



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Valutazione ed elaborazione dei risultati della caratterizzazione delle aree portuali presenti nella regione Marche

Accordo di Programma "Per i dragaggi e lo sviluppo sostenibile delle aree portuali presenti nella regione Marche"

Marzo 2010
CII-EI-Ma-AdP-01.01



Responsabili scientifici

Dott. Massimo Gabellini

Dott. Fulvio Onorati

Referenti tecnici

Dott. Francesco Ciaprini

Dott.ssa Marina Pulcini

Staff tecnico

Dott.ssa Olga Faraponova

Dott. Giacomo Martuccio

Dott.ssa Maria Elena Piccione

Sig. Giordano Ruggiero

Dott. Ing. Andrea Salmeri

Dr.ssa Angela Sarni

Francesca Schiavano



Valutazione ed elaborazione dei risultati della caratterizzazione dell'aree marina dei porti della regione Marche

SOMMARIO

PREMESSA	1
1 INQUADRAMENTO GENERALE DEGLI STUDI DI CARATTERIZZAZIONE.....	3
2 RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE DEL PORTO DI CIVITANOVA MARCHE	5
2.1 RESOCONTO DELLE ATTIVITÀ DI CARATTERIZZAZIONE	5
2.2 ELABORAZIONE E VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE.....	9
2.2.1 VALORI CHIMICI DI RIFERIMENTO DELL'AREA	9
2.2.2 VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI DELLE ANALISI GRANULOMETRICHE	12
2.2.3 VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI DELLE ANALISI CHIMICHE	18
2.2.4 RISULTATI DELLE ANALISI MICROBIOLOGICHE.....	41
2.2.5 VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI DELLE ANALISI ECOTOSSICOLOGICHE.....	41
2.3 VALUTAZIONE INTEGRATA DELLO STATO QUALITATIVO DEI SEDIMENTI DELL'AREA PORTUALE DI CIVITANOVA MARCHE	47
3 RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE DEL PORTO DI FANO.....	51
3.1 RESOCONTO DELLE ATTIVITÀ DI CARATTERIZZAZIONE DEL SEDIMENTO	51
3.2 ELABORAZIONE E VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE...	55
3.2.1 VALORI CHIMICI DI RIFERIMENTO DELL'AREA	55
3.2.2 VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI DELLE ANALISI GRANULOMETRICHE	59
3.2.3 VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI DELLE ANALISI CHIMICHE	71
3.2.4 RISULTATI DELLE ANALISI MICROBIOLOGICHE.....	102
3.2.5 VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI DELLE ANALISI ECOTOSSICOLOGICHE.....	103
3.3 VALUTAZIONE INTEGRATA DELLO STATO QUALITATIVO DEI SEDIMENTI DELL'AREA PORTUALE DI FANO	109
4 RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE DEL PORTO DI NUMANA	113
4.1 RESOCONTO DELLE ATTIVITÀ DI CARATTERIZZAZIONE DEL SEDIMENTO	113
4.2 ELABORAZIONE E VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE..	117
4.2.1 VALORI CHIMICI DI RIFERIMENTO DELL'AREA	117



4.2.2	RISULTATI DELLE ANALISI GRANULOMETRICHE	120
4.2.3	RISULTATI DELLE ANALISI CHIMICHE	130
4.2.4	RISULTATI DELLE ANALISI MICROBIOLOGICHE.....	150
4.2.5	RISULTATI DELLE ANALISI ECOTOSSICOLOGICHE.....	150
4.3	VALUTAZIONE INTEGRATA DELLO STATO QUALITATIVO DEI SEDIMENTI DELL'AREA PORTUALE DI NUMANA.....	157
5	RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE DEL PORTO DI SENIGALLIA	161
5.1	RESOCONTO DELLE ATTIVITÀ DI CARATTERIZZAZIONE DEL SEDIMENTO	161
5.2	ELABORAZIONE E VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE..	166
5.2.1	VALORI CHIMICI DI RIFERIMENTO DELL'AREA	166
5.2.2	VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI DELLE ANALISI GRANULOMETRICHE	170
5.2.3	VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI DELLE ANALISI CHIMICHE	179
5.2.4	RISULTATI DELLE ANALISI MICROBIOLOGICHE.....	196
5.2.5	RISULTATI DELLE ANALISI ECOTOSSICOLOGICHE.....	196
5.3	VALUTAZIONE INTEGRATA DELLO STATO QUALITATIVO DEI SEDIMENTI DELL'AREA PORTUALE DI SENIGALLIA	202
6	RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE DEL PORTO DI ANCONA.....	206
6.1	RESOCONTO DELLE ATTIVITÀ DI CARATTERIZZAZIONE DEL SEDIMENTO	206
6.2	ELABORAZIONE E VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE..	210
6.2.1	VALORI CHIMICI DI RIFERIMENTO DELL'AREA	210
6.2.2	VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI DELLE ANALISI GRANULOMETRICHE	214
6.2.3	VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI DELLE ANALISI CHIMICHE	227
6.2.4	RISULTATI DELLE ANALISI MICROBIOLOGICHE.....	269
6.2.5	VISUALIZZAZIONE DEI RISULTATI DELLE ANALISI ECOTOSSICOLOGICHE	270
6.3	VALUTAZIONE INTEGRATA DELLO STATO QUALITATIVO DEI SEDIMENTI DELL'AREA PORTUALE DI ANCONA	280



Premessa

Il presente documento costituisce parte integrante della serie di studi previsti dall'Accordo di Programma: "Per i dragaggi e lo sviluppo sostenibile delle aree portuali presenti nella Regione Marche" (di seguito AdP).

L'AdP, sottoscritto in data 26 febbraio 2008 dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela de Territorio e del Mare, dalla Regione Marche, dai Comuni di Civitanova Marche, Fano, Numana e Senigallia, dall'Autorità Portuale di Ancona e dall'Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare (ICRAM), oggi Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), è finalizzato all'attuazione degli interventi di dragaggio delle aree portuali marchigiane, allo scopo di favorire una gestione integrata e ambientalmente compatibile dei sedimenti da sottoporre a movimentazione.

Nell'ambito dell'AdP sono state previste specifiche attività quali, studi preliminari, redazione di piani di caratterizzazione, attività di progettazione degli interventi di dragaggio, tutte finalizzate alla raccolta delle informazioni relative alla qualità dei sedimenti portuali e all'individuazione di opportune soluzioni per la loro gestione, in funzione delle loro caratteristiche fisiche, chimiche ed ecotossicologiche.

In particolare, ai punti B), D) ed E) dell'allegato tecnico all'AdP, sotto la voce "Interventi", viene riportata la serie di attività per le quali ISPRA è stata designata come soggetto attuatore.

Nell'ambito dello scenario operativo delineato dall'AdP, in data 18 giugno 2008 è stata sottoscritta una Convenzione tra la Regione Marche e l'ISPRA, nella quale vengono fissate le competenze dell'istituto, di seguito riportate:

- "Caratterizzazione integrativa dei fondali dei porti all'interno dei quali verranno predisposti interventi di dragaggio", da eseguirsi di concerto con ARPAM (punto B dell'Accordo di Programma);
- "Valutazione delle possibili ipotesi di gestione sulla base della qualità dei sedimenti oggetto degli interventi di escavo, con particolare riferimento alle tecnologie di recupero e di risanamento ambientale" (punto D dell' Accordo di Programma);
- "Realizzazione di uno studio di fattibilità per la programmazione e gestione di lungo periodo dei sedimenti provenienti da interventi di dragaggio a scala regionale" (punto E dell' Accordo di Programma).

Nella presente relazione viene riportata la sintesi dei risultati ottenuti dalla caratterizzazione condotta da ARPAM (con esclusione delle analisi ecotossicologiche, affidate a ISPRA), secondo le indicazioni di cui al "Piano di caratterizzazione ambientale dei fondali delle aree portuali dei comuni di Civitanova Marche, Fano, Numana, Senigallia, Ancona" (Rif. Doc. ISPRA CII-Pr-MA-AdP-01.01), trasmesso alla Regione Marche con nota del 30/09/2008, prot. n. 9324/08 con il relativo Piano Operativo di campionamento allegato.

Sulla base di quanto indicato nel Piano di Caratterizzazione redatto da ISPRA, la regione Marche, previa stipula di apposita convenzione, ha affidato ad ARPAM l'esecuzione delle seguenti attività:

- campionamento dei sedimenti;
- esecuzione della analisi chimiche;



- esecuzione delle analisi microbiologiche.

Per la parte esecutiva delle operazioni di campionamento ARPAM, previa predisposizione di gara d'appalto, ha provveduto ad affidare l'esecuzione delle attività di campionamento alla ditta GEOPOLARIS s.r.l. (sede in Livorno, via E. Quaglierini, 10/B).

Di seguito, rispettivamente per i porti di Fano, Senigallia, Ancona, Numana, Civitanova Marche, vengono riportati:

- un resoconto delle attività di caratterizzazione effettuate;
- la descrizione dei riferimenti chimici utilizzati nell'ambito di quanto previsto dalla DGR. n. 255 del 23/02/2009;
- una trattazione dei risultati analitici relativi alle indagini fisiche, chimiche ed ecotossicologiche eseguite, rispetto ai limiti di riferimento adottati;
- la visualizzazione dei risultati attraverso l'utilizzo di strumenti informatici e l'individuazione delle differenti categorie qualitative dei sedimenti, sulla base di quanto indicato dalla DGR n.255/09.

In una trattazione successiva, sulla base dei risultati ottenuti dalla caratterizzazione e in relazione ai criteri di classificazione qualitativa previsti dalla DGR n. 255/09, verranno stimati i volumi di sedimento da movimentare e da destinare alle differenti soluzioni di gestione, in ottemperanza a quanto richiesto al Punto D) dell'allegato tecnico all'AdP.



1 Inquadramento generale degli studi di caratterizzazione

Nella presente relazione, per ciascun porto, viene presentata la sintesi dei risultati analitici prodotti da ARPAM (per i parametri fisici, chimici e microbiologici) e da ISPRA (per quelli ecotossicologici), relativi alle analisi effettuate sui campioni di sedimento raccolti.

Per brevità, non sono state riportate le specifiche tecniche relative alle metodiche analitiche utilizzate, né i risultati delle analisi chimico-fisiche in forma tabellare. Tuttavia, per completezza d'informazione, vengono citati tutti i riferimenti degli elaborati dai quali le informazioni sono derivate.

Il dato analitico "puntuale" ottenuto dai campioni relativi a ciascuna maglia di campionamento è stato ritenuto rappresentativo dei volumi di sedimento corrispondenti allo spessore del livello campionato, conformemente a quanto riportato nella procedura di caratterizzazione di cui alla DGR n.255/09.

Con riferimento alla trattazione dei risultati delle indagini biologiche, essendo stati condotti saggi ecotossicologici su 1/3 del totale dei campioni, questi, durante la fase di elaborazione, sono stati ritenuti rappresentativi anche dei campioni di sedimento contigui, purché tali campioni presentassero caratteristiche chimiche comparabili. Tale approssimazione, prevista dalla vigente DGR n. 255/09, permette di mantenere un soddisfacente livello di rappresentatività delle informazioni, consentendo di ottimizzare i costi della caratterizzazione.

I dati raccolti, riferiti ai cinque porti, sono stati classificati sulla base dei criteri indicati nell'allegato 2 della Delibera n. 255/09, contemplando anche i margini di "tolleranza" previsti dalla stessa, in funzione della tipologia di parametro, dell'entità dello "sforamento" e della ubicazione dei campioni non conformi. Nello specifico, qualora i superamenti dei valori di LCB e LCL "nazionali" abbiano riguardato campioni "isolati" in numero non superiore al 20% rispetto al totale dei campioni effettuati, è stato reputato opportuno "ammettere delle difformità chimiche rispetto ai valori di riferimento" LCB e LCL "nazionali" indicati dalla DGR n. 255/09.

Successivamente, avvalendosi del SW ArcGis 9.3 (ESRI Spa), è stato creato un data base complessivo contenente tutti i dati grezzi per ciascun parametro per ogni singolo porto. Tale data base è stato interrelazionato con basi cartografiche georeferite al fine di visualizzare le concentrazioni per ciascun analita, differenziate per ogni strato di sedimento indagato. Tramite le funzioni di "query" sono stati individuati i superamenti rispetto ai riferimenti chimici e le conseguenti classi di qualità a seguito della integrazione con gli esiti dei saggi biologici.

L'approccio adottato costituisce la base di partenza per attribuire differenti classi di qualità ai sedimenti, in funzione delle loro caratteristiche chimiche, fisiche ed ecotossicologiche.

In un successivo documento, secondo quanto previsto dall'AdP, sulla base della classificazione qualitativa ottenuta dal presente studio, sarà sviluppato un piano per l'individuazione delle soluzioni gestionali ambientalmente compatibili (ripascimento, immersione deliberata in aree marine idonee, refluento in strutture di



contenimento), alle quali destinare i volumi di sedimento oggetto degli interventi di dragaggio.



3 Risultati della caratterizzazione del Porto di Fano

3.1 Resoconto delle attività di caratterizzazione del sedimento

Le attività di campionamento del porto di Fano hanno avuto inizio in data 17/04/2009 e sono terminate in data 22/04/2009.

La strategia di caratterizzazione adottata per l'area portuale di Fano ha previsto che le attività di campionamento fossero realizzate nella zona interna al porto individuando un numero di stazioni pari a quello ottenuto sovrapponendo sulle aree in questione un reticolo di maglie regolari di lato 50x50 m.

Rispetto a quanto riportato nel piano di caratterizzazione (Rif. Doc. ISPRA CII-Pr-MA-AdP-01.01), sulla base della richiesta effettuata dal personale tecnico del Comune di Fano, è stata prelevata un'ulteriore carota di lunghezza pari a 2 m in corrispondenza della stazione di campionamento M/FA/01/022. Pertanto, il numero totale delle stazioni di campionamento è risultato superiore di una unità rispetto a quello indicato nel Piano Operativo di Campionamento, per un totale di 22 stazioni complessive.

Tale strategia di caratterizzazione ha previsto il prelievo di n. 22 carote di lunghezza variabile da 1 m a 2,5 m, in funzione dello spessore di sedimento da rimuovere.

Nella tabella 3.1.1 è riportato uno schema riassuntivo della strategia di campionamento inizialmente prevista per la caratterizzazione del porto.

Tabella 3.1.1: Strategia di campionamento nell'area portuale di Fano.

Dimensione delle maglie di campionamento	50x50 m
n. totale maglie	22
n. totale stazioni di campionamento per ciascuna maglia	1
n. carote da 1 m	7
n. carote da 1,5 m	3
n. carote da 2,0 m	8
n. carote da 2,5 m	4
n. totale carote	22

I livelli di sedimento prelevati sono stati analizzati in funzione dello spessore di sedimento da rimuovere al fine di raggiungere la quota di approfondimento funzionale al ripristino dell'operatività del porto, secondo quanto indicato dal Piano Operativo di Campionamento.

Il dettaglio del numero di campioni analizzati, è riportato in tabella 3.1.2



Tabella 3.1.2.: Numero campioni analizzati per tipologia di maglia di campionamento nell'area portuale di Fano.

Dimensioni delle maglie di campionamento	50x50 m
carote da 1 m	14
carote da 1,5 m	9
carote da 2 m	32
carote da 2,5 m	20
n. totale di livelli analizzati	75

Sulla totalità dei campioni è stata eseguita la determinazione dei seguenti parametri:

- ❑ Granulometria
- ❑ Contenuto d'acqua
- ❑ pH
- ❑ Potenziale redox
- ❑ Peso specifico
- ❑ Concentrazioni di:
 - Alluminio
 - Arsenico
 - Cadmio
 - Cromo tot
 - Mercurio
 - Nichel
 - Piombo
 - Rame
 - Vanadio
 - Zinco
 - Policlorobifenili (PCB), Congeneri: PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 118, PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 169, PCB 180 e loro sommatoria
 - Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Acenaftene, Indopirene, Fluorene, Fenantrene, Fluorantene, Pirene, Benz(a)antracene, Crisene, Dibenzo(a,h)antracene, Indeno(1,2,3-cd)pirene
 - Idrocarburi ($\leq C_{12}$)
 - Idrocarburi ($> C_{12}$)
 - Azoto totale
 - Fosforo totale
 - Carbonio organico (TOC) o sostanza organica totale
 - Pesticidi organoclorurati: Aldrin, Dieldrin α -esaclorocicloesano, β -esaclorocicloesano, γ -esaclorocicloesano (Lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni sostanza: somma degli isomeri 2,4 e 4,4), esaclorobenzene, HCB,



- eptacloro, eptacloro epossido, ossiclordano, cisclordano, trans-clordano, trans-nonacloro, cisonacloro, eldrin, mirex, metossicloro.
- Parametri microbiologici (Streptococchi fecali, Coliformi totali e fecali, Salmonella, Spore di clostridi solfito riduttori).
- Su una percentuale limitata corrispondente a 1/3 dei campioni scelti, saranno determinati:
 - Organostannici (sommatoria di mono-, di-, e tri-butilstagno espressa come stagno);
 - Miceti.
- Su almeno 1/3 dei campioni distribuiti in maniera rappresentativa su tutto il volume di materiale da caratterizzare sono state eseguite:
 - Indagini ecotossicologiche (saggi biologici) su organismi marini, privilegiando quelli a contatto con i sedimenti.

In particolare, tra le specie contenute nella lista del Piano di Caratterizzazione: "Piano di caratterizzazione ambientale dei fondali delle aree portuali di: Civitanova Marche, Fano, Numana, Senigallia, Ancona" (Rif. Doc. ISPRA CII-Pr-MA-AdP-01.01), sono stati condotti saggi biologici utilizzando:

- la specie algale *Dunaliella tertiolecta*;
- il batterio bioluminescente *Vibrio fischeri*;
- il crostaceo *Tigriopus fulvus*;

Per ciascun campione analizzato sono stati restituiti i dati relativi alle analisi granulometriche. Le principali classi granulometriche (ghiaia, sabbia, silt e argilla) sono state classificate secondo lo schema riportato in tabella 3.1.3.

Tabella 3.1.3: suddivisione delle classi granulometriche

FRAZIONI DIMENSIONALI		DIMENSIONI
GHIAIA		$> 2 \text{ mm}$
SABBIA		$2 \text{ mm} > x > 0,063 \text{ mm}$
PELITE	SILT	$0,063 \text{ mm} > x > 0,004 \text{ mm}$
	ARGILLA	$< 0,004 \text{ mm}$

La caratterizzazione della frazione pelitica nelle frazioni silt e argilla è richiesta solo nei casi in cui tale frazione sia maggiore del 10%.

Nella figura 3.1.1 sono riportate l'esatta ubicazione delle stazioni in corrispondenza delle quali è avvenuto il prelievo delle carote e il posizionamento della maglia di campionamento.

Nei paragrafi successivi si farà riferimento alla maglia di campionamento (o quadrante), utilizzando il numero della stazione che la rappresenta.



Figura 3.1.1: Ubicazione delle stazioni di campionamento e delle relative maglie



3.2 Elaborazione e visualizzazione dei risultati della caratterizzazione

3.2.1 Valori chimici di riferimento dell'area

I risultati analitici derivanti dalle attività di caratterizzazione dei fondali del Porto di Fano sono stati confrontati con i riferimenti contenuti nell'allegato n. 2 della DGR n. 255 del 23/02/2009.

Alcuni degli analiti considerati hanno evidenziato valori di concentrazione massima ricadenti nell'intervallo compreso tra il livello chimico limite "LCL" (Tabella 2.2 B, Allegato n. 2 della DGR n. 255/09), ed i livelli chimici di riferimento della colonna "B", Tab. 1, All. 5, Titolo V alla Parte Quarta del D.Lgs. 152/06.

Considerata l'assenza di hot spot isolati non è stato ritenuto opportuno adottare tolleranze rispetto alle soglie LCB ed LCL.

Di seguito sono state riportate le tabelle 2.1 A e 2.2 B e 2.2 C della DGR n. 255/09, alle quali si è fatto riferimento per la valutazione della qualità dei sedimenti del porto di Fano.



Tabella 2.1 A – Livello Chimico di Base (LCB)

Parametro		
	LCB (pelite < 10%)	LCB (pelite ≥ 10%)
Elementi in tracce	[mg kg ⁻¹] p.s.	[mg kg ⁻¹] p.s.
As	17	23
Cd	0,20	0,35
Cr	50	100
Cu	15	35
Hg	0,20	0,40
Ni	32	60
Pb	25	37
Zn	50	100
Contaminanti organici	[μg kg ⁻¹] p.s.	
Organostannici* (1)	4,5	
Σ PCB(2)	5	
Σ DDD(3)	1,2	
Σ DDE(3)	2,1	
Σ DDT(3)	1,2	
Clordano	2,3	
Dieldrin	0,7	
Endrin	2,7	
γ-HCH*	0,3	
Eptacloro epossido	0,6	
Σ IPA*(4)	900	
Acenaftene	7	
Antracene	47	
Benzo[a]antracene	75	
Benzo[a]pirene*	80	
Crisene	108	
Dibenz[a,h]antracene	6	
Fenantrene	87	
Fluorene	21	
Fluorantene	113	
Naftalene	35	
Pirene	153	

* Sostanza Pericolosa Prioritaria ai sensi della decisione del Parlamento Europeo 2455/2001/CE per la quale è stata applicata una riduzione cautelativa del 10% rispetto al valore del TEL (Threshold Effect Limit) (CCME, 2001; McDonald e Ingersoll, 2002; MacFarlane e MacDonald, 2002; McDonald *et al.*, 2003) ove disponibile; per i composti organostannici è stato considerato il valore dell'ERL (Effect Range Low) (Long *et al.*, 1995; Commonwealth of Australia, 2002);

⁽¹⁾Come Sn totale di origine organica

⁽²⁾Come sommatoria dei seguenti congeneri: 28, 52, 77, 81, 101, 118, 126, 128, 138, 153, 156, 169, 180

⁽³⁾Come sommatoria degli isomeri 2,4 e 4,4 di ciascuna sostanza;

⁽⁴⁾ Come sommatoria dei seguenti singoli IPA: Naftalene, acenaftene, fluorene, fenantrene, antracene, fluorantene, pirene, benzo(a)antracene, crisene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(a)pirene, dibenzo(a,h)antracene, benzo(g,h,i)perilene, indeno(1,2,3,c,d)pirene, acenaftilene.



Tabella 2.2B – Livello Chimico Limite (LCL)

Parametro	
Elementi in tracce	[mg kg ⁻¹] p.s.
As	32
Cd	0,8
Cr	360
Cu	52
Hg	0,8
Ni	75
Pb	70
Zn	170
Contaminanti organici	[µg kg ⁻¹] p.s.
Organo metalli(1)	72
Σ PCB(2)	189
Σ DDD(3)	7,8
Σ DDE(3)	3,7
Σ DDT(3)	4,8
Clordano	4,8
Dieldrin	4,3
Endrin	62
Lindano (HCH)	1
Eptacloro epossido	2,7
Σ IPA(4)	4.000
Acenaftene	89
Antracene	245
Benzo[a]antracene	693
Benzo[a]pirene	763
Crisene	846
Dibenzo[a,h]antracene	135
Fenantrene	544
Fluorene	144
Fluorantene	1.494
Naftalene	391
Pirene	1.398

(1) Come Sn totale di origine organica

(2) Come sommatoria dei seguenti congeneri: 28, 52, 77, 81, 101, 118, 126, 128, 138, 153, 156, 169, 180

(3) Come sommatoria degli isomeri 2,4 e 4,4 di ciascuna sostanza.

(4) Come sommatoria dei seguenti singoli IPA: Naftalene, acenaftene, fluorene, fenantrene, antracene, fluorantene, pirene, benzo(a)antracene, crisene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(a)pirene, dibenzo(a,h)antracene, benzo(g,h,i)perilene, indeno(1,2,3,c,d)pirene, acenaftilene.



Tabella 2.2C – Livello Chimico di riferimento rispetto alla colonna "B", Tab. 1, All. 5, Titolo V alla Parte Quarta del D.Lgs. 152/06

Parametro	
Elementi in tracce	[mg kg ⁻¹] p.s.
As	50
Cd	15
Cr	800
Cu	600
Hg	5
Ni	500
Pb	1000
Zn	1500
Contaminanti organici	[mg kg ⁻¹] p.s.
Σ PCB(2)	5
Σ DDD(3)	0,1
Σ DDE(3)	0,1
Σ DDT(3)	0,1
Clordano	0,1
Dieldrin	0,1
Endrin	2
Lindano (HCH)	0,5
Σ IPA(4)	100
Benzo[a]antracene	10
Benzo[a]pirene	10
Crisene	50
Dibenzo[a,h]antracene	10
Pirene	50
Idrocarburi leggeri (C≤12)	250
Idrocarburi pesanti (C>12)	750

⁽¹⁾Come Sn totale di origine organica

⁽²⁾Come sommatoria dei seguenti congeneri: 28, 52, 77, 81, 101, 118, 126, 128, 138, 153, 156, 169, 180

⁽³⁾Come sommatoria degli isomeri 2,4 e 4,4 di ciascuna sostanza.

⁽⁴⁾Come sommatoria dei seguenti singoli IPA: Naftalene, acenaftene, fluorene, fenantrene, antracene, fluorantene, pirene, benzo(a)antracene, crisene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, benzo(a)pirene, dibenzo(a,h)antracene, benzo(g,h,i)perilene, indeno(1,2,3,c,d)pirene, acenaftilene.



3.2.2 Visualizzazione dei risultati delle analisi granulometriche

Sulla base dell'individuazione delle principali classi dimensionali è stata effettuata una restituzione grafica finalizzata alla rappresentazione delle abbondanze relative di ciascuna classe granulometrica, espresse come frazione percentuale.

Le informazioni ottenute da ciascun campione analizzato sono state estese all'intera maglia di cui il campione è stato ritenuto rappresentativo, per tutto lo spessore del livello campionato.

La visualizzazione delle informazioni raccolte è stata effettuata individuando aree omogenee. Queste sono state evidenziate mediante l'utilizzo di gradazioni cromatiche differenti, in funzione dell'abbondanza relativa di ciascuna classe granulometrica.

Nella prima parte del paragrafo è stato ritenuto utile riportare in primo luogo le informazioni riguardanti le frazioni percentuali della sabbia e della pelite, in quanto utili per una rapida valutazione della compatibilità meccanica dei sedimenti rispetto alle opzioni gestionali previste per le classi di qualità A1 e A2 della DGR n. 255/09.

Successivamente, sono state riportate le informazioni relative alla composizione della classe granulometrica della pelite come sommatoria dei contributi di silt e argilla.

Nelle figure seguenti (3.2.2.1 – 3.2.2.20), per ciascun livello analizzato, vengono visualizzate le distribuzioni spaziali delle caratteristiche granulometriche.

Sabbia

Fig. 3.2.2.1 Frazione percentuale della sabbia (livello 0–50 cm)



Fig. 3.2.2.2 Frazione percentuale della sabbia (livello 50–100 cm)

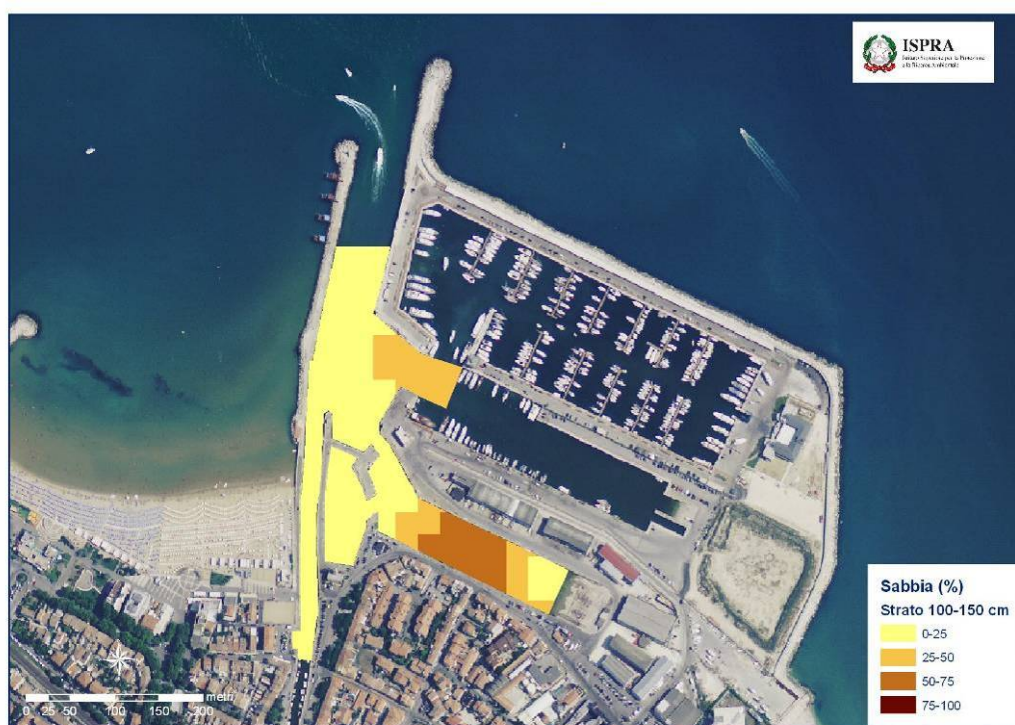


Fig. 3.2.2.3 Frazione percentuale della sabbia (livello 100–150 cm)

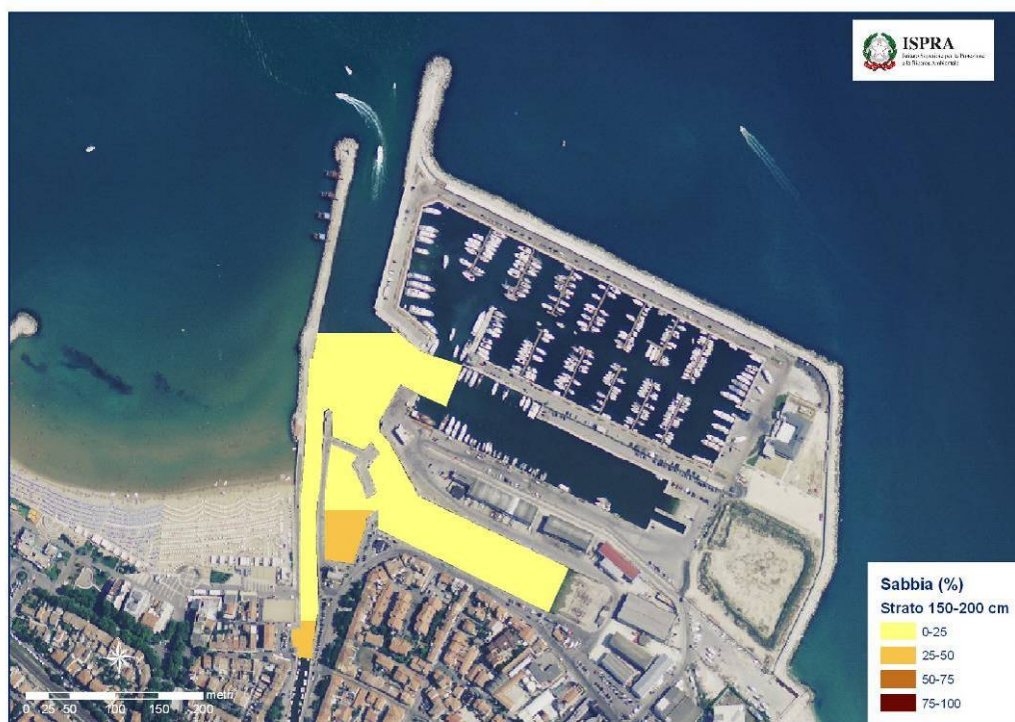


Fig. 3.2.2.4 Frazione percentuale della sabbia (livello 150–200 cm)

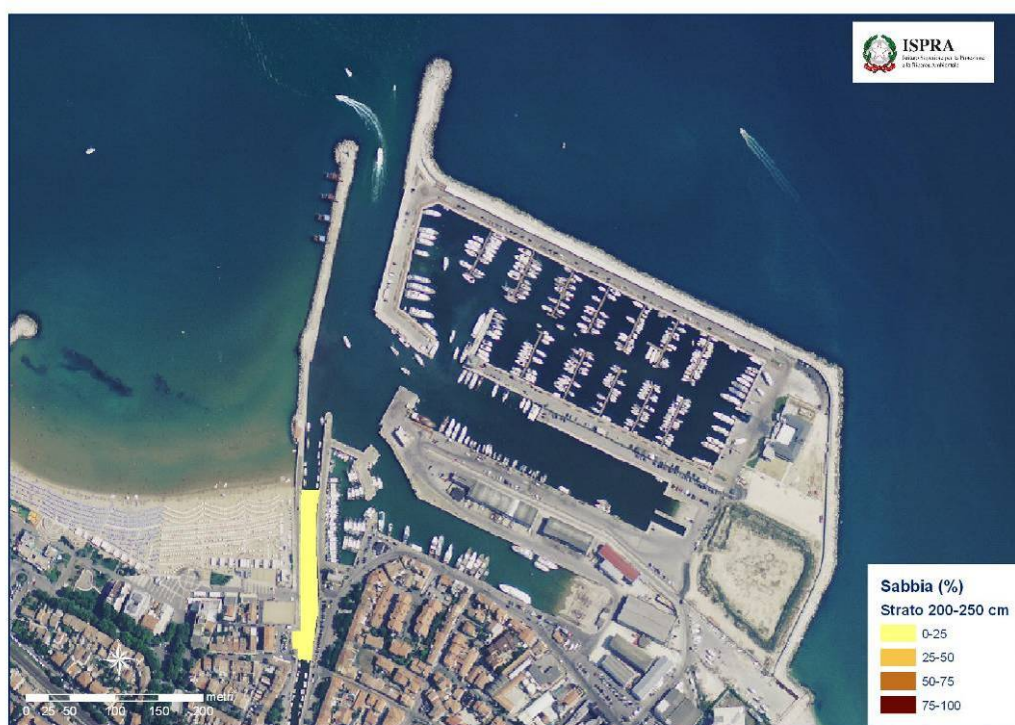


Fig. 3.2.2.5 Frazione percentuale della sabbia (livello 200–250 cm)

Pelite

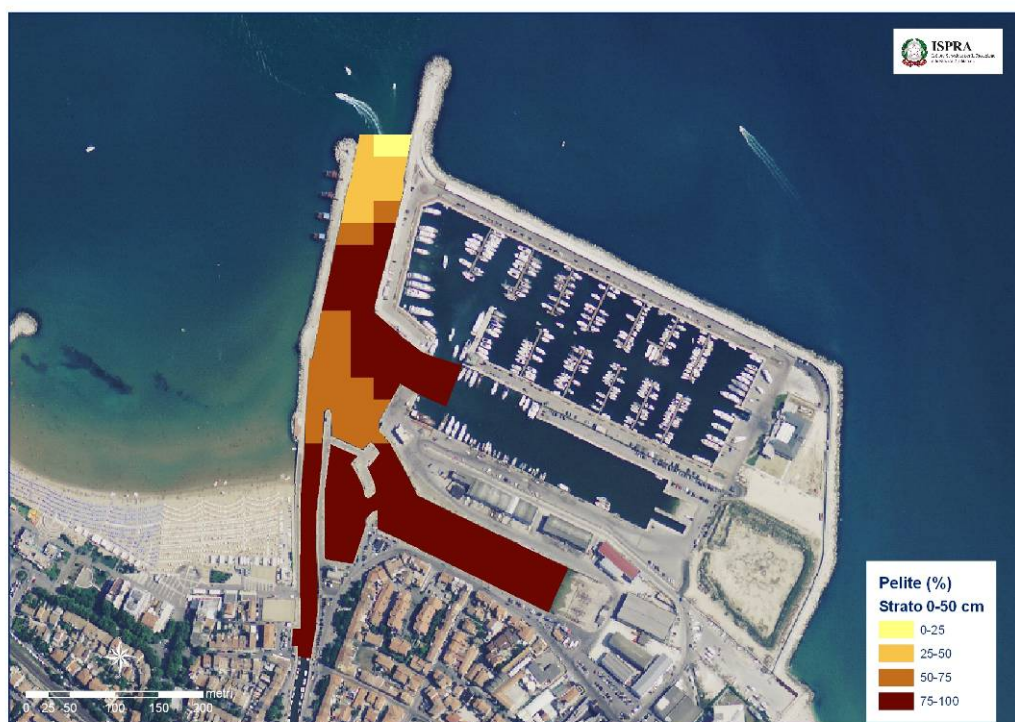


Fig. 3.2.2.6 Frazione percentuale della pelite (livello 0–50 cm)



Fig. 3.2.2.7 Frazione percentuale della pelite (livello 50–100 cm)

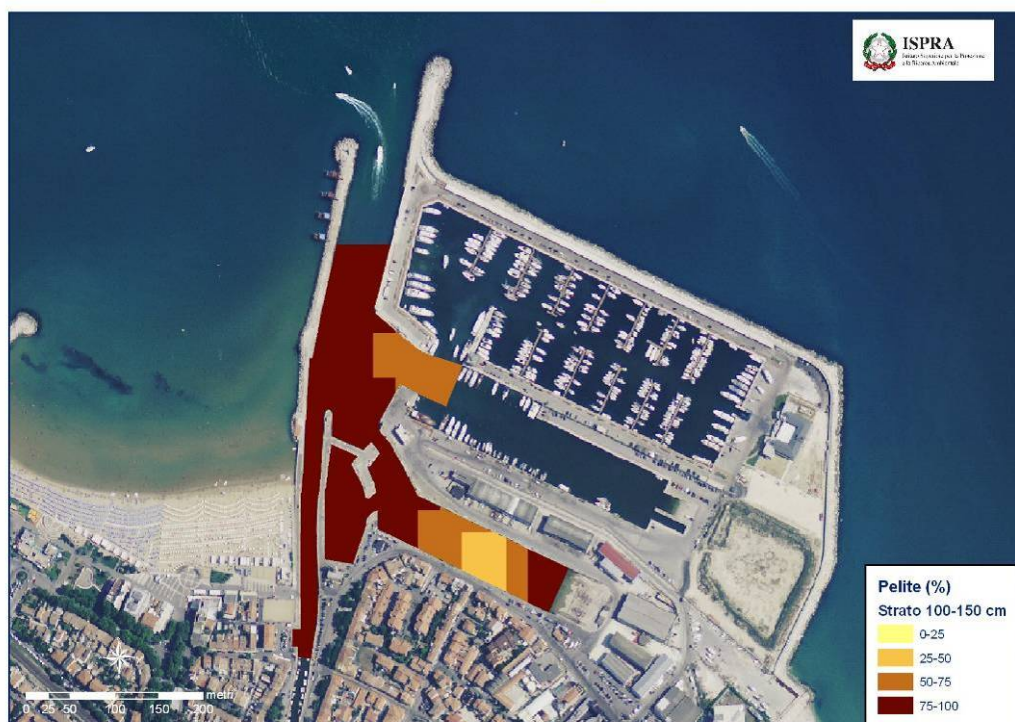


Fig. 3.2.2.8 Frazione percentuale della pelite (livello 100–150 cm)

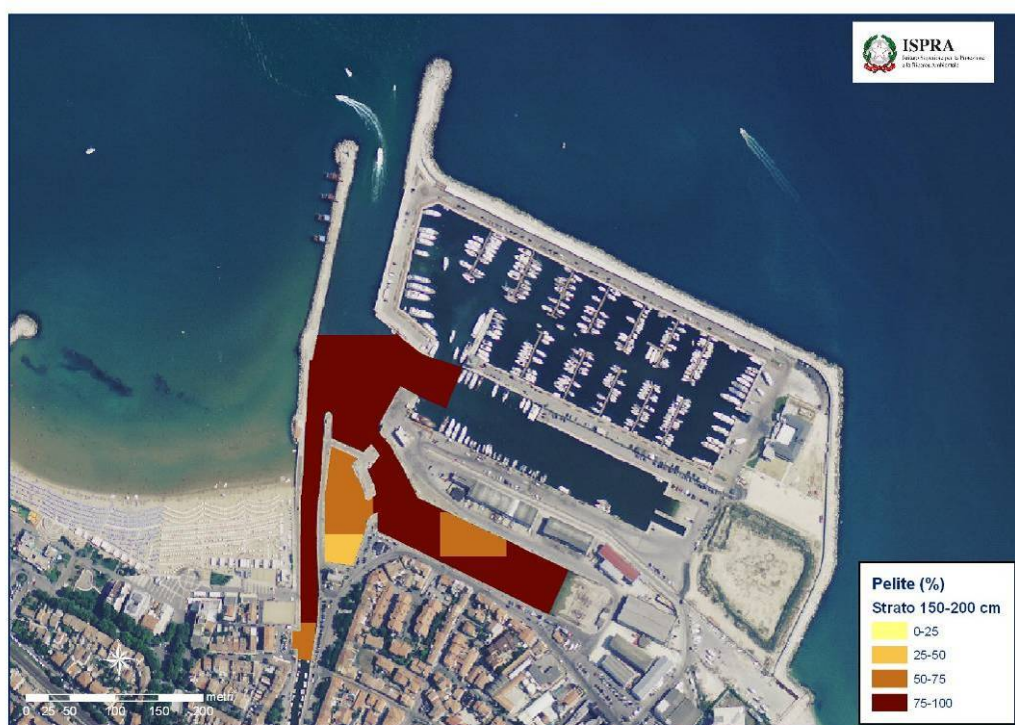


Fig. 3.2.2.9 Frazione percentuale della pelite (livello 150–200 cm)

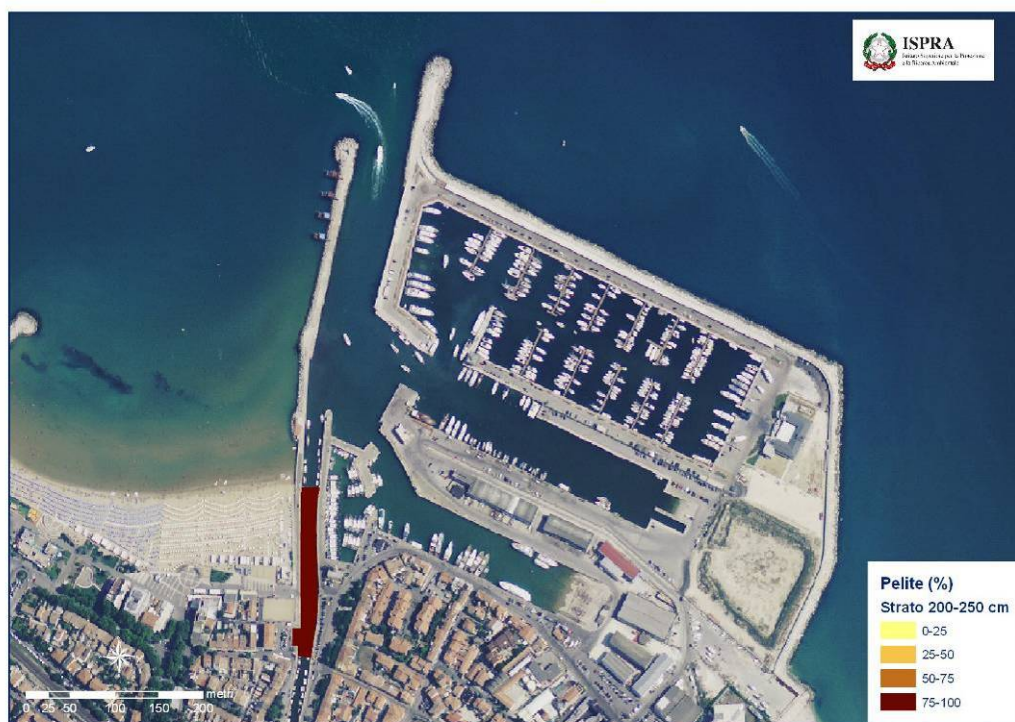


Fig. 3.2.2.10 Frazione percentuale della pelite (livello 200–250 cm)

Nelle figure di seguito riportate vengono visualizzati i contributi, espressi come frazioni percentuali, delle classi silt e argilla precedentemente cumulate nella classe granulometrica della pelite.

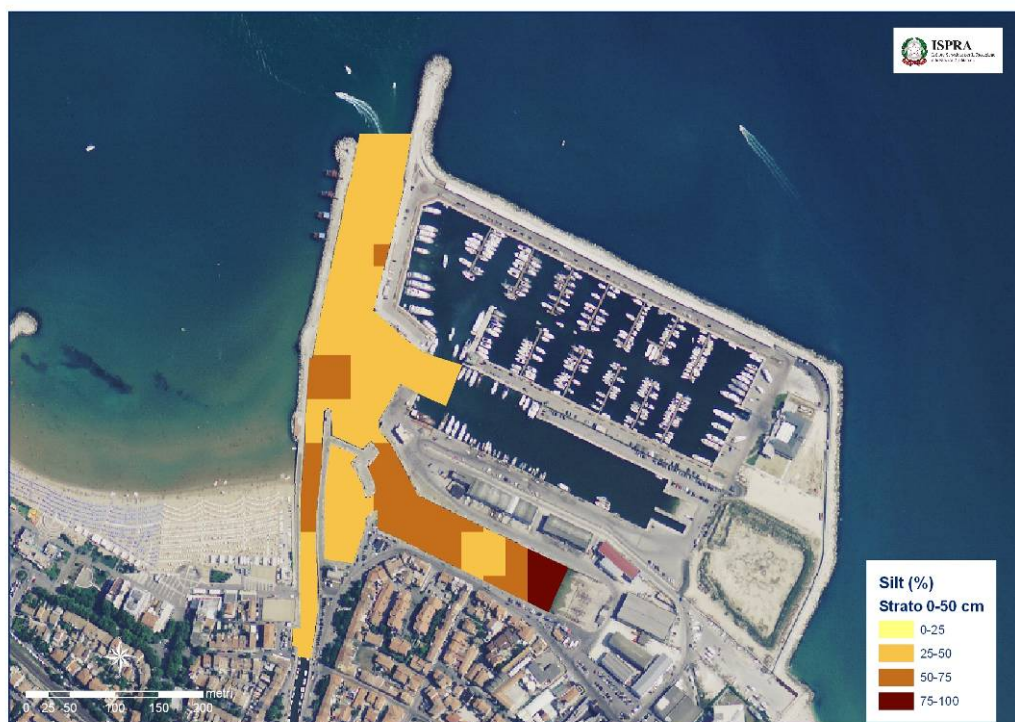
Silt

Fig. 3.2.2.11 Frazione percentuale del silt (livello 0–50 cm)

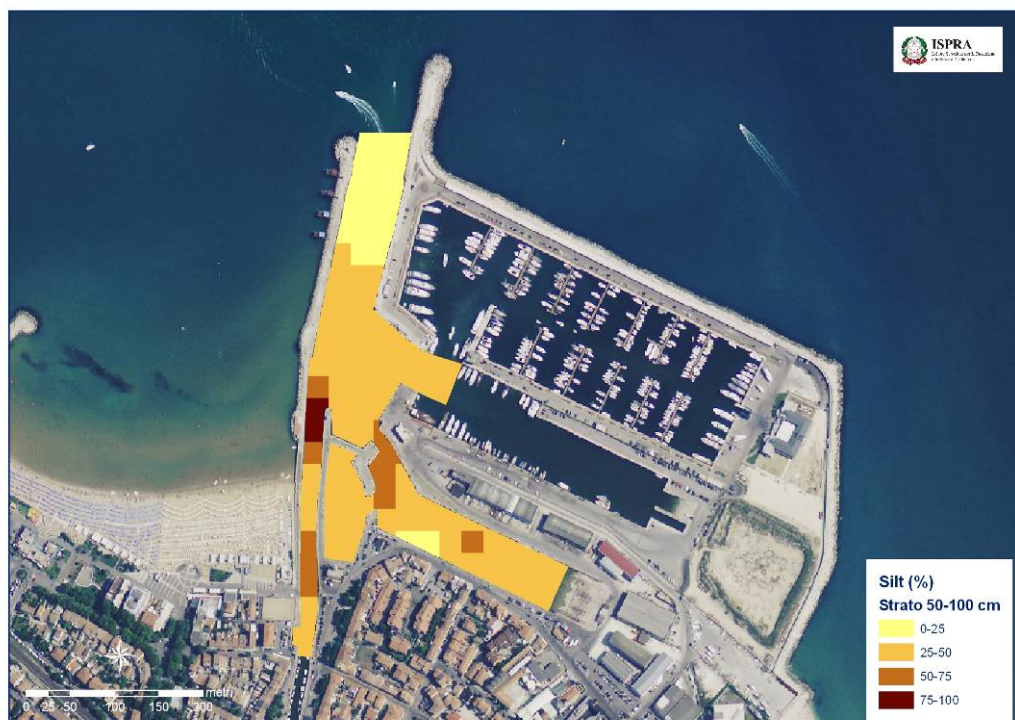


Fig. 3.2.2.12 Frazione percentuale del silt (livello 50–100 cm)

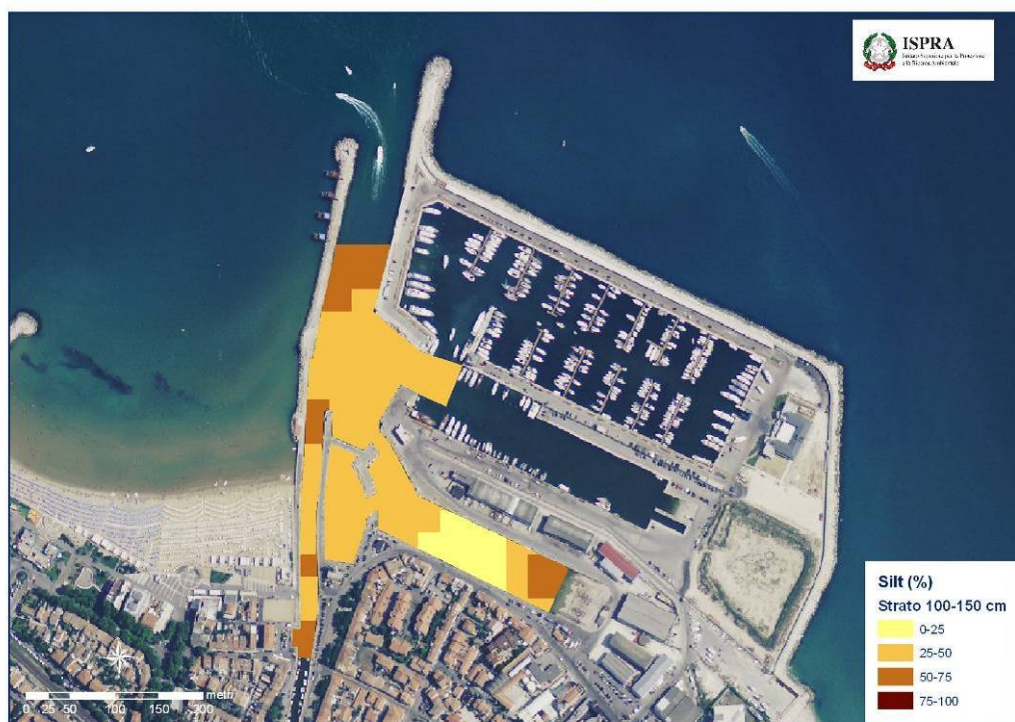


Fig. 3.2.2.13 Frazione percentuale del silt (livello 100–150 cm)

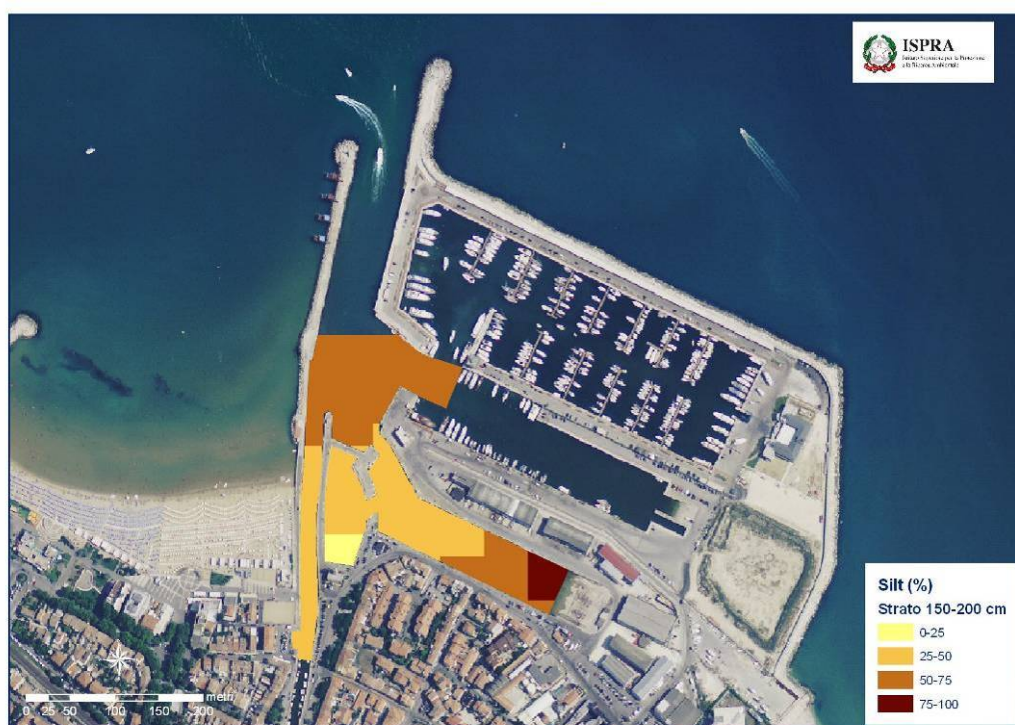


Fig. 3.2.2.14 Frazione percentuale del silt (livello 150–200 cm)

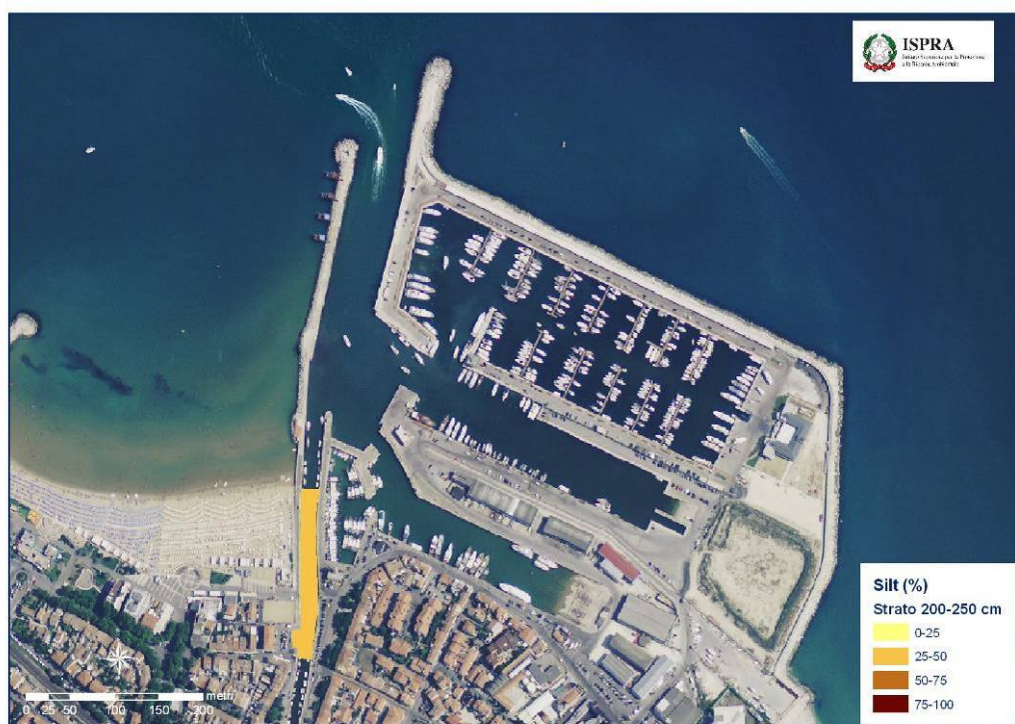


Fig. 3.2.2.15 Frazione percentuale del silt (livello 200–250 cm)

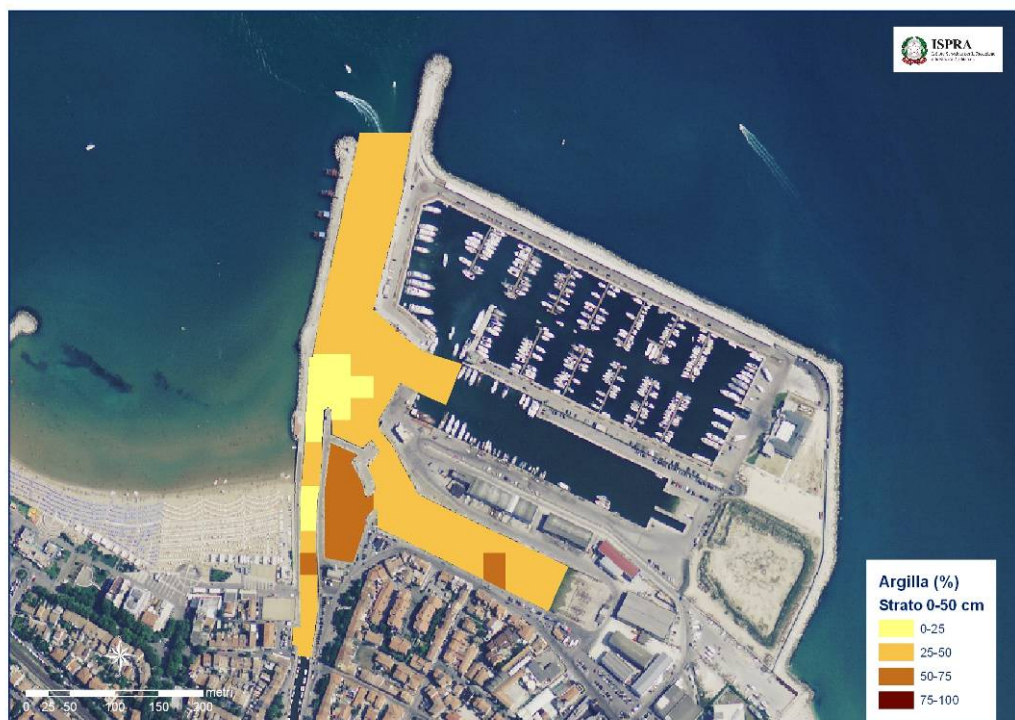
Argilla

Fig. 3.2.2.16 Frazione percentuale dell'argilla (livello 0–50 cm)

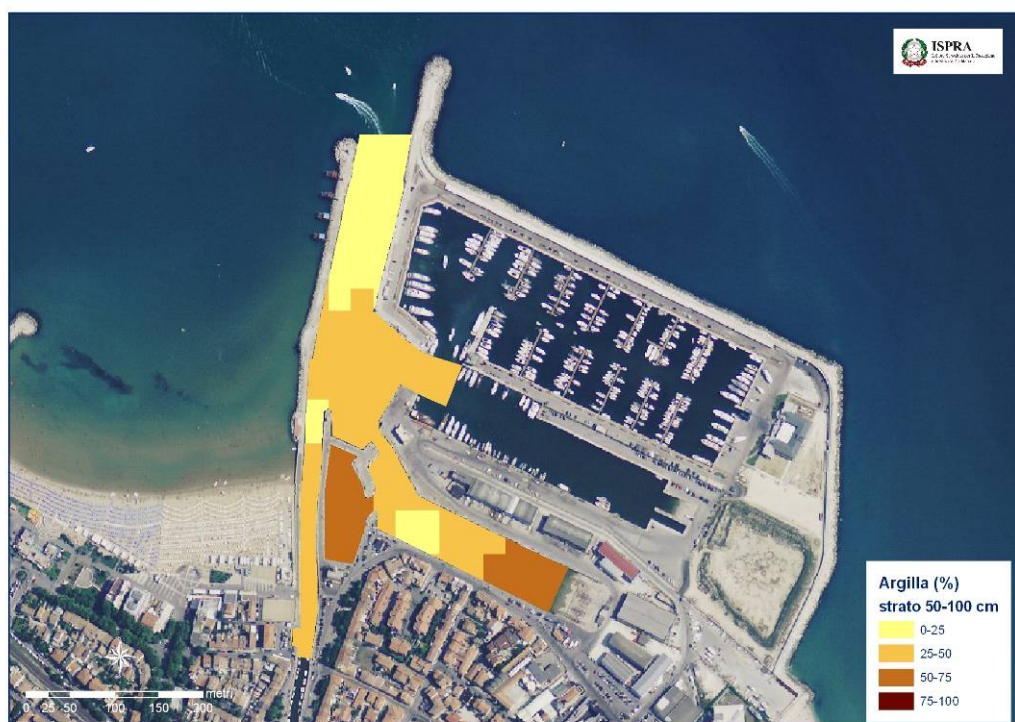


Fig. 3.2.2.17 Frazione percentuale dell'argilla (livello 50–100 cm)

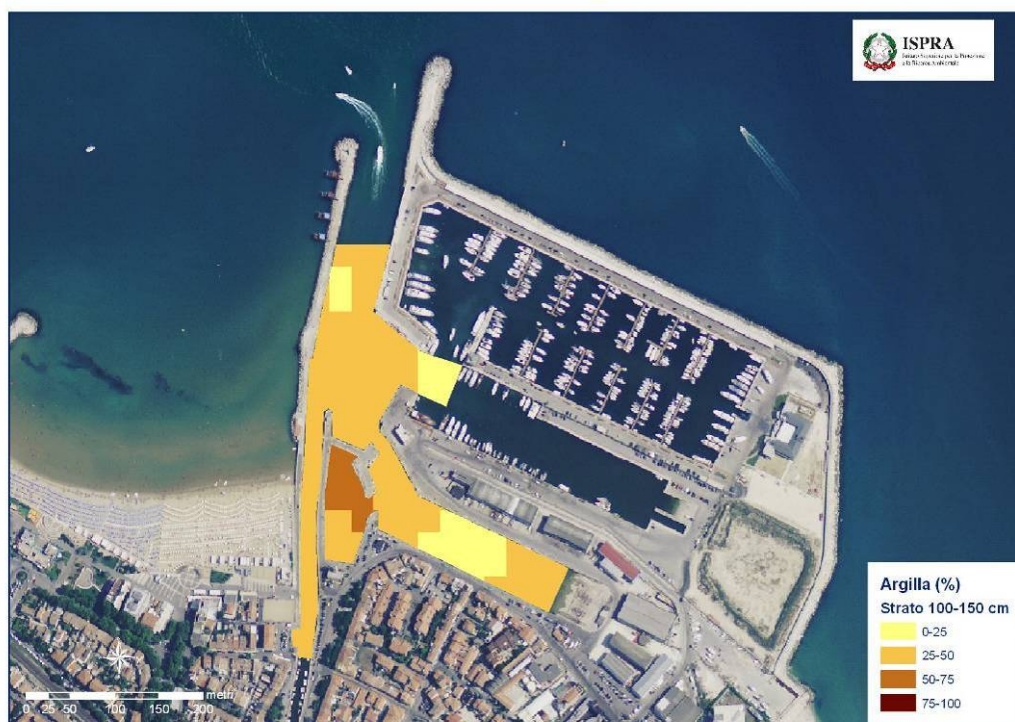


Fig. 3.2.2.18 Frazione percentuale dell'argilla (livello 100–150 cm)

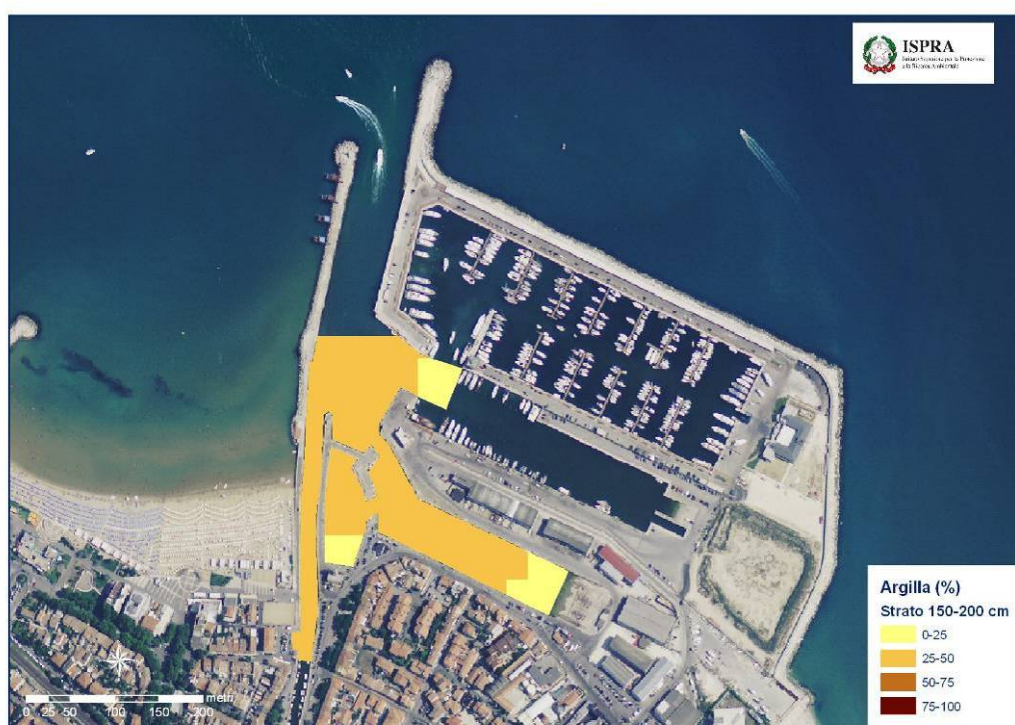


Fig. 3.2.2.19 Frazione percentuale dell' argilla (livello 150–200 cm)

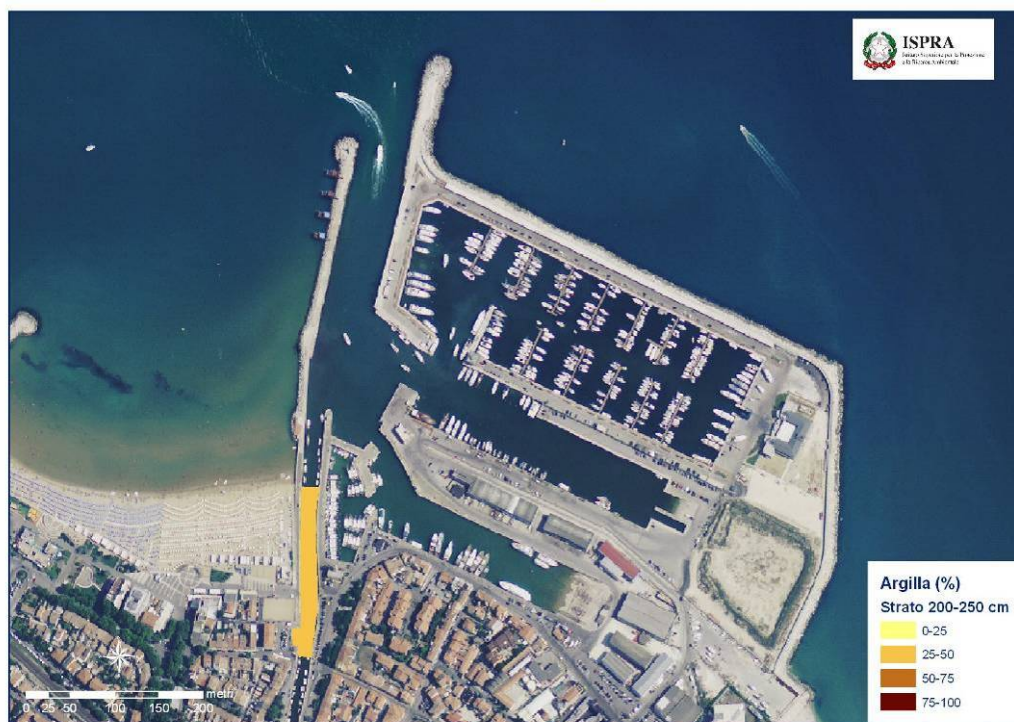


Fig. 3.2.2.20 Frazione percentuale dell'argilla (livello 200–250 cm)

Il porto di Fano risulta caratterizzato principalmente dalla presenza di peliti il cui contributo percentuale alla composizione dei sedimenti diviene preponderante soprattutto nelle parti più interne e nelle darsene, per tutti i livelli campionati. Fa eccezione la zona di accesso al porto che risulta caratterizzata dalla abbondanza di sabbie.

In corrispondenza delle maglie di campionamento n. 1 e n. 2 del porto di Fano le sabbie raggiungono spessori di 1 m (profondità massima di campionamento) e abbondanze relative superiori all'80%.

Spostandosi lungo il canale di accesso e raggiungendo la parte più interna del porto (in corrispondenza delle maglie di campionamento n. 3-4-5-6-7-14), diviene rilevante il contributo delle peliti, le cui frazioni si attestano intorno a valori percentuali che vanno dal 72% al 99,8%, in funzione degli spazi soggetti alle diverse forzanti idrodinamiche. Tali tenori rimangono pressoché costanti per tutto lo spessore campionato con piccole fluttuazioni.

La frazione percentuale della pelite tende poi ad aumentare in corrispondenza delle due darsene (maglie n. 15-17-18-19-20 e n. 21-16), attestandosi su valori superiori all'80% per i primi due livelli campionati (0-50 cm e 50-100 cm); si arricchisce poi nella componente sabbiosa a partire dai livelli più profondi (150-200 cm).

Anche il tratto del canale Albani che alimenta il porto (maglie n. 8-9-10-11-12-13), risulta caratterizzato in maniera preponderante dalla presenza di peliti, con frazioni percentuali superiori all'80% per tutto lo spessore campionato.



Riguardo la composizione delle peliti queste sono caratterizzate da frazioni di silt e argilla comparabili. Entrambe le classi granulometriche possono essere considerate, con leggera approssimazione, omogeneamente distribuite.

3.2.3 Visualizzazione dei risultati delle analisi chimiche

I risultati delle analisi chimiche e microbiologiche dei n. 78 campioni relativi alle n. 22 stazioni di campionamento realizzate all'interno dello spazio portuale di Fano ed i relativi rapporti di prova contenenti le metodiche analitiche utilizzate, sono stati inviati da ARPAM – Dipartimento Provinciale di Pesaro – Servizio Acque, con lettera di trasmissione, prot. n. 0032890 del 20/08/2009.

I medesimi risultati, sono prevenuti ad ISPRA Dip. II – Prevenzione e mitigazione degli impatti, con nota del 15/05/2009 prot. n. 021014.

In questo documento, per brevità, non sono state riportate le specifiche tecniche relative alle metodiche analitiche utilizzate. Per queste, si potrà far riferimento al piano di caratterizzazione (Rif. Doc. ISPRA CII-Pr-MA-AdP-01.01) ed ai report analitici trasmessi.

Al fine di restituire un'informazione chiara e facilmente leggibile della qualità dei sedimenti del porto di Fano, i risultati analitici relativi alle analisi chimiche sono stati visualizzati attraverso l'utilizzo del SW ArcGis 9.3 (ESRI Spa), secondo le specifiche di cui alla premessa.

Nelle figure riportate di seguito, per ciascun livello analizzato e relativamente ai soli parametri che superano i riferimenti di cui alla Tabella 2.1 A della DGR n. 255/09, sono rappresentati i diversi gradi di contaminazione mediante l'utilizzo di differenti tonalità cromatiche. Sono, pertanto, rappresentati esclusivamente gli analiti che hanno mostrato concentrazioni superiori al livello chimico di base (LCB) per almeno un campione.

In particolare sono stati indicati in:

- "VERDE CHIARO", i sedimenti in cui il parametro analizzato non presenta superamenti dei valori degli LCB di cui alla tabella Tabella 2.1 A della DGR n. 255/09;
- "VERDE SCURO", i sedimenti in cui il parametro analizzato presenta valori compresi tra LCB di cui alla Tabella 2.1 A e LCL di cui alla Tabella 2.2 B della medesima DGR n. 255/09;
- "ARANCIONE", i sedimenti in cui il parametro analizzato presenta una concentrazione superiore ai valori di LCL di cui alla Tabella 2.2 B della DGR n. 255/09, ma inferiore al limite indicato nella colonna B, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV, del D.Lgs. 152/06, qualora presente;
- "ROSSO", i sedimenti in cui il parametro analizzato presenta una concentrazione superiore al valore limite indicato nella colonna B, Tabella 1, Allegato 5, Titolo V, Parte IV, del D.Lgs. 152/06, ma inferiori al limite per la classificazione delle sostanze pericolose (Allegato "D" parte quarta del D. Lgs 152/06);

- “VIOLA”, i sedimenti in cui il parametro analizzato presenta una concentrazione superiore al limite per la classificazione delle sostanze pericolose (Allegato “D” parte quarta del D. Lgs 152/06);

Dalla visualizzazione dei risultati chimici è possibile ricostruire l’andamento delle concentrazioni in funzione della profondità di campionamento.

Rame



Fig. 3.2.3.1: Visualizzazione delle concentrazioni del Rame nel livello 0-50 cm.



Fig. 3.2.3.2: Visualizzazione delle concentrazioni del Rame nel livello 50-100 cm.

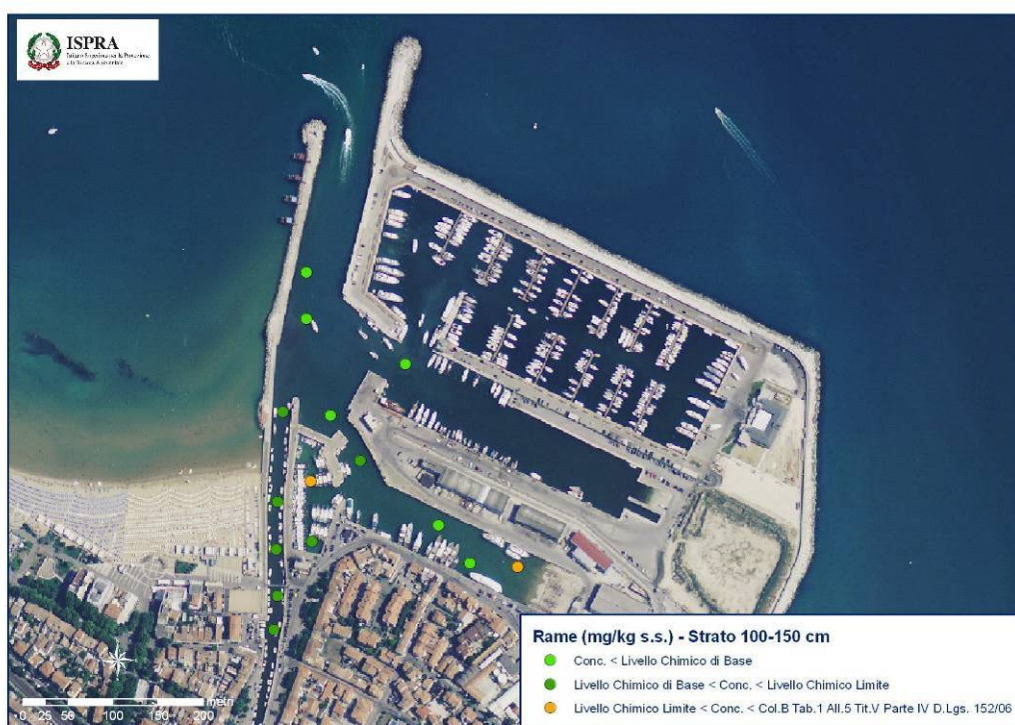


Fig. 3.2.3.3: Visualizzazione delle concentrazioni del Rame nel livello 100-150 cm.

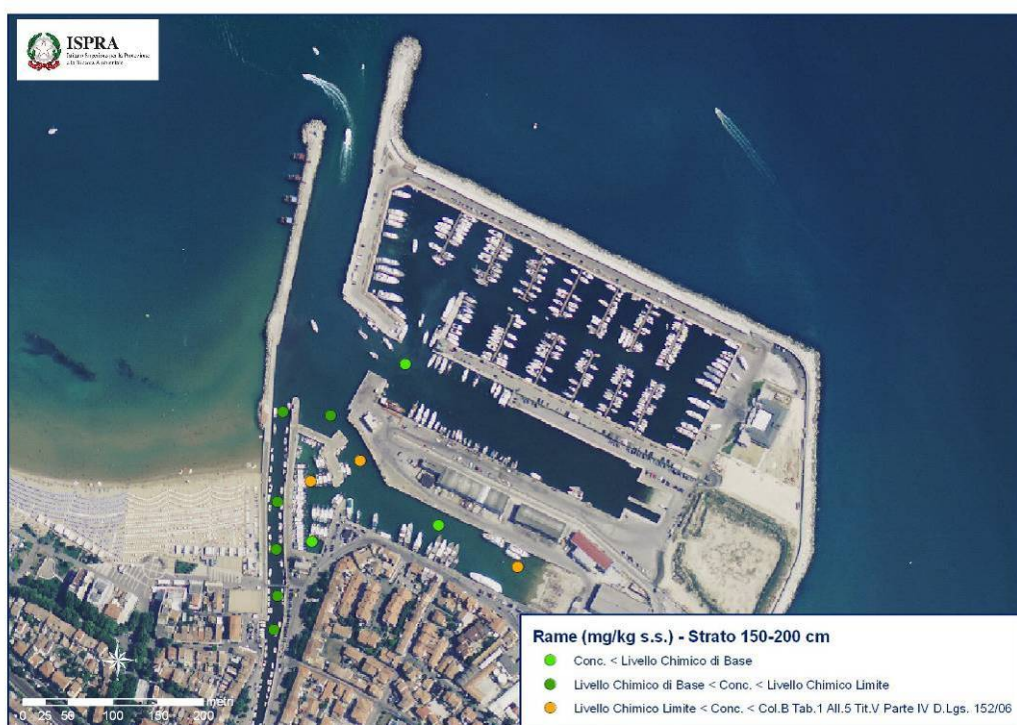


Fig. 3.2.3.4: Visualizzazione delle concentrazioni del Rame nel livello 150-200 cm.

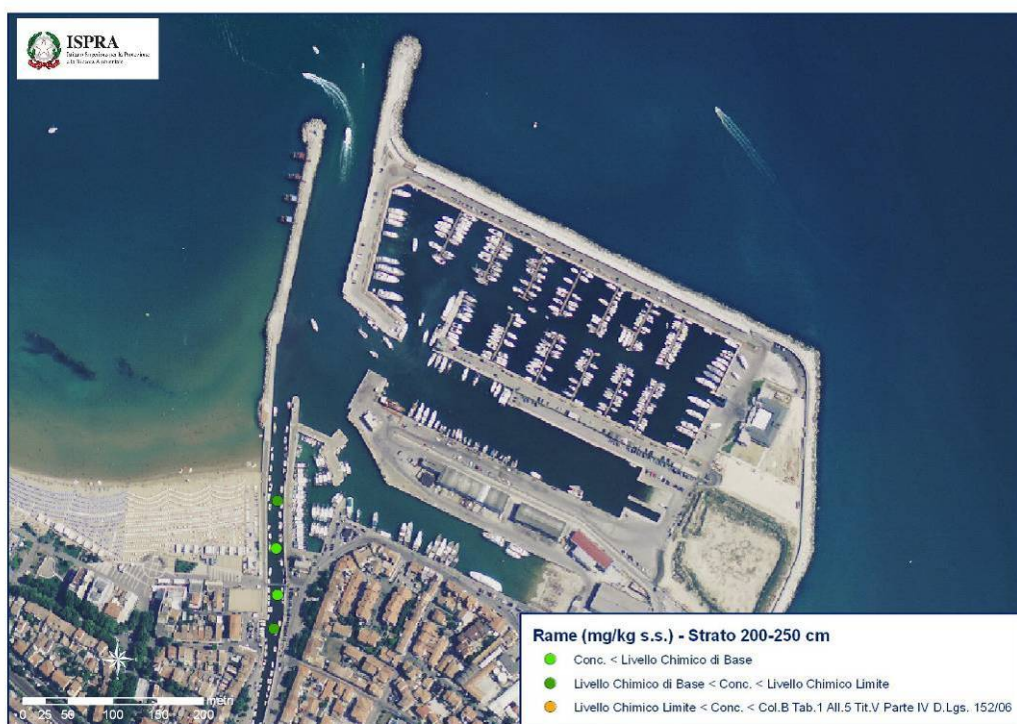


Fig. 3.2.3.5: Visualizzazione delle concentrazioni del Rame nel livello 200-250 cm.

Piombo

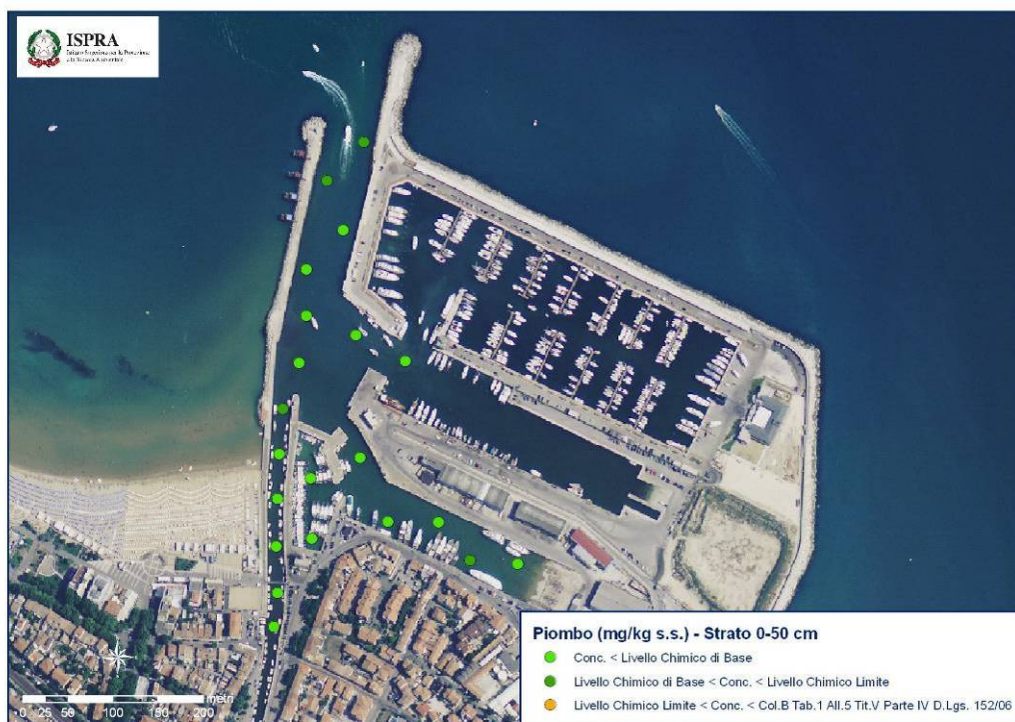


Fig. 3.2.3.6: Visualizzazione delle concentrazioni del Piombo nel livello 0-50 cm.



Fig. 3.2.3.7: Visualizzazione delle concentrazioni del Piombo nel livello 50-100 cm.

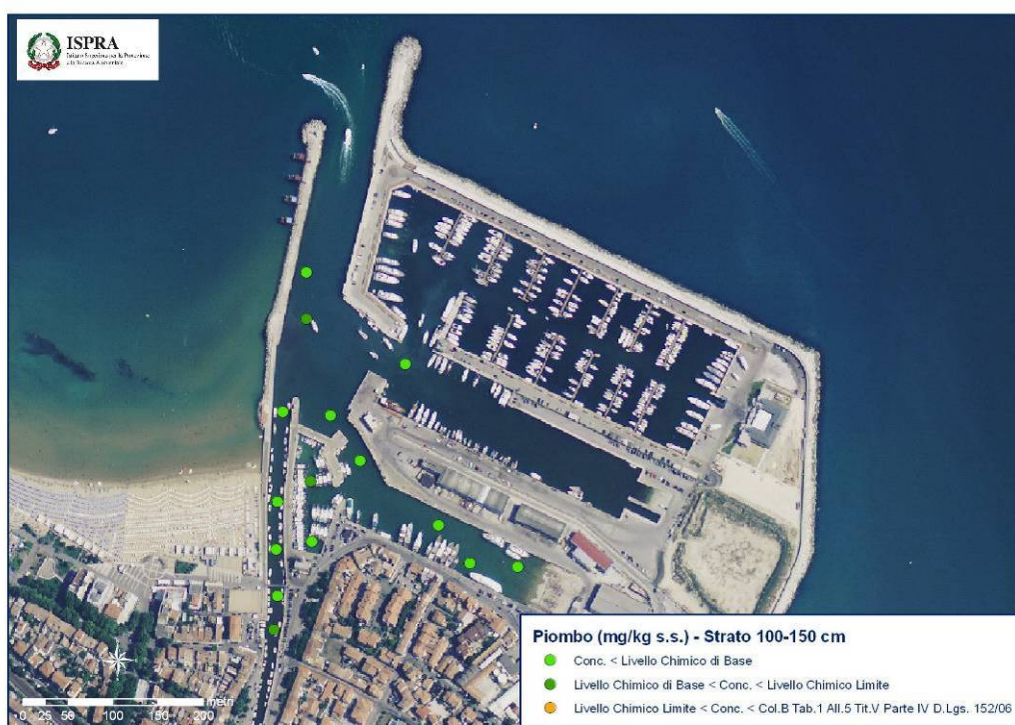


Fig. 3.2.3.8: Visualizzazione delle concentrazioni del Piombo nel livello 100-150 cm.

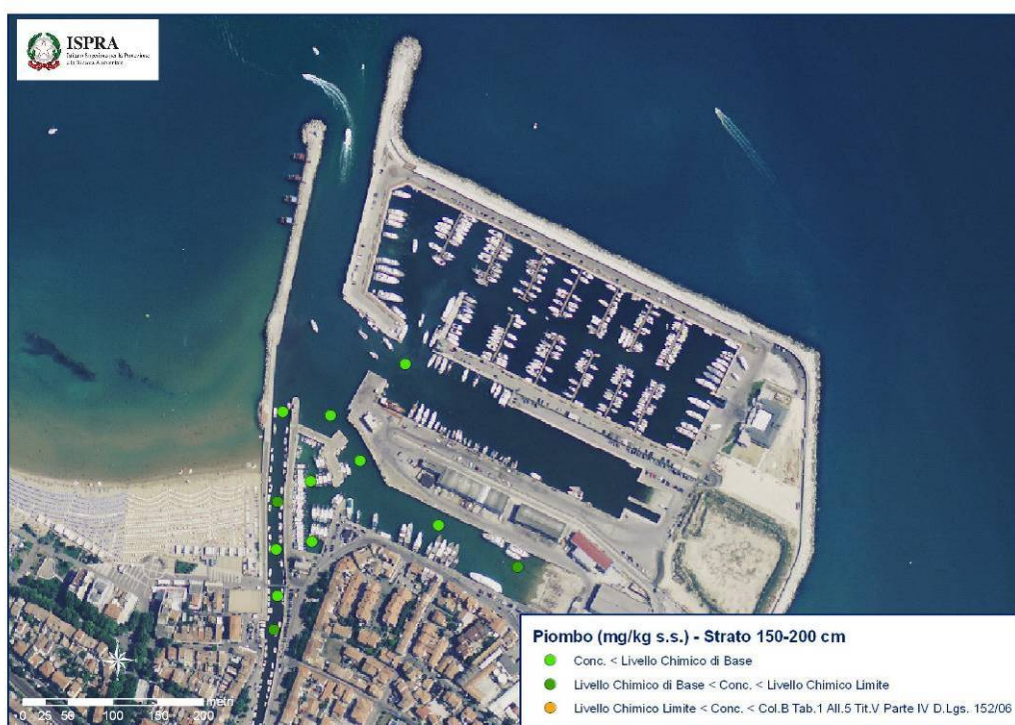


Fig. 3.2.3.9: Visualizzazione delle concentrazioni del Piombo nel livello 150-200 cm.

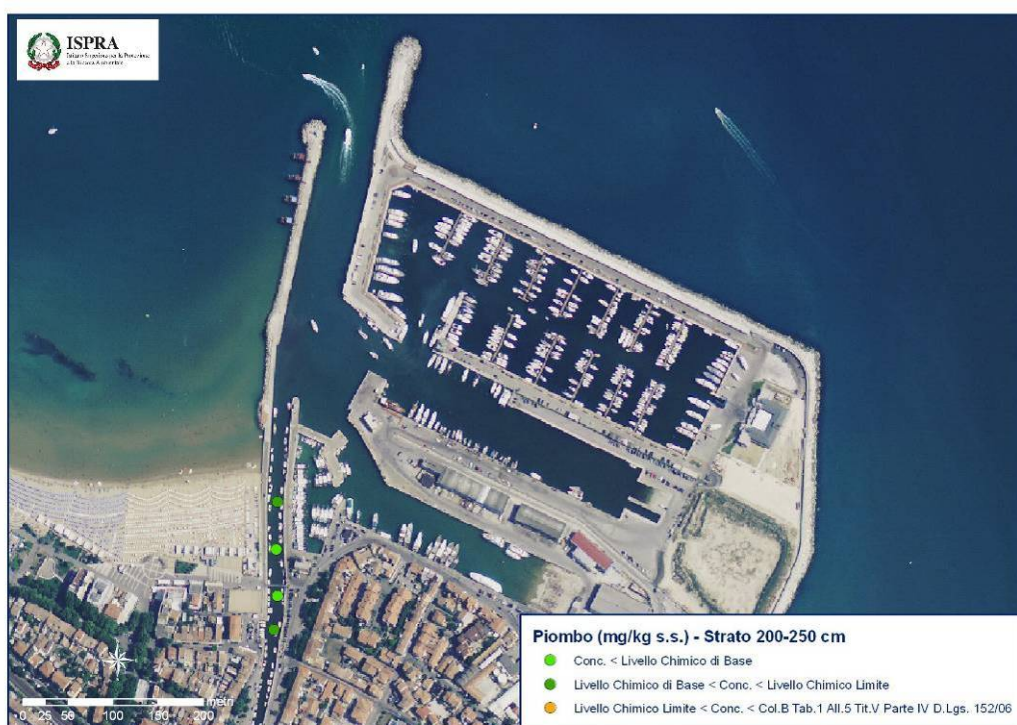


Fig. 3.2.3.10: Visualizzazione delle concentrazioni del Piombo nel livello 200-250 cm.

Zinco

Fig. 3.2.3.11: Visualizzazione delle concentrazioni dello Zinco nel livello 0-50 cm.



Fig. 3.2.3.12: Visualizzazione delle concentrazioni dello Zinco nel livello 50-100 cm.



Fig. 3.2.3.13: Visualizzazione delle concentrazioni dello Zinco nel livello 100-150 cm.

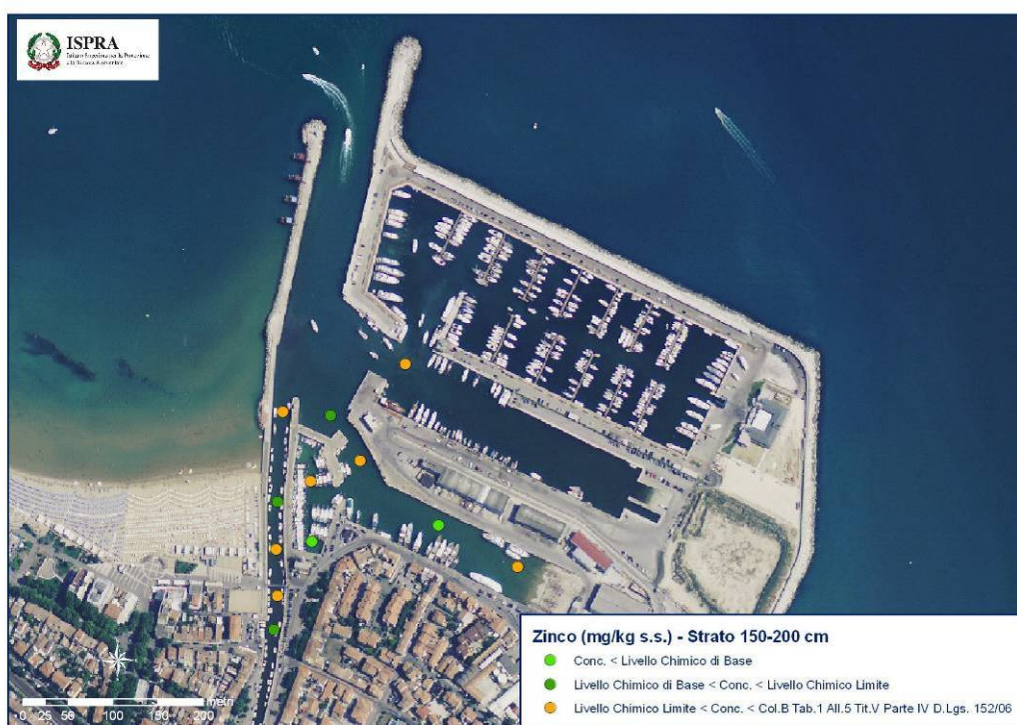


Fig. 3.2.3.14: Visualizzazione delle concentrazioni dello Zinco nel livello 150-200 cm.

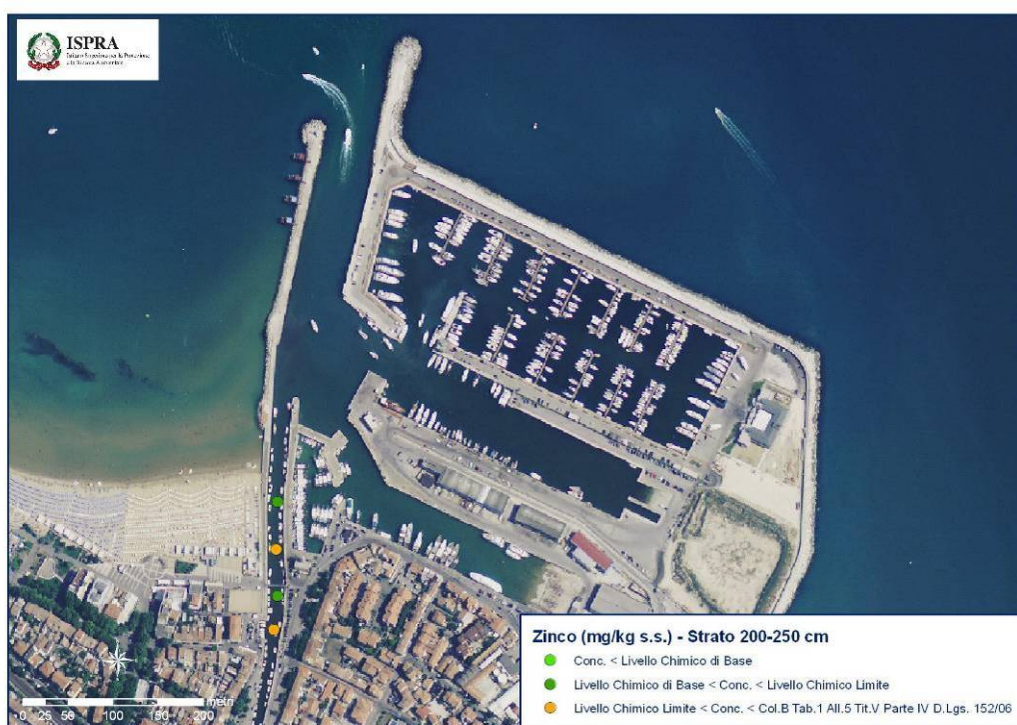


Fig. 3.2.3.15: Visualizzazione delle concentrazioni dello Zinco nel livello 200-250 cm.

Sommatoria PCB

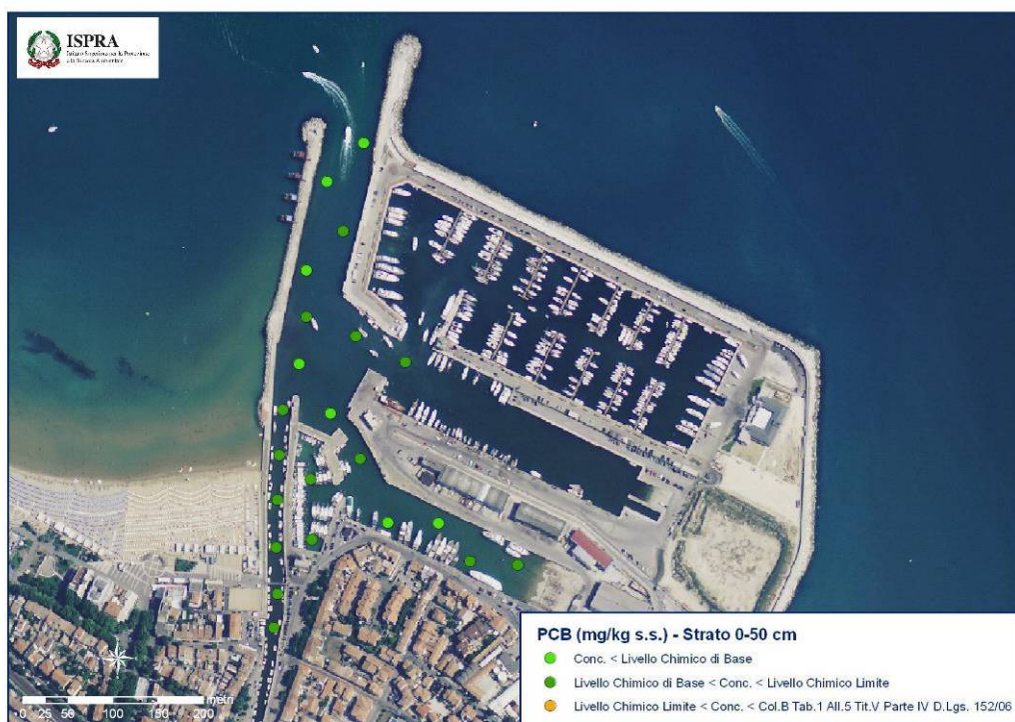


Fig. 3.2.3.16: Visualizzazione delle concentrazioni dei PCB totali nel livello 0-50 cm.

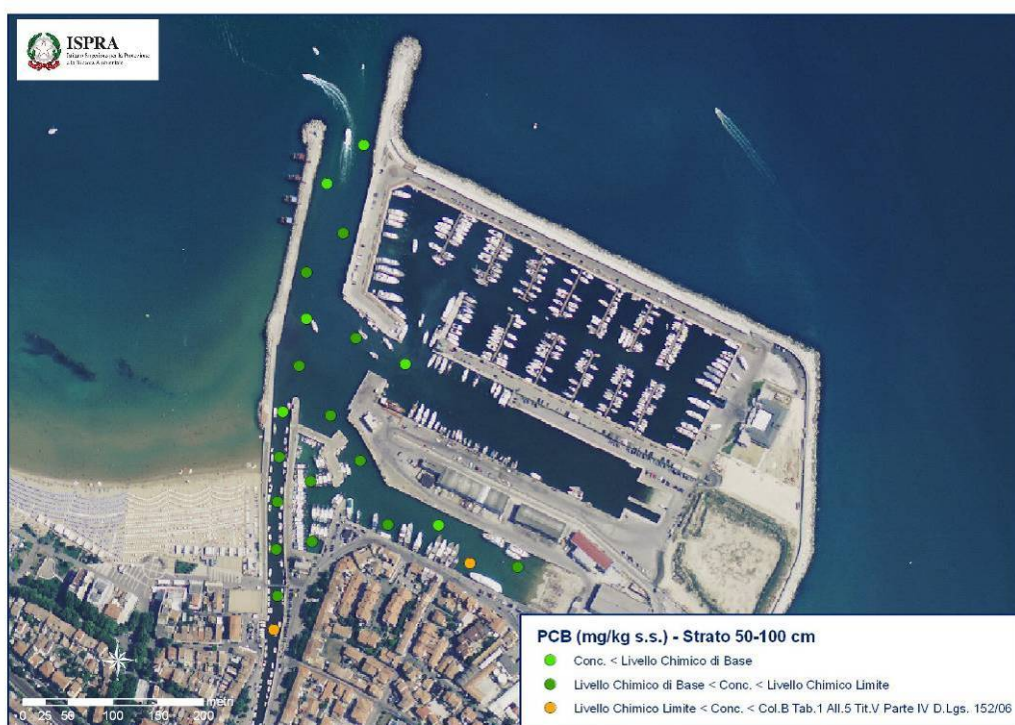


Fig. 3.2.3.17: Visualizzazione delle concentrazioni dei PCB totali nel livello 50-100 cm.

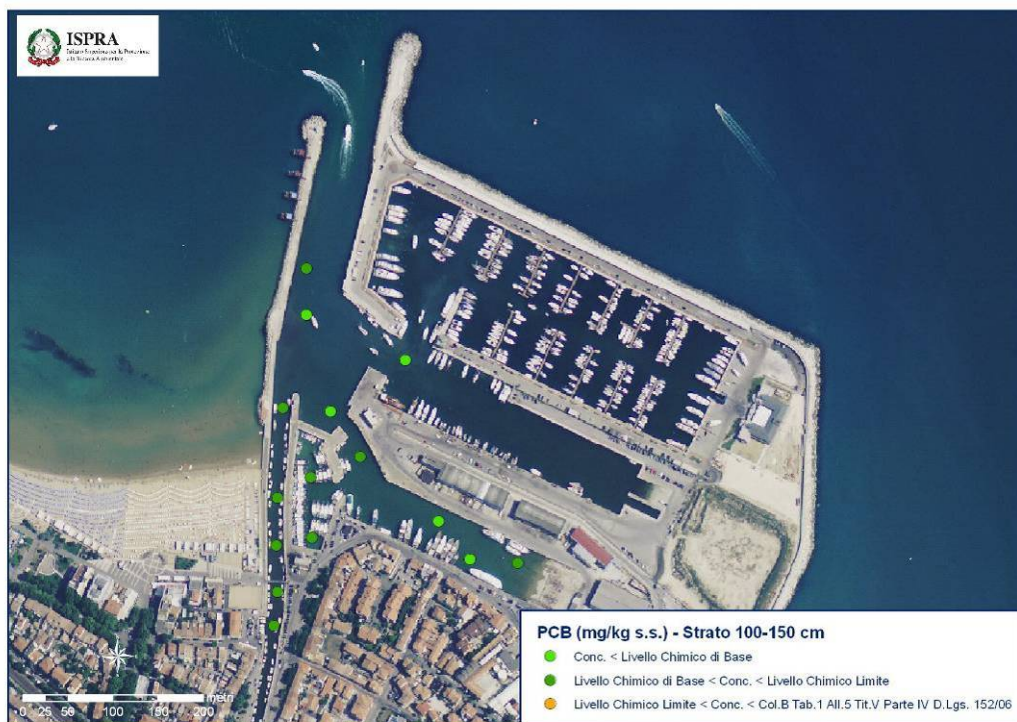


Fig. 3.2.3.18: Visualizzazione delle concentrazioni dei PCB totali nel livello 100-150 cm.

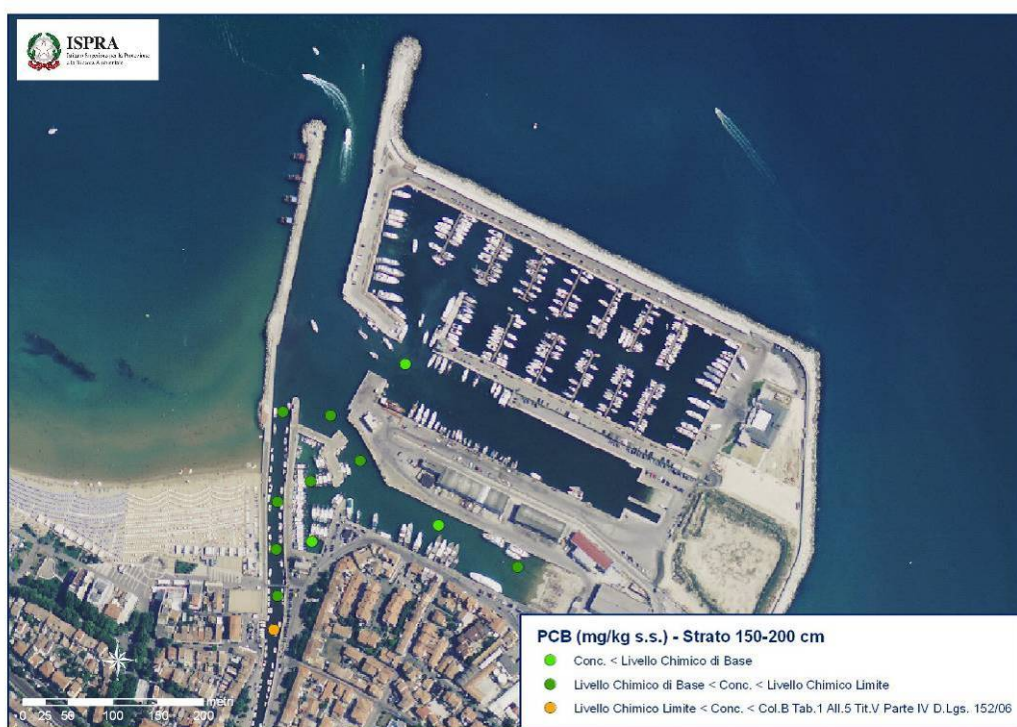


Fig. 3.2.3.19: Visualizzazione delle concentrazioni dei PCB totali nel livello 150-200 cm.

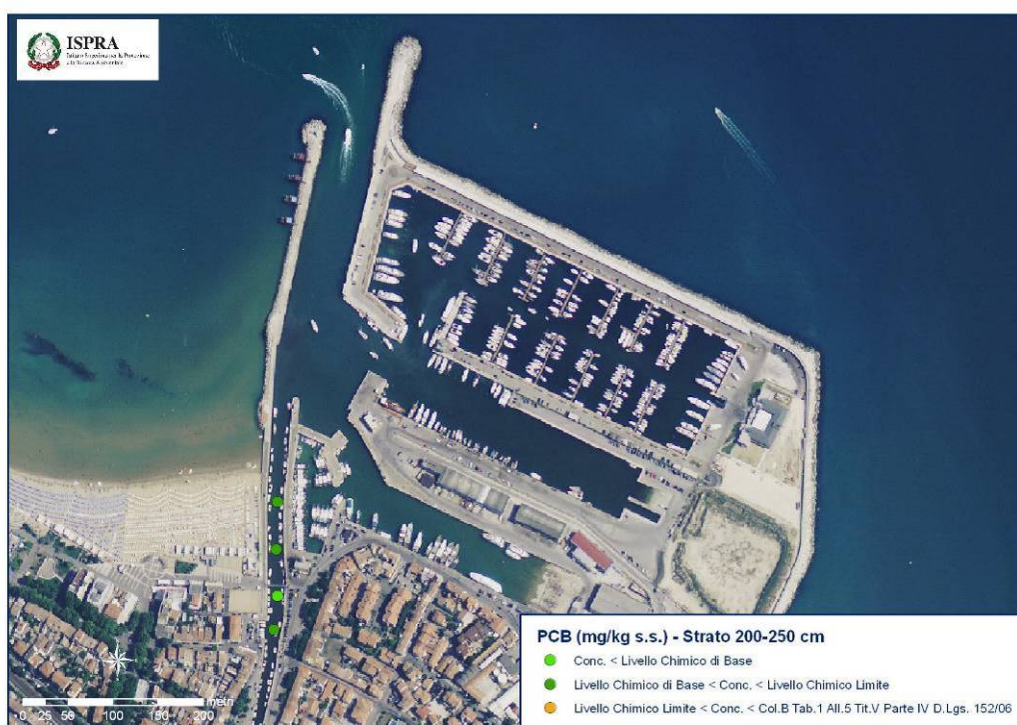


Fig. 3.2.3.20: Visualizzazione delle concentrazioni dei PCB totali nel livello 200-250 cm.
Antracene



Fig. 3.2.3.21: Visualizzazione delle concentrazioni di Antracene nel livello 100-150 cm.



Fig. 3.2.3.22: Visualizzazione delle concentrazioni di Antracene nel livello 150-200 cm.

Acenafte



Fig. 3.2.3.23: Visualizzazione delle concentrazioni di Acenafte nel livello 100-150 cm.

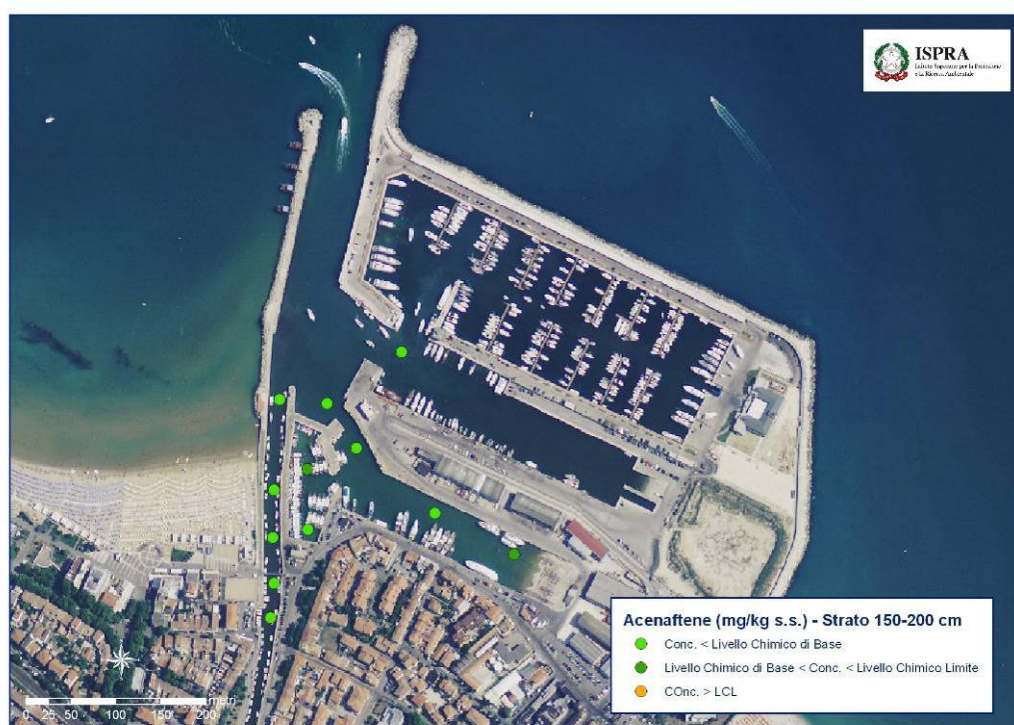


Fig. 3.2.3.24: Visualizzazione delle concentrazioni di Acenafte nel livello 150-200 cm.
Benzo(a)antracene

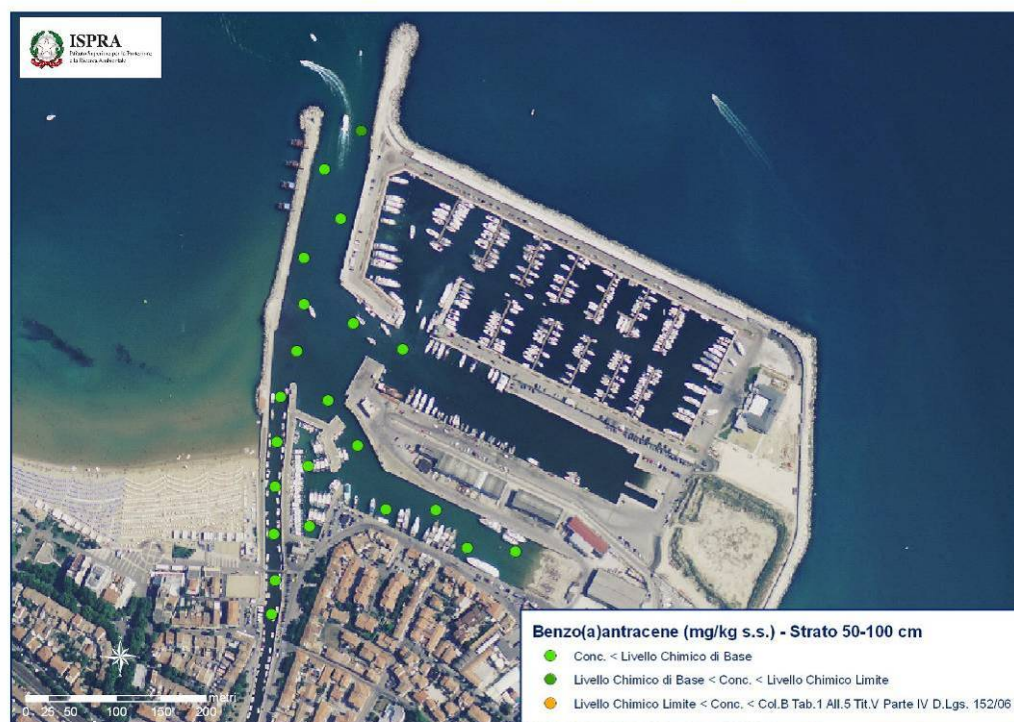


Fig. 3.2.3.25: Visualizzazione delle concentrazioni di Benzo(a)antracene nel livello 50-100 cm.

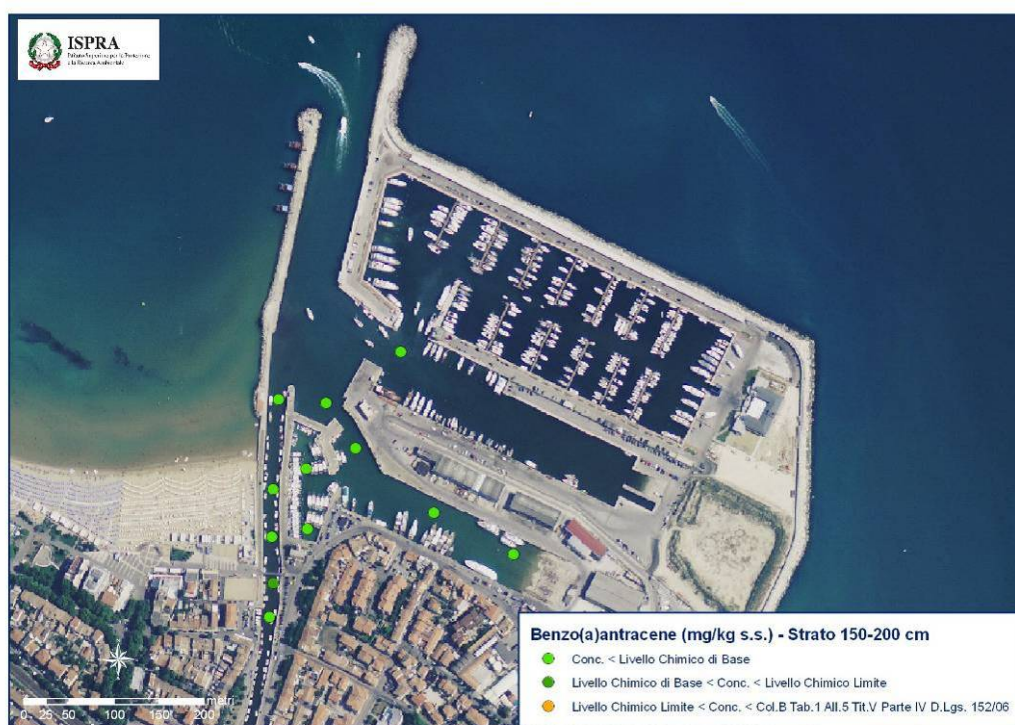


Fig. 3.2.3.26: Visualizzazione delle concentrazioni di Benzo(a)antracene nel livello 150-200 cm.

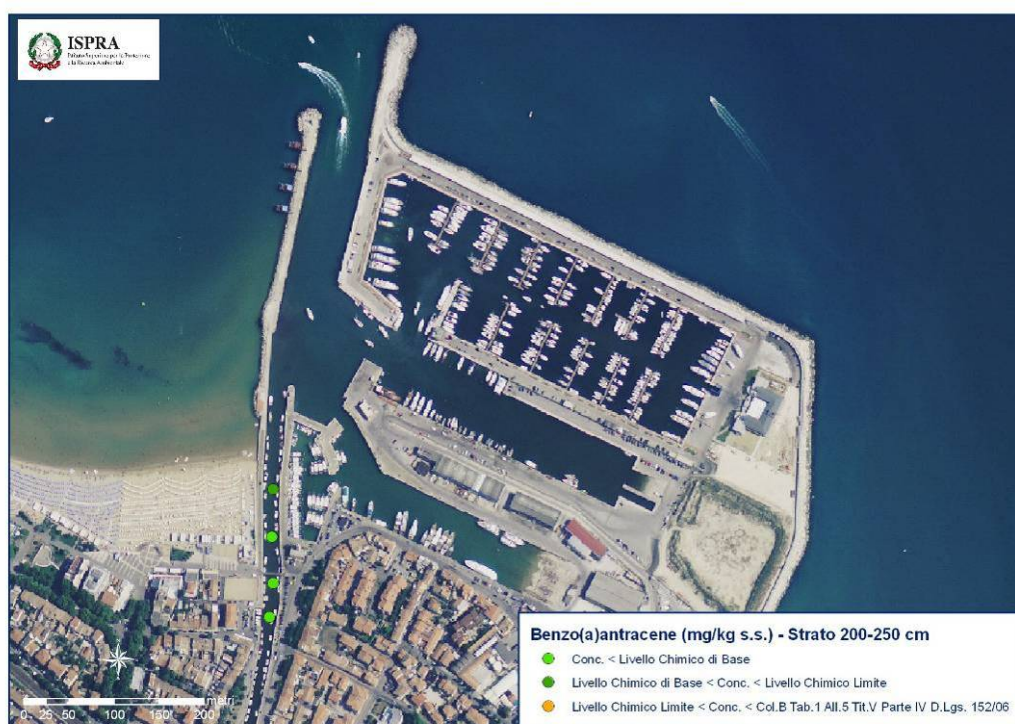


Fig. 3.2.3.27: Visualizzazione delle concentrazioni di Benzo(a)antracene nel livello 200-250 cm.

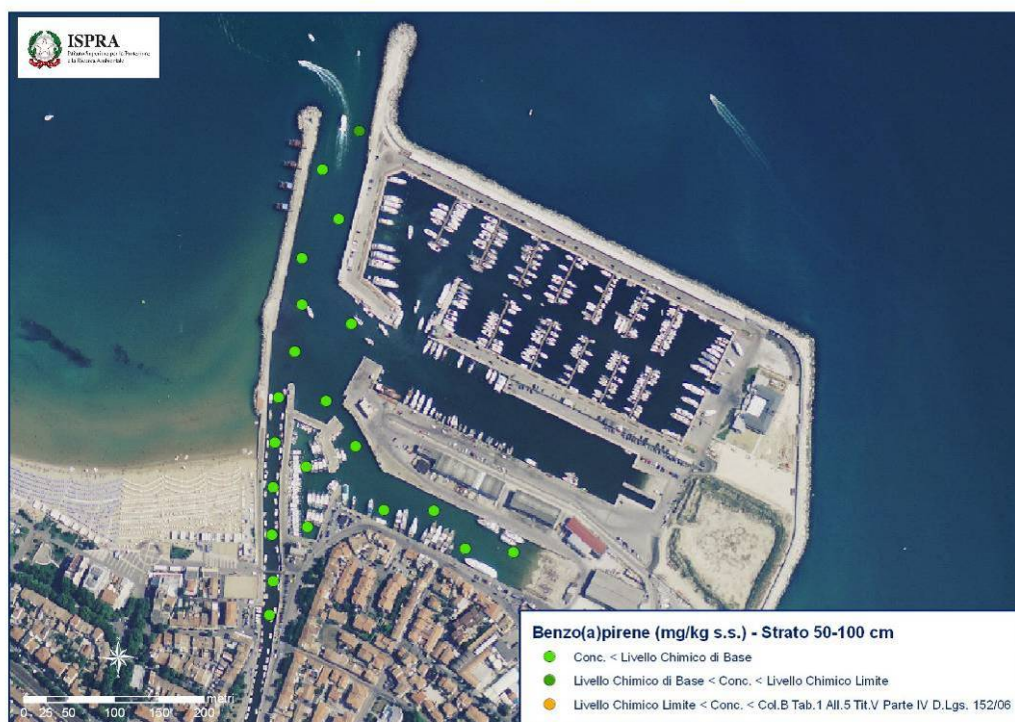
Benzo(a)pirene

Fig. 3.2.3.29: Visualizzazione delle concentrazioni di Benzo(a)pirene nel livello 50-100 cm.

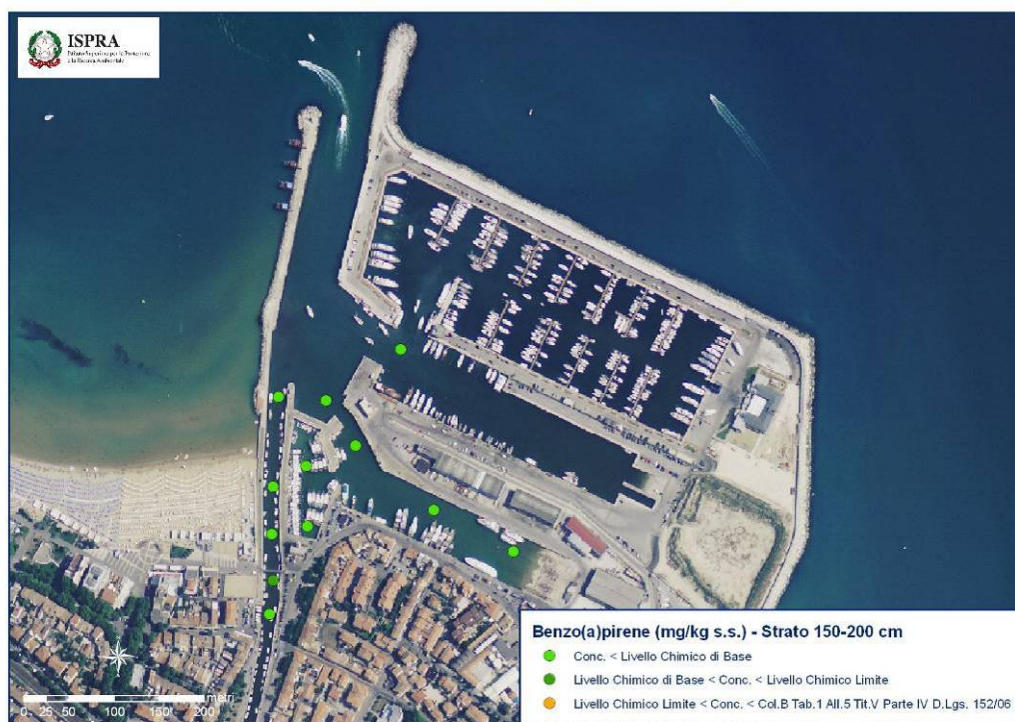


Fig. 3.2.3.28: Visualizzazione delle concentrazioni di Benzo(a)pirene nel livello 150-200 cm.

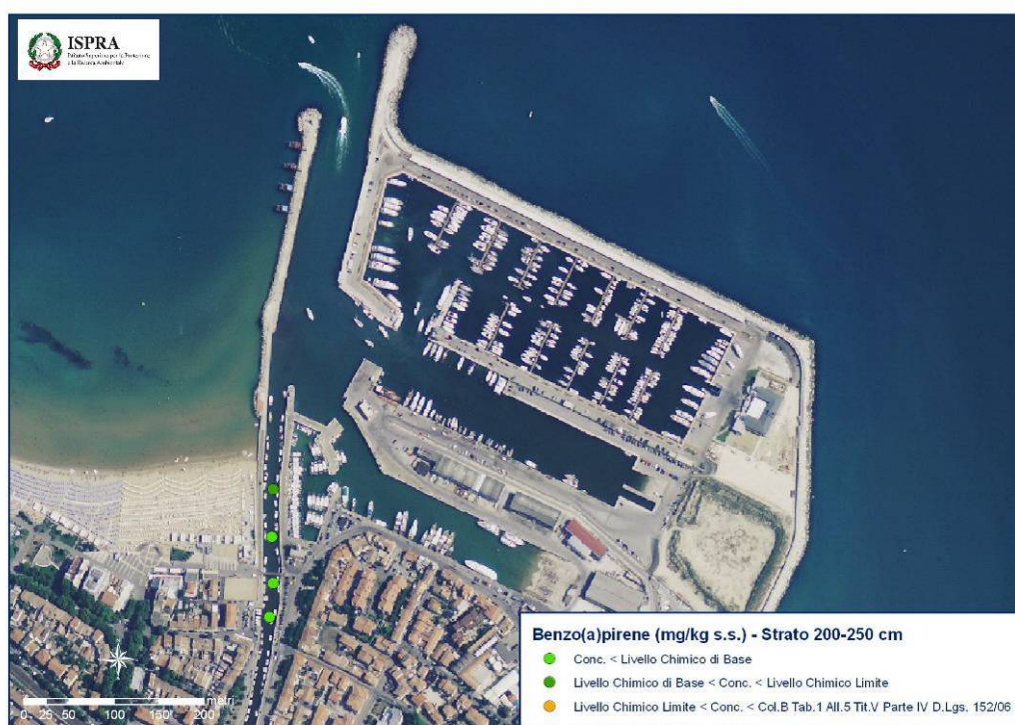


Fig. 3.2.3.30: Visualizzazione delle concentrazioni di Benzo(a)pirene nel livello 200-250 cm.
Crisene



Fig. 3.2.3.31: Visualizzazione delle concentrazioni di Crisene nel livello 150-200 cm.

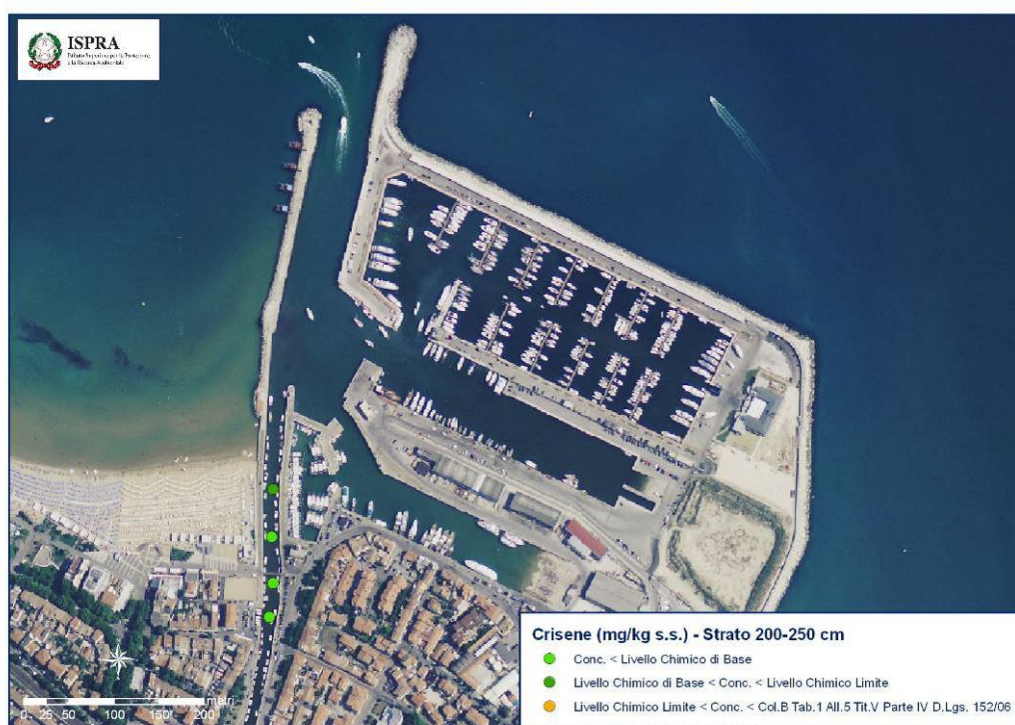


Fig. 3.2.3.32: Visualizzazione delle concentrazioni di Crisene nel livello 200-250 cm.

Dibenzo(a,h)antracene



Fig. 3.2.3.33: Visualizzazione delle concentrazioni di Dibenzo(a,h)antracene nel livello 0-50 cm.

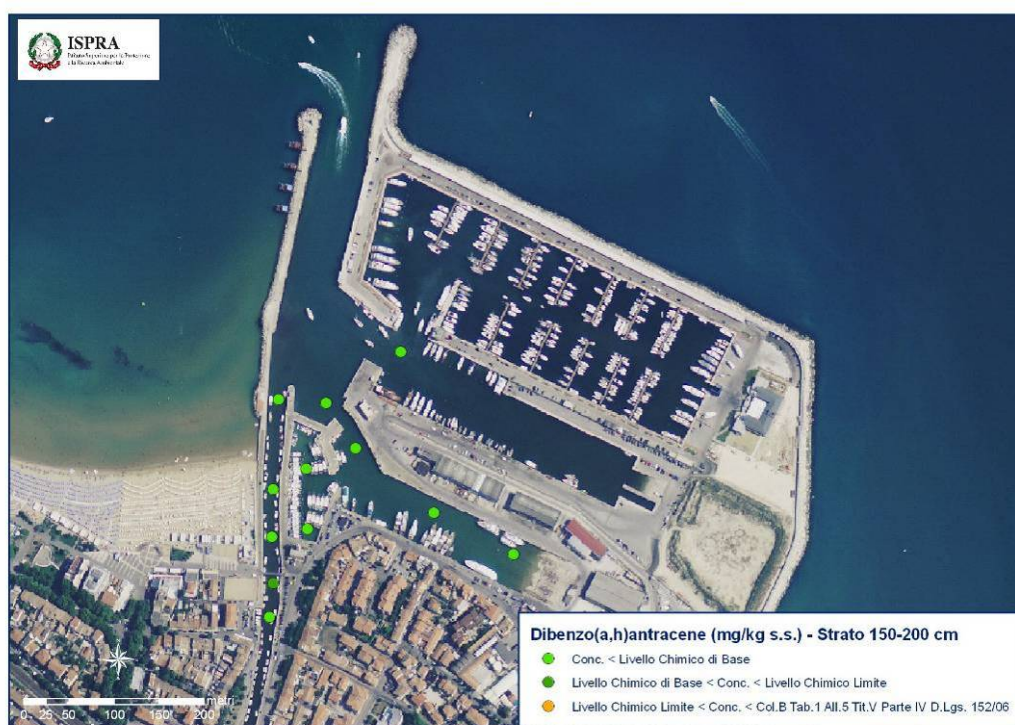


Fig. 3.2.3.34: Visualizzazione delle concentrazioni di Dibenzo(a,h)antracene nel livello 150-200 cm.

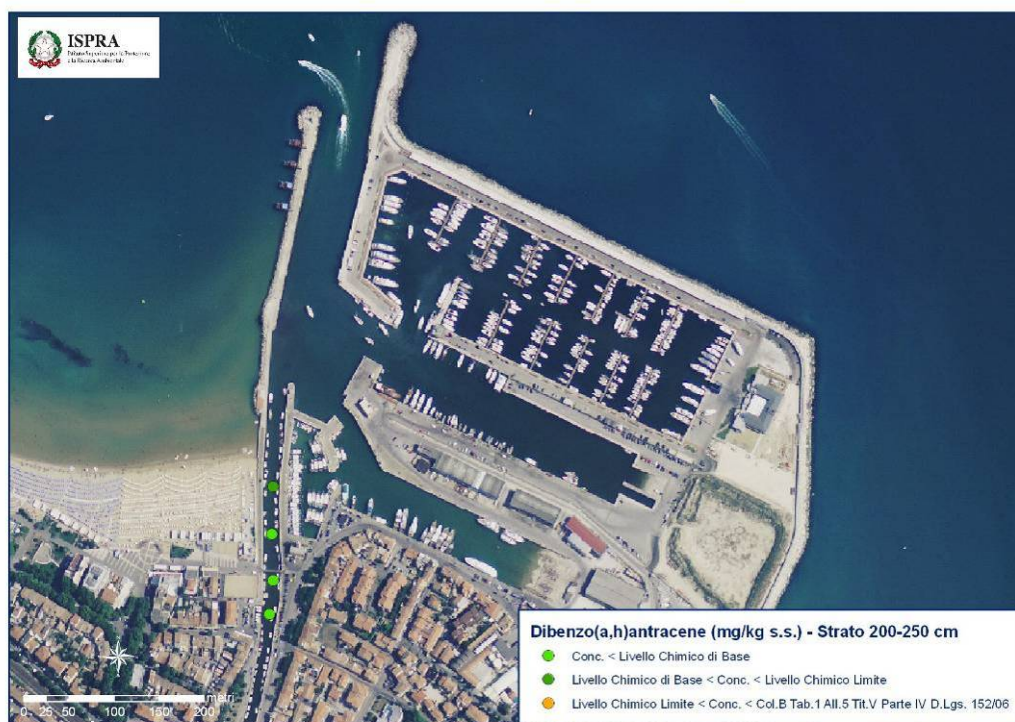


Fig. 3.2.3.35: Visualizzazione delle concentrazioni di Dibenzo(a,h)antracene nel livello 200-250 cm.

Fluorene



Fig. 3.2.3.36: Visualizzazione delle concentrazioni di Fluorene nel livello 100-150 cm.

Fenantrene



Fig. 3.2.3.37: Visualizzazione delle concentrazioni di Fenantrene nel livello 100-150 cm.

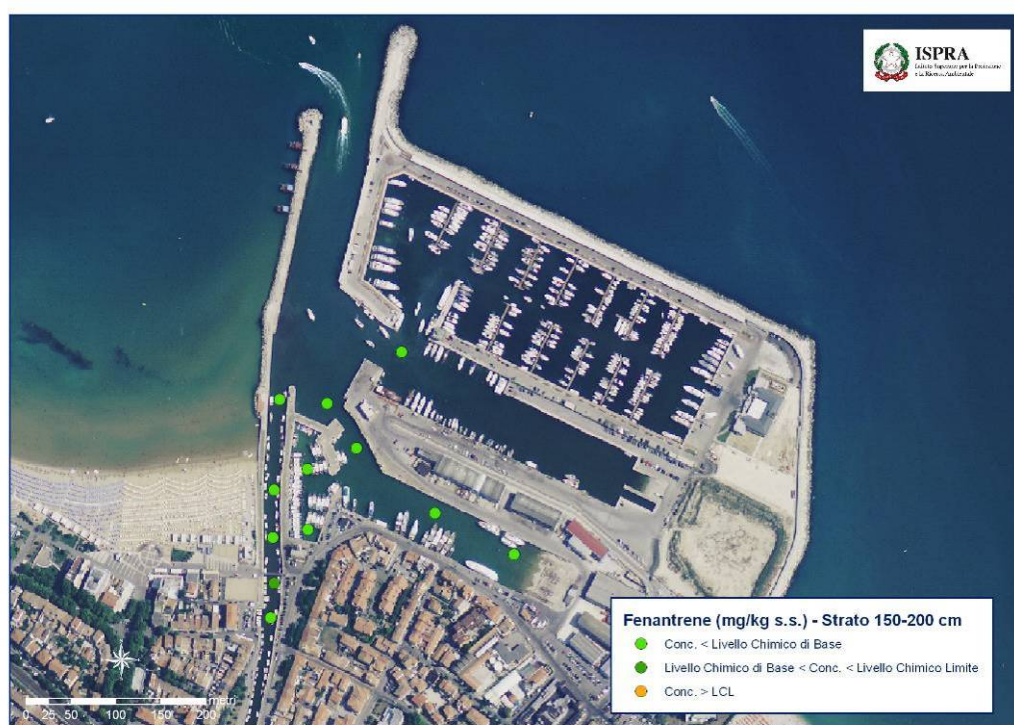


Fig. 3.2.3.38: Visualizzazione delle concentrazioni di Fenantrene nel livello 150-200 cm.

Fluorantene



Fig. 3.2.3.39: Visualizzazione delle concentrazioni di Fluorantene nel livello 50-100 cm.



Fig. 3.2.3.40: Visualizzazione delle concentrazioni di Fluorantene nel livello 150-200 cm.



Fig. 3.2.3.41: Visualizzazione delle concentrazioni di Fluorantene nel livello 200-250 cm.

Pirene

Fig. 3.2.3.42: Visualizzazione delle concentrazioni di Pirene nel livello 150-200 cm.

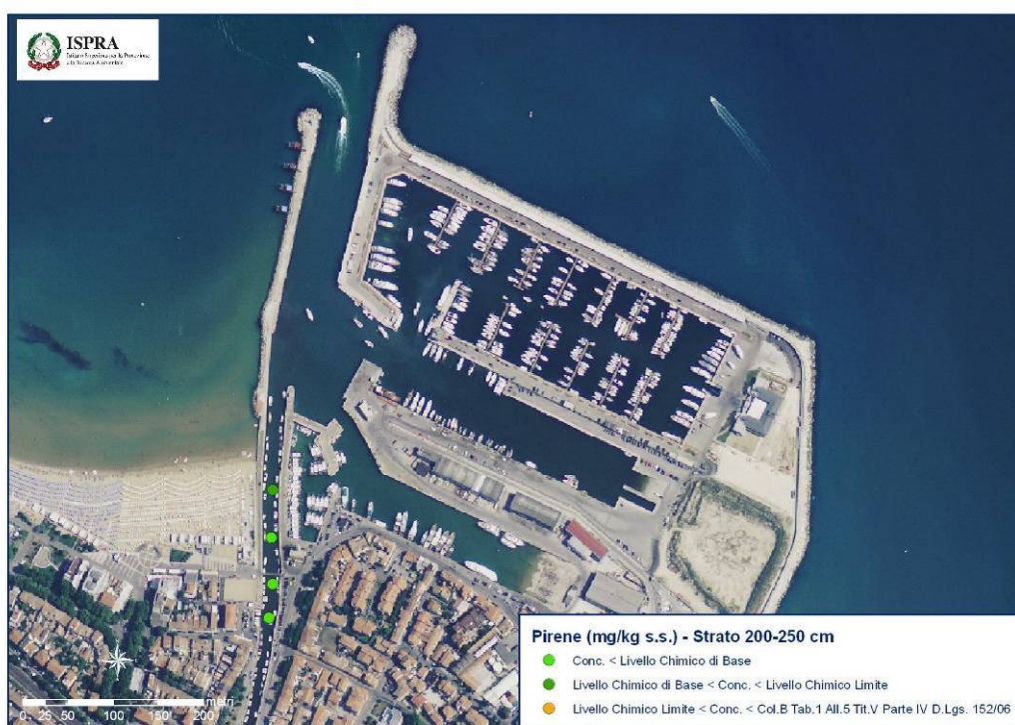


Fig. 3.2.3.43: Visualizzazione delle concentrazioni di Pirene nel livello 200-250 cm.

Sommatoria IPA

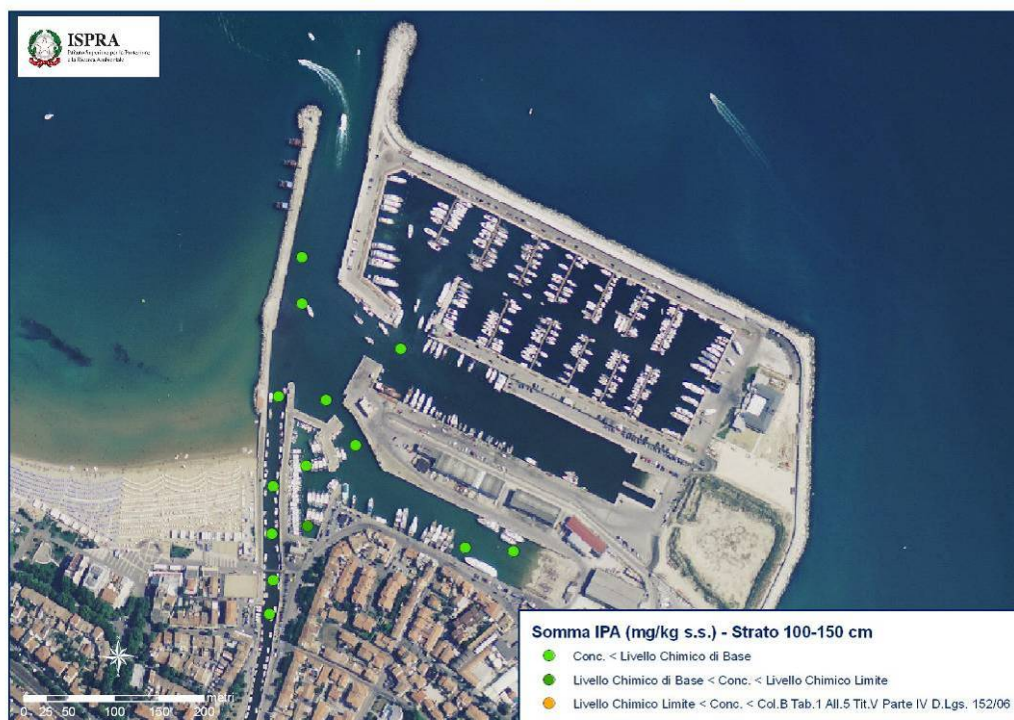


Fig. 3.2.3.44: Visualizzazione delle concentrazioni della Sommatoria degli IPA nel livello 100-150 cm.

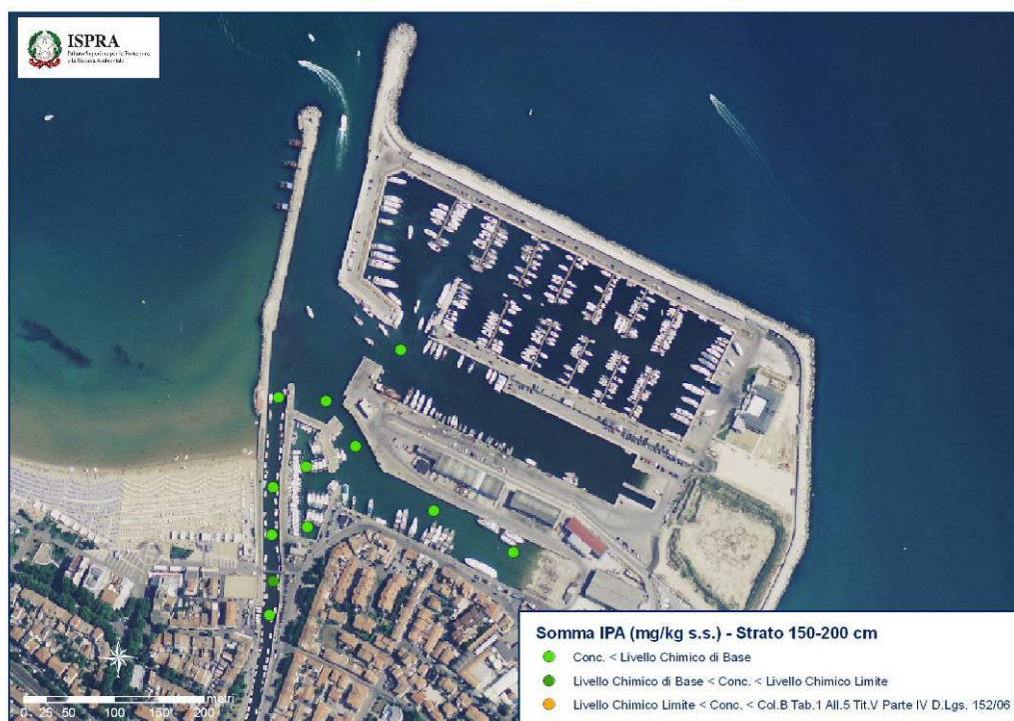


Fig. 3.2.3.45: Visualizzazione delle concentrazioni della Sommatoria degli IPA nel livello 150-200 cm.

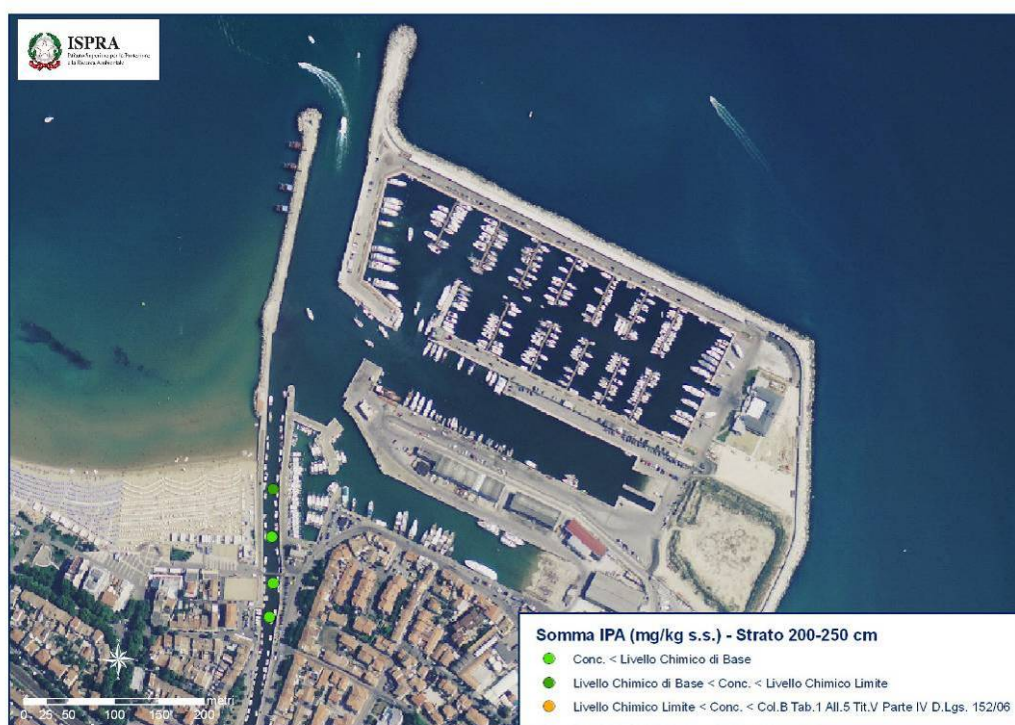


Fig. 3.2.3.46: Visualizzazione delle concentrazioni della Sommatoria degli IPA nel livello 200-250 cm.

Composti organostannici



Fig. 3.2.3.47: Visualizzazione delle concentrazioni dei composti Organostannici nel livello 0-50 cm.

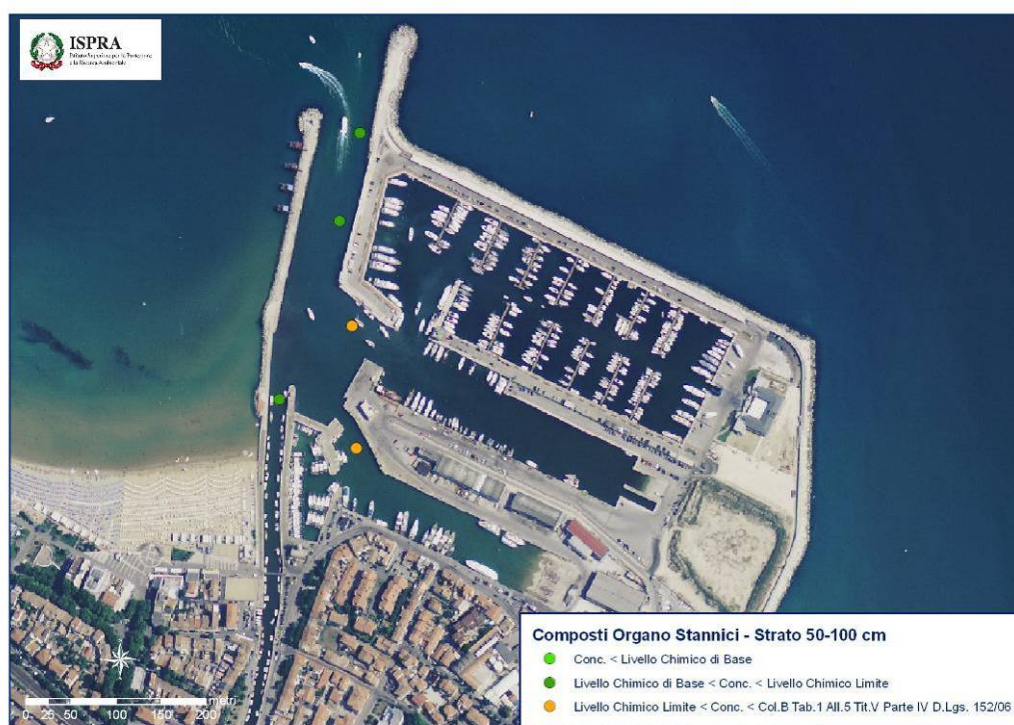


Fig. 3.2.3.48: Visualizzazione delle concentrazioni dei composti Organostannici 50-100 cm.

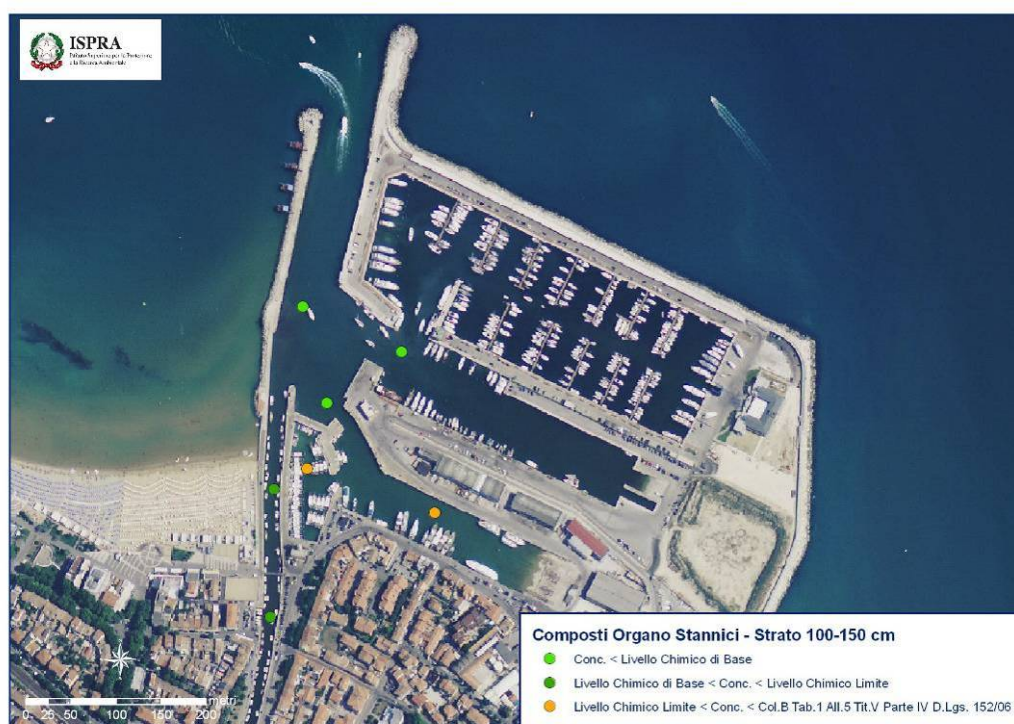


Fig. 3.2.3.49: Visualizzazione delle concentrazioni dei composti Organostannici 100-150 cm.

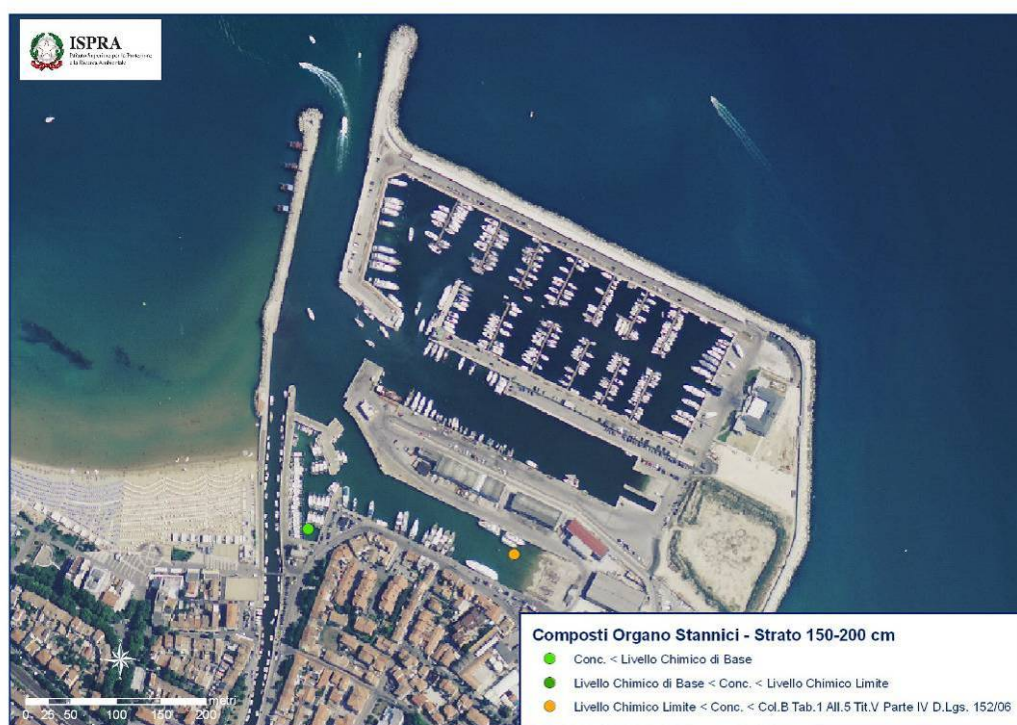


Fig. 3.2.3.50: Visualizzazione delle concentrazioni dei composti Organostannici 150-200 cm.

Nelle figure successive, per ciascun livello di sedimento, vengono riportati i superamenti totali relativi ai parametri chimici analizzati, confrontati con i limiti imposti dalla DGR n. 255/09. Le tonalità cromatiche riportate in leggenda, sono state attribuite in relazione al parametro chimico che, per ciascun campione, ha mostrato le concentrazioni più elevate.



Fig. 3.2.3.51: Superamenti totali, strato 0-50 cm.



Fig. 3.2.3.52: Superamenti totali, strato 50-100 cm.

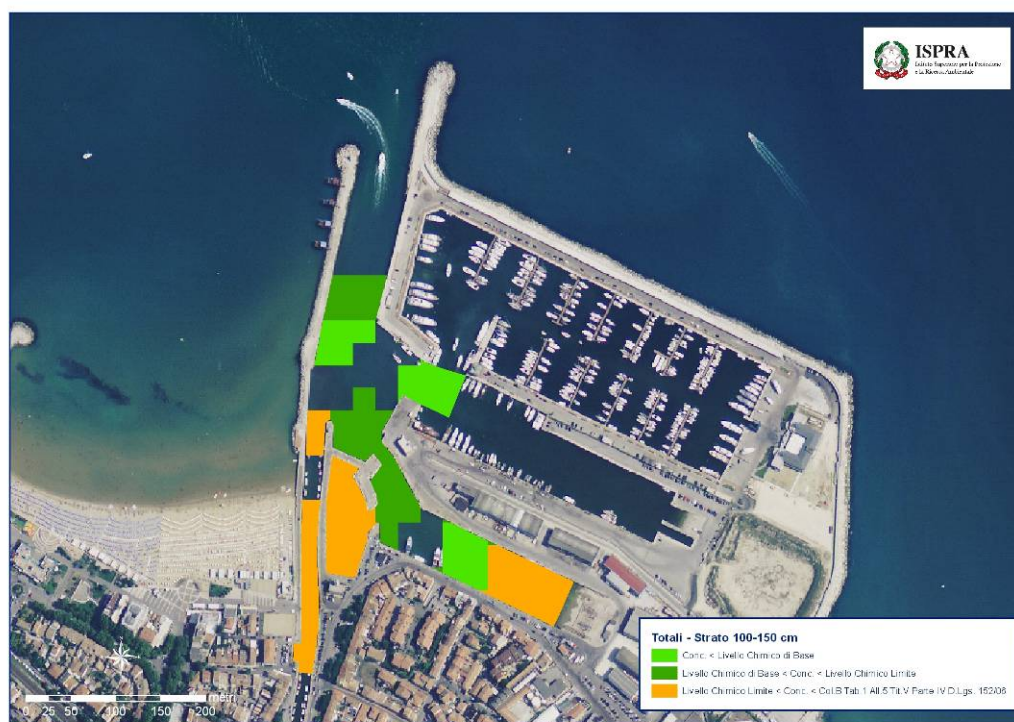


Fig. 3.2.3.53: Superamenti totali, strato 100-150 cm.

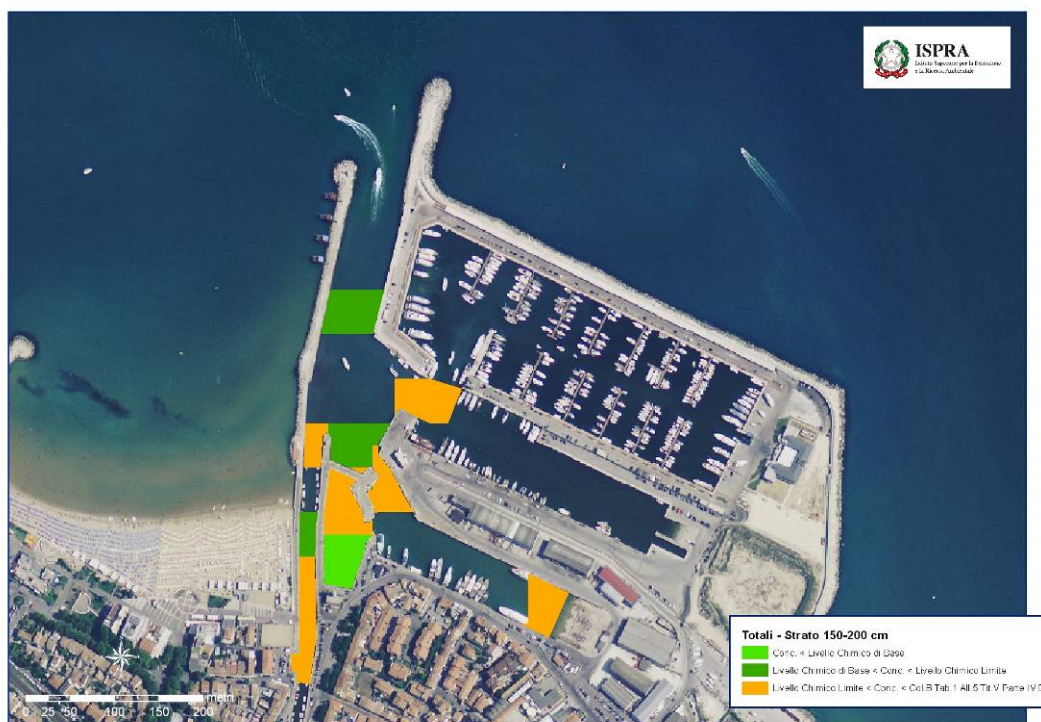


Fig. 3.2.3.54: Superamenti totali, strato 150-200 cm.



Fig. 3.2.3.55: Superamenti totali, strato 200-250 cm.



I campioni analizzati hanno mostrato concentrazioni piuttosto elevate di Cu e Zn. I due elementi in traccia risultano distribuiti prevalentemente negli spazi più interni del porto (maglie n. 6-7-22; n. 8-9-10-11-12-13), ed in particolar modo in corrispondenza della darsena destinata all'esercizio di attività di cantieristica navale (maglie da n. 15 a n. 21). In queste aree Cu e Zn mostrano concentrazioni nettamente superiori ai Livelli Chimici Limite, nella quasi totalità dei livelli campionati. Per il Pb è stato riscontrato un unico superamento degli LCL in corrispondenza della stazione M/FA/01/021, livello 50-100 cm. Stando ai report analitici consegnati da ARPAM, in questo campione si rileverebbe una concentrazione di Pb pari a 665.35 mg/Kg.

Nelle restanti parti del porto i tenori degli elementi in traccia risultano piuttosto accettabili, collocandosi sempre nell'intorno della soglia di riferimento dell'LCB.

Per quanto concerne la presenza di contaminanti di natura organica, in alcune delle stazioni campionate, si rilevano sporadici superamenti degli LCB per gli IPA: acenafte, benzo(a)antracene, benzo(a)pirene, fenantrene, crisene, pirene, dibenzo(a,h)antracene e della rispettiva sommatoria. In ogni caso, le concentrazioni rilevate nella maggior parte dei campioni risultano sempre piuttosto contenute e ben al disotto dei Livelli Chimici di Base. Fa eccezione il Fluorene che nella stazione M/FA/01/016 livello 100-150 cm, supera la soglia dell'LCL mostrando una concentrazione di 0,48 mg/Kg.

I PCB risultano distribuiti in modo piuttosto omogeneo in tutta l'area campionata, con concentrazioni frequentemente superiori ai Livelli Chimici di Base e in qualche caso superiori anche agli LCL, questo in corrispondenza delle stazioni: M/FA/01/013 livello 50-100 cm e 150-200 cm e M/FA/01/019 livello 50-100 cm.

Particolare attenzione va rivolta alle concentrazioni dei composti organostannici e alla loro distribuzione all'interno dello spazio portuale caratterizzato. Nel livello superficiale 0-50 cm, i composti Organostannici risultano presenti sempre in concentrazioni superiori agli LCB, eccezion fatta per il campione relativo alla stazione M/FA/01/01 posta all'imboccatura del porto. Sempre nel livello 0-50 cm vengono raggiunte concentrazioni massime di composti Organostannici in corrispondenza della darsena destinata all'attività cantieristica del porto (maglie da n. 15 a n. 21). Questo con buona probabilità è da ricondurre all'ampio utilizzo in tempi passati di vernici antivegetative per la manutenzione degli scafi delle imbarcazioni.

Mentre nelle restanti aree del porto le concentrazioni di composti Organostannici tendono a diminuire con l'aumentare della profondità di campionamento, nella darsena più interna rimangono sempre piuttosto elevate raggiungendo livelli massimi di 2,1 mg/Kg (livello 0-50 cm) e 5,19 mg/Kg (livello 150-200 cm). E' interessante notare come proprio in corrispondenza di questa area sono state rilevate le più alte concentrazioni di Zn e Cu. Con buona probabilità la presenza dei tre metalli è riconducibile all'attività di manutenzione delle imbarcazioni da tempo condotta all'interno di questa darsena.

In generale, ad esclusione della zona corrispondente all'imboccatura del porto di Fano (maglie n. 1 e n. 2), dove le sabbie mostrano concentrazioni degli analiti sempre ben al disotto del Livello Chimico Limite, la maggior parte del porto è



caratterizzato dalla presenza di una contaminazione diffusa. Tale contaminazione appare distribuita in modo discontinuo per tutti i livelli campionati e diviene maggiormente presente nella parte più interna del porto ed in corrispondenza delle darsene.

Particolarmente compromesse appaiono le condizioni della darsena destinata ad attività di cantieristica (maglie n. 15-17-18-19-20) e della darsena pescherecci (maglie n. 16 e n. 21).

Particolare attenzione va rivolta anche ai sedimenti presenti nel tratto portuale del Canale Albani (maglie da n. 8 a n. 13). Come per le aree descritte in precedenza, anche in questa zona, le elevate concentrazioni di metalli e PCB rendono necessaria l'adozione di particolari cautele nella gestione dei materiali soggetti a movimentazione.

3.2.4 Risultati delle analisi microbiologiche

Le caratteristiche microbiologiche dei sedimenti posti all'imboccatura del porto risultano piuttosto buone in particolare se si considera il tratto che va dall'estremità del pennello più esterno sino all'area posta in corrispondenza della maglia n. 3.

A partire dalla maglie n. 4, è possibile notare un incremento di tutti i parametri microbiologici ricercati. Tale incremento si verifica in corrispondenza di tutti i livelli campionati.

Particolare attenzione va rivolta ai sedimenti afferenti alle stazioni M/FA/01/05-010-014, per la presenza di elevate concentrazioni di Enterococchi.

Elevate concentrazioni di spore di Clostridi Solfito Riduttori si rinvenivano in corrispondenza delle stazioni M/FA/01/014-015, dove nei livelli 0-50 e 150-200 queste raggiungono livelli massimi di 440.000 UFC/g di sostanza secca.

Nel porto di Fano la contaminazione microbiologica sembra interessare indistintamente livelli superficiali e profondi (fino alla profondità di 150 cm).

Particolarmente elevati risultano i valori della sostanza organica presente nei sedimenti del porto. Questa raggiunge concentrazioni massime in corrispondenza dei livelli superficiali delle stazioni M/FA/01/08-09-010-011 (poste in prossimità dello sbocco del canale Albani), collocandosi intorno a valori prossimi ai 7,8 mg/Kg.

Proprio agli apporti del canale Albani potrebbe essere imputata la responsabilità dell'elevata concentrazione di nutrienti nelle acque del porto. Va precisato comunque che l'arricchimento in macronutrienti delle acque e dei sedimenti è tipico di porti canali come quello di Fano.

Tali condizioni, associate agli elevati tenori di N e F, sicuramente hanno contribuito a determinare la formazione di un ambiente particolarmente favorevole alla diffusione di una contaminazione microbiologica.

Allo scopo di migliorare la qualità dei sedimenti del porto di Fano si raccomanda di verificare l'effettivo carico organico e di nutrienti degli apporti del canale e qual'ora ritenuto necessario, provvedere all'eliminazione, previo collettamento, di eventuali fonti di contaminazione che possano costituire un apporto in termini di nutrienti alle acque del porto.



Considerato quanto sopra, si raccomanda comunque l'utilizzo delle massime precauzione durante la rimozione dei sedimenti e nelle successive fasi di gestione dei materiali dragati.

3.2.5 Visualizzazione dei risultati delle analisi ecotossicologiche

I saggi biologici sono stati eseguiti nel rispetto di quanto riportato nel piano di caratterizzazione (Rif. Doc. ISPRA CII-Pr-MA-AdP-01.01).

L'esecuzione dei saggi biologici ha previsto l'utilizzo di tre specie test:

- il batterio bioluminescente *Vibrio fischeri*;
- il crostaceo *Tigropius fulvus*;
- l'alga unicellulare *Dunaliella tertiolecta*;

Le specie test sono state impiegate in modo da fornire risultati riguardo lo stato qualitativo delle matrici: sedimento tal quale ed elutriato. I risultati ottenuti sono stati confrontati con la classificazione riportata nella tabella 2.3 dell'allegato n. 2 alla DGR n. 255/09 della regione Marche. Sulla base dei parametri riportati, sono state individuate le rispettive classi di tossicità.

In tabella 3.2.5.1 sono riepilogati i risultati del saggio biologico applicato alla fase solida eseguito utilizzando il sistema Microtox®. Nella colonna a destra le rispettive classi di tossicità per ciascun campione analizzato.



Tab. 3.2.5.1 Risultati del saggio biologico con il sistema Microtox® applicato alla fase solida

Campione	Sabbia < 1mm (%)	Pelite (%)	Soglia Tox Naturale (TU)	Tox Misurata (TU)	Range al 95% di confidenza (TU)		R2 (%)	S.T.I.	Giudizio	Classe
001_0-50	90,33	9,67	34	12	10	15	98,90	0,36	Assente	A
001_50-100	85,29	14,71	52	88	86	90	99,99	1,70	Assente	A
003_0-50	58,29	41,71	146	2171	1827	2580	99,24	14,88	Molto elevata	D
003_50-100	85,03	14,97	53	51	43	59	99,31	0,96	Assente	A
005_0-50	77,93	22,07	77	603	520	699	99,50	7,79	Elevata	C
005_50-100	80,90	19,10	67	642	559	737	99,47	9,59	Elevata	C
006_0-50	90,22	9,78	34	578	568	588	100,0	16,78	Molto elevata	D
006_50-100	93,32	6,68	24	90	81	100	99,74	3,82	Moderata	B
008_0-50	80,62	19,38	68	292	290	294	100,0	4,30	Moderata	B
008_50-100	81,83	18,17	64	199	184	216	99,85	3,13	Moderata	B
010_0-50	85,70	14,30	50	744	571	970	98,45	14,82	Molto elevata	D
010_100-150	76,45	23,55	83	124	112	138	99,72	1,51	Assente	A
013_0-50	78,90	21,10	74	955	819	1114	99,66	12,92	Molto elevata	D
013_100-150	77,76	22,24	78	66	61	72	99,79	0,85	Assente	A
016_0-50	73,85	26,15	92	1058	1043	1080	99,65	11,55	Elevata	C
016_150-200	68,21	31,79	111	29	27	32	99,32	0,26	Assente	A
021_0-50	73,62	26,38	92	381	365	399	99,87	4,12	Moderata	B
021_100-150	74,73	25,27	89	55	51	59	98,99	0,62	Assente	A
022_0-50	71,53	28,47	100	783	761	67	99,54	7,85	Elevata	C
022_100-150	73,57	26,43	93	101	97	108	99,02	1,10	Assente	A

In tabella 3.2.5.2 sono stati riportati i risultati del saggio biologico eseguito utilizzando il crostaceo copepode *Tigriopus fulvus* applicato agli elutriati. Nella colonna a destra le rispettive classi di tossicità.

Tab. 3.2.5.2 Risultati del saggio biologico con il crostaceo copepode *Tigriopus fulvus* applicato all'elutriato

Sigla campione	Δ % vs controllo $\pm$ d.s.	T test	Giudizio	Classe
M-FA-01 0-50	$28,6 \pm 0,0$	$4,3*10^{-10}$	Moderata	B
M-FA-03 0-50	$57,1 \pm 0,0$	$1,0*10^{-10}$	Elevata	C
M-FA-05 0-50	$28,6 \pm 14,3$	0,07	Assente	A
M-FA-06 0-50	$0,0 \pm 0,0$	n.d.	Assente	A
M-FA-08 0-50	$0,0 \pm 0,0$	n.d.	Assente	A
M-FA-10 0-50	$23,8 \pm 8,3$	0,04	Moderata	B
M-FA-13 0-50	$14,3 \pm 14,3$	0,23	Assente	A
M-FA-16 0-50	$81,0 \pm 8,3$	0,003	Molto elevata	D
M-FA-21 0-50	$81,0 \pm 8,3$	0,003	Molto elevata	D
M-FA-22 0-50	$28,6 \pm 0,0$	$4,3*10^{-10}$	Moderata	D



In tabella 3.2.5.3 vengono riepilogati i risultati del saggio biologico eseguito su elutriato utilizzando l'alga verde *Dunaliella tertiolecta*. Nell'ultima colonna a destra della medesima tabella è stato riportato il giudizio di sintesi espresso come "classe di tossicità".

Tabella 3.2.5.3 - Risultati dei saggi algali (*Dunaliella tertiolecta*) sugli elutriati.

Sigla campione	Δ % vs controllo $\pm$ d.s.	Test T	Test F	Effetto	Classe
M_FA_01_001_0-50	-12,1 $\pm$ 6,3	0,16	0,20	Assente	A
M_FA_01_001_50-100	-8,4 $\pm$ 3,0	0,14	0,50	Assente	A
M_FA_01_003_0-50	-32,3 $\pm$ 6,4	0,001	0,20	Biostimolante	A
M_FA_01_003_50-100	-14,2 $\pm$ 6,2	0,08	0,40	Assente	A
M_FA_01_005_0-50	-22,1 $\pm$ 2,1	0,03	0,40	Biostimolante	A
M_FA_01_005_50-100	14,5 $\pm$ 3,4	0,02	0,80	Assente	A
M_FA_01_006_0-50	11,1 $\pm$ 1,0	0,70	0,10	Assente	A
M_FA_01_006_50-100	-2,0 $\pm$ 1,7	0,50	0,20	Assente	A
M_FA_01_008_0-50	38,3 $\pm$ 3,6	0,01	0,40	Tossico	C
M_FA_01_008_50-100	-5,9 $\pm$ 3,7	0,30	0,90	Assente	A
M_FA_01_010_0-50	-18,0 $\pm$ 7,6	0,04	0,96	Assente	A
M_FA_01_010_100-150	-8,9 $\pm$ 7,3	0,60	0,90	Assente	A
M_FA_01_013_0-50	-56,5 $\pm$ 3,7	0,001	0,90	Biostimolante	A
M_FA_01_013_100-150	12,6 $\pm$ 2,8	0,04	0,70	Assente	A
M_FA_01_016_0-50	34,7 $\pm$ 2,1	0,008	0,40	Tossico	C
M_FA_01_016_150-200	26,0 $\pm$ 2,3	0,004	0,50	Tossico	C
M_FA_01_021_0-50	-13,6 $\pm$ 6,4	0,10	0,10	Assente	A
M_FA_01_021_100-150	-3,1 $\pm$ 2,0	0,50	0,40	Assente	A
M_FA_01_022_0-50	-28,9 $\pm$ 4,3	0,005	0,47	Biostimolante	A
M_FA_01_022_100-150	-14,0 $\pm$ 2,4	0,02	0,50	Assente	A

Ciascun campione, è stato ritenuto rappresentativo del livello caratterizzato e della maglia di campionamento alla quale esso è riferito.

I test biologici condotti mediante l'utilizzo del batterio marino *Vibrio fischeri* hanno fornito risultati piuttosto eterogenei in riferimento alla gradualità degli effetti rilevati. Relativamente all'utilizzo di tale specie, alcuni campioni hanno mostrato assenza di tossicità ed altri sono risultati caratterizzati da livelli di tossicità piuttosto gravi. In n. 12 dei n. 20 campioni, infatti, sono state misurate significative inibizioni della bioluminescenza, sebbene i sedimenti in questione siano di natura prevalentemente sabbiosa. Particolarmente importanti sono stati gli effetti biologici provocati dai campioni superficiali delle carote 003, 006, 010 e 013, considerabili altamente tossici. Ciò suggerisce l'ipotesi della presenza di miscele complesse di contaminanti, anche di natura idrofobica, biodisponibili per il metabolismo di *V. fischeri*.

L'end-point raggiunto con *Tigriopus fulvus* applicato all'elutriato ha evidenziato una buona concordanza e coerenza con gli effetti ottenuti dall'applicazioni delle altre specie test. Occorre segnalare l'elevata tossicità dei campioni n. 13 e n. 16, in quali hanno determinato una mortalità naupliare superiore all'80%.

Anche per quanto riguarda i saggi algali sugli elutriati hanno prodotto risultati piuttosto eterogenei, in quanto sono stati rilevati effetti tossici, biostimolanti e nulli.



In particolare sono risultati tossici i campioni della carota n. 16 e il superficiale della carota n. 8. I quattro casi di ormesi, in relazione alla tipologia di ambiente indagato e all'entità della biostimolazione (relativamente modesta), possono essere ragionevolmente attribuibili ad un arricchimento della matrice in nutrienti, a causa del processo stesso di elutriazione che favorisce la solubilizzazione di sostanze quali i fosfati e i nitrati a partire dal sedimento.

Nella tabella 3.2.5.4 è riportato il giudizio di qualità complessivo ottenuto dall'unione dei risultati dei test condotti attraverso l'utilizzo delle tre specie. I risultati ottenuti sono stati classificati secondo quanto riportato in tabella 2.3 dell'allegato n. 2 alla DGR n. 255/09 della regione Marche.

Tab. 3.2.5.4 Giudizio di tossicità complessivo

Campione	<i>V. fischeri</i>	<i>D. tertiolecta</i>	<i>T. fulvus</i>	Giudizio di tossicità complessivo
M_FA_01_0-50	A	A	B	Classe A
M_FA_01_50-100	A	A		Classe A
M_FA_03_0-50	D	A	C	Classe C
M_FA_03_50-100	A	A		Classe A
M_FA_05_0-50	C	A	A	Classe B
M_FA_05_50-100	C	A		Classe B
M_FA_06_0-50	D	A	A	Classe B
M_FA_06_50-100	B	A		Classe B
M_FA_08_0-50	B	B	A	Classe B
M_FA_08_50-100	B	A		Classe B
M_FA_10_0-50	D	A	B	Classe B
M_FA_10_100-150	A	A		Classe A
M_FA_13_0-50	D	A	A	Classe B
M_FA_13_100-150	A	A		Classe A
M_FA_16_0-50	C	B	D	Classe C
M_FA_16_150-200	A	B		Classe B
M_FA_21_0-50	B	A	D	Classe B
M_FA_21_100-150	A	A		Classe A
M_FA_22_0-50	C	A	B	Classe B
M_FA_22_100-150	A	A		Classe A

Nelle figure 3.2.5.(1-4), vengono visualizzati, per ciascun livello analizzato, i giudizi di qualità complessivi ottenuti dall'unione delle risultanze dei saggi biologici. L'integrazione è stata ottenuta rispettando i criteri riportati al punto 3 del Paragrafo 2.2, Allegato 2 alla DGR n. 255/09.

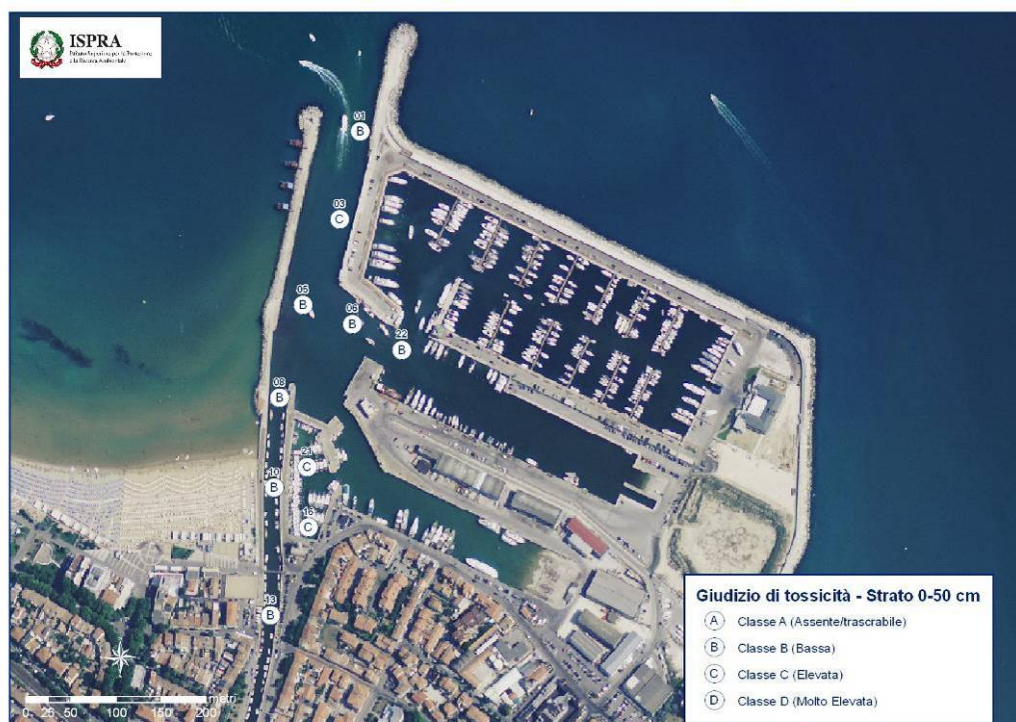


Fig. 3.2.5.1 Classi di tossicità strato 0-50 cm

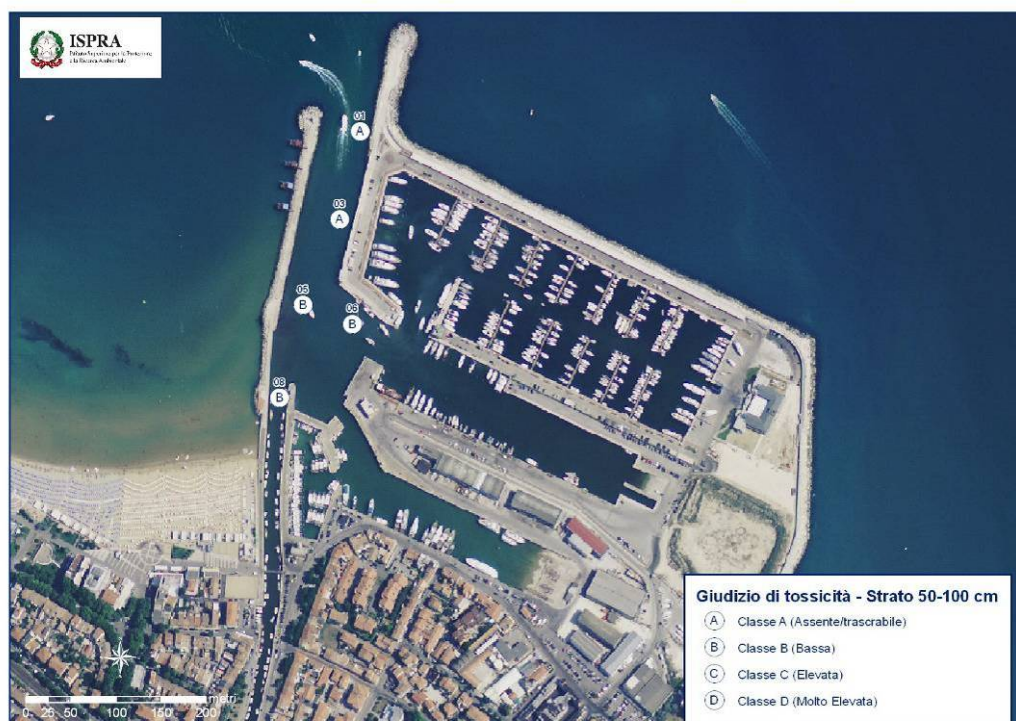


Fig. 3.2.5.2 Classi di tossicità strato 50-100 cm

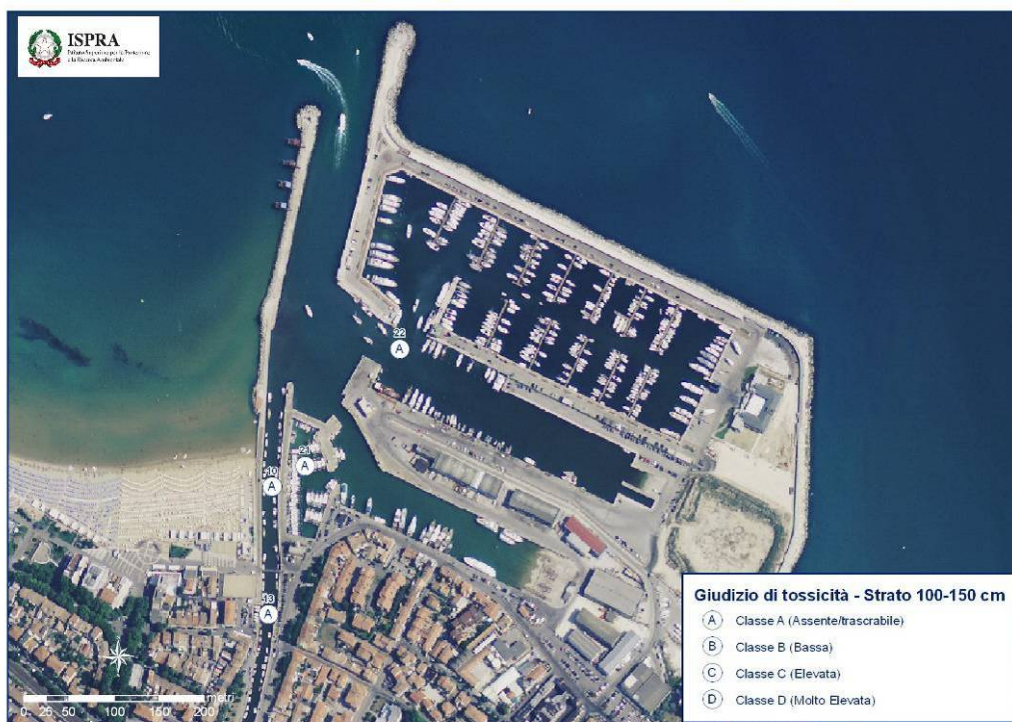


Fig. 3.2.5.3 Classi di tossicità strato 100-150 cm

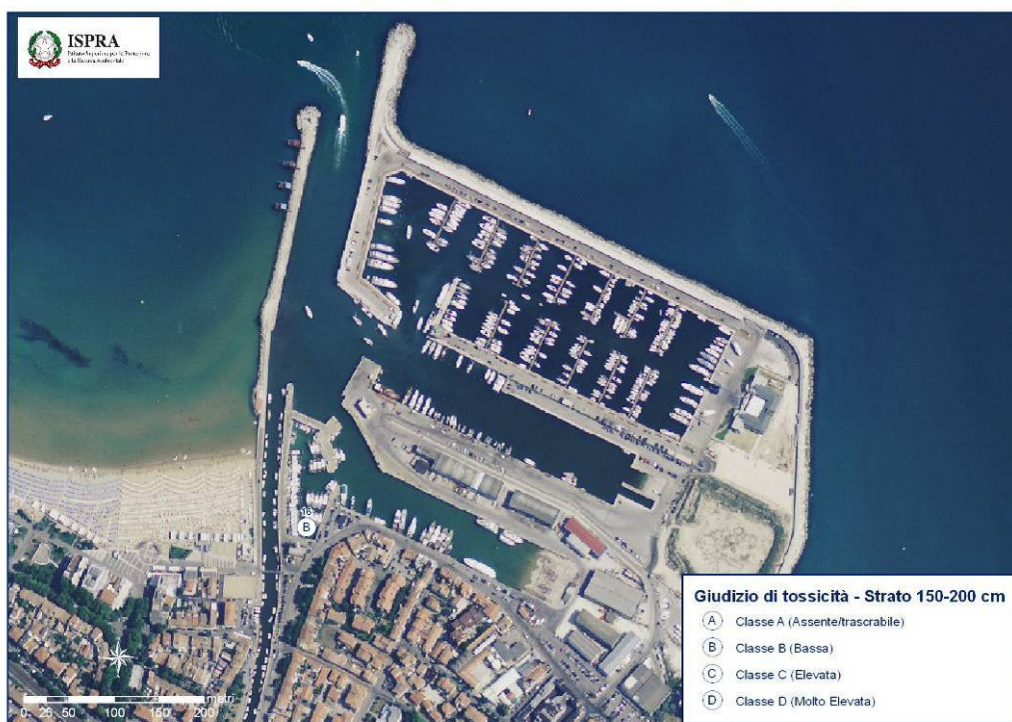


Fig. 3.2.5.4 Classi di tossicità strato 150-200 cm



3.3 Valutazione integrata dello stato qualitativo dei sedimenti dell'area portuale di Fano

Sulla base dell'integrazione dei risultati ecotossicologici, classificati secondo lo schema riportato in tabella 2.3 della DGR. n. 255/09, e dei risultati chimici, confrontati con i limiti tabellari degli LCB ed LCL contenuti nella medesima DGR (Tabelle 2.1 A e 2.2 B), sono state individuate diverse categorie qualitative dei sedimenti. Tale classificazione è avvenuta nel rispetto dei criteri riportati nello schema presente nell'allegato 2 della DGR n. 255/09 ed in particolare secondo la procedura riassunta in figura 2.1.

Tutti i campioni di sedimento analizzati sono stati classificati al fine di ottenere, su tutta la superficie e per tutta la profondità indagata, delle categorie rappresentative della qualità dei sedimenti.

Premesso che, sulla base di quanto riportato nella delibera, ogni campione è rappresentativo di una maglia di campionamento e del livello a cui esso si riferisce, una volta aver attribuito una classe qualitativa a quel campione, per approssimazione, la medesima classe qualitativa è stata associata all'intero volume di sedimenti del quale il campione è stato ritenuto rappresentativo. Sulla base di tale assunto, è stato possibile elaborare delle carte che rappresentano lo stato qualitativo dei sedimenti nelle tre dimensioni dello spazio, in funzione delle caratteristiche chimiche ed ecotossicologiche.

Di seguito, per ciascun livello analizzato, sono state riportate le diverse classi qualitative individuate sulla base delle evidenze analitiche chimiche ed ecotossicologiche.

Essendo stato rispettato il requisito contenuto nella DGR n. 255/09, che prevede che i saggi ecotossicologici vengano condotti su 1/3 del totale dei campioni, il dato analitico ottenuto è risultato essere inevitabilmente parziale rispetto alla copertura spaziale complessiva rappresentata dai dati chimici. Per questo, durante la fase di elaborazione, i risultati ecotossicologici riferiti ad alcuni campioni, sono stati ritenuti rappresentativi anche di campioni di sedimento contigui. Questo a condizione che tali campioni presentassero caratteristiche chimiche confrontabili tra loro.

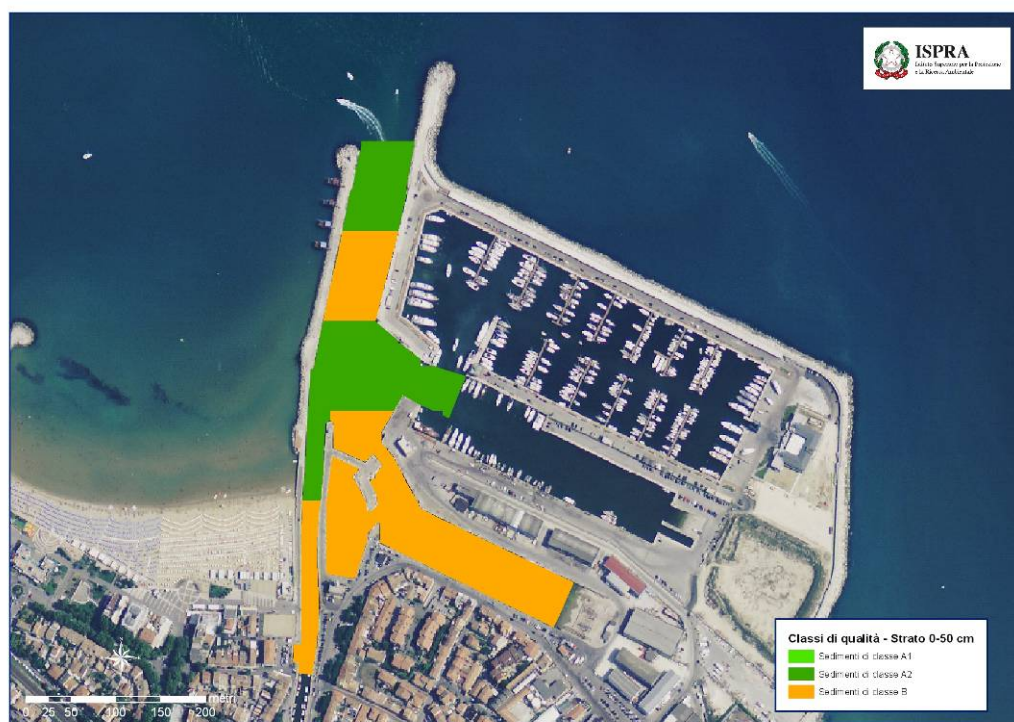


Fig. 3.3.1 Rappresentazione delle classi qualitative complessive, livello 0-50 cm

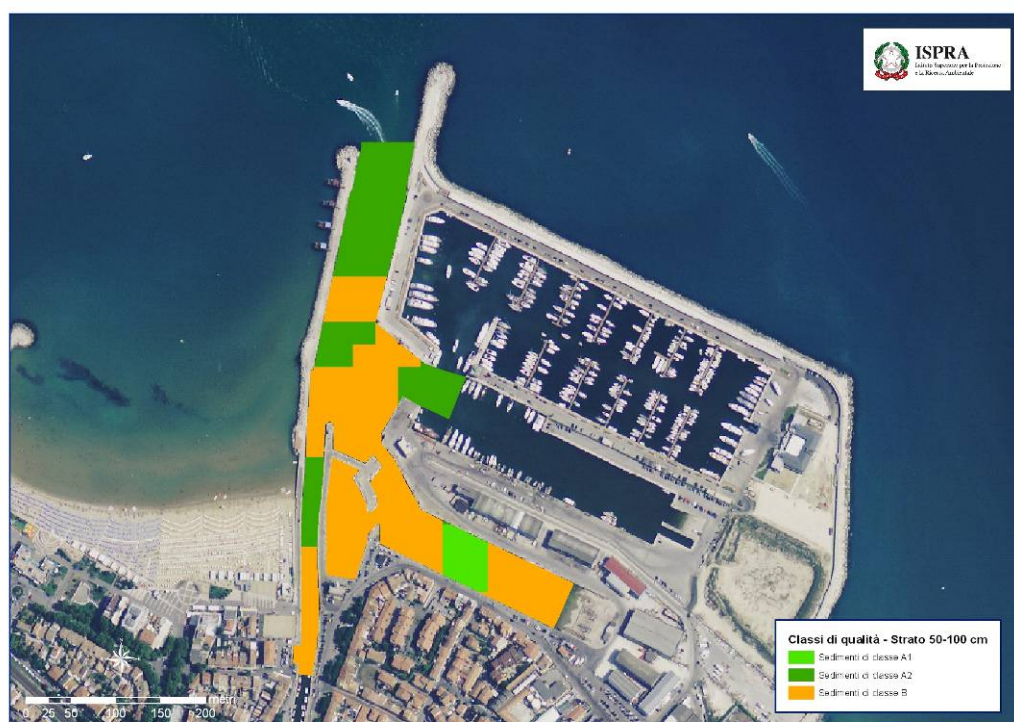


Fig. 3.3.2 Rappresentazione delle classi qualitative complessive, livello 50-100 cm

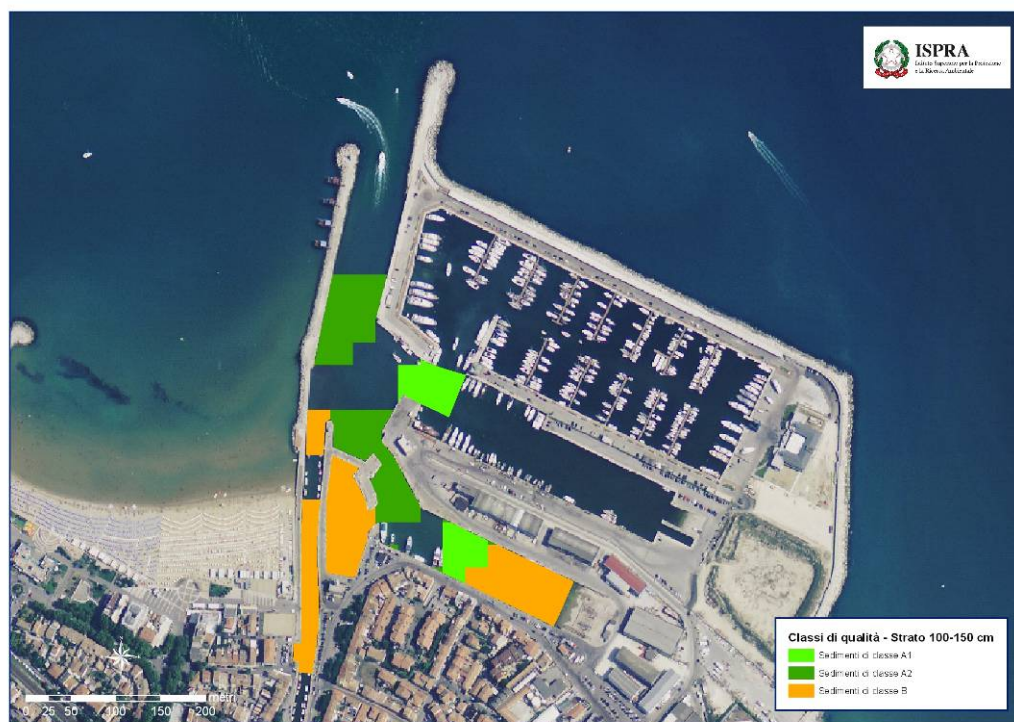


Fig. 3.3.3 Rappresentazione delle classi qualitative, livello 100-150 cm

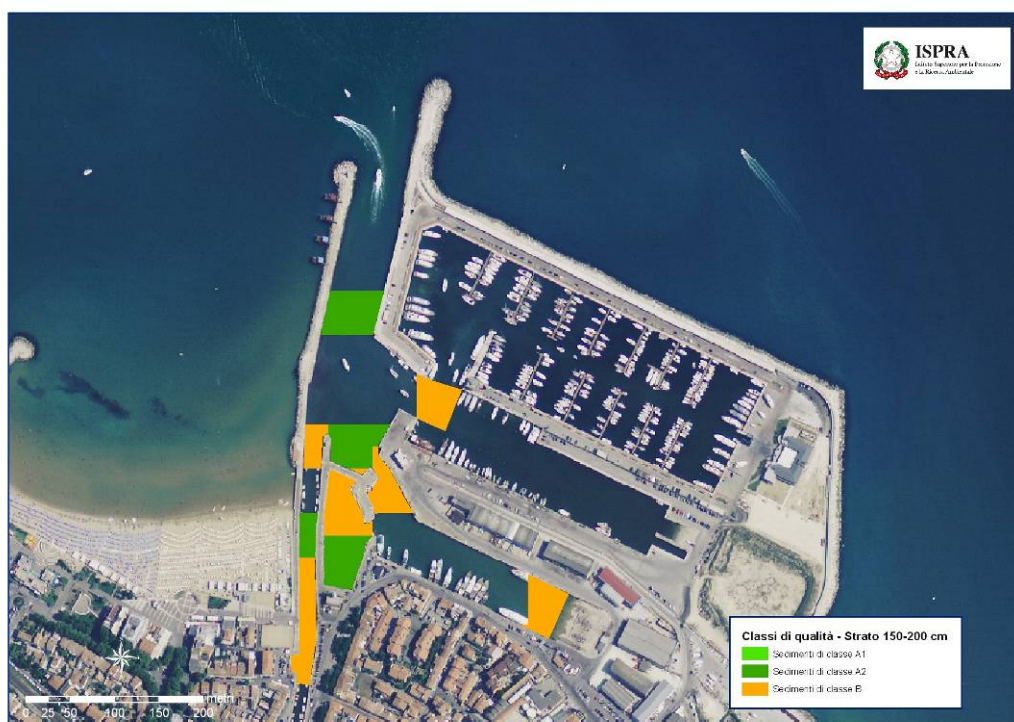


Fig. 3.3.4 Rappresentazione delle classi qualitative, livello 150-200 cm



Fig. 3.3.5 Rappresentazione delle classi qualitative, livello 200-250 cm

La classificazione effettuata sulla base delle indicazioni fornite dalla DGR n. 255/09 ha portato all'individuazione di categorie qualitative dei sedimenti che risultano distribuite in modo eterogeneo per tutto lo spazio campionato. Per mezzo della caratterizzazione è stata rilevata la presenza di sedimenti di categoria B, per i quali è previsto il conferimento in vasca di colmata. Questi risultano intercalati da livelli di sedimento ascrivibili alle categorie A1 e A2. L'eterogeneità qualitativa e la diversa ubicazione delle categorie individuate nello spazio campionato, rende poco attuabile l'ipotesi di condurre un dragaggio selettivo allo scopo di destinare i sedimenti a differenti tipologie di gestione. Tali valutazioni risultano estendibili a gran parte dello spazio portuale caratterizzato.

Discorso a parte va fatto per l'imboccatura del porto ed in particolare per le aree poste in coincidenza delle maglie n. 1-2 ove si rinvencono sedimenti di tipologia A1 e A2 caratterizzati dall'abbondanza di sabbie (frazioni percentuali medie prossime all'80%), pertanto compatibili con riutilizzi quali ripascimenti a terra o ripascimenti "morbidi". Andrebbe effettuata una stima precisa dei quantitativi effettivamente compatibili con tali ipotesi di gestione al fine di ottimizzare il recupero ed il riutilizzo dei materiali dragati.

Particolarmente compromessa appare la condizione qualitativa dei sedimenti ubicati all'interno delle darsene ed in corrispondenza dello sbocco del canale Albani.

In queste ultime aree le granulometrie dei sedimenti e lo stato complessivo della contaminazione porta ad escludere qualsiasi altra forma di riutilizzo dei materiali destinandoli al conferimento in vasca di colmata.