- inquinamento diffuso e continuo: esso è prodotto da un grande numero di fonti in continuo movimento, ad esempio quello dovuto al traffico navale. L'effetto dovuto dal traffico navale è un esempio di inquinamento diffuso che può riguardare aree molto ampie. Il rumore da traffico navale può essere ridotto abbassando il rumore irradiato dai motori e dalle eliche, e modificando le rotte di navigazione per evitare le aree sensibili come le aree di riproduzione e di alimentazione nonché le rotte di migrazione.

L'inquinamento acuto sembra essere più facilmente gestibile per minimizzare gli effetti di rumore irradiato, questo può essere ottenuto scegliendo attentamente le aree e i periodi più adatti per condurre le operazioni, evitando quindi le aree di maggior densità e gli habitat critici. Durante le operazioni è dunque necessario attuare una costante verifica che nessun animale sia nell'area di maggior irradiazione. Questo può essere conseguito combinando, ad esempio, l'osservazione visuale con l'ascolto dei suoni subacquei emessi dagli animali (www-3.unipv.it/cibra).

Uno studio eseguito da Jasny et al nel 2005 analizza nel dettaglio gli effetti legati all'esposizione al rumore prodotto dall'attività antropica, sui mammiferi marini distinguendo negli effetti di tipo (Tabella 5.5):

- fisiologico;
- comportamentale;
- percettivo;
- cronico;
- effetti indiretti.

Impatto	Tipo di danno
Fisiologico	
Non uditivo	<ul style="list-style-type: none"> • Danni ai tessuti corporei (emorragie interne, rottura del tessuto polmonare) • Embolia (e altri sintomi legati alla malattia da decompressione)
Uditivo	<ul style="list-style-type: none"> • Danni al sistema uditivo (rottura della finestra ovale o rotonda alla soglia dell'orecchio interno che può risultare letale; rottura del timpano) • Effetti vestibolari (vertigini, disorientamento, perdita dell'equilibrio) • Diminuzione permanente della capacità uditiva (PTS: innalzamento permanente del livello di soglia)
Legato allo stress	<ul style="list-style-type: none"> • Diminuzione temporanea della capacità uditiva (TTS: innalzamento temporaneo del livello di soglia) • Vitalità compromessa degli individui • Soppressione del sistema immunitario e maggiore vulnerabilità a malattie • Diminuzione del tasso riproduttivo
Comportamentale	<ul style="list-style-type: none"> • Spiaggiamento • Interruzione di comportamenti abituali (alimentazione, riproduzione, etc.) • Perdita di efficienza nell'accoppiamento (richiami meno efficienti) e nell'alimentazione (immersioni meno produttive) • Antagonismo nei confronti di altri animali • Allontanamento dall'area (a breve o lungo termine)
Percettivo	<ul style="list-style-type: none"> • Mascheramento dei segnali acustici necessari alla comunicazione con gli altri membri della stessa specie • Mascheramento di altri suoni biologicamente importanti, come quelli emessi dai predatori • Interferenza con la capacità di ecolocalizzazione
Cronico	<ul style="list-style-type: none"> • Impatti cumulativi e sinergici • Ipersensibilità al rumore • Assuefazione al rumore (gli animali rimangono nelle vicinanze di livelli di suono dannosi)
Effetti indiretti	<ul style="list-style-type: none"> • Degradazione della qualità e della disponibilità di habitat • Disponibilità ridotta di prede

Tabella 5.5 – Potenziale impatto del rumore in ambiente marino. Sono evidenziati gli effetti fisiologici (danni a livello del sistema uditivo, di altri organi e/o tessuti, effetti legati allo stress), comportamentali, percettivi, cronici e gli effetti indiretti che possono verificarsi a livello della fauna acquatica. (Jasny et al., 2005)

L'effetto principale del rumore nei mammiferi marini può determinare a produrre condizioni di disagio o stress, fino ad arrivare, in caso di superamento del livello di soglia, al trauma acustico vero e proprio, che si manifesta come innalzamento della soglia di sensibilità, che può essere temporaneo (TTS) o permanente (PTS), e può corrispondere ad una perdita di sensibilità uditiva.

Sono stati condotti diversi studi per valutare il possibile impatto comportamentale e fisiologico sui mammiferi marini derivante dall'attuazione dell'attività di prospezione sismica tramite *air-gun*. Alcuni studi evidenziano un allontanamento dei cetacei dalle zone di prospezioni sismiche, rilevando una diminuzione della diversità di specie concomitante all'aumento del numero di prospezioni geofisiche (Evans et al., 1996; Parente et al. 2007).

Si ritiene che i cetacei che fanno uso di suoni a bassa frequenza per le loro comunicazioni siano la categoria più esposta a rischi in quanto capaci di percepire maggiormente i suoni prodotti dagli *air-gun* (Lanfredi et al., 2009).

Per rendersi realmente conto, sia qualitativamente che quantitativamente, dell'impatto acustico che può generare nell'ambiente marino circostante una attività di prospezione sismica si demanda al sito *web* www.sonsdemar.eu, nel quale sono messe a confronto diverse fonti sonore potenzialmente presenti in mare.

5.12 INCIDENZA SU AREE PROTETTE S.I.C. – Z.P.S.

Le attività che verranno svolte nell'area interessata dall'istanza di permesso di ricerca non interesseranno in alcun modo aree a qualsiasi titolo protette per scopi di tutela ambientale, siano esse siti Rete Natura 2000, aree marine protette, aree di ripopolamento, aree archeologiche marine, aree di nidificazione delle tartarughe.

Ciò nonostante, al fine di identificare e valutare qualsiasi tipo di impatto diretto e/o indiretto che le operazioni proposte potrebbero arrecare, nel presente capitolo sono stati presi in considerazione tutti i Siti di Importanza Comunitaria (SIC) e le Zona di Protezione Speciale (ZPS) presenti lungo le coste più vicine all'area oggetto di studio.

5.12.1 Valutazione degli impatti potenziali

Le aree protette, annoverate nel database del Ministero relativamente alla Rete Natura 2000, limitrofe alla zona oggetto di studio, sono state dettagliatamente prese in esame in modo da fornire un generale assetto ecologico-naturalistico peculiare dell'area attraverso la descrizione delle varietà di habitat che le caratterizzano. Come riportato nella descrizione dei Siti (vedi allegato 4), gli habitat della maggior parte di essi sono habitat di entroterra o di ambienti costieri terrestri che non risentiranno in alcun modo dell'attività proposta, le cui operazioni verranno effettuate in mare, a notevole distanza dalle stesse.

Come riportato in precedenza, i metodi di indagine basati sull'acquisizione sismica si basano sui fenomeni di riflessione e rifrazione di onde elastiche che hanno un rapido decadimento spaziale, generate da una sorgente artificiale ad aria compressa direzionata verso il basso.

In questo modo sono state escluse tutte le aree nell'entroterra o habitat di ambiente costiero, considerando esclusivamente gli habitat marini. In Figura 5.8 vengono riportati tutti siti di importanza comunitaria (SIC) e le zone a protezione speciale (ZPS) posti entro un raggio di 12 miglia nautiche dall'area in istanza. È possibile osservare come l'unico Sito di importanza Comunitaria potenzialmente sensibile sia rappresentato dalla "Secca di Amendolara" (IT 9310053), posta ad oltre 16 chilometri a sud-ovest dall'angolo meridionale del blocco di ricerca, il cui habitat di riferimento è rappresentato dalle praterie di *Posidonia oceanica* (habitat n° 1120).

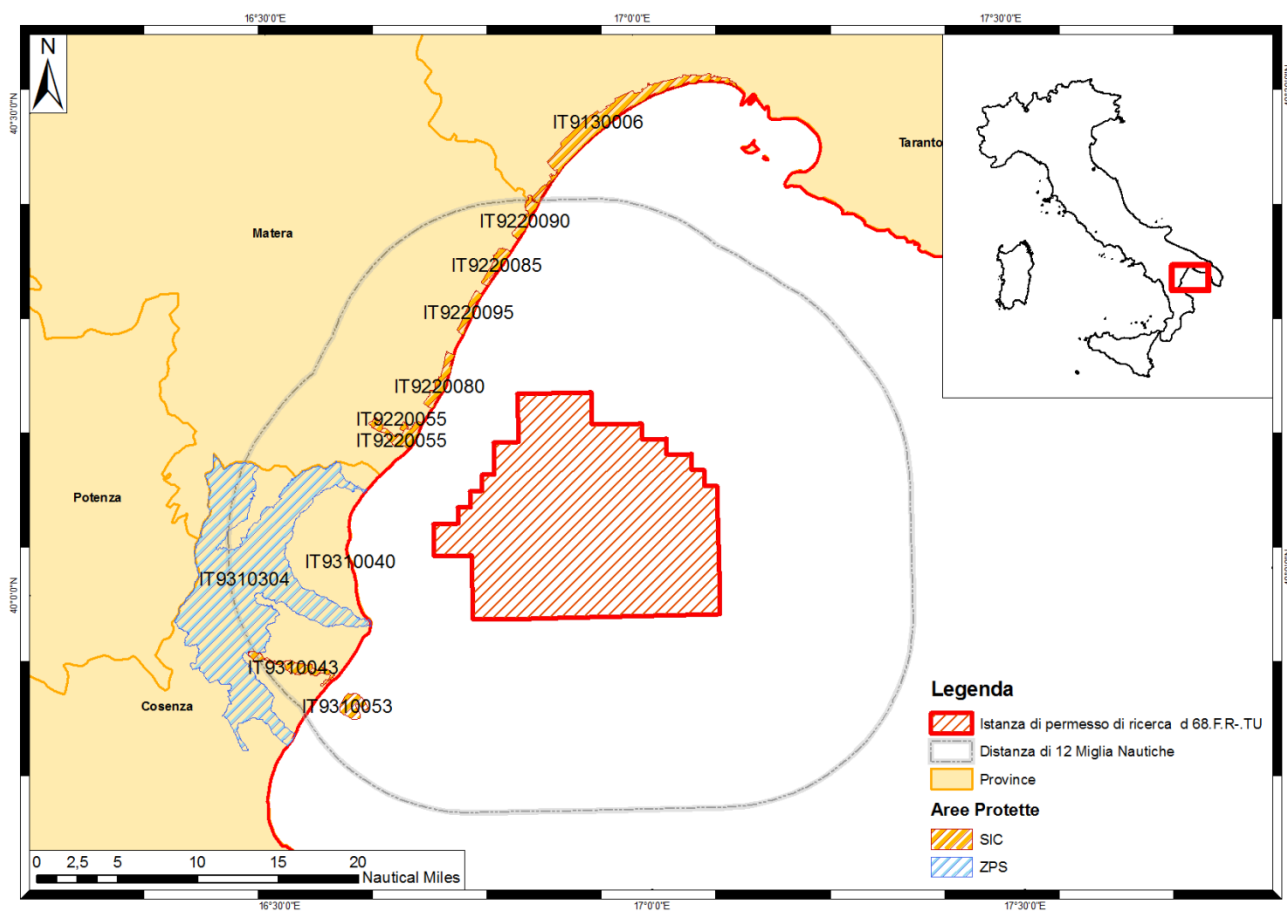


Figura 5.8 – Aree SIC e ZPS presenti nel Golfo Ionico. La circonferenza indica una distanza di 12 miglia nautiche dal perimetro esterno dell’area in istanza.

La *Posidonia oceanica* è stata dichiarata specie protetta, considerato il suo importante ruolo nell’ecosistema del bacino mediterraneo. Come già affermato, rappresenta una pianta superiore, endemica del Mediterraneo, costituita da rizoma, foglie, fiori e frutti che si sviluppano lungo il litorale costiero fino a circa 40 metri di profondità. Agisce anche in funzione della salvaguardia contro l’erosione delle coste.

La *Posidonia* si trova per lo più sui fondali mobili (fangosi e sabbiosi) ed è uno dei produttori primari di ossigeno (circa 14 l/mq all’anno) e di sostanze, inoltre è fondamentale per la sopravvivenza di numerose specie di pesci, molluschi, echinodermi e crostacei, costituendo il riparo ideale per questi organismi marini che trovano tra le sue fronde, condizioni ottimali per la riproduzione e l'alimentazione.

Il sito “Secca di Amendolara” (IT 9310053) presenta un’alta biodiversità, dove la *Posidonia* è in buono stato di conservazione, rappresentando un importante sito come *nursery* per diverse specie di pesci, anche di interesse economico.

Grazie al GIS riportante le mappe delle praterie di *Posidonia oceanica*, disponibile sul sito del Servizio Difesa Mare del Ministero dell’Ambiente (Figura 5.9), è possibile osservare come la *Posidonia* presente nell’area SIC sopra citata sia di tipo “*Posidonia su roccia*”.

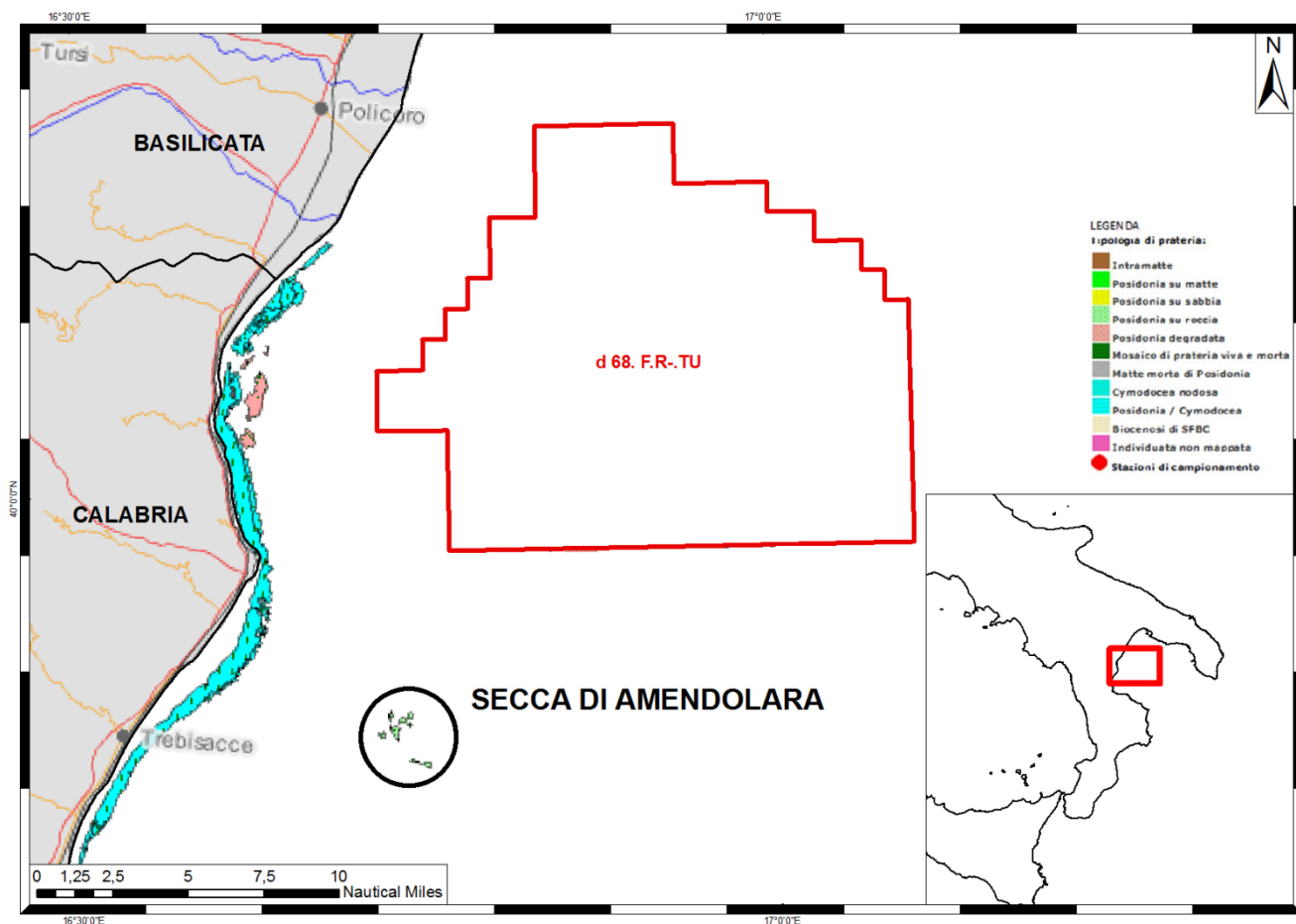


Figura 5.9 – Mappature delle praterie di Posidonia Oceanica in corrispondenza dell’area protetta denominata “Secca di Amendolara” (IT9310053) (fonte: www.sidimar.tutelamare.it)

Gli impatti derivanti dalle azioni previste nella campagna di acquisizione sugli habitat della *Posidonia Oceanica* sono estremamente bassi. La fase di energizzazione, le attività di stendimento e rimozioni di cavi e idrofoni, il posizionamento della nave sismica e quelle relative alla nave di appoggio, svolgendosi a notevole distanza, non influenzando minimamente tale area SIC.

Come è possibile osservare dalla Matrice de Leopold compilata per l’area protetta della Secca di Amendolara, l’unica azione prevista dal progetto, potenzialmente impattante, è l’azione di energizzazione. Tuttavia i valori rimangono comunque piuttosto bassi, vista la notevole distanza dalla fonte (oltre 16 km), la scarsa probabilità di interazione con la flora e la fauna presenti, il carattere di ridotta durata e di completa reversibilità delle azioni (Tabella 5.6).

MATRICE DI LEOPOLD APPLICATA ALL'HABITAT 1120 (Praterie di Posidonia, <i>Posidonium oceanicae</i>)														
				AZIONI PREVISTE NEL PROGETTO										
				Stendimento e rimozione cavi e idrofoni		Energizzazione		Movimento nave per posizionamento		Nave di appoggio		TOTALE		
				max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 10/10	max 40/40 - 40/40		
COMPONENTI AMBIENTALI E SOCIALI	Fisico-chimiche	Acqua	Correnti marine superficiali	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
			Correnti marine profonde	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Atmosfera	Qualità dell'aria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Biologiche	Flora	Vegetazione acquatica marina	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Specie tutelate	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40	1/40
		Fauna	Mammiferi marini	-	-	2/10	1/10	-	-	-	-	2/40	1/40	1/40
			Tartarughe	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40	1/40
			Fauna ittica	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40	1/40
			Specie tutelate	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40	1/40
			Squali	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40	1/40
			Altri animali	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40	1/40
	Ecosistemi	Qualità degli ecosistemi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Socio-culturali	Attività commerciali	Attività di pesca	-	-	1/10	1/10	-	-	-	-	1/40	1/40	1/40
Percezione del paesaggio		Aspetto del paesaggio	-	-	-	-	1/10	1/10	1/10	1/10	4/40	4/40	4/40	
TOTALE (max 140/140 - 140/140)				-	-	9/140	9/140	1/140	1/140	1/140	1/140			

Tabella 5.6 – Matrice di Leopold applicata all'Habitat 1120 (Praterie di Posidonia Oceanica). Le caselle evidenziate in verde indicano un impatto nullo (meno del 10% del valore massimo raggiungibile), mentre le caselle evidenziate in giallo indicano un impatto minimo (di carattere temporaneo e reversibile)

Durante la compilazione della matrice i possibili impatti sulla Posidonia Oceanica non sono stati inseriti sulla riga riferibile alla “vegetazione acquatica marina” bensì, sono stati aggiunti alla riga riferita alle “specie tutelate”. Questa scelta è stata dettata seguendo le indicazioni fornite nella pubblicazione di Leopold et al. (1971) in cui viene specificato come, trovandosi in presenza di una caratteristica ambientale che viene descritta da più di una casella della matrice, debba venir compilata solo una delle caselle che la descrivono, per evitare un falso aumento della stima degli impatti.

In conclusione quindi, dall’analisi della matrice si può evincere che gli impatti che si verificheranno relativamente all’habitat associato alle Praterie di Posidonia sono estremamente bassi e del tutto reversibili. Potenziali impatti possono riguardare alcuni comportamenti della fauna marina presente, in particolare eventuali mammiferi marini, che potrebbero percepire l’azione di energizzazione, ma che, vista la notevole distanza, non risentiranno in alcun modo di danni temporanei e/o permanenti.

Pertanto, considerando la distanza dalla fonte di disturbo, oltre che al carattere temporaneo e del tutto reversibile delle operazioni, è possibile escludere qualsiasi interferenza in grado di modificare e/o danneggiare la qualità dell’ecosistema presente nel Sito di Importanza Comunitaria “Secca di Amendolara” (IT 9310053).

5.13 IMPATTI CUMULATIVI CON ALTRI PIANI O PROGETTI

Nel presente paragrafo verranno analizzati gli eventuali impatti legati alla sovrapposizione o interferenza di più attività presenti nella stessa area.

L’indagine geofisica proposta, subordinata all’ottenimento del titolo minerario rilasciato con decreto ministeriale, è un’attività esclusiva, che potrà essere svolta all’interno dell’area solamente da Transunion Petroleum. Una volta ottenuta la titolarità del permesso di ricerca, Transunion Petroleum condurrà una campagna di prospezione geofisica 2D, come previsto dal programma lavori.

L’attività proposta si configura come attività di carattere temporaneo e sarà cura del proponente mantenere una costante comunicazione con le capitanerie di porto e con le amministrazioni coinvolte, fornendo agli organi competenti un calendario settimanale delle operazioni che verranno svolte e delle zone interessate, oltre ad informarsi sull’eventuale presenza di attività di rilievo geofisico in aree limitrofe.

Al momento della redazione di questo studio, nelle zone limitrofe all’area oggetto di istanza di permesso di ricerca, è possibile notare la presenza di diversi blocchi interessati da titoli minerari o istanze (Figura 5.10). Nella Tabella 5.7 sono riportate le informazioni principali dei titoli adiacenti al blocco in istanza “d 68 F.R.-TU” ed i rispettivi operatori.

Come è possibile osservare in Figura 5.10, il Golfo di Taranto mostra numerosi blocchi esplorativi. La quasi totalità delle attività presenti sono ancora nella fase di istanza, pertanto lo svolgimento di qualsiasi attività nelle predette aree rimane subordinato all’ottenimento del permesso di ricerca, emanato con decreto da parte del Ministero dello Sviluppo Economico. Nel caso in cui uno o più titoli minerari vengano rilasciati in tempo utile per effettuare i lavori nello stesso periodo in cui si svolgerà l’attività di prospezione geofisica proposta, il proponente in seguito alla implementazione del Decreto Ministeriale, si impegna a prendere contatti con i possibili altri operatori per redigere un cronoprogramma delle operazioni che escluda la simultaneità delle operazioni di ricerca.

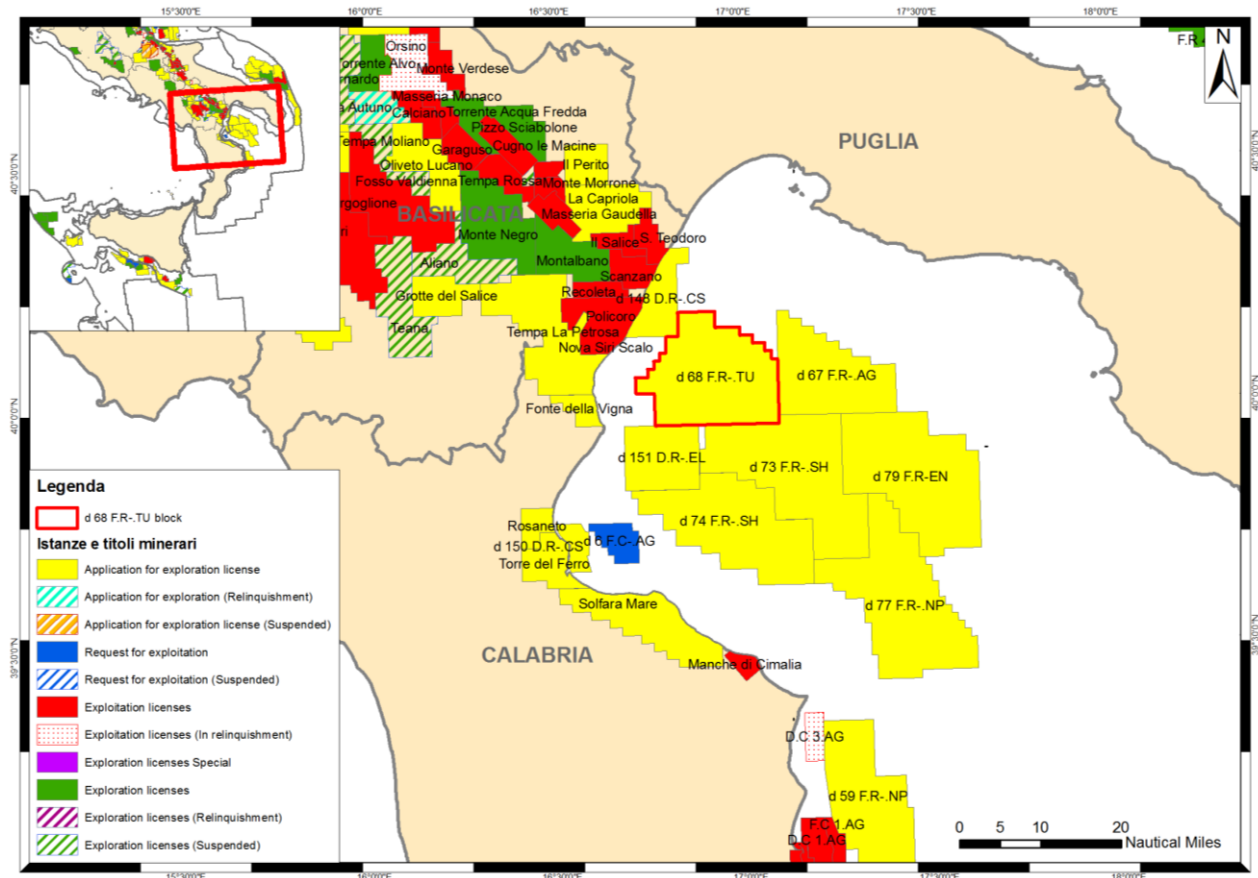


Figura 5.10 – Localizzazione dell’area oggetto di istanza di permesso di ricerca “d 68 F.R.-TU” e distribuzione delle altre istanze o titoli minerari presenti nelle zone limitrofe

Nome	Operatore	Tipo di titolo	Conferimento	Stato	Note
d 148 D.R.-CS	Apennine Energy	Istanza di permesso di ricerca in mare	-	In corso valutazione VIA	-
d 67 F.R.-AG	ENI	Istanza di permesso di ricerca in mare	-	In corso presentazione VIA	-
d 79 F.R.-EN	Enel Longanesi Developments	Istanza di permesso di ricerca in mare	-	In corso presentazione VIA	-
d 77 F.R.-NP	Northern Petroleum	Istanza di permesso di ricerca in mare	-	In corso di rigetto	-
d 73 F.R.-SH	Shell Italia E&P	Istanza di permesso di ricerca in mare	-	In corso valutazione VIA	-
d 74 F.R.-SH	Shell Italia E&P	Istanza di permesso di ricerca in mare	-	In corso valutazione VIA	-
d 151 D.R.-EL	Petroceltic Italia	Istanza di permesso di ricerca in mare	-	In corso di rigetto	-
d 6 F.C.-AG	ENI	Istanza di concessione di coltivazione in mare	-	In corso presentazione VIA	-

d 150 D.R.-CS	Apennine Energy	Istanza di permesso di ricerca in mare	-	In corso valutazione VIA	-
---------------	-----------------	--	---	--------------------------	---

Tabella 5.7 – Caratteristiche dei titoli minerari presenti nelle zone limitrofe all’area del permesso di ricerca idrocarburi “d 68 F.R-.TU” (fonte: unmig.sviluppoeconomico.gov.it).

Se si considera l’aspetto tecnico legato alla presenza di più navi per il rilievo geosismico in zone limitrofe, è opportuno sottolineare che le diverse energizzazioni creerebbero problemi alla propagazione del segnale acustico, generando delle interferenze tra i segnali (effetti di risonanza, amplificazione del rumore, etc.) e rendendo di fatto il rilievo non attendibile. Uno studio di Gordon et al. (1998), inoltre, evidenzia come prospezioni geofisiche multiple sarebbero in grado di interrompere rotte migratorie e disturbare zone di alimentazione chiave dei cetacei.

E’ opportuno sottolineare che sarà cura di Transunion Petroleum progettare l’esecuzione del rilievo geosismico in modo da evitare la concomitanza con altre attività dello stesso tipo, escludendo quindi la contemporanea presenza di indagini geofisiche in aree limitrofe. Ciò ha lo scopo di limitare e/o evitare qualsiasi impatto cumulativo che potrebbero subire le componenti ambientali.

Per quanto riguarda il blocco “d 6 F.C.-AG”, invece, è in corso la valutazione di impatto ambientale per un’istanza di concessione di coltivazione in mare; la natura del titolo minerario non prevede attività di indagine geofisica.

Per quanto riguarda l’impatto cumulativo che potrebbe verificarsi con altri tipi di attività antropiche che generano rumore come, ad esempio, traffico navale, ricerca scientifica, pesca o piattaforme di estrazione petrolifera, risulta di difficile valutazione in quanto ancora poco compreso. Tuttavia si ritiene che il limite spaziale e temporale delle suddette attività sia tale da rendere trascurabile la comparsa di eventuali effetti cumulativi (*Irish Department of Communication, Energy and Natural Resources, 2007*).

6 MITIGAZIONI

In questo capitolo verranno elencate una serie di operazioni atte alla mitigazione degli effetti prodotti durante la campagna di acquisizione con lo scopo di non danneggiare l'ambiente.

L'attività come già descritto in precedenza, ha carattere di cantiere temporaneo mobile, in quanto l'attrezzatura è montata su un'apposita nave che si sposterà all'interno dello specchio di mare per compiere le operazioni di rilievo geofisico. Al termine di ogni sessione di indagine non verrà lasciata alcuna attrezzatura nello specchio di mare indagato, e la nave e l'attrezzatura rientreranno in porto. Attraverso una serie di procedure e linee guida, verranno adottate opportune misure di mitigazione per la tutela dei cetacei e delle tartarughe marine e per ridurre l'interferenza con le attività di pesca.

A tutela della fauna marina, Transunion Petroleum si impegna ad effettuare il rilievo geofisico al di fuori dei periodi riproduttivi delle principali specie ittiche, in modo da ridurre al minimo e/o evitare qualsiasi eventuale interferenza. Il periodo riproduttivo della maggior parte delle specie ittiche si concentra durante la stagione primaverile con un picco massimo durante il mese di Maggio.

Si ricorda che non verranno effettuate operazioni all'interno delle aree protette, anche se, per completezza, quelle più vicine all'area oggetto di indagine sono state dettagliatamente descritte in questo studio.

6.1 LINEE GUIDA PER LA TUTELA DEI MAMMIFERI MARINI

Con l'aumento della sensibilità in termini ambientali, maturata negli anni, sono state sviluppate diverse linee guida o raccomandazioni sulle possibili misure di mitigazione da adottare nel corso delle attività di ricerca, sia a livello nazionale che internazionale. I mammiferi marini rappresentano l'aspetto ambientale maggiormente sensibile alle operazioni di indagine geofisica e, al fine di ridurre al minimo tali interferenze, sono state analizzate le linee guida maggiormente riconosciute a livello internazionale e nazionale, quali:

- Linee guida emanate dal JNCC – *Joint Natural Conservation Committee*;
- Linee guida emanate da ACCOBAMS – *Agreement on the Conservation of Cetaceans of Black Sea, Mediterranean Sea and contiguous Atlantic Area*;
- Linee guida redatte dall' ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

6.1.1 Linee guida emanate dal JNCC – *Joint Natural Conservation Committee*

Il JNCC è un organismo internazionale rappresentato dal comitato scientifico del governo britannico per la conservazione della natura. Le misure di mitigazione redatte dal JNCC vengono normalmente adottate in ambito internazionale e sono state redatte con lo scopo di minimizzare i possibili impatti dell'*air-gun* sulla fauna marina in generale e sui mammiferi marini in particolare.

In particolare le linee guida emanate dal JNCC prevedono:

Sezione I – valutazione e riduzione del rischio di lesioni ai mammiferi marini.

Fase di pianificazione

- Consultare la bibliografia disponibile per determinare la probabilità di incontrare mammiferi marini nell'area interessata e valutare eventuali considerazioni di carattere stagionale da prendere in esame (periodo di migrazione, riproduttivo, etc.);
- Quando possibile, pianificare la prospezione in modo da evitare mammiferi marini durante la stagione riproduttiva o durante lo svezzamento;

- Munirsi di personale qualificato e con esperienza per ricoprire il ruolo di *Marine Mammal Observer* a bordo nave;
- L'attività sismica deve essere svolta durante le ore diurne; tuttavia è ammessa l'operatività durante le ore notturne qualora si disponga di un sistema di monitoraggio acustico passivo;
- Cercare di ridurre l'intensità delle emissioni sonore e le alte frequenze del rumore prodotto dagli *air-gun*.

Sezione II – Gli Osservatori dei Mammiferi Marini – *Marine Mammal Observers* (MMOs).

Si sottolinea l'importanza del ruolo e dell'esperienza degli osservatori a bordo nave. In particolare, si richiede il massimo sforzo di avvistamento cetacei nei 30 minuti precedenti l'inizio dell'attività con il *soft start*.

Gli MMO sono responsabili anche del reporting a fine attività, che deve necessariamente includere le seguenti informazioni:

- Numero identificativo del survey sismico;
- Data e luogo del *survey*;
- Numero e volume di ciascun *air-gun*;
- Caratteristiche dell'*array* di *air-gun*;
- Numero e tipo di imbarcazione utilizzate;
- Durata del *soft start*;
- Problemi incontrati durante il survey e/o in caso di avvistamento cetacei;
- Avvistamenti di mammiferi marini (schede standard);
- Procedure messe in atto in caso di avvistamenti durante le prospezioni.

Sezione III – Prima e durante l'attività sismica.

Almeno 30 minuti prima dell'attivazione della sorgente sismica, l'osservatore a bordo nave (MMO) deve verificare l'assenza di mammiferi marini in un raggio di 500 metri.

In acque profonde ($\geq 200\text{m}$), la ricerca deve essere estesa a 60 minuti in quanto potrebbero essere presenti specie, quali gli zifidi e il capodoglio, note per compiere immersioni profonde e prolungate. Per consentire una tempistica più adeguata delle operazioni in acque profonde, la ricerca di mammiferi marini può cominciare prima della fine di ciascuna linea sismica (a sorgente sismica ancora attiva). Se un mammifero marino viene avvistato a sorgente sismica attiva, l'osservatore non deve far altro che monitorare la situazione. Il *soft start* all'inizio di ciascuna linea sismica deve essere invece ritardato di 20 minuti qualora mammiferi marini vengano avvistati a sorgente sismica spenta.

Qualora mammiferi marini fossero avvistati all'interno dell'area di sicurezza (500 metri), l'attivazione della sorgente sismica deve essere ritardata fino a quando gli animali risultano allontanati. Agli animali deve essere lasciato il tempo necessario per allontanarsi in seguito all'ultimo avvistamento (almeno 20 minuti). In questo caso, il monitoraggio acustico passivo può essere determinante nel rilevare la presenza di mammiferi marini.

Qualora mammiferi marini vengano avvistati all'interno dell'area di sicurezza a sorgente sismica attiva **NON** è richiesto lo spegnimento della sorgente del rumore.

Con il termine *Soft Start* si intende il periodo di tempo in cui gli *air-gun* cominciano ad operare in maniera blanda fino al raggiungimento della piena potenza operativa. Per eseguire correttamente un *soft start*:

- Le emissioni sonore devono essere graduali (viene attivato prima l'*air-gun* di dimensioni inferiori e mano a mano sono aggiunti gli altri) con un start up a bassa energia che deve protrarsi per almeno 20 minuti in maniera da permettere l'allontanamento dei mammiferi marini presenti nelle vicinanze. Il soft start deve essere effettuato ogni volta che vengono attivati gli *air-gun* prescindendo dalla presenza di mammiferi marini nell'area;
- Per minimizzare l'introduzione di ulteriore rumore in ambiente marino, il soft start non deve essere protratto per più di 40 minuti. Evitare spari oltre quelli strettamente necessari per le normali operazioni;
- Qualora durante il survey si fossero interrotti gli spari per un periodo pari o superiore a 10 minuti, prima di riattivare gli *air-gun* deve essere effettuata una ricerca di mammiferi marini e un soft start completo di 20 minuti. Dopo un'interruzione degli spari, di qualsiasi durata, deve essere effettuato un controllo visivo per assicurarsi dell'assenza di mammiferi marini nel raggio di 500 metri. Qualora fosse rilevata la presenza di un mammifero marino, le operazioni devono essere ritardate come descritto sopra.

In caso di cambio di linea sismica, a seconda del volume degli *air-gun* coinvolti e del tempo necessario alla nave per iniziare una nuova linea sismica, si è tenuti ad attuare o meno lo spegnimento della sorgente. Nel caso in cui gli *air-gun* continuano a sparare viene aumentato l'intervallo di tempo tra due spari successivi (*Shot Point Interval*).

Sezione IV – Monitoraggio acustico

Il monitoraggio acustico deve essere utilizzato per rilevare la presenza di mammiferi marini prima di effettuare la tecnica del soft start, soprattutto in aree dove è nota la presenza di specie sensibili difficili da avvistare. Fortemente consigliato come strumento di mitigazione durante le ore notturne o in condizioni di scarsa visibilità o quando le condizioni meteo marine rendono difficili gli avvistamenti. Tuttavia, risulta essere meno preciso del monitoraggio visivo nel determinare la distanza a cui si trovano i mammiferi marini rispetto all'array di *air-gun*.

6.1.2 Linee guida emanate da ACCOBAMS – *Agreement on the Conservation of Cetaceans of Black Sea, Mediterranean Sea and contiguous Atlantic Area*

L'ACCOBAMS rappresenta uno strumento di cooperazione per la conservazione della biodiversità marina, ed in particolare dei cetacei, nel Mar Nero, Mediterraneo e nella parte Atlantica contigua al Mediterraneo. Questo strumento ha redatto una serie di raccomandazioni e linee guida volte a minimizzare l'impatto delle attività che generano rumore sulla fauna marina e si divide in una sezione generale, una sezione pratica e una sezione speciale:

Sezione generale – valida per tutte le attività che generano rumore subacqueo.

- a) Consultare banche dati e bibliografia sulla distribuzione spaziale e stagionale di Cetacei in modo da pianificare e condurre le attività quando e dove è meno probabile incontrare animali e in maniera tale da evitare stagioni o habitat critici. Consultare dati e pubblicazioni relative a precedenti esperienze di mitigazione per uniformare protocolli e formato dati;
- b) In mancanza o insufficienza di dati, organizzare survey dedicati e preventivi (da imbarcazioni e/o aeromobili, secondo il caso) e/o attività di monitoraggio attraverso l'uso di strumentazione di rilevazione acustica fissa (boe, *bottom recorders*, etc.) per valutare la densità delle popolazioni nell'area prescelta per le operazioni. *Survey* pre e post esperimento sono comunque sempre da incoraggiare data la loro estrema valenza scientifica in questa fase di sviluppo e ricerca sull'impatto

del rumore. La durata e modalità dei *survey* va stabilita da personale scientifico competente in materia;

- c) Evitare aree chiave per i cetacei, aree marine protette e aree chiuse (es. baie, golfi), definire appropriate zone cuscinetto intorno ad esse; considerare possibili impatti di propagazioni a lungo raggio o lungo termine;
- d) Durante la fase di pianificazione dell'evento, tenere conto dell'eventuale concomitanza di altre attività umane potenzialmente rumorose, sia connesse all'evento stesso (es. traffico navale di servizio), sia indipendenti (es. altri eventi, incremento della navigazione da diporto durante la stagione turistica);
- e) Sviluppare banche dati/GIS fra di loro compatibili per costruire in prospettiva un documento di pianificazione completo e condivisibile;
- f) Modellare il campo acustico generato in relazione alle condizioni oceanografiche (profilo di profondità/temperatura, canali acustici, profondità e caratteristiche del fondale, propagazione sferica o cilindrica) e alle caratteristiche della sorgente (frequenza dominante, intensità e direzionalità), per stabilire le distanze di propagazione, e quindi le EZ (*Exclusion Zone*), per le seguenti intensità: 160db re 1 μ Pa, 180db re 1 μ Pa, 190db re 1 μ Pa. In caso di *Power Down* (vedi sezione pratica lettera e), stabilire anche i raggi di propagazione di 180db re 1 μ Pa e 190db re 1 μ Pa relativi alla potenza ridotta. Ad esempio, un *array* di X *air-gun* può essere ridotto a 1 solo *air-gun* attivo a seguito di un *Power Down*, in modo da ridurre la potenza emessa (e il relativo raggio di pericolosità) senza spegnere la sorgente;
- g) Utilizzare sempre la minima potenza della sorgente (es. *air-gun*, *sonar*) utile al conseguimento degli obiettivi;
- h) Verificare in campo, quando possibile, i reali livelli e distanze di propagazione, modificando eventualmente il raggio della *Exclusion Zone*. Per fare ciò, eseguire una serie di rilevazioni con strumentazione calibrata. Le misure andrebbero ripetute al cambiamento delle condizioni di propagazione. In caso di impossibilità, fare sempre riferimento al modello più conservativo;
- i) Considerare la possibilità di espandere la zona EZ anche oltre il limite dei 180db re 1 μ Pa adottando quella relativa ai 160db re 1 μ Pa nel caso si osservino variazioni comportamentali degli animali presenti al di fuori di essa;
- j) Prevedere un sistema automatico di *logging* dell'attività della sorgente per documentare l'ammontare di energia acustica prodotta e rendere disponibili queste informazioni agli organi deputati a regolamentare le emissioni acustiche, alla comunità scientifica e al pubblico;
- k) Prevedere l'utilizzo di un *software* di raccolta e registrazione dei dati di navigazione, condizioni meteo, avvistamenti e contatti acustici. Tale *software* deve essere il più automatizzato possibile per non distogliere gli MMO dai loro compiti di monitoraggio. Il *software* dovrebbe inoltre essere in grado di visualizzare geograficamente in tempo reale gli avvistamenti e i contatti acustici inseriti;
- l) Prevedere quale parte integrante delle misure di mitigazione la produzione di report per fornire informazioni sulle procedure applicate, sulla loro efficacia, e per fornire dati di presenza animali da utilizzarsi per alimentare i database già esistenti. Incoraggiare la pubblicazione dei report sulle riviste specializzate;
- m) Allertare, durante le operazioni, le reti per gli spiaggiamenti dell'area di interesse; pianificare, se necessario, attività di monitoraggio addizionale delle coste più vicine;
- n) In caso di spiaggiamenti o avvistamenti di carcasse potenzialmente legati alle operazioni (secondo il giudizio del Responsabile MMO a bordo), interrompere ogni emissione acustica,

- avvertire le autorità competenti e dedicare ogni possibile sforzo alla comprensione delle cause di morte;
- o) In caso di comportamenti anomali degli animali osservati nelle vicinanze delle operazioni, è facoltà degli MMO di richiedere la cessazione di ogni emissione acustica per determinare la causa del comportamento osservato ed evitare il suo protrarsi;
 - p) Oltre che al monitoraggio visivo e acustico, gli MMO sono tenuti a sorvegliare l'applicazione delle regole di mitigazione e la conformità dell'esperimento (es. potenza della sorgente, zona di operazioni) alla Richiesta e relativa Autorizzazione vigente;
 - q) Gli MMO fanno riferimento al Referente Nazionale che informa il segretariato ACCOBAMS attraverso report compilati su protocolli standardizzati. Discutere tempestivamente di ogni inaspettato cambiamento e condizione nei protocolli applicati con il Segretariato in collaborazione con il comitato scientifico;
 - r) Le linee guida di mitigazione e le relative operazioni di implementazione adottate dovrebbero essere di volta in volta rese pubbliche da tutti i soggetti che si apprestino a svolgere attività rumorose in mare: Pubblici, Privati, Militari;
 - s) Gli MMO devono essere personale competente e provvisto di adeguato background in materia. In caso di impossibilità di reperire tutto il personale con comprovata esperienza, assicurarsi che almeno la maggior parte di esso lo sia. Per operazioni che coprano le 24 h per più giorni consecutivi, il numero minimo di MMO non deve essere inferiore a 5;

Sezione pratica- illustra in dettaglio le procedure da mettere in atto nel corso delle attività.

- a) Assicurare monitoraggio visivo e acustico passivo (*PAM Passive Acoustic Monitoring*) con team specializzati di osservatori e bioacustici al fine di assicurare che non siano presenti cetacei nella EZ almeno per 30 minuti prima di avviare le sorgenti acustiche (*Ramp Up*, lettera b di questa sezione). L'intera EZ deve essere chiaramente visibile agli osservatori per tutti i 30 minuti. Le osservazioni, acustiche e visive, devono proseguire durante tutta l'attività di emissione (avvistamento durante le ore diurne e acustica 24 h);
- b) Nel caso di prima accensione della sorgente (*Ramp up*), essa deve essere attivata alla potenza minima e successivamente incrementata di non più di 6db ogni 5 minuti fino al raggiungimento della potenza desiderata (NMFS, 2000; NURC, 2009). La EZ (calcolata sul valore massimo operativo della sorgente) deve essere libera da mammiferi marini per almeno 30 minuti precedenti;
- c) Nel caso in cui un animale o un gruppo di essi sia presente o entri nella EZ durante i 30 min di osservazione precedenti all'attivazione della sorgente, attendere nuovamente 30 minuti ricalcolandoli come segue: 30 minuti da quando l'animale è stato visto lasciare la EZ; dopo 15 minuti nel caso in cui gli animali (piccoli cetacei) spariscano dalla vista e l'ultimo avvistamento sia avvenuto all'interno della EZ (totale 45 minuti dall'ultimo contatto visivo); dopo 30 minuti nel caso in cui gli animali (grandi cetacei) spariscano dalla vista e l'ultimo avvistamento sia avvenuto all'interno della EZ (totale 60 minuti dall'ultimo contatto visivo);
- d) Nel caso in cui un animale o un gruppo di essi entri o stia per entrare nella EZ di 180db re 1 μ Pa, l'MMO deve tempestivamente richiedere la diminuzione (*Power Down*; di seguito PD, alla lettera e) dell'intensità della sorgente o la cessazione (*Shut Down*; di seguito SD) della stessa, secondo quanto descritto al punto e);
- e) Il *Power Down* comporta la riduzione della potenza della sorgente al livello minimo iniziale. In caso di *air-gun*, per esempio, si mantiene attivo 1 solo *air-gun*. Diminuendo la potenza emessa a livello minimo, la EZ di 180db re 1 μ Pa si riduce di conseguenza. Se gli animali continuano ad avvicinarsi fino a entrare nella nuova EZ, gli MMO richiedono uno *Shut Down*;

- f) Lo *Shut Down* comporta lo spegnimento completo della sorgente acustica;
- g) Dopo un avvistamento con relativo PD o SD, la sorgente può essere riattivata secondo le seguenti procedure: 1) Quando l'animale è stato visto lasciare la EZ; 2) Nel caso in cui l'animale non sia stato visto lasciare la EZ, dopo 15 minuti dall'ultimo contatto visivo nel caso di piccoli cetacei e pinnipedi; 3) Dopo 30 minuti nel caso di cetacei di grandi dimensioni;
- h) Dopo un PD, uno SD o una qualsiasi interruzione dovuta a ragioni tecniche, la sorgente può essere riattivata direttamente a piena potenza se la sospensione/riduzione sia durata meno di 8 minuti. In tutti gli altri casi, deve essere ripetuto il *Ramp Up*. Non sono richiesti i 30 minuti di osservazione preventiva nel caso in cui il monitoraggio degli MMO sia proseguito senza interruzione o nel caso in cui la sorgente sia stata mantenuta attiva al livello di intensità iniziale minima dopo un PD;
- i) I *Ramp Up* durante le ore notturne sono fortemente sconsigliati, date le oggettive difficoltà di rivelazione visiva degli animali. Possono comunque avvenire solo in caso in cui la sorgente non sia mai stata spenta per più di 8 minuti consecutivi;
- j) Prevedere che l'equipaggiamento per il monitoraggio visivo includa idonei binocoli (7x50, almeno uno per operatore in servizio), compresi *big eyes* (25x150, uno in caso di visione a 360 gradi, due, uno per lato, in caso di visione laterale limitata), da utilizzare secondo il protocollo di monitoraggio, che deve tenere in considerazione la rotazione degli operatori (secondo gli schemi solitamente adottati e accettati);
- k) Registrare ogni avvistamento e contatto acustico con le informazioni geografiche e temporali sia in un file con funzione di archivio che nel programma di log e visualizzazione geografica. Si suggerisce di utilizzare un solo programma che svolga entrambe le funzioni per evitare un doppio carico di lavoro per gli MMO;
- l) Registrare una linea di log ogni mezz'ora riportando i dati geografici, temporali e meteorologici e ogni qual volta si verifichi una variazione delle stesse o un evento degno di nota;
- m) Effettuare il monitoraggio acustico per tutta la durata delle emissioni acustiche attive e, in generale, per il maggior tempo possibile anche quando la sorgente è spenta;
- n) Le registrazioni acustiche andrebbero effettuate per tutto il periodo in cui la sorgente è attiva e comunque per tutto il periodo in cui l'*array* è in mare e operativo. Le stesse andrebbero conservate per almeno un anno dopo il termine dell'esperimento;
- o) Anche per il monitoraggio acustico, prevedere un *software* che assista l'operatore nella descrizione del contenuto delle stesse e compilare una linea di log ogni 30 minuti e ogni qual volta si verifichi un evento degno di nota;
- p) Effettuare il monitoraggio acustico con l'ausilio congiunto di cuffie (per la banda audio) e rappresentazione spettrografica full band per le bande infra e ultra soniche;
- q) L'operatore acustico deve essere in contatto sia con il *team visual* che con i tecnici della sorgente per assicurare la piena sincronia delle operazioni;
- r) Adattare la sequenza di linee di *survey* tenendo conto di ogni prevedibile movimento degli animali all'interno dell'area delle operazioni ed evitando di bloccare rotte di fuga. Nel caso di operazioni in prossimità di golfi e insenature, procedere sempre dall'interno verso l'esterno e mai viceversa;
- s) Le sorgenti ad alta potenza dovrebbero possibilmente essere interrotte durante la notte, durante altri periodi con scarsa visibilità e durante condizioni di trasmissione in superficie favorevole, in quanto il monitoraggio delle EZ risulta compromesso;

- t) Il monitoraggio acustico passivo (PAM) deve essere effettuato con cortine di idrofoni trainati (*hydrophone arrays*) o con altra idonea tecnologia con larghezza di banda e sensibilità sufficienti a captare le vocalizzazioni nell'intera gamma di frequenze utilizzate dai Cetacei attesi nell'area;
- u) Assicurare almeno due osservatori *visual* durante le ore diurne e un acustico 24 h durante la fase di trasmissione su ogni nave sorgente, nel rispetto dei normali turni di attività/riposo;
- v) Cessare le emissioni ogni volta che all'interno dell'area monitorata siano osservate aggregazioni di specie vulnerabili (quali capodogli o zifidi).

Sezione speciale – si indicano misure aggiuntive da mettere in atto a seconda del tipo di attività antropica. Per le prospezioni geofisiche si riportano le seguenti, da intendersi in aggiunta alle linee guida generali e alla sezione pratica.

- a) Limitare la propagazione orizzontale adottando idonee configurazioni di arrays e sincronizzazione degli impulsi ed eliminando le componenti in alta frequenza non necessarie;
- b) Applicare misure di mitigazione aggiuntive in aree di acque profonde nel caso di precedenti osservazioni di *beaked whales* in zona di operazioni o in caso di avvicinamento ad habitat elettivi per *beaked whales* (MacLeod et al, 2006): in questi casi prolungare le osservazioni preventive (alla lettera a della sezione pratica) a 120 minuti in maniera da aumentare la probabilità di rivelazione di specie *deepdiver*. La situazione ideale vorrebbe, tuttavia, che esercitazioni sonar non venissero condotte in aree di accertata frequentazione da parte di Zifidi;
- c) Incoraggiare lo scambio di dati tra gli operatori in modo da minimizzare la duplicazione di campagne. Incoraggiare, ove possibile, il riutilizzo di vecchi dati da rianalizzare usando nuove tecnologie di *signal processing* o nuove tecniche di analisi.

6.1.3 Linee guida redatte dall' ISPA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) ha redatto un rapporto tecnico sulla valutazione e mitigazione dell'impatto acustico dovuto alle prospezioni geofisiche nei mari italiani, indicando una serie di *best practices* da integrare nelle linee guida esistenti, precedentemente descritte.

Fase di pianificazione

- la scelta dell'area da indagare non può prescindere dalle schede informative inerenti ai mammiferi marini che popolano i nostri mari;
- è opportuno programmare il *survey* sismico in maniera da evitare il periodo riproduttivo delle principali specie ittiche al fine di evitare effetti negativi sul numero di uova disponibili;
- considerazione di effetti cumulativi che potrebbero verificarsi per la presenza di altre attività impattanti nella stessa area di mare dove è svolta l'indagine geofisica o in una zona adiacente.

Fase di attività

- riduzione dell'intensità dell'emissione sonora e del numero di *air-gun*;
- soft start prolungato: da un minimo di 30 minuti ad un massimo di 60 minuti;
- zona di esclusione più ampia dove prevedere l'immediata riduzione dell'intensità della sorgente (*power down*) o la cessazione della stessa (*shut down*) in presenza di mammiferi marini;
- considerazione di un valore soglia del rumore inferiore per evitare non solo danni fisiologici ma anche disturbi comportamentali alla fauna acquatica;
- monitoraggio acustico passivo (PAM) da utilizzare in condizioni di scarsa visibilità e comunque da affiancare costantemente a quello visivo;

- verifica sul campo dei livelli di rumore e delle reali distanze di propagazione per constatare l'efficacia dell'estensione dell'area di sicurezza;

Fase post-survey

- Gli MMO (*Marine Mammals Observers*) presenti a bordo nave sono tenuti a spedire a MATTM e ISPRA copia del report di fine attività che comprenda come minimo le seguenti informazioni: data e luogo del survey, caratteristiche dell'array di *air-gun*, numero e volume di ciascun *air-gun*, numero e tipo di imbarcazioni utilizzate, durata del soft start, avvistamenti di mammiferi marini, procedure messe in atto in caso di avvistamenti, problemi incontrati durante il survey e/o in caso di avvistamento cetacei.

6.2 MITIGAZIONI CHE VERRANNO ATTUATE A TUTELA DEI CETACEI

Viste le caratteristiche e gli effetti della propagazione del rumore generato dalle sorgenti utilizzate, in relazione alle possibili interferenze con la fauna dei cetacei, è possibile mettere in atto alcuni accorgimenti per mitigare i possibili impatti su questi animali.

Partendo dalla conoscenza dei meccanismi di propagazione dell'energia generata dagli *air-gun*, e in accordo con quanto stabilito dal *National Marine Fishery Service*, si può stabilire un raggio di tolleranza definito "Zona di Esclusione" (ZE) pari a 500 metri, distanza di sicurezza entro la quale si raggiunge il livello di esposizione massimo per i cetacei.

Stabilita quantitativamente una soglia di tolleranza, tuttavia, per la mitigazione degli impatti sui mammiferi marini eventualmente presenti nell'area in esame, verranno adottate le seguenti misure di mitigazione:

- Prima dell'inizio dell'acquisizione si attenderà un periodo di 30 minuti nei quali verrà effettuato un monitoraggio visivo da parte di un osservatore qualificato MMO (*Marine Mammals Observer*) a bordo della nave, che provvederà ad accertare l'assenza di cetacei e mammiferi marini nella zona di esclusione, ossia in un raggio di 500 m dal centro dell'array di *air-gun*. In acque profonde la ricerca sarà estesa a 60 minuti in quanto potrebbero essere presenti specie, quali gli zifidi e il capodoglio, note per compiere immersioni profonde e prolungate. In caso di avvistamento di individui appartenenti alla famiglia degli Zifidi il tempo di osservazione sarà aumentato a 120 minuti;
- Implementazione *soft start*: l'adozione di questa particolare strumentazione tecnica consente di raggiungere gradualmente l'intensità di lavoro necessaria agli *air-gun*, in modo da arrivare alla frequenza e intensità operative stabilite solo dopo aver effettuato un incremento del livello acustico del segnale in un intervallo di tempo di circa venti minuti. L'operazione di soft start verrà eseguita nuovamente ad ogni interruzione della prospezione di durata superiore ai cinque minuti. Al termine dell'acquisizione di ogni linea gli spari verranno interrotti per riprendere solo all'inizio della nuova linea da acquisire, come da indicazione del JNCC. Inoltre, verranno utilizzati i livelli di potenza più bassi possibile, per ridurre eventuali interferenze con la fauna presente;
- Presenza di osservatori a bordo, addetti all'avvistamento di cetacei, mammiferi e altre specie marine sensibili. Le attività di avvistamento di mammiferi marini e cetacei verranno eseguite solo da personale qualificato MMO (*Marine Mammals Observer*) in grado di riconoscere le specie sensibili e soprattutto appartenenti ad enti accreditati per quanto concerne l'argomento. Inoltre, in caso di scarsa visibilità o acquisizioni notturne, sarà utilizzato il protocollo PAM (*Passive Acoustic Monitoring*) con il quale si provvederà ad una ricerca acustica oltre che visiva di eventuali esemplari di mammiferi nell'area indagata. La tecnologia PAM è composta da idrofoni che vengono

posizionati nella colonna d'acqua, grazie alla quale i suoni vengono processati utilizzando un apposito programma per l'identificazione dei vocalizzi dei cetacei. Ogni operazione verrà effettuata come da indicazioni del JNCC, la linea guida ufficiale per la minimizzazione degli impatti sui mammiferi. È importante sottolineare che, per ricoprire il ruolo di osservatore - *Marine Mammal Observer* (MMO) e di tecnico per il PAM (monitoraggio acustico passivo), verrà impiegato personale tecnico altamente specializzato;

- Azioni da condurre in caso di avvistamento e/o presenza di cetacei. In caso gli addetti all'avvistamento accertino la presenza di cetacei o mammiferi marini sensibili, l'attività verrà bloccata e posticipata fino a venti minuti dall'allontanamento degli animali (ultimo avvistamento). A seguito di ogni avvistamento gli addetti saranno tenuti a compilare un rapporto (report post-survey) che rimarrà a disposizione degli organismi competenti, quali il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, l'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) e l'ICRAM (Istituto Centrale per la Ricerca Scientifica e Tecnologica Applicata al Mare). Nel rapporto verranno riportati i seguenti dati: data e localizzazione dell'avvistamento, tipologia e metodi di utilizzo degli *air-gun* impiegati, numero e tipo di imbarcazioni impiegate, registrazione di utilizzo dell'*air-gun* (inclusi il numero di soft start e le osservazioni prima dell'inizio delle operazioni di rilievo), numero di mammiferi avvistati (dettagliando l'osservazione con l'utilizzo di schede standard) e note di ogni osservatore presente a bordo.

6.3 MITIGAZIONI ATTE AD EVITARE L'INTRAPPOLAMENTO DI TARTARUGHE

In merito ad altre specie ittiche che popolano le aree limitrofe a quella di studio, un'altra eventuale misura di mitigazione ambientale riguarda le tartarughe marine. Per evitare l'intrappolamento accidentale di questi rettili marini nelle apparecchiature di rilievo sismico, verranno utilizzati dei dispositivi metallici da applicare alla struttura della boa di coda (Figura 6.1, a destra) della nave sismica, recependo le direttive presentate nello studio "*Reducing the fatal entrapment of marine turtles in towed seismic survey equipment*" condotto dalla società inglese Ketos Ecology. Tale studio, pubblicato nel 2007, ha delineato il problema della mortalità accidentale di tartarughe marine in seguito all'incagliamento nelle boe di coda delle navi sismiche, formulando alcune raccomandazioni per minimizzare il problema attraverso l'uso del "*Turtle guards*", un dispositivo montato nella parte anteriore della boa di coda sismica (fonte: www.ketosecology.co.uk).

L'attrezzatura sismica in cui potrebbe incagliarsi la tartaruga marina, è rappresentata dalla boa di coda, un galleggiante fissato all'estremità di ogni cavo sismico (Figura 6.1, a sinistra), che viene utilizzato per monitorare l'ubicazione dei cavi, grazie a riflettori radar e *Global Positioning System* (GPS). L'applicazione di barre metalliche alla struttura che sostiene la boa di coda elimina il rischio di intrappolamento e di mortalità delle tartarughe con tempi e costi minimi.



Figura 6.1 – A sinistra: esempio di Boa di coda, fissata all'estremità del cavo sismico (fonte: www.mitchamindustries.com). A destra: dispositivo che esclude la possibilità di intrappolamento delle tartarughe marine, (fonte: www.ketosecology.co.uk)

6.4 MITIGAZIONE DELLE INTERFERENZE CON LE ATTIVITÀ DI PESCA

Nel presente paragrafo sono descritte le azioni che verranno attuate per compensare e/o evitare gli impatti potenziali sull'attività di pesca, precedentemente analizzati.

La prospezione geofisica si configura come attività di cantiere temporaneo mobile, in quanto l'attrezzatura è montata su un'apposita nave che si sposterà all'interno dello specchio di mare di interesse per compiere le operazioni di rilievo sismico. Queste operazioni comprendono lo stendimento dei cavi su cui sono montati gli idrofoni e il posizionamento della sorgente di energia (*air-gun*). Al termine delle operazioni di raccolta dei dati geofisici non verrà lasciata alcuna attrezzatura nello specchio di mare indagato, la nave e gli strumenti rientreranno in porto.

Con lo scopo di ridurre al minimo gli impatti derivanti dall'attività di prospezione geofisica sull'attività ittica, verranno adottate diverse misure di mitigazione a tutela dell'attività di pesca nell'area.

Il primo provvedimento riguarda i contatti e gli accordi che verranno presi con i pescatori e le unità gestionali territoriali, nominando un rappresentante locale che si occuperà di informare circa l'attività che verrà svolta, il cronoprogramma delle operazioni e comunicare le rotte interessate.

La seconda misura di prevenzione, invece, si riferisce alle modalità operative di progettazione della campagna di acquisizione geofisica. Questa forma di mitigazione prevede la suddivisione dell'area d'indagine secondo una griglia composta da maglie, in cui la prospezione viene effettuata in maniera sistematica occupando una zona alla volta, coincidente ad una maglia della griglia. Questa modalità permette di ridurre notevolmente l'occupazione dello specchio d'acqua e di programmare le aree interessate dall'attività in modo efficace e preciso, dando modo ai pescatori di conoscere con anticipo quali saranno le rotte seguite quotidianamente dalla nave sismica. Infatti, il proponente fornirà un calendario settimanale delle operazioni che verranno svolte e delle zone interessate dall'attività proposta alle Capitanerie di Porto aventi giurisdizione sulla zona oggetto di indagine.

Inoltre, le attività di rilievo sismico verranno effettuate al di fuori del periodo in cui si concentrano le attività di riproduzione della maggioranza delle specie ittiche di interesse commerciale, così da evitare eventuali interferenze sui cicli biologici, tali da provocare una perdita economica in termini di pescato.

7 BIBLIOGRAFIA

- AGIP, (1977) – Temperature sotterranee. F.lli Brugora, Segrate, 1390 pp
- Alvarez W., (1976) – A former continuation of the Alps. *Bull. Geol. Soc. Am.*, 87: 891-896.
- Amodio Morelli L., Bonardi G., Colonna V., Dietrich D., Giunta G., Ippolito F., Liguori V., Lorenzoni S., Paglionico A., Perrone V., Piccarreta G., Russo M., Scandone P., Zanettin-Lorenzoni E. & Zuppetta A., (1976) – L’Arco Calabro-peloritano nell’orogene appenninico-maghrebide. *Mem. Soc. Geol. It.*, 17: 1-60
- André P. e Doucet S., (1991) - Rospo mare field – Italy, Adriatic Sea, Stratigraphic Traps II, AAPG Treatise Petrol, Atlas Oil Gas Fields, 29-54.
- Balduzzi A., Casnedi R., Crescenti U., Tonna M., (1982) - Il Plio-Pleistocene del sottosuolo del bacino lucano (Avanfossa Appenninica). *Geologica Romana*, 21, 89-111.
- Barbanti R. e Poulain P.M., (2007) - “Misure di temperatura e salinità nel Mar Mediterraneo mediante profilatori lagrangiani (2000-2006)” - ISTITUTO NAZIONALE di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale - Rel. 2007/21-OGA 6 SIRE
- Ben Avraham Z. & Nur A., (1982) – The emplacement of ophiolites by Collision. *J. Geoph. Res.*, 87: 3861-67.
- Bonardi G., Amore F.O., Ciampo G., Miconnet P. & Perrone V., (1988) – Il Complesso Liguride Auct.: stato delle conoscenze e problemi aperti sulla sua evoluzione pre-appenninica ed i suoi rapporti con l’Arco Calabro. *Mem. Soc. Geol. It.*, 41: 17-35.
- Carannante G., esteban M., Milliman J., Simone L. (1988) - Carbonate facies as paleolatitude indicators: problems and limitations. *Sediment. Geol.*, 60, 333-346.
- Carminati E., Doglioni C., (2004) - Mediterranean Tectonics, In: *Encyclopedia of Geology*, Elsevier, pp. 135-146.
- Castellote, M., Clark, C.W., Colmenares, F., Esteban, J.A. (2009) – Mediterranean fin whale migration movements altered by seismic exploration noise. *J. Acoust. Soc. Am.* 125:2519.
- Catalano S., Monaco C., Tortorici L., Paltrinieri W. & Steel N., (2004) – Neogene-Quaternary tectonic evolution of the Southern Apennines. *Tectonics*, 23: TC2003, doi: 10.1029/2003TC001512.
- Catalano R., Di Stefano P., Sulli A. & Vitale F.P. (1996) - Paleogeography and structure of the central Mediterranean: Sicily and its off-shore area. *Tectonophysics*, 260: 291-323.
- Cello G., Invernizzi C. & Mazzoli S., (1996) – Structural signature of tectonic processes in the Calabrian Arc, southern Italy: evidence from the oceanic-derived Diamante-Terranova unit. *Tectonics*, 15 (1): 187-200.
- Cello G., Tortorici L., Martini N. & Paltrinieri W., (1989) – Structural styles in the frontal zones of the Southern Apennines, Italy: an example from the Molise district. *Tectonics*, 8: 753-768.
- Channell J.E.T., D’Argenio B., Horvath F., (1979), *Adria, the African Promontory, in Mesozoic Mediterranean Paleogeography*, *Earth Science Reviews*, vol. 15, pp. 213-292.
- Critelli S. & Monaco C., (1993) – Depositi vulcanoclastici nell’Unità del Flysch calabro-lucano (Complesso Liguride, Appennino Meridionale). *Boll. Soc. Geol. It.*, 112: 121-132.
- Critelli S., (1991) – Evoluzione delle mode detritiche delle successioni arenitiche terziarie dell’Appennino meridionale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 47: 55-93.
- Dalen J., Ona E., Soldal A. V., Sætre R., (1996) - Seismic investigations at sea; an evaluation of consequences for fish and fisheries. *Institute of Marine Research, Fisken og Havet*, 9: 26 pp.
- D’Argenio B., Pescatore T.S. & Scandone P. (1973) - Schema geologico dell’Appennino meridionale (Campania e Lucania) - *Atti Accad. Naz. Lincei Quad.* 183; 49-72
- Dewey, Helman, Turco, Hutton, & Knott, (1989) - Kinematics of the western Mediterranean, *Geological*

Society, London, Special Publications 1989, v. 45, p. 265-283

- Devoti R., F. Riguzzi, M. Cuffaro and C. Doglioni (2008) - New GPS constraints on the kinematics of the Apennines subduction, *Earth Planet. Sci. Lett.* 273, 163-174.
- Dietrich D. & Scandone P., (1972) - The position of the basic and ultrabasic rocks in the tectonic units of the Southern Apennines. *Atti Accad. Pontaniana, Napoli*, 21: 61-75.
- Dickinson W.R. & Seely D.R., (1979) - Structure and stratigraphy of fore-arc regions. *Am. Ass. Petr. Geol. Bull.*, 63: 2-31.
- Doulcet A., Cazzola C., Marinelli S., (1990) - Il campo di Rospo Mare: un esempio di paleokarst petrolifero, *Memorie della Società Geologica Italiana*, vol. 45, n.2, pp. 783-789.
- Drouot V., Berube M., Gannier A., Goold J.C., Reid R.J., Palsboll P.J. (2004) - A note on genetic isolation of Mediterranean sperm whales (*Physeter macrocephalus*) suggested by mitochondrial DNA. *Journal of Cetacean Research and Management* 6(1):29-32.
- Evans, P.G.H., & Nice, H. (1996) - Review of the effects of underwater sounds generated by seismic survey on cetaceans. *Sea Watch Foundation, Oxford*.
- Finetti, I. (2005) - CROP Project: Deep Seismic Exploration of the Central Mediterranean and Italy, *Atlases Geosci.*, vol. 1, Elsevier, New York.
- Finetti I., Lentini F., Carbone S., Catalano S., Del Ben A., (1996) - Il Sistema Appennino Meridionale - Arco Calabro - Sicilia nel Mediterraneo Centrale: Studio Geologico Geofisico. *Boll. Soc. Geol. It.*, 115, 529-559.
- Forcada, J., Notarbartolo di Sciara, G. and Fabbri, F. (1995) - Abundance of fin whales and striped dolphins summering in the Corso-Ligurian basin. *Mammalia* 59(1): 127-140
- Gambini R., Tozzi M., (1996) - Tertiary geodynamic evolution of the Southern Adria microplate. *Terra Nova*, 8, 593-602.
- Ghisetti F. (1979) - Evoluzione neotettonica dei principali sistemi di faglie della Calabria centrale. *Bollettino Società Geologica Italiana*, 98, 387-430.
- Ghisetti F. & Vezzani L., (1983) - Structural Map of Mt. Pollino (Southern Italy). Scala 1:50.000, S.EL.CA., Firenze. Note illustrative sul retro.
- Green, D.M., DeFerrari, H.A., McFadden, D., Pearse, J.S., Popper, A.N., Richardson, W.J., Ridgway, S.H. & Tyack, P.L. (1994) - Low-frequency sound and marine mammals: Current knowledge and research needs [Report] Washington (DC): National Academy Press.
- Gordon, J.C., D.D. Gillespie, J. Potter, A. Franzis, M.P. Simmonds, and R. Swift. (1998) - The Effects of Seismic Surveys on Marine Mammals. L. Tasker and C. Weir, eds. London.
- Guerrera F., Martin-Algarra A. & Perrone V., (1993) - Late Oligocene-Miocene syn-/late-orogenic succession in Western and Central Mediterranean Chains from the Betic Cordillera to the Southern Apennines. *Terra Nova*, 5: 525-544.
- Haccard D., Lorenz C. & Grandjaquet C., (1972) - Essai sur l'évolution tectogénétique de la liaison Alpes-Appennines (de la Ligurie à la Calabre). *Mem. Soc. Geol. It.*, 11: 309-381.
- Hassel A., Knutsen T., Dalen J., Løkkeborg S., Skaar K., Østensen Ø., Haugland E. K., Fonn M., Høines Å., Misund O. A., (2003) - Institute of Marine Research, *Fisken og Havet*. Vol.4. 2003. Reaction of sandeel to seismic shooting: a field experiment and fishery statistics study. 63 pp.
- Hassel, A., Knutsen, T., Dalen, J., Skaar, K., Løkkeborg, S., Misund, O. A., Østensen, Ø., Fonn, M., and Haugland, E. K. (2004) - Influence of seismic shooting on the lesser sandeel (*Ammodytes marinus*). *e ICES Journal of Marine Science*, 61: 1165e1173.
- Hauser, D.D.W., M. Holst and V.D. Moulton. (2008) - Marine mammal and sea turtle monitoring during Lamont- Doherty Earth Observatory's marine seismic program in the Eastern Tropical Pacific, April-August 2008. LGL Rep. TA4656/7-1. Rep. from LGL Ltd., King City, Ont., for Lamont-Doherty Earth Observ. Of Columbia Univ., Palisades, NY, and Nat. Mar. Fish. Serv., Silver Spring, MD. 98 p.

- Herak D., Herak M., Prelogovic E., Markusic S., Markulin Z., (2005) - Jabuka island (Central Adriatic Sea) earthquakes of 2003, *Tectonophysics*, vol. 398, pp. 167-180.
- Herak M., Herak D., Markusic S., (1995) - Fault-plane solutions for earthquakes (1956-1995) in Croatia and neighbouring regions, *Geofizika*, vol. 12, pp. 43-56.
- Hippolyte J.C., Angelier J., Roure F. & Casero P. (1994) – Piggyback basin development and thrust belt evolution: structural and paleostress analyses of the Plio-Quaternary basins in the Southern Apennines. *J. Struct. Geol.*, 16: 159-173.
- Hsu K.J., (1968) – Principles of melanges and their bearing on the Franciscan-Knoxville paradox. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 79, 1063-1074.
- Ierpa Onlus (2010) – Osservatorio economico sulle strutture produttive della pesca marittima in Italia. 2009. Edizioni Scientifiche Italiane, Napoli: 184 pp.
- Irish Department of Communication, Energy and Natural Resources, (2007) - Second Strategic Environmental Assessment for Oil and Gas Activity in Ireland's Off-shore Atlantic Waters: IOSEA2 Porcupine Basin. Environmental Report.
- Jasny, M., Reynolds, J, Horowitz, C., Wetzler, A. (2005) - Sounding the depths II: the rising toll of sonar, shipping and industrial ocean noise on marine life. Natural Resources Defense Council, November 2005.
- Knott S.D., (1987) – The Liguride Complex of Southern Italy – a Cretaceous to Paleogene accretionary wedge. *Tectonophysics*, 142: 217-226.
- Knott S.D., (1994) – Structure, kinematics and metamorphism in the Liguride Complex, southern Apennines, Italy. *J. Struct. Geol.*, 16: 1120-1207.
- Kostyuchenko, L.P. (1973) - Effects of elastic waves generated in marine seismic prospecting on fish eggs in the Black Sea. *Hydrobiological Journal* 9:45-48.
- La Bella G., Cannata S., Frogliola C., Ratti S., Rivas G., (1996) - First Assessment of Effects of Air-gun Seismic Shooting on Marine Resources in the Central Adriatic Sea, International Conference on Health, Safety & Environment held in New Orleans Louisiana 9-12 June 1996.
- Lanfredi C., Azzellino A., Vismara R., (2009) - Valutazione di impatto ambientale delle prospezioni geosismiche sottomarine – parte II: stima degli impatti ed effetti sugli organismi. *Ingenieria ambientale*, volume XXXVIII n. 5/2009, 251-260.
- Lanzafame G., Spadea P. & Tortorici L., (1979) – Mesozoic ophiolites of Northern Calabria and Lucanian Apennine (Southern Italy). *Ofioliti*, 4: 173-182.
- Lanzafame G., Spadea P. & Tortorici L., (1978) – Provenienza ed evoluzione dei Flysch cretacoico-eocenici della regione calabro-lucana. II: relazioni tra ofioliti e Flysch calabro-lucano. *Ofioliti*, 3: 189-210.
- Lenhardt, M. (2002) - Sea turtle auditory behavior. *J. Acoust. Soc. Amer.* 112(5, Pt. 2):2314 (Abstract).
- Lentini F., Carbone S., Di Stefano A., Guarnieri P. (2004) – A multidisciplinary approach to the reconstruction of the Quaternary evolution of the Messina Strait area. In Pasquarè G., Venturini C., Gropelli G. (Ed.), *Mapping Geology in Italy*, Apat, S.El.Ca., Firenze, 43-50.
- Leopold L. B., F. E. Clarke, B. B. Hanshaw, and J. E. Balsley. (1971) - A procedure for evaluating environmental impact. U.S. Geological survey Circular 645, Washington, D.C.
- Mackenzie, K.V., (1981) - Nine-term equation for sound speed in the oceans. *J. Acoust. Soc. Am.* 70, 807-812
- Maiorano P., Sion L., Carlucci R., Capezzuto F., Giove A., Costantino G., Panza M., D'onghia G., Tursi A. (2010) – The demersal faunal assemblage of the North-Western Ionian Sea (Central Mediterranean): present knowledge and perspectives. *Chemistry and Ecology*, 26 (1): 219-240.
- Marcucci M., Conti M. & Spadea P., (1987) – Radiolarian association in cherts from Timpa delle Murge (Lucanian Apennine, Italy). *Ofioliti*, 12: 411-414.

- Mazzoli S., Helman M., (1994) - Neogene patterns of relative plate motion for Africa-Europe: some implications for recent central Mediterranean tectonics, *Geologische Rundschau*, Volume 83, Number 2, 464-468
- McCaughey R.D., Fewtrell J., Duncan A.J., Jenner C., Jenner M.N., Penrose J.D., Prince R.I.T., Adhitya A., Murdoch J., Mc Cabe K. (2000) - Marine seismic surveys – a study of environmental implications. *Appea Journal* 2000 692-708.
- Merlini S., Cantarella G., Doglioni C., (2000) - On the seismic profile Crop M5 in the Ionian Sea, *Bollettino della Società Geologica Italiana* 119, 227-236.
- Mo G. (2011) - Mediterranean Monk Seal (*Monachus monachus*) Sightings in Italy (1998-2010) and implications for conservation. *Aquatic Mammals*, 37(3):236-240. DOI 10.1578/AM.37.3.2011.236.
- Mo G., Agnesi S., Di Nora T., Tunesi L. (2007) - Mediterranean monk seal sightings in Italy through interviews: validating the information (1998-2006). *Comm. Int. Mer Medit.*, 38: 542.
- Monaco C., Tortorici L., Nicolich R., Cernobori & L. Costa M. (1996) - From collisional to rifted basins: an example from the southern Calabrian arc (Italy). *Tectonophysics*, 266, 233-249.
- Monaco C. & Tortorici L., (1994) – Evoluzione geologico-strutturale dell’Appennino calabro-lucano. In: F. Ghisetti, C. Monaco, L. Vezzani, “Strutture ed evoluzione del settore del Pollino (Appennino calabro-lucano)”, Guida all’Escursione, Gruppo Italiano Geologia Strutturale: 8-50.
- Monaco C., Tortorici L. & Paltrinieri W., (1998) – Structural evolution of the Lucanian Apennines, southern Italy. *J. Struct. Geol.*, 20: 617-638.
- Monaco C. & Tortorici L. (2007) - Active faulting and related tsunamis in eastern Sicily and south-western Calabria. *Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata*, 48 (2), 163-184.
- Mostardini F. & Merlini S., (1986) – Appennino centro-meridionale. Sezioni geologiche e proposta di modello strutturale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 35: 177-202.
- Nicolai C., Gambini R., (2007) - Structural architecture of the Adria platform-and-basin system. *Boll. Soc. Geol. It.*, Spec. Volume No. 7, pp. 21-37
- Notarbartolo Di Sciarra G. & Demma M., (1997) - Guida dei mammiferi marini nel Mediterraneo. 2 nd ed. Franco Muzzio ed., Padova: 227 pp.
- Ogniben, L., (1969) - Schema introduttivo all. geologia del Confine calabro-Iucano, *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 8,453-763,1969
- Ogniben L., (1973) – Schema geologico della Calabria in base ai dati odierni. *Geol. Romana*, 12: 243-585.
- Patacca E. e Scandone P. (1989) - Post Tortonian mountain building in the Apennines. The role of the passive sinking of a relic lithospheric slab - *Atti del convegno di Lincei*, 80; 157-176 in Boriani, Bonafede & Piccardo – *The lithosphere in Italy Advances – in Earth Science Research*
- Patacca E., Scandone P., (2001) - Late thrust propagation and sedimentary response in the thrust-belt-foredeep system of the southern Apennines (Pliocene-Pleistocene) . In: Vai, G.B., Martini, I.P. (Eds.), *Anatomy of an Orogen: the Apennines and Adjacent Mediterranean Basins*, 401-440.
- Palmer A.N. (1991) - Origin and morphology of limestone caves. *Geological Society of America Bulletin* 103, 1-21.
- Panigada, S., Lauriano, G., Burt, L., Pierantonio, N., Donovan, G. (2011) - Monitoring winter and summer abundance of cetaceans in the Pelagos Sanctuary (Northwestern Mediterranean Sea) through aerial surveys. *Plos one* 6(7): e22878. Doi:10.1371/journal.pone.0022878
- Parente C.L., Araujo J.P., Araujo M.E. (2007) - Diversity of cetaceans as tool in monitoring environmental impacts of seismic surveys. *Biota Neotropica*, vol.7 (n.1):2007.
- Payne, J.F., J. Coady, and D. White. (2009) - Potential effects of seismic air-gun discharges on monkfish eggs (*Lophius americanus*) and larvae. *Environmental Studies Research Funds Report* 170. St. John’s, N

- Peacock D.C.P., Mann A., (2005) - Evaluation of the controls on fracturing in reservoir rocks, *Journal of Petroleum Geology*, Volume 28, Number 4, October 2005, Wiley-Blackwell, pp. 385-396(12)
- Rossi S. & Gabbianelli G., (1978) - Geomorfologia del Golfo di Taranto. *Boll. Soc. Geol. It.*, 97, 423-437, 13 ff. 1 tab., 3 tavv.
- Santulli A., Modica A., Messina C., Ceffa L., Curatolo A., Rivas G., Fabi G. & D'Amelio V., (1999) - Biochemical responses of European sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) to the stress induced by off shore experimental seismic prospecting. *Mar. Pollut. Bull.*, 38:1105-1114.
- Scandone P., (1979) - Origin of the Tirrenian Sea and Calabrian Arc. *Boll. Soc. Geol. It.*, 98: 27-34.
- Scandone P., (1982) - Structure and evolution of the Calabrian Arc. *Earth Evolution Sciences*, 3: 172-180.
- Scrocca D., Beltrando M., Peccerillo A., Mattei M., Conticelli S., Doglioni C., (2010) - Southern Apennines: structural setting and tectonic evolution, *Journal of the Virtual Explorer*, v. 36, paper 13, *The Geology of Italy*, doi: 10.3809
- Sella M., Turci C., Riva A., (1988) - Sintesi geomineraria della fossa bradanica (avanfossa della catena appenninica meridionale) . *Mem. Soc. Geol. It.*, 41, 87-107
- Selli R., (1962) - Il Paleogene nel quadro della geologia dell'Italia centro-meridionale. *Mem, Soc. It.*, 3: 737-789.
- Shiner, P., Beccacini, A., & Mazzoli, S. (2004) - Thin-skinned versus thick-skinned structural models for Apulian carbonate reservoirs : constraints from the Val d'Agri Fields, S Apennines, Italy. *Marine and Petroleum Geology*, 21, 805-827.
- Slotte A., Hansen K., Dalen J., Ona E., (2004) - Acoustic mapping of pelagic fish distribution and abundance in relation to a seismic shooting area off the Norwegian west coast, *Fisheries Research* 67 (2004) 143-150.
- Southall, B.L., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Finneran, J.J., Gentry, R.L., Greene Jr., C.R., Kastak, D., Ketten, D.R., Miller, J.H., Nachtigall, P.E., Richardson, W. J., Thomas, J.A. & P.L. Tyack (2007) - Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. *Aquatic Mammals*, Vol 33(4) 121pp.
- Tortorici I. (1982) - Lineamenti geologico-strutturali dell'Arco Calabro. *Soc. It. Min. Petr.*, 38, 927-940.
- Tortorici L., Monaco C., Tansi C. & Cocina O., (1995) - Recent and active tectonics in the Calabrian arc (Southern Italy). *Tectonophysics*, 243: 37-55.
- Treccani ENI, (2009) - Enciclopedia degli Idrocarburi.
- Turrini, C., Rennison, P., (2004) - Structural style from the Southern Apennines' hydrocarbon province— An integrated view. In: McClay K.R. (Ed.), *Thrust tectonics and hydrocarbon systems: AAPG Memoir* 82, 558 - 578
- Van Dijk J.P., Bello M., Brancaleoni G.P., Cantarella G., Costa V., Frixia A., Golfetto F., Merlini S., Riva M., Toricelli S., Toscano, C., and Zerilli, A., (2000) - A new structural model for the northern sector of the Calabrian Arc. *Tectonophysics*, 324, 267-320.
- Vezzani L., (1968) - Rapporti tra ofioliti e formazioni sedimentarie nell'area compresa tra Viggianello, Francavilla sul Sinni, Terranova di Pollino e San Lorenzo Bellizzi. *Atti Acc. Gioienna Sci. Nat. Catania*, 6: 109-144
- Viti M., Mantovani E., Babbucci D., Tamburell C., (2011) - Plate kinematics and Geodynamics in the Central Mediterranean, *Journal of Geodynamics*, vol. 51, n.2-3, pp. 190-204.
- Weir, C.R., (2007) - Observations of marine turtles in relation to seismic air-gun sound off Angola. *Mar. Turtle Newsl.* 116:17-20.
- Wenz, G.M., (1962) - Acoustic ambient noise in the ocean: spectra and sources. *Journal of the Acoustical Society of America* 34:1936-1956.

Westaway R., (1993) - Quaternary uplift of Southern Italy. *Jl. Geophys. Res.*, 98: 21741-21772.

Zappaterra E., (1990) - Carbonate Paleogeographic sequences of the Peridriatic region. *Boll. Soc. Geol. It.*, 109: 5-20.

SITOGRAFIA

www.ampcaporizzuto.it

www.amportocesareo.it

www.centrometeoitaliano.it

www.difesa.it

www.dipgeopa.com

www.drillingahead.com

www.en.murmanshelf.ru

www.energy-alaska.wdfiles.com

www.fishsafe.eu

www.gcaptain.com

www.geo.uib.no

www.gnoo.bo.ingv.it

www.img.nauticexpo.it

www.infrastruttureprim.com

www.ingv.it

www.isprambiente.gov.it

www.ketosecology.co.uk

www.mammiferimarini.unipv.it

www.mareografico.it

www.marinetraffic.com

www.metis-srl.eu

www.minambiente.it

www.mitchamindustries.com

www.naturaitalia.it

www.nmfs.noaa.gov

www.nmig.sviluppoeconomico.gov.it

www.noc.soton.ac.uk

www.off-shore-technology.com

www.ogs.trieste.it
www.oilandgaslawyerblog.com
www.oilonline.com
www.ontit.it
www.openfisica.com
www.politicheagricole.it
www.politicheagricole.it
www.port.taranto.it
www.protezionecivile.gov.it
www.pvdrilling.com.vn
www.retegeofisica.it
www.seaforecast.cnr.it
www.sibm.it
www.sitap.beniculturali.it
www.sname.org
www.sonsdemar.eu
www.temi.repubblica.it/limes
www.treccani.it
www.unmig.sviluppoeconomico.gov.it
www.usgs.gov
www.voyagesphotosmanu.com
www.wikipedia.org
www.worldmaritimeneews.com