



Direzione Generale per le Valutazioni Ambientali



Direzione Generale per il Paesaggio, le Belle Arti, l'Architettura e l'Arte Contemporanea

Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.; D.Lgs. 163/2006 e s.m.i.)

Indirizzi metodologici specifici: Ambiente idrico

(Capitolo 6.2)

REV. 1 DEL 17/06/2015



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

INDICE

6. INDIRIZZI METODOLOGICI SPECIFICI PER COMPONENTE/FATTORE AMBIENTALE	3
6.2. AMBIENTE IDRICO	5
6.2.1. ACQUE SUPERFICIALI	5
6.2.1.1. Obiettivi specifici del Monitoraggio Ambientale	5
6.2.1.2. Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio.....	7
6.2.1.3. Parametri descrittori (indicatori).....	8
6.2.1.4. Frequenza/durata dei monitoraggi	9
6.2.1.5. Metodologie e valori standard di riferimento.....	9
6.2.2. ACQUE MARINE	18
6.2.2.1. Obiettivi specifici del Monitoraggio Ambientale	18
6.2.2.2. Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio.....	19
6.2.2.3. Parametri descrittori (indicatori).....	21
6.2.2.4. Frequenza e durata dei monitoraggi.....	29
6.2.2.5. Metodologie e valori standard di riferimento.....	32
6.2.3. ACQUE DI TRANSIZIONE.....	37
6.2.3.1. Obiettivi specifici del Monitoraggio Ambientale	37
6.2.3.2. Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio.....	38
6.2.3.3. Parametri descrittori (indicatori).....	38
6.2.3.4. Frequenza/durata dei monitoraggi	39
6.2.3.5. Metodologie e valori standard di riferimento.....	40
6.2.4. ACQUE SOTTERRANEE.....	48
6.2.4.1. Obiettivi specifici del Monitoraggio Ambientale	48
6.2.4.2. Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio.....	49
6.2.4.3. Parametri descrittori (indicatori).....	50
6.2.4.4. Frequenza/durata monitoraggi	53
6.2.4.5. Metodologie e valori standard di riferimento.....	54
APPENDICE – NORMATIVA DI SETTORE E FONTI DI RIFERIMENTO	63

6. Indirizzi metodologici specifici per componente/fattore ambientale

Per ciascuna componente/fattore ambientale vengono forniti indirizzi operativi per le attività di monitoraggio che dovranno essere descritte nell'ambito del PMA.

Le indicazioni fornite sono da considerarsi una base operativa fondata su standard normativi, ove esistenti, su metodologie di riferimento e "buone pratiche" consolidate dal punto di vista tecnico-scientifico. Il Proponente dovrà necessariamente contestualizzare tali indicazioni alla specificità dell'opera, del contesto localizzativo (ambientale ed antropico) e degli impatti ambientali attesi, che rappresentano elementi indispensabili per intraprendere, caso per caso, le scelte più idonee che dovranno essere adeguatamente motivate nel PMA.

Le componenti/fattori ambientali trattate sono:

- Atmosfera (qualità dell'aria);
- Ambiente idrico (acque sotterranee, acque superficiali, acque di transizione, acque marine);
- Suolo e sottosuolo (qualità dei suoli, geomorfologia);
- Biodiversità (vegetazione, flora, fauna);
- Agenti fisici (rumore, vibrazioni, radiazioni ionizzanti e non ionizzanti);
- Paesaggio e beni culturali.

Le componenti/fattori ambientali sopra elencate ricalcano sostanzialmente quelle indicate nell'Allegato I al DPCM 27.12.1988 e potranno essere oggetto di successivi aggiornamenti e integrazioni sia in relazione all'emanazione delle nuove norme tecniche per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale, previste dall'art.34 del D.Lgs.152/2006 e s.m.i., che a seguito del recepimento della direttiva 2014/52/UE che modifica la direttiva VIA 2011/92/UE.

Rispetto alle componenti/fattori ambientali previste nel citato DPCM non sono trattate le componenti "Salute pubblica" ed "Ecosistemi" in quanto entrambe necessitano di un approccio integrato per il monitoraggio ambientale, così come per la caratterizzazione e la valutazione degli impatti ambientali. Tale condizione, unitamente alla disponibilità di dati di riferimento omogenei a livello nazionale/locale, alla scelta della scala spaziale e temporale da utilizzare, al dibattito in corso a livello tecnico-scientifico sugli approcci e le metodiche più efficaci da utilizzare, conduce a ritenere che esse possano essere affrontate in modo più efficace attraverso altri strumenti adatti allo specifico contesto e basati sulle concrete esigenze e disponibilità

tecniche e di risorse.

Giova inoltre ricordare che sia la "Salute pubblica" che gli "Ecosistemi" sono componenti ambientali a carattere trasversale rispetto ad altre componenti/fattori ambientali per i quali la stessa normativa ambientale prevede in alcuni casi "valori limite" basati proprio sugli obiettivi di protezione della salute umana e degli ecosistemi (es. qualità dell'aria, qualità delle acque, rumore, vibrazioni, radiazioni).

Pertanto il monitoraggio ambientale potrà comunque essere efficacemente attuato in maniera "integrata" sulla base degli esiti del monitoraggio delle diverse componenti/fattori ambientali, sia biotici che abiotici, che possono influenzare in maniera diretta o indiretta la salute delle popolazioni e degli ecosistemi (la qualità dell'aria, il clima acustico e vibrazionale, la qualità delle acque, la qualità dei suoli, i campi elettromagnetici, la radioattività ambientale, ecc.) e, per gli ecosistemi, in base al monitoraggio degli elementi floristici e faunistici e delle relative fitocenosi e zoocenosi (componenti Vegetazione, Flora, Fauna).

Si ritiene tuttavia importante segnalare che sono numerose le esperienze già consolidate in ambito internazionale, comunitario e regionale relative alla Valutazione dell'Impatto Sanitario (VIS) come strumento che, integrato alle VIA, consenta di *"stimare gli effetti potenziali sulla salute di una popolazione di una politica piano o progetto e la distribuzione di tali effetti all'interno della popolazione"*¹. Solo a seguito dell'adozione di metodologie e strumenti per la valutazione appropriata degli effetti sulla salute umana nell'ambito della VIA sarà quindi possibile delineare idonee metodologie e strumenti per il monitoraggio nel tempo di tali effetti, con lo scopo di controllare che siano effettivamente rispondenti a quelli previsti nella fase di valutazione.

Ciascuna componente/fattore ambientale è trattata nei successivi paragrafi secondo uno schema-tipo articolato in linea generale in:

- obiettivi specifici del monitoraggio,
- localizzazione delle aree di indagine e delle stazioni/punti di monitoraggio,
- parametri analitici,
- frequenza e durata del monitoraggio,
- metodologie di riferimento (campionamento, analisi, elaborazione dati),
- valori limite normativi e/o standard di riferimento.

¹ WHO – European Center for Health Policy, Goteborg 1999

La complessità dei temi affrontati e la specificità delle singole componenti hanno determinato la necessità di modifiche e adattamenti allo schema-tipo così come nelle modalità di analisi e di trattazione di specifici aspetti; ad esempio, per la componente "Rumore", le attività di monitoraggio sono state declinate in funzione della tipologia di opera, considerando che la stessa legislazione nazionale ha normato separatamente le diverse tipologie di infrastrutture di trasporto e le attività industriali.

Infine, in riferimento al numero ed alla tipologia dei parametri analitici proposti, si evidenzia che essi rappresentano un insieme necessariamente ampio e complesso all'interno del quale i Proponenti potranno individuare ed utilizzare quelli pertinenti agli obiettivi specifici del Progetto di Monitoraggio Ambientale definito in funzione delle caratteristiche dell'opera, del contesto localizzativo e della significatività degli impatti ambientali attesi.

6.2. Ambiente idrico

6.2.1. Acque superficiali

6.2.1.1. Obiettivi specifici del Monitoraggio Ambientale

Il "Progetto di Monitoraggio Ambientale" (PMA) relativo alla componente "Ambiente idrico superficiale" è finalizzato a valutare, in relazione alla costruzione e all'esercizio dell'opera, le eventuali variazioni, rispetto alla situazione ante operam, di tutti i parametri e/o indicatori utilizzati per definire le caratteristiche qualitative e quantitative dei corpi idrici potenzialmente interessati dalle azioni di progetto.

Il PMA deve essere contestualizzato nell'ambito della normativa di settore rappresentata a livello comunitario dalla Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE (DQA), dalla direttiva 2006/118/CE relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dalla direttiva 2008/56/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino (direttiva quadro sulla strategia per l'ambiente marino). Le disposizioni comunitarie sono state recepite dal nostro ordinamento dal D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., Parte III - Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche - (artt. 53 - 176)] e dai suoi Decreti attuativi, unitamente al D.Lgs. n. 30/2009 per le acque sotterranee e al D. Lgs. 190/2010 per l'ambiente marino.

Pertanto, dovranno essere considerati prioritariamente i seguenti riferimenti normativi nazionali:

- DM 16/06/2008, n. 131 – Regolamento recante “I criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni”;
- DM 14/04/2009, n. 56 – Regolamento recante “Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l’identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs. 152/2006, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell’art. 75, comma 3, del D.Lgs. medesimo”;
- D.Lgs 16 marzo 2009 n. 30 “Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento”;
- D. Lgs. 13 ottobre 2010 n. 190 “Attuazione della direttiva 2008/56/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino;
- D. Lgs. 10/12/2010, n. 219 - Attuazione della direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque;
- D.M. 08/10/2010, n. 260 – Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell’articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo;

e le seguenti ulteriori indicazioni comunitarie:

- Decisione della Commissione 2013/480/UE del 20/09/2013. Acque – Classificazione dei sistemi di monitoraggio – Abrogazione decisione 2008/915/CE: decisione che istituisce i valori di classificazione dei sistemi di monitoraggio degli Stati membri risultanti dall’esercizio di intercalibrazione;
- Decisione della Commissione 2010/477/UE del 1/9/2010 sui criteri e gli standard metodologici relativi al buono stato ecologico delle acque marine;

- Direttiva 2013/39/UE del 12/08/2013 che modifica le direttive 2000/60/CE e 2008/105/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque.

Inoltre, il PMA dovrà essere implementato in conformità alla pianificazione/programmazione inerente la tutela quali-quantitativa delle acque alle diverse scale territoriali e coerente con le indicazioni fornite dal quadro normativo e pianificatorio settoriale di riferimento.

6.2.1.2. Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio

Le aree oggetto di monitoraggio dovranno essere individuate in base alle azioni e fasi di progetto e in relazione alla sensibilità e/o vulnerabilità dell'area potenzialmente interferita. In particolare, in relazione alla tipologia di opera, in fase di cantiere e in fase di esercizio, la scelta della localizzazione delle aree di monitoraggio e, quindi, l'individuazione dei relativi punti di riferimento, dovrà essere strettamente connessa a:

- interferenze opera – ambiente idrico e alla valutazione dei relativi impatti;
- punti di monitoraggio considerati in fase di caratterizzazione ante operam;
- reti di monitoraggio (nazionale, regionale e locale) meteo idro-pluviometriche e quali – quantitative esistenti, in base alla normativa di settore.

Pertanto, nel PMA dovranno essere individuate:

- stazioni di monitoraggio puntuali, strettamente connesse al sito interferito (analisi a scala di sito); ad esempio in corrispondenza di ciascun corpo idrico potenzialmente interferito dovranno essere posizionati due punti di monitoraggio secondo il criterio idrologico "monte (M)- valle (V)" , con la finalità di valutare, in tutte le fasi del monitoraggio, la variazione dello stesso parametro/indicatore tra i due punti di misura M-V, al fine di poter individuare eventuali impatti determinanti dalle azioni di progetto;
- stazioni necessarie per valutare gli eventuali effetti significativi negativi determinanti dalle azioni di progetto in ambiti più estesi (analisi a scala di area vasta).

6.2.1.3. Parametri descrittivi (indicatori)

La scelta degli indicatori deve essere fatta in funzione della tipologia del corpo idrico potenzialmente interferito e dovrà porre particolare attenzione alla valutazione dell'obiettivo di "non deterioramento" delle componenti ecosistemiche del corpo idrico, introdotto dalla DQA. Quando specifiche pressioni e relativi impatti, pur non facendo variare la "classe di qualità di un corpo idrico", così come definita dalla normativa di settore, comportano una "tendenza" al peggioramento in termini di qualità, dovranno essere utilizzati specifici indicatori/indici in quanto la tendenza registrata potrebbe portare a far variare la classe dell'indicatore/indice in successivi periodi temporali.

Pertanto, se si ritiene che l'opera oggetto di valutazione non provochi una variazione della classe di qualità ovvero dello stato ecologico e chimico del corpo idrico, ai sensi della normativa di settore, è possibile prevedere il monitoraggio di dettaglio solo di alcuni indici/indicatori scelti in funzione della presenza di specifiche pressioni.

Se, invece, l'impatto può compromettere il raggiungimento degli "obiettivi di qualità" e/o variazioni di "stato/classe di qualità" del corpo idrico, così come definiti dalla normativa di settore e contenuti negli strumenti settoriali di pianificazione/programmazione, oltre agli indicatori correlati a specifiche pressioni, occorrerà utilizzare gli indicatori/indici (con le relative metriche di valutazione) indicati dal D.M. 260/2010.

Detto ciò, per il monitoraggio in corso d'opera (fase di cantiere) e post operam (fase di esercizio), il PMA dovrà essere finalizzato all'acquisizione di dati relativi alle:

- variazioni dello stato quali – quantitativo dei corpi idrici in relazione agli obiettivi fissati dalla normativa e dagli indirizzi pianificatori vigenti, in funzione dei potenziali impatti individuati;
- variazioni delle caratteristiche idrografiche e del regime idrologico ed idraulico dei corsi d'acqua e delle relative aree di espansione;
- interferenze indotte sul trasporto solido naturale, sui processi di erosione e deposizione dei sedimenti fluviali e le conseguenti modifiche del profilo degli alvei, sugli interrimenti dei bacini idrici naturali e artificiali.

Inoltre, anche l'identificazione delle soglie di riferimento nonché la frequenza di campionamento degli indicatori e/o indici prescelti dovrà essere fatta in funzione delle indicazioni della normativa di settore ed della significatività degli impatti individuati,

considerando eventuali informazioni/parametri già utilizzati per la caratterizzazione degli effetti derivanti da eventuali altre attività antropiche presenti e/o interferenti con il contesto oggetto di studio.

Nella scheda di sintesi riportata al termine del presente Capitolo, si propone un set di parametri-indicatori basati sulle vigenti normative di settore e sulla letteratura tecnico-scientifica di riferimento che dovranno essere presi in considerazione nel PMA, adattando necessariamente caso per caso le opportune scelte da operare in relazione alla tipologia di opera, al contesto territoriale-ambientale e alla significatività degli impatti attesi.

Si precisa che per la matrice biotica (vegetazione, flora, fauna, ecosistemi) delle acque superficiali, i contenuti riportati nel presente Capitolo vanno adeguatamente integrati ed approfonditi con quanto riportato in merito all'ambiente fluviale e lacustre nel Capitolo 6.4 - Biodiversità (Vegetazione, Flora, Fauna) ove risultano adeguatamente caratterizzanti, anche ai fini del monitoraggio, in relazione alla valenza che determinate specie appartenenti alla flora e alla fauna rivestono per la tutela della biodiversità.

6.2.1.4. Frequenza/durata dei monitoraggi

La frequenza e la durata del monitoraggio varia a seconda della tipologia di corpo idrico, della tipologia di opera e della fase di monitoraggio.

Per i "corpi idrici di riferimento" o in generale quelli che devono essere monitorati ai sensi della normativa di settore, la frequenza e la durata di monitoraggio dovranno adeguatamente integrarsi con quanto previsto dalla normativa di settore, considerando le specifiche finalità delle indagini mirate al controllo degli effetti determinati dalla realizzazione/esercizio dell'opera.

In generale, il periodo di osservazione dovrà essere, tale da prevedere come limite temporale il momento in cui il parametro monitorato tenda ad un valore costante, ovvero fino al raggiungimento di valori non più significativi in relazione agli effetti dell'opera sulla componente, salvo eventuali specifiche indicazioni derivanti o stabilite in accordo con gli Enti competenti (es. ARPA).

6.2.1.5. Metodologie e valori standard di riferimento

L'esecuzione dei monitoraggi (strumentazione, numero di campioni da rilevare nel periodo di osservazione, modalità di campionamento, ecc.) dovrà essere conforme a

quanto previsto dalle linee guida e dagli standard adottati a livello internazionale e nazionale; a tale riguardo, si rimanda all'Appendice in cui si riporta un elenco indicativo e non esaustivo di riferimenti (normativa, documenti tecnici, linee guida, ecc.) e a quanto riportato nella "Scheda di sintesi" riportata alla fine del presente Capitolo.

L'affidabilità e la precisione dei risultati dovranno essere assicurati dalle procedure di qualità interne ai laboratori che effettuano le attività di campionamento ed analisi e, pertanto, i laboratori coinvolti nelle attività di monitoraggio dovranno essere accreditati ed operare in modo conforme a quanto richiesto dalla norma UNI CEN EN ISO 17025.

Le normative di riferimento (D.Lgs. 152/2006, D.M. 56/2009) definiscono i valori di Standard di Qualità Ambientale per la qualità delle acque superficiali (fiumi e laghi) riportati nella seguente scheda di sintesi. Ove per alcuni parametri non siano già disponibili valori limite e valori standard di riferimento in base a normative o protocolli standardizzati, tali valori vanno identificati in base ai dati disponibili per l'area di monitoraggio ovvero, in loro assenza, in base ai dati acquisiti ad hoc nella fase ante operam per la caratterizzazione "sito specifica".

ACQUE SUPERFICIALI – Scheda di sintesi

Obiettivo specifico del PMA	Ambito oggetto del PMA	Tipologia parametro	Parametro - Indicatore	Unità di misura	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Localizzazione dei monitoraggi	Valore limite o valore standard di riferimento	Metodologia
A. CARATTERIZZAZIONE QUALITATIVA DELLA RISORSA IDRICA (ai sensi del D.Lgs 152/06 e dei successivi D.M. attuativi)	Verifica degli aspetti qualitativi	Biologico	Indice multi metrico STAR di Intercalibrazione (STAR_ICMI)	Valore numerico, a cui associare giudizio di qualità (Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso, Cattivo)	<p>(Indicazioni valide per parametri qualitativi da 1 a 29)</p> <p>La frequenza di monitoraggio:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ dovrà seguire le indicazioni della normativa di settore a seconda del corpo idrico impattato; ✓ potrà essere concordata con gli Enti competenti in funzione della specificità dell'opera e dell'impatto. <p>AO: campagna trimestrale per un anno</p> <p>CO: durante le diverse fasi di realizzazione dell'opera in base alla tipologie di impatto (SIA)</p> <p>PO: trimestrali da ripetersi fino al ripristino delle condizioni iniziali (da verificare in base ai risultati) - almeno 2 volte l'anno per l'intero esercizio dell'opera o secondo diverse indicazioni degli enti competenti</p>	In corrispondenza di ciascun corpo idrico interferito dovranno essere posizionati due punti di monitoraggio secondo il criterio Monte (M) Valle (V) idrologico	Valori standard di qualità per le acque superficiali (DM 56/2009)	<p>I metodi ufficiali di riferimento per il calcolo dell'indice sono pubblicati sul sito di ISPRA – Sezione SINTAI</p> <p>Classificazione dello stato ecologico (tabelle di riferimento DM 260/2010)</p>

ACQUE SUPERFICIALI – Scheda di sintesi

Obiettivo specifico del PMA	Ambito oggetto del PMA	Tipologia parametro	Parametro - Indicatore	Unità di misura	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Localizzazione dei monitoraggi	Valore limite o valore standard di riferimento	Metodologia
			2	Indice multimetrico di Intercalibrazione (ICMi) per le diatomee	come sopra	come sopra	come sopra	I metodi ufficiali di riferimento per il calcolo dell'indice sono pubblicati sul sito ISPRA – Sezione SINTAI
			3	Indice Biologique Macrophytite en Rivière (IBMR)	come sopra	come sopra	come sopra	I metodi ufficiali di riferimento per il calcolo dell'indice sono pubblicati sul sito di ISPRA – Sezione SINTAI La metodologia per IBMR è descritta nella Norma AFNOR NF T 90-35- Classificazione dello stato ecologico (tabelle di riferimento DM 260/2010)
			4	ISECI pesci	come sopra	come sopra	come sopra	I metodi ufficiali di riferimento per il calcolo dell'indice sono pubblicati sul sito ISPRA – Sezione SINTAI
		Chimico - Fisico	5	Livello di inquinamento dai Macrodescrittori per lo stato ecologico (LIMeco)	come sopra	come sopra	come sopra	I metodi ufficiali di riferimento per il calcolo dell'indice sono pubblicati sul sito ISPRA – Sezione SINTAI e nel DM 260/2010
		Morfologico	6	Indice di Qualità Morfologica (IQM)	come sopra	come sopra	come sopra	ISPRA, IDRAIM – Sistema di valutazione IDRomorfologica, AnaliSI e Monitoraggio dei corsi d'acqua, Manuale tecnico – operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua, 2014.
		Morfologico	6 bis	IQMm	come sopra	come sopra	come sopra	come sopra

ACQUE SUPERFICIALI – Scheda di sintesi

Obiettivo specifico del PMA	Ambito oggetto del PMA	Tipologia parametro	Parametro - Indicatore	Unità di misura	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Localizzazione dei monitoraggi	Valore limite o valore standard di riferimento	Metodologia
		Idrologico	7 Indice di Alterazione del Regime Idrologico (IARI)	come sopra	come sopra	come sopra	come sopra	ISPRA, Implementazione della Direttiva 2000/60/CE. Analisi e valutazione degli aspetti idromorfologici, 2011.
		Chimico	8 Stato chimico concentrazioni delle sostanze prioritarie (P), le sostanze pericolose prioritarie (PP) e le rimanenti sostanze (E) Idrocarburi, metalli pesanti, ecc.	µg/l (standard di qualità ambientale espresso come valore medio annuo SQA-MA)	come sopra	come sopra	come sopra	Per gli standard di riferimento si rimanda alle tabelle di riferimento di cui al DM 260/10 Idrocarburi totali: UNI EN ISO 9377-2:2002
		Biologico	9 BQI valutazione dello stato ecologico dei laghi naturali italiani, basato sulla comunità dei macroinvertebrati, non è ancora stato sottoposto a procedura di intercalibrazione	Valore numerico, a cui associare giudizio di qualità	come sopra	come sopra	come sopra	I metodi ufficiali di riferimento per il calcolo dell'indice sono pubblicati sul sito ISPRA - Sezione SINTAI
			10 Indice complessivo per il fitoplancton (ICF) Laghi e invasi	Valore numerico, a cui associare giudizio di qualità (Elevato, Buono, Sufficiente, Scarso, Cattivo)	come sopra	come sopra	come sopra	I metodi ufficiali di riferimento per il calcolo dell'indice sono pubblicati sul sito ISPRA - Sezione SINTAI. Tabelle di riferimento di cui al DM 260/10

ACQUE SUPERFICIALI – Scheda di sintesi

Obiettivo specifico del PMA	Ambito oggetto del PMA	Tipologia parametro	Parametro - Indicatore	Unità di misura	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Localizzazione dei monitoraggi	Valore limite o valore standard di riferimento	Metodologia
			11	Indici macrofitici Laghi e invasi	come sopra	come sopra	come sopra	come sopra
			12	Lake Fish Index (Indice LFI)	come sopra	come sopra	come sopra	come sopra
			13	Livello Trofico Laghi per lo stato ecologico (LTLecco)	come sopra	come sopra	come sopra	come sopra
		Morfologico	14	Indicatori idromorfologici a sostegno del biologico per la classificazione dello stato ecologico dei laghi	come sopra	come sopra	come sopra	come sopra
		Biologico	15	Concentrazione di nutrienti (azoto e fosforo)	mg/l	come sopra	come sopra	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 (4030A2 Azoto ammoniacale)
		Chimici	16	Durezza	µg/L di CaCO ₃	come sopra	come sopra	UNI 10505:1996
			17	Cloruro	mg/l	come sopra	come sopra	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 - Met. 4090 A1
			18	Solfati	mg/l	come sopra	come sopra	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 - Met. 4140B
		Microbiologico	19	Escherichia coli	UFC/100 ml	come sopra	come sopra	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 Met. 7030C
		Fisici	20	Temperatura dell'acqua	°C	come sopra	come sopra	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 Met. 2100

ACQUE SUPERFICIALI – Scheda di sintesi

Obiettivo specifico del PMA	Ambito oggetto del PMA	Tipologia parametro	Parametro - Indicatore	Unità di misura	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Localizzazione dei monitoraggi	Valore limite o valore standard di riferimento	Metodologia	
		Chimico	21	Conducibilità	µS/cm	come sopra	come sopra	come sopra	APHA Standard Methods for Examination of water and wastewater ed 21st 2005 2510B
			22	Ph	numerico	come sopra	come sopra	come sopra	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 - Met. 2060
			23	Torbidità	NTU	come sopra	come sopra	come sopra	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 - Met. 2110
			24	Potenziale redox	mV	come sopra	come sopra	come sopra	In situ
			25	BOD5	mg(O)/l	come sopra	come sopra	come sopra	UNI EN 1899-1:2001
			26	COD	mg(O)/l	come sopra	come sopra	come sopra	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 - Met. 5130
			27	Ossigeno disciolto	mg/l	come sopra	come sopra	come sopra	APHA Standard Methods for Examination of water and wastewater ed 21st 2005 4500 - OGB
			28	Concentrazione di sostanze pericolose nel sedimento (Cadmio - Mercurio - Piombo - PCB - IPA - ecc.)	mg/kg s.s	come sopra	come sopra	come sopra	—

ACQUE SUPERFICIALI – Scheda di sintesi

Obiettivo specifico del PMA	Ambito oggetto del PMA	Tipologia parametro	Parametro - Indicatore		Unità di misura	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Localizzazione dei monitoraggi	Valore limite o valore standard di riferimento	Metodologia
		Multiparametrico	29	ALTRI PARAMETRI	varie	come sopra	come sopra	come sopra	Allegato 2 Parte III, D.Lgs. 152/2006 Parametri per la classificazione dei corpi idrici a destinazione funzionale (acqua potabile, idonee alla vita dei pesci salmonicoli e ciprinicoli, alla vita dei molluschi)
B. CONTROLLO DELLE CARATTERISTICHE IDRAULICHE	Verifica degli aspetti quantitativi della risorsa idrica	Idraulico	30	Portata idrica corpo	mc/sec	Fasi AO, CO, PO: in continuo Minimo 3 anni nell'ante operam, minimo 5 anni nel post operam.	In corrispondenza di ciascun corpo idrico interferito dovrà essere posizionato un punto o più punti di monitoraggio con la finalità di valutare, in tutte le fasi di inserimento dell'opera (ante, in corso e post), la variazione dello stesso parametro al fine di poter individuare anche gli impatti determinanti dalla presenza di cantieri.	–	WMO-n. 1044, Manual on Stream Gauging Volume I – Fieldwork, Volume II – Computation of Discharge, 2010.
			31	Livello idrico	m s.l.m.	Fasi AO, CO, PO: in continuo Minimo 3 anni nell'ante operam, minimo 5 anni nel post operam.	In corrispondenza di ciascun corpo idrico interferito dovrà essere posizionato un punto o più punti di monitoraggio con la finalità di valutare, in tutte le fasi di inserimento dell'opera (ante, in corso e post), la variazione dello stesso parametro al fine di poter individuare anche gli impatti determinanti	–	–

ACQUE SUPERFICIALI – Scheda di sintesi

Obiettivo specifico del PMA	Ambito oggetto del PMA	Tipologia parametro	Parametro - Indicatore	Unità di misura	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Localizzazione dei monitoraggi	Valore limite o valore standard di riferimento	Metodologia
						dalla presenza di cantieri.		
			32 Portata solida	kg/s	Fasi AO, CO, PO: una volta anno Minimo 2 anni nell'ante e minimo 3 anni nel post operam.	In una sezione significativa in relazione all'opera.	–	–
			33 Livello Batimetrico	m s.l.m.	Fasi AO, CO, PO: una volta anno	In una sezione o più sezioni significative in relazione all'opera.	–	–
C. CONTROLLO DEGLI SCARICHI	Verifica scarichi		34 Caratterizzazione scarichi - Inquinanti sversati per bacino	varie	Fase AO: 1 volta; Fase CO: durante le diverse fasi di realizzazione dell'opera in base alla tipologie di impatto individuato dal SIA; Fase PO: secondo le indicazioni della normativa vigente e degli enti competenti per tutto l'esercizio dell'opera in funzione alla sua tipologia	In corrispondenza di ciascun punto di scarico.	–	–
			35 Caratteristiche qualitative acque in /out impianto	varie	come sopra	come sopra	–	APAT IRSA (CNR) Metodi analitici per le acque, 29/2003 - Met. 2090

6.2.2. Acque marine

6.2.2.1. Obiettivi specifici del Monitoraggio Ambientale

Tenendo conto delle diverse tipologie di progetti e dei conseguenti diversificati ambiti ove possono esplicarsi (es. impatti "lineari", ad esempio nel caso della realizzazione di cavi e condotte sottomarine, impatti "areali", esempio nel caso della realizzazione di opere marittime, impianti eolici offshore, attività di prospezione, ricerca e coltivazione di idrocarburi) nonché delle caratteristiche e della variabilità dell'ambiente marino, gli obiettivi specifici del MA, dettagliati nella scheda di sintesi riportata al termine del presente Capitolo, sono finalizzati alla valutazione e al controllo dei potenziali effetti/impatti su tutte le matrici potenzialmente interessate dalla realizzazione ed esercizio dell'opera (colonna d'acqua, sedimenti, biota, morfologia dei fondali e costiera) attraverso le seguenti tipologie di attività:

- 1) colonna d'acqua, esecuzione di indagini chimiche e fisiche oltre che di indagini biologiche ed ecotossicologiche (in caso di presenza di scarichi diretti). Le indagini chimico-fisiche hanno lo scopo di descrivere e verificare eventuali alterazioni dei parametri in funzione degli impatti attesi e di fornire una base interpretativa ai risultati delle indagini biologiche ed ecotossicologiche;
- 2) sedimenti marini, esecuzione di indagini fisiche, chimiche ed ecotossicologiche, rappresentando questi una matrice conservativa capace di "descrivere" eventuali alterazioni presenti e passate;
- 3) biota, studio del bioaccumulo e delle prime alterazioni biologiche/fisiologiche di determinati organismi (specie target); studio delle comunità biologiche relative ai diversi habitat ed ecosistemi sensibili;
- 4) morfologia dei fondali, esecuzione di indagini indirette;
- 5) morfologia costiera, esecuzione di indagini dirette ed indirette.

Per ciascun ambito di monitoraggio (colonna d'acqua, sedimenti, biota, morfologia dei fondali e costiera) saranno pertanto fornite nei seguenti paragrafi indicazioni su localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio, parametri descrittivi (indicatori), frequenza durata dei monitoraggi, metodologie di riferimento.

Si precisa che per la matrice "biota" i contenuti riportati nel presente Capitolo vanno adeguatamente integrati ed approfonditi con quanto riportato in merito all'ambiente marino nel Capitolo 6.4 - Biodiversità (Vegetazione, Flora, Fauna) con particolare riferimento a popolamenti ittici, rettili e mammiferi marini, comunità

bentoniche di fondi duri, fanerogame marine, che pur rappresentando indicatori della qualità dell'ambiente marino, risultano più adeguatamente caratterizzanti, anche ai fini del monitoraggio, in relazione alla valenza che determinate specie appartenenti alla flora e alla fauna rivestono per la tutela della biodiversità.

6.2.2.2. Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio

Le aree di indagine devono essere identificate in base alla tipologia dell'opera e l'estensione deve essere tale da comprendere un gradiente completo, ovvero dal punto massimo di pressione (interferenza nei pressi dell'opera) fino alla zona di pressione minima o trascurabile, tenendo conto anche del tipo di ambiente marino interessato (es. area marina costiera, offshore). Per la colonna d'acqua, in particolare, le acque costiere risentono molto dell'influenza della costa e degli apporti di acque dolci e pertanto le loro caratteristiche chimico-fisiche possono variare notevolmente sia nel tempo che nello spazio, mentre in mare aperto si ha una composizione più stabile ed omogenea orizzontalmente e una maggior variabilità verticale a causa della stratificazione termica, quindi la caratterizzazione può essere effettuata con un numero inferiore di stazioni anche distanti tra loro, ma con un numero maggiore di campioni lungo la colonna d'acqua.

La tipologia di opera avrà poi influenza sul numero e posizionamento delle stazioni di campionamento. Per opere lineari, le stazioni saranno posizionate principalmente lungo il tracciato su transetti ortogonali ad esso, tenendo sempre conto delle correnti presenti che influenzano l'estensione dell'area interessata dai potenziali impatti. Per opere areali, le stazioni saranno posizionate a distanze progressive da essa, secondo uno schema radiale, lungo uno o più transetti da selezionare in base alle correnti. Infine, per opere con morfologia complessa, il disegno a griglia dovrà essere preferito (es. porti). Ulteriori stazioni di indagine, dovranno poi essere previste in prossimità di ecosistemi sensibili, in numero e posizionamento idoneo da definire in funzione delle caratteristiche dell'habitat.

Nel posizionare le stazioni per il monitoraggio del biota (bioaccumulo in bivalvi) dovranno essere privilegiati i siti nei quali siano presenti banchi naturali di *Mytilus galloprovincialis*; qualora non fossero presenti popolazioni naturali (comprese quelle che si trovano su strutture artificiali come piloni, catene sospese, pali ecc., ma comunque non soggette ad esposizione all'aria) si provvederà alla predisposizione di impianti artificiali mediante l'utilizzo di organismi "trapiantati" (per dettagli si rimanda all'Appendice 1 - Normativa, Documenti tecnici, Linee Guida, siti web di interesse e

best – Acque marine, e, in particolare, alle “*Metodologie Analitiche di Riferimento*” (MATTM - ICRAM, 2001).

Per quanto riguarda il monitoraggio della morfologia dei fondali, per definire l’area di indagine, oltre a fare riferimento all’area di influenza dell’opera individuata dal SIA, si deve tener conto anche di potenziali interferenze in aree contigue, con particolare riferimento alla presenza di ecosistemi sensibili, che possono subire degli impatti indiretti a seguito della realizzazione dell’opera. Pertanto, nel caso di opere lineari, quali cavi o condotte, area di indagine deve avere una larghezza complessiva di almeno 1,5 km (rispetto all’asse dell’opera) e di lunghezza variabile, anche in funzione della eventuale presenza di ecosistemi sensibili. Nel caso areali deve essere investigata un’area di forma quadrangolare, baricentrica rispetto all’opera, di estensione variabile in funzione alle dimensioni dell’opera e della eventuale presenza di ecosistemi sensibili.

Per quanto riguarda il monitoraggio della morfologia costiera, il rilievo della posizione della linea di riva e dei profili di spiaggia deve essere effettuato su un tratto di costa la cui estensione è correlata a numerosi fattori e variabili dipendenti dalle caratteristiche geomorfologiche e di clima meteo-marino del sito di realizzazione, oltre che alle caratteristiche strutturali e alle dimensioni dell’opera. Tali caratteristiche fanno parte integrante dello SIA (ante operam) e pertanto in base ad esse ed alla stima degli effetti indotti dall’opera, si dovrà fare riferimento per stabilire l’area oggetto del monitoraggio. Nella letteratura scientifica si suggerisce di sottoporre a monitoraggio un tratto di litorale di estensione almeno pari ad un ordine di grandezza superiore a quello dell’opera (salvo evidenze diverse emerse dalla fase di caratterizzazione dello SIA). Mentre infatti la presenza dell’opera è in grado di alterare in tempi brevi le dinamiche sedimentarie del tratto posto immediatamente sottoflutto (per una lunghezza che va da una a tre volte la dimensione maggiore dell’opera), in tempi più lunghi la perturbazione può propagarsi fino all’intera unità fisiografica (*BeachMed, 2004*).

Con particolare riferimento ai profili topografici della spiaggia, trasversali alla linea di riva, l’equidistanza massima consigliabile è di 200 m, con un’estensione compresa fra il limite di retrospiaggia e/o piede della duna e la profondità di chiusura della spiaggia (così come individuata nella caratterizzazione morfodinamica).

6.2.2.3. Parametri descrittivi (indicatori)

Colonna d'acqua

La colonna d'acqua è l'immenso contenitore in cui avvengono gran parte dei processi che regolano l'intero sistema marino. Pur essendo una matrice non conservativa, l'acqua riveste una notevole importanza in quanto veicola i contaminanti negli altri comparti marini attraverso i processi di diluizione, dispersione e ripartizione. Le indagini dei parametri fisici e chimici permettono quindi di valutarne lo stato di qualità ma anche di fornire una base conoscitiva essenziale per lo studio del destino degli inquinanti immessi nell'ambiente e pertanto il controllo degli impatti.

In generale le indagini prevedono l'esecuzione di profili di acquisizione in continuo lungo la colonna d'acqua dei parametri di temperatura, salinità, densità, ossigeno disciolto, pH, torbidità, fluorescenza ed ogni eventuale ulteriore parametro utile alla caratterizzazione del potenziale impatto previsto nello SIA. Indagini correntometriche saranno effettuate per la valutazione del regime idrodinamico dell'area, oltre che per la scelta del "disegno" di campionamento, anche per l'eventuale valutazione di alterazioni del regime delle correnti sia in corso d'opera che in esercizio.

In caso di presenza di scarichi di effluenti è opportuno prevedere anche il monitoraggio di alcuni parametri chimici (nutrienti, solidi sospesi, e contaminanti organici e inorganici) ed ecotossicologici (mediante l'esecuzione di saggi biologici), selezionati in base alle caratteristiche degli effluenti.

Sarà opportuno prevedere, inoltre, indagini sulla componente biotica (plancton), nel caso di opere per le quali sia previsto un potenziale effetto su tale matrice.

Sedimenti marini

I sedimenti giocano un ruolo fondamentale per la qualità degli ecosistemi acquatici in quanto rappresentano l'habitat di molti organismi e sostegno della flora e fauna marina. Essi rappresentano, altresì, il comparto dove si depositano molti contaminanti pericolosi in quanto tossici, persistenti e bioaccumulabili. Tali contaminanti, oltre a produrre effetti diretti sugli organismi bentonici, comportano un rischio a lungo termine per la vita acquatica e per l'uomo a causa del loro trasferimento attraverso la rete trofica e la loro diffusione e risospensione nella colonna d'acqua. Vari studi hanno dimostrato che concentrazioni elevate di contaminanti nel sedimento sono correlate alle concentrazioni presenti nell'acqua interstiziale, che rappresenta la frazione

disciolta e quindi potenzialmente più biodisponibile. Indagini di tipo chimico, biologico ed ecotossicologico sui sedimenti costituiscono approcci complementari nella valutazione della qualità dei sedimenti e nella definizione dello stato di salute di un corpo idrico.

L'analisi delle caratteristiche tessiturali del fondo è il primo passo per valutare la frazione fine che potrebbe essere messa in sospensione durante le attività di movimentazione dei sedimenti, con conseguente messa in circolo (risospensione) di contaminanti eventualmente presenti nel sedimento e reintroduzione nella colonna d'acqua e nel ciclo del particolato.

La caratterizzazione chimica consiste nello studio della qualità dei sedimenti superficiali, e, a seconda dei casi, anche di quelli più profondi, attraverso la valutazione di parametri analitici rappresentativi, coerentemente con quanto specificato nelle normative nazionali ed europee. Per completare l'analisi della qualità dei sedimenti, le informazioni derivanti dalle analisi chimiche vengono generalmente integrate con le risultanze di indagini ecotossicologiche. Il sedimento potrebbe, infatti, possedere un elevato tenore di contaminanti (organici e/o inorganici) senza tuttavia risultare tossico agli organismi; viceversa concentrazioni relativamente basse di contaminanti potrebbero risultare biodisponibili e comportare un rischio per l'ambiente marino. I saggi biologici non permettono di identificare l'agente chimico responsabile della specifica risposta tossica, ma misurano gli effetti "integrati" di miscele di contaminanti su organismi-test. Poiché le specie possiedono differenti caratteristiche ecologiche e biologiche, per ottenere una rappresentazione verosimile dell'ecosistema in laboratorio, è opportuno allestire una batteria di test biologici comprendente più specie diverse tra loro, appartenenti a livelli trofici differenti.

La determinazione dei parametri microbiologici nei sedimenti marini costituisce un importante contributo per la valutazione degli aspetti igienico sanitari; essi infatti, essendo legati alla presenza di materiale fecale, costituiscono dei buoni indicatori di inquinamento di natura organica.

I parametri da analizzare sono quelli riportati nelle principali normative di riferimento per la tutela dell'ecosistema marino (D.M. 24.01.1996; D.M. 260/2010; D.Lgs. 219/2010), la maggior parte inclusi nell'elenco di priorità di sostanze chimiche di cui al Reg. 2455/2001/EU.

➤ Parametri chimico-fisici:

- Granulometria, percentuale di umidità, peso specifico;

- Hg, Cd, Pb, As, Cr totale, Cu, Ni, Zn, Mn, Al e Fe;
 - Idrocarburi totali, IPA, PCB, pesticidi organo clorurati;
 - Tributilstagno (TBT), dibutilstagno (DBT), monobutilstagno (MBT);
 - Sostanza organica totale, azoto e fosforo totale, carbonio organico totale (TOC).
- Parametri microbiologici:
- Coliformi totali e fecali, streptococchi fecali;
 - Ulteriori parametri possono essere aggiunti in base alla tipologia di emissioni dell'opera in oggetto (es. Ba, Se, V, composti cloroorganici, ecc.).
- Parametri ecotossicologici:
- Batteria di tre test biologici comprendente più specie diverse tra loro, appartenenti a livelli trofici e gruppi tassonomici filogeneticamente differenti.

Biota

Tramite un approccio integrato è possibile seguire il destino delle sostanze e dei loro effetti sull'ecosistema marino partendo dalla valutazione di effetti "tossici" diretti (es. alterazioni biologiche/fisiologiche) che indiretti (ecologici, per esempio effetti sulla competizione delle specie). Pertanto, per valutare correttamente gli effetti sul biota è necessario integrare i campi di indagine della chimica (del destino delle sostanze nell'ambiente), della tossicologia ambientale (valutazione degli effetti a diversi livelli di integrazione biologica), e dell'ecologia (indicazioni sui processi che regolano la struttura e funzione degli ecosistemi e le interazioni tra la componente biotica ed abiotica).

In quest'ottica, per i diversi ambiti del biomonitoraggio sono stati scelti i parametri più significativi quali descrittori dello stato di qualità dell'ecosistema marino e della sua evoluzione. Per le necessarie integrazioni ed approfondimenti degli aspetti relativi alla biodiversità marina si rimanda a quanto riportato in merito nel Capitolo 6.4 - Biodiversità (Vegetazione, Flora, Fauna).

Bioaccumulo in bivalvi

Il biomonitoraggio, mediante specie indicatrici, consente di valutare il grado di contaminazione di un'area con una misura "integrata nel tempo", pertanto non riferibile al solo momento in cui è stato effettuato il rilievo, di evidenziare facilmente

gradienti di inquinamento sia in senso spaziale che temporale, nonché di effettuare confronti tra aree geograficamente distanti. Consente inoltre di stimare la "biodisponibilità" delle sostanze tossiche presenti nell'ambiente marino e di valutare il rischio legato al trasferimento di queste nella rete trofica. La possibilità di integrare i risultati del bioaccumulo con la valutazione dei primi effetti biologici (biomarkers) che queste sostanze inducono a livello fisiologico, molecolare e cellulare consente di valutare gli effetti di uno o più fonti di stress in una fase precoce di disturbo, prima che le alterazioni si trasmettano a livelli più elevati, consentendo quindi un'eventuale azione preventiva, prima che il danno sia manifesto.

L'impiego dei molluschi bivalvi nel monitoraggio della contaminazione chimica degli ambienti costieri è, da decenni, utilizzato sia negli Stati Uniti sia in numerosi Paesi europei in programmi internazionali di *Mussel Watch*.

Affinché una specie possa essere utilizzata come bioindicatore, deve possedere alcune indispensabili caratteristiche: l'assenza di meccanismi di regolazione delle concentrazioni tissutali di contaminanti, la sessilità, le abitudini alimentari preferibilmente di tipo filtratorio, la facilità di raccolta, l'ampia diffusione geografica ed infine, ma non per questo meno importante, la conoscenza del ciclo biologico. Tali caratteristiche sono proprie del *Mytilus galloprovincialis* per il quale, inoltre, sono numerosi i dati di riferimento e le indicazioni sulle principali variabili biologiche utili nell'interpretazione dei dati.

I parametri chimici da analizzare sono quelli riportati nelle principali normative di riferimento per la tutela dell'ecosistema marino (D.M. 260/2010; D.Lgs. 219/2010), la maggior parte inclusi nell'elenco di priorità di sostanze chimiche di cui al Reg. 2455/2001/EU.

Per quanto riguarda le indagini biochimiche (biomarker), dovrà essere scelta una batteria di risposte biologiche, più ampia possibile, che permetta di individuare l'eventuale alterazione presente.

➤ Parametri chimici:

- Hg, Cd, Pb, As, Cr totale, Cu, Ni, Zn, e Fe;
- IPA, PCB, pesticidi organo clorurati;
- tributilstagno (TBT), dibutilstagno (DBT), monobutilstagno (MBT);
- Ulteriori parametri possono essere aggiunti in base alla tipologia di opera (es. Ba, Se, V, composti alogenoderivati, ecc.).

➤ Parametri biochimici:

La scelta della batteria di biomarker da analizzare può essere effettuata considerando le seguenti tipologie di indici dello stato di salute:

- Indici di alterazione fisiologica;
- Indici di esposizione a specifiche classi di contaminanti;
- Indici di alterazione del sistema antiossidante;
- Indici di danno al DNA.

I risultati ottenuti dalle singole indagini biochimiche andranno poi necessariamente integrati tra loro e con i risultati delle analisi chimiche.

Popolamenti a bivalvi

Le analisi dei popolamenti naturali sono da effettuare per le specie di bivalvi che vengono individuate come risorsa rilevante per l'areale di impatto potenziale. L'impatto di opere lineari piuttosto che areali sui popolamenti macrofaunistici è essenzialmente legato alle operazioni di posa e quindi alla movimentazione del fondale ed il relativo aumento temporaneo del particolato sospeso nella colonna d'acqua. Generalmente questo tipo di disturbo risulta localizzato e limitato nel tempo, è pertanto importante analizzare la popolazione presente e verificare che il ripristino di condizioni di naturalità si ottenga in tempi brevi.

I parametri selezionati sono: abbondanza, biomassa, struttura per taglia e classi d'età del popolamento, valutazione dello stadio di sviluppo gonadico, indici fisiologici. Durante i campionamenti per le analisi quantitative dei parametri sopra indicati dovranno essere effettuate contestualmente le misure dei principali parametri chimico - fisici della colonna d'acqua.

Comunità bentonica di fondi mobili

Lo studio dei popolamenti bentonici, cioè dell'insieme degli organismi che intrattengono relazioni più o meno strette con il fondo, si dimostra particolarmente utile nelle indagini sulla qualità dell'ambiente, in quanto essi, analizzati nella loro composizione e trasformazione nel tempo e nello spazio, rivestono il ruolo di "indicatori biologici". Per le loro caratteristiche di persistenza e grazie ad un turn-over assai più lento dei popolamenti planctonici, le comunità bentoniche consentono una lettura fortemente integrata delle variazioni spazio-temporali del mondo fisico, rappresentando la memoria biologica dell'ecosistema e fornendo così informazioni

relative a perturbazioni pregresse. L'analisi della composizione e struttura dei popolamenti bentonici è di fondamentale importanza in ognuna delle tre fasi individuate nel PMA, al fine di caratterizzare le condizioni ambientali dell'area e valutare gli eventuali impatti ambientali.

L'indagine dell'assetto della comunità macrozoobentonica di fondo mobile è utile al fine di evidenziare eventuali alterazioni dovute alla movimentazione del sedimento causate dall'installazione/esercizio dell'opera, che potrebbe avere l'effetto di perturbare in modo significativo l'habitat e quindi modificare la composizione specifica della comunità stessa. Poiché la struttura dei popolamenti macrozoobentonici di fondo mobile è caratterizzata da una variabilità naturale legata principalmente alla granulometria del sedimento e alla stagionalità, è necessario applicare adeguate strategie di campionamento che permettano di discriminare tra tali fattori e segnali veri e propri di impatto. La struttura della comunità macrozoobentonica dovrà essere analizzata sia in termini di specie che di numero di individui, al fine di definire la caratteristiche biocenotiche dell'area oggetto di studio.

Dovranno essere calcolati i seguenti parametri strutturali ed indici ecologici: dominanza, abbondanza totale, ricchezza specifica totale, indice di ricchezza specifica di Margalef (D.Margalef, 1958), indice di diversità specifica di Shannon-Wiener (H. Shannon&Wiener, 1949), Equitabilità di Pielou (J. Pielou, 1974), indice di Diversità di Simpson (Simpson, 1949), indice M-AMBI (Borja et al., 2004; Borja et al., 2008; Muxica et al., 2007).

Morfologia dei fondali

La valutazione delle caratteristiche morfologiche del fondo marino si rende necessaria ogni qualvolta la realizzazione di un'opera ne comporti la movimentazione. La natura e l'entità dell'alterazione fisica del fondo dipendono, tra gli altri fattori, dalla tecnologia impiegata per la movimentazione e/o messa in opera dell'opera, dall'assetto morfologico e batimetrico del fondo, dalle caratteristiche sedimentologiche e dalle condizioni idrodinamiche. Le modificazioni generate sul fondo marino oltre ad essere riconoscibili dal punto di vista strettamente morfologico, possono comportare variazioni granulometriche del sedimento superficiale e impatti non trascurabili nei casi di opere che interessano ecosistemi sensibili, quali ad esempio le praterie a Fanerogame marine; i tempi di recupero dell'assetto morfologico possono variare notevolmente in funzione delle condizioni idrodinamiche, con rapido recupero nel caso di un ambiente molto dinamico o un recupero estremamente lento (fino al caso in cui

non sia possibile giungere a una condizione di recupero vera e propria) nel caso di un ambiente a bassa energia.

La mappatura dei fondali eseguita nella fase *ante operam* unitamente ad alcune tipologie di indagini dirette (granulometria dei sedimenti, indagini R.O.V., indagini quantitative su fanerogame) consente la caratterizzazione dell'assetto morfologico del fondo e di stimare eventuali impatti su ecosistemi sensibili rilevabili con tale tipologia di indagine (es. mappatura praterie a fanerogame). Come illustrato successivamente, gli indicatori da utilizzarsi per il monitoraggio, morfologia e batimetria, rappresentano caratteristiche normalmente indagate allo scopo di definire l'assetto del fondale interessato dal progetto, sin dalla fase di caratterizzazione propedeutica alla redazione dello SIA.

Il rilievo morfologico, eseguito mediante Side Scan Sonar è utilizzato per l'acquisizione di immagini del fondo marino (sonogrammi), la cui interpretazione permette di definire l'assetto morfologico del fondale e la distribuzione areale dei sedimenti o l'estensione di ecosistemi sensibili. Il Multibeam, o ecoscandaglio multifascio, è utilizzato per i rilievi batimetrici ad alta risoluzione e a grande.

I rilievi devono garantire una elevata precisione, una copertura completa dell'area di indagine ed una risoluzione idonea alla finalità del MA; ad esempio, nel caso del rilievo morfologico è opportuno impiegare un range di acquisizione non superiore a 100-15m.

Morfologia costiera

Il monitoraggio della morfodinamica costiera si rende necessario ogni qualvolta ci si appresta a realizzare opere la cui collocazione e struttura interferisce con le dinamiche litoranee che caratterizzano l'unità fisiografica costiera. Come è noto infatti, il trasporto sedimentario lungo le coste, quello che provvede ad alimentare i litorali sabbiosi, avviene fondamentalmente con due modalità, parallelamente e trasversalmente alla costa. La componente parallela è quella più consistente e quindi più importante, fondamentale nella distribuzione dei sedimenti che per lo più giungono al mare portati dai fiumi. In questo schema essenziale, le strutture aggettanti rispetto alla linea di costa sono in grado di determinare impatti a carico dei litorali circostanti poiché possono intercettare e/o deviare il trasporto solido parallelo alla riva.

Nell'ambito delle opere marittime sottoposte a VIA (quali i porti e le relative strutture, terminal marittimi) l'obiettivo del MA può essere utile, oltre che ad accertare

natura ed entità delle degli impatti, anche verificare l'efficacia di eventuali misure di mitigazione adottate dal Proponente, quali ad esempio, by pass di sedimenti intercettati dalle strutture sopraflutto.

Come di seguito illustrato, i parametri descrittivi da utilizzare per il monitoraggio, linea di riva e profili topografici della spiaggia (emersa e sommersa), rappresentano caratteristiche del litorale normalmente indagate allo scopo di studiare il regime morfodinamico del un tratto di costa interessato dal progetto di un'opera costiera, sin dalla fase di caratterizzazione propedeutica alla redazione dello SIA:

- la posizione della linea di riva costituisce una misura di tipo indiretto delle alterazioni del trasporto sedimentario determinate dalla realizzazione di opere aggettanti in mare. Tale indicatore, pur non fornendo dati quantitativi sulle alterazioni del *budget* sedimentario dell'area, è in grado di evidenziare l'induzione di un processo erosivo o di ampliamento della spiaggia causato da una qualche interferenza nel flusso naturale dei sedimenti. La linea di riva può essere definita in molteplici modi ma, considerata la necessità di fornire un riferimento univoco tale da garantire l'uniformità dei rilievi eseguiti, è consigliabile che venga identificata come la linea costituita dai punti di quota ortometrica pari a 0.00 m (dove per quota ortometrica di un punto si intende la sua distanza verticale rispetto alla superficie di riferimento del geoide). Tale definizione, a differenza di altre, individua una linea indipendente dalle oscillazioni di marea e da fenomeni meteorologici. Il rilievo può essere effettuato con vari metodi ed utilizzando strumenti differenti: deve essere comunque garantita precisione pari almeno a ± 20 cm. Tra le varie possibilità, l'utilizzo di ricevitori geodetici e del sistema GPS garantisce una elevata precisione per il rilievo della morfologia delle superfici ed in particolare delle coste sabbiose in cui sono assenti ostacoli fisici alla ricezione del segnale satellitare. L'accuratezza dei dati di posizionamento è dell'ordine di pochi cm fino ad un massimo di 10 cm (Brasington, 2000);
- i profili topografici, trasversali alla linea di riva, garantiscono una dettagliata conoscenza della morfologia di spiaggia nelle sue due porzioni, emersa e sommersa, consentendo di individuare le variazioni, non solo di ampiezza, ma anche di andamento della superficie, e di analizzare la distribuzione dei volumi di sedimento, consentendo l'interpretazione delle variazioni della morfodinamica. Con riferimento alla parte emersa l'equidistanza dei profili e il numero di punti rilevati lungo ciascuno di essi determinano il livello di

dettaglio della superficie ricostruita. Se non già stato effettuato in fase di caratterizzazione propedeutica allo SIA, dovranno essere determinati e fissati uno o più punti di riferimento (capisaldi), in funzione della metodologia che si intende adottare per i rilievi.

6.2.2.4. Frequenza e durata dei monitoraggi

Colonna d'acqua

In termini generali, e sempre tenendo conto delle caratteristiche dell'area marina e della tipologia di opera, la frequenza e la durata del monitoraggio dovranno prevedere una frequenza minima per le diverse fasi:

- ante operam: semestrale (minimo 2 volte in un anno);
- in corso d'opera: durante le diverse fasi di realizzazione dell'opera e in base alle specifiche tipologie di attività/effetti individuati nello SIA (in funzione del cronoprogramma delle attività di cantiere);
- post operam: frequenza semestrale, da ripetersi fino al ripristino delle condizioni iniziali (da verificare in base ai risultati ottenuti/attesi) e/o fino ad escludere eventuali impatti a medio/lungo termine. Nel caso di scarichi di effluenti in mare almeno 4 volte l'anno per i primi due anni, da rivalutare in seguito in funzione della portata e della natura dello scarico.

Sedimenti

- ante operam: una campagna prima dell'inizio dei lavori;
- in corso d'opera: una campagna al termine della realizzazione dell'opera o al termine delle principali fasi di realizzazione dell'opera che comportano la movimentazione dei fondali;
- post operam: nel caso di opere lineari, una campagna/anno per almeno 3 anni; nel caso di opere areali, una campagna/anno per almeno 5 anni. Le indagini post operam sono comunque da estendersi fino al ripristino delle condizioni iniziali (da verificare in base ai risultati del monitoraggio ante operam); nel caso scarichi in mare, almeno una campagna/anno per l'intero esercizio dell'opera.

Biota

Bioaccumulo in bivalvi

- ante operam: possibilmente stagionale (4 volte l'anno);

- in corso d'opera: durante le diverse fasi di realizzazione dell'opera, cercando di rispettare la stagionalità;
- post operam: con frequenza stagionale (4 volte l'anno), almeno per il primo anno, e poi semestrale (2 volte l'anno). Nel caso di scarichi di effluenti in mare, almeno una volta l'anno per l'intero esercizio dell'opera. Le indagini post operam sono comunque da estendersi fino al ripristino delle condizioni iniziali (da verificare in base ai risultati del monitoraggio ante operam).

Popolamenti a bivalvi

Durante le fasi ante operam e in corso d'opera (con tempistiche variabili da stabilire in base alla durata delle attività), le indagini devono essere eseguite con frequenza almeno stagionale. Durante la fase post operam le indagini devono essere eseguite con frequenza almeno stagionale fino al ripristino delle condizioni iniziali.

La durata del monitoraggio deve essere tale da verificare/escludere eventuali impatti a medio/lungo termine.

Comunità bentonica di fondi mobili

- ante operam: 2 volte con frequenza semestrale nei periodi primaverile (marzo-aprile) e autunnale (settembre - ottobre) al fine di evidenziare i cambiamenti stagionali del popolamento;
- in corso d'opera: 1 volta al termine della realizzazione dell'opera;
- post operam con frequenza semestrale per almeno 3 o 5 anni in base alle dimensioni e alla tipologia dell'opera; durante la fase post operam le indagini sono comunque da estendersi fino al ripristino delle condizioni iniziali (da verificare in base ai risultati delle prime fasi del monitoraggio); nel caso di scarico in mare, almeno 1 volta l'anno per l'intero esercizio dell'opera.

Morfologia dei fondali

I risultati dell'indagine ante operam, da eseguirsi 1 volta, confrontati con i risultati delle indagini eseguite immediatamente al termine del corso d'opera, 1 volta, permettono di valutare l'entità dell'alterazione morfologica e batimetrica del fondo. Le successive indagini, nell'ambito della fase post operam, da eseguirsi almeno 2 volte con frequenza triennale, permettono invece di valutare un eventuale recupero dell'assetto morfo-batimetrico del fondo.

Morfologia costiera

Come è noto le spiagge sono entità morfologiche estremamente variabili nel tempo, essendo direttamente influenzate dal clima ondoso locale. E' tuttavia riconoscibile, per i litorali sabbiosi in equilibrio, un andamento ciclico stagionale, con accorciamenti nelle stagioni invernali ed una maggiore estensione nel periodo di prevalente calma ondosa dell'estate. E' auspicabile che tale andamento sia stato individuato e definito già in fase di caratterizzazione, poiché esso costituisce la "variabilità intrinseca del sistema" (Beachmed, 2004), che si sovrappone agli eventuali impatti determinati dalla realizzazione dell'opera.

Le indicazioni relative alla cadenza dei monitoraggi sono finalizzate a consentire la individuazione e la valutazione delle variazioni insite nel sistema spiaggia e legate alla stagionalità degli eventi meteo-marini (rilievi intraannuali) e l'effettivo *trend* di avanzamento/arretramento di medio-lungo termine che prescinde dalla stagionalità e resilienza tipica degli arenili (rilievi interannuali):

- ante operam, il monitoraggio è articolato su rilievi della linea di riva eseguiti con cadenza semestrale (in estate, in un momento di calma del clima ondoso, ed in inverno) e profili della spiaggia rilevati annualmente (nel periodo estivo); nel caso trascorrono tempi lunghi prima dell'inizio dei lavori, è sufficiente che questa fase si limiti alla durata di un anno, quello che precede l'effettivo avvio della realizzazione dell'opera;
- in corso d'opera, CO, il monitoraggio è articolato come nell'ante operam (rilievi semestrali della linea di riva, annuali per quelli topografici) e particolare cura dovrà essere rivolta alla verifica ed alla conferma della corretta valutazione dell'area di influenza dell'opera e delle dimensioni degli impatti indotti sul litorale, attraverso l'analisi dell'evoluzione degli indicatori rilevati;
- post operam, in considerazione della intrinseca variabilità del fenomeno oggetto del monitoraggio, è auspicabile che la durata sia almeno pari a cinque anni; la cadenza semestrale per il rilievo della linea di riva può ridursi, dopo i primi tre anni, ad annuale, mentre per il rilievo dei profili di spiaggia è necessario rispettare la frequenza minima annuale per tutta la durata del monitoraggio.

6.2.2.5. Metodologie e valori standard di riferimento

Colonna d'acqua

Si rimanda a quanto riportato in Appendice (Normativa, Documenti tecnici, Linee Guida, siti web di interesse e best – Acque marine) e nella "Scheda di sintesi" riportata alla fine del presente Capitolo.

Sedimenti

Per il dettaglio delle metodologie e relative fonti di riferimento si rimanda all' Appendice 1 (Normativa, Documenti tecnici, Linee Guida, siti web di interesse e best – Acque marine) e, in particolare, alle "*Metodologie Analitiche di Riferimento- Programma di Monitoraggio per il controllo dell'Ambiente marino costiero (Triennio 2001-2003)*" (MATTM - ICRAM, 2001) e al "*Manuale per la movimentazione di sedimenti marini*" (ICRAM - APAT, 2007).

Biota- bioaccumulo bivalvi

In ciascuna stazione dovrebbero essere raccolti (nel caso siano presenti organismi nativi) oppure trapiantati, un numero di individui compresi tra 200 e 300, di taglia approssimativamente tra il 70 e il 90% delle dimensioni massime della popolazione da cui sono raccolti. Il periodo di esposizione (nel caso di trapianti) che garantisce il raggiungimento delle condizioni di equilibrio è di circa 4 settimane, al termine del quale gli organismi devono essere recuperati, dissezionati e conservati ad una temperatura di -20°C per analisi di bioaccumulo, e -80°C per analisi di biomarker (oppure diverse temperature, secondo richieste specifiche del protocollo di indagine del biomarker scelto) fino al momento dell'analisi.

Per il dettaglio delle metodologie e relative fonti di riferimento si rimanda all' Appendice 1 (Normativa, Documenti tecnici, Linee Guida, siti web di interesse e best – Acque marine) e, in particolare a: "*Metodologie Analitiche di Riferimento - Programma di Monitoraggio per il controllo dell'Ambiente marino costiero (Triennio 2001-2003)*" (MATTM - ICRAM, 2001); per i biomarker, agli Annessi Tecnici delle "*Linee Guida JAMP per gli effetti biologici legati a specifici contaminanti*" (OSPARCOM, 2008) e delle "*Linee Guida JAMP per il monitoraggio degli effetti biologici generali*" (OSPARCOM, 1997); per l'utilizzo di strutture di biomonitoraggio (gabbie per il trapianto) possono essere seguite le indicazioni riportate nelle "*Linee Guida OSPAR per il monitoraggio dell'impatto ambientale di attività offshore di estrazione di idrocarburi*" (OSPARCOM, 2004).

Comunità bentonica di fondi mobili

Il prelievo dei campioni di sedimento per lo studio del macrozoobenthos dovrà essere effettuato tramite benna, di tipo Van Veen, aventi le seguenti caratteristiche: 0.1 m² di superficie di presa e 18/20 litri di volume.

Il prelievo dei campioni dovrà avvenire in maniera tale che ciascuna bennata raccolga un volume minimo di sedimento di almeno 5 litri per i campionamenti effettuati in corrispondenza di fondali con sedimenti sabbiosi e di almeno 10 litri per i campionamenti effettuati in corrispondenza di fondali fangosi.

Per ogni stazione di prelievo devono essere considerate 3 repliche avendo l'accortezza di verificare, per ciascuna replica, che lo strumento abbia lavorato in condizioni ottimali e che non si sia avuta la fuoriuscita di sedimento. Per ogni stazione di campionamento va effettuata un'ulteriore quarta replica per le indagini relative alla granulometria e al contenuto di carbonio organico.

Per il dettaglio delle metodologie e relative fonti di riferimento si rimanda all'Appendice 1 (Normativa, Documenti tecnici, Linee Guida, siti web di interesse e best – Acque marine).

L'esecuzione dei monitoraggi (strumentazione, numero di campioni da rilevare nel periodo di osservazione, modalità di campionamento, ecc.) dovrà essere conforme a quanto previsto dalle linee guida e dagli standard adottati a livello internazionale e nazionale; a tale riguardo, si rimanda all'Appendice in cui si riporta un elenco indicativo e non esaustivo di riferimenti (normativa, documenti tecnici, linee guida, ecc.) e a quanto riportato nella "Scheda di sintesi" riportata alla fine del presente Capitolo.

Le normative di riferimento (D.Lgs. 152/2006, D.M. 260/2010; D.Lgs. 219/2010) definiscono i valori di Standard di Qualità Ambientale per la qualità delle acque, dei sedimenti e dell'ecosistema marino. Per ciascun ambito di monitoraggio e relativi parametri i valori di riferimento sono riportati nella seguente scheda di sintesi. Ove per alcuni parametri non siano già disponibili valori limite e valori standard di riferimento in base a normative o protocolli standardizzati, tali valori vanno identificati in base ai dati disponibili per l'area di monitoraggio ovvero, in loro assenza, in base ai dati acquisiti ad hoc nella fase ante operam per la caratterizzazione "sito specifica".

ACQUE MARINE – Scheda di sintesi

Obiettivi specifici del MA	Ambito oggetto del MA	Parametri descrittivi	Localizzazione dei monitoraggi	Frequenza/durata dei monitoraggi	Metodologie di riferimento	Valori limite o valori standard di riferimento
VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	Caratteristiche generali (chimico-fisiche)	Correntometria Temperatura Salinità Densità Fluorescenza Ossigeno disciolto pH Trasparenza Torbidità Solidi sospesi	Opere di tipo lineare: stazioni lungo il tracciato su transetti posizionati ortogonalmente all'opera o in base alle correnti presenti. Opere di tipo areale: stazioni a distanza progressiva dall'opera lungo uno o più transetti da selezionare in base alle correnti presenti. Ulteriori stazioni di indagine, in un numero significativo, devono essere previste in prossimità di ecosistemi sensibili nei pressi dell'opera	Fase AO: frequenza semestrale (minimo 2 volte l'anno); Fase CO: durante le diverse fasi di realizzazione dell'opera in base alle tipologie di impatto individuato dal SIA. Fase PO: frequenza semestrale da ripetersi fino al ripristino delle condizioni iniziali (da verificare in base ai risultati) e/o fino ad escludere eventuali impatti a medio/lungo termine; nel caso di scarichi di effluenti in mare almeno una volta l'anno per l'intero esercizio dell'opera.	Manuale ICRAM 2001 Grasshoff, K., Kremling (2007) UNESCO (1988)	D.Lgs. 152/2006, DM 260/2010 come standard di riferimento per stato di ossigenazione, nutrienti (DIN, orto fosfato), sostanze chimiche organiche ed inorganiche
	Caratteristiche chimiche ed ecotossicologiche (solo in presenza di scarichi)	Nutrienti; Contaminanti organici e inorganici selezionati in base ai possibili impatti individuati nel SIA Batteria di saggi biologici costituita da almeno 3 organismi-test.	Lungo transetti orientati secondo la corrente prevalente, a partire dalla immediata prossimità dello scarico.	Fase AO: una volta prima dell'inizio dello scarico; Fase PO: minimo 4 volte l'anno per i primi due anni; da rivalutare in seguito in funzione della portata e della natura dello scarico.	DLgs. 219/2010 per i parametri chimici nelle acque Manuali e Linee Guida ISPRA nr. 67/2011	
CONTROLLO DELLE CARATTERISTICHE DEI SEDIMENTI MARINI	Caratteristiche chimiche, fisiche ed ecotossicologiche	Granulometria, % umidità, peso specifico; metalli pesanti, idrocarburi totali, IPA, PCB, pesticidi organoclorurati; composti organostannici; sostanza organica totale, azoto e fosforo totale, TOC. Parametri microbiologici. Saggi ecotossicologici Ulteriori parametri possono essere aggiunti in base alla tipologia di emissioni dell'opera in oggetto.	Opere di tipo lineare: stazioni su transetti ortogonali all'opera. Opere di tipo areale: stazioni a distanza progressiva dall'opera su uno o più transetti da selezionare in base alla corrente dominante e principale. L'estensione dell'area di indagine deve essere effettuata sulla base delle risultanze ottenute dal SIA.	Fase AO: 1 volta. Fase CO: 1 volta al termine della realizzazione dell'opera o al termine delle principali fasi di realizzazione dell'opera che comportano la movimentazione dal fondo. Fase PO per ad impatto lineare: 1 volta l'anno per almeno 3 anni. Fase PO per ad impatto areale: 1 volta l'anno, per almeno 5 anni. Le indagini post operam sono da estendersi fino al ripristino delle condizioni iniziali (da verificare in base ai risultati); nel caso di emissioni in mare, almeno 1 volta l'anno per l'intero esercizio dell'opera.	Manuale ICRAM, 2001 e successivi aggiornamenti (sito web ISPRA) Per i saggi biologici: protocolli standardizzati, Manuale/Linee Guida 67/2011 e criteri di cui al paragr. A.2.6.1 del DM 260 del 2010, manuale APAT-ICRAM (2007) sulla movimentazione dei fondali marini	D.M. 260/10 (ex DM 56/09) e D.Lgs. 219/10, definiscono valori di Standard di Qualità Ambientale per la qualità dei sedimenti di aree marino costiere e di transizione

ACQUE MARINE – Scheda di sintesi

Obiettivi specifici del MA	Ambito oggetto del MA	Parametri descrittivi	Localizzazione dei monitoraggi	Frequenza/durata dei monitoraggi	Metodologie di riferimento	Valori limite o valori standard di riferimento
VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SUL BIOTA	Caratteristiche chimiche e biochimiche	Bioaccumulo di contaminanti organici e inorganici (individuati anche in base al SIA) in organismi filtratori (mitili) nativi e/o trapiantati. Analisi di biomarker (es. alterazioni fisiologiche, alterazioni del sistema antiossidante, danno al DNA), in organismi filtratori (mitili) nativi e/o trapiantati.	Opere di tipo lineare e areale: stazioni a distanza progressiva dall'opera lungo uno o più transetti, da selezionare in base alla corrente dominante (valutare eventuale vicinanza ad impianti di maricoltura). Particolare attenzione va posta se sono previsti scarichi di effluenti in mare.	Fase AO: possibilmente stagionale; Fase CO: durante le diverse fasi di realizzazione dell'opera cercando di rispettare la stagionalità (in base alla tipologia di impatto individuato dal SIA); Fase PO: con frequenza stagionale per il primo anno, poi semestrale. Nel caso di scarichi di effluenti in mare, almeno una volta l'anno per l'intero esercizio dell'opera.	Manuale ICRAM, 2001. Per i biomarker: Linee Guida JAMP OSPARCOM, 1997, 2004, 2008.	I valori di standard di qualità e le specifiche su i parametri di qualità sono riportati nel DM 260/10 (ex DM 56/2009) e nel D-Lgs. 219/2010. Per i parametri che non hanno SQA e per i biomarker la valutazione dei risultati deve essere eseguita mediante un confronto rispetto ad una popolazione "di controllo"
	Analisi dei popolamenti naturali a bivalvi* (*da effettuare per le specie di bivalvi individuate come risorsa rilevante per l'area)	Abbondanza, biomassa, struttura per taglia e classi d'età del popolamento, valutazione dello stadio di sviluppo gonadico, indici fisiologici. Durante i campionamenti per le analisi quantitative vanno effettuate contestualmente le misure dei principali parametri ambientali della colonna d'acqua.	Opere di tipo lineare: stazioni su transetti ortogonali all'opera; Opere di tipo areale: stazioni a distanza progressiva dall'opera su uno o più transetti da selezionare in base alla corrente dominante e principale. L'estensione dell'area di indagine deve essere effettuata sulla base delle risultanze ottenute dal SIA, in ogni caso deve estendersi sino ad una distanza tale da non riscontrare presumibilmente impatti derivanti dall'opera	Fase AO: indagini con frequenza almeno stagionale. Fase CO: indagini con frequenza almeno stagionale; con tempistiche variabili da stabilire in base alla durata della fase. Fase PO: indagini con frequenza almeno stagionale fino al ripristino delle condizioni iniziali. La durata del monitoraggio deve essere tale da verificare/escludere eventuali impatti a medio/lungo termine.	Protocolli metodologici (letteratura scientifica)	
VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SUL BIOTA	Popolamenti ittici Fanerogame marine Comunità bentoniche di fondi duri (flora e fauna) Mammiferi e tartarughe marine	Si rimanda a quanto descritto nel Cap.6.4 delle Linee Guida PMA (Biodiversità – Vegetazione, flora e fauna")				

ACQUE MARINE – Scheda di sintesi

Obiettivi specifici del MA	Ambito oggetto del MA	Parametri descrittivi	Localizzazione dei monitoraggi	Frequenza/durata dei monitoraggi	Metodologie di riferimento	Valori limite o valori standard di riferimento
VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SUL BIOTA	Comunità bentonica di fondi mobili	Analisi della struttura della comunità (calcolo degli indici strutturali) e segnalazione delle specie sensibili. Durante i campionamenti vanno effettuate contestualmente le misure dei principali parametri ambientali connessi con la comunità bentonica (es: granulometria e contenuto organico)	Opere di tipo lineare: stazioni su transetti ortogonali all'opera; Opere di tipo areale: stazioni a distanza progressiva dall'opera su uno o più transetti da selezionare in base alla corrente dominante e principale. <i>altre opere:</i> stazioni su griglia regolare. L'estensione dell'area di indagine deve essere effettuata sulla base delle risultanze ottenute dal SIA, in ogni caso deve estendersi sino ad una distanza tale da riscontrare, presumibilmente, l'assenza di impatti derivanti dall'opera.	Fase AO: 2 volte con frequenza semestrale; Fase CO: una volta al termine della realizzazione dell'opera Fase PO: con frequenza semestrale per 3 o 5 anni, e comunque fino al ripristino delle condizioni iniziali (da verificare in base ai risultati); nel caso di scarico in mare, almeno 1 volta l'anno per l'intero esercizio dell'opera.	AAVV. 2013. DM 56/2009 ISO/DIS 16665. 2014. AA.VV. ISPRA. 2008. Gambi M.C., Dappiano M, 2003.	DM 260/10
VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEL FONDALE	Assetto morfo-batimetrico	Morfologia e batimetria	Opere lineari: almeno 1,5 km a cavallo dell'asse; lunghezza variabile anche in funzione della eventuale presenza di ecosistemi sensibili. Opere areali: area baricentrica rispetto all'opera con estensione variabile in funzione delle caratteristiche dell'opera e della eventuale presenza di ecosistemi sensibili	Fase AO: 1 volta; Fase CO: 1 volta al termine della realizzazione dell'opera; Fase PO: almeno 2 volte con frequenza triennale.	Si rimanda ai riferimenti riportati in Appendice	-
VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE COSTIERE	Processi morfodinamici	Linea di riva Topografia della spiaggia	Area di influenza dell'opera (come definita nello SIA)	Fase AO (durata 1 anno): linea di riva con cadenza semestrale; topografia con cadenza annuale Fase CO: linea di riva con cadenza semestrale; topografia con cadenza annuale Fase PO (durata minima 5 anni): linea di riva con cadenza semestrale i primi tre anni, successivamente annuale; topografia con cadenza annuale		-

6.2.3. Acque di transizione

6.2.3.1. Obiettivi specifici del Monitoraggio Ambientale

Sono individuati i seguenti cinque obiettivi specifici che si articolano in diversi ambiti, finalizzati al monitoraggio delle variazioni delle:

- caratteristiche della colonna d'acqua
- caratteristiche idrodinamiche
- caratteristiche del sedimento
- caratteristiche morfologiche
- effetti sulle comunità biologiche significative.

Le indagini chimico-fisiche e chimiche hanno lo scopo di descrivere e verificare eventuali alterazioni dei parametri in funzione degli impatti attesi e di fornire una base interpretativa ai risultati delle indagini biologiche ed ecotossicologiche, utilizzate queste ultime come indicatore indiretto della qualità della colonna d'acqua e del sedimento.

L'ecotossicologia, il bioaccumulo e i biomarkers di contaminanti specifici saranno ambiti di indagine da considerare, nel caso in cui siano previsti impatti relativi alle caratteristiche della qualità chimica della colonna d'acqua e/o del sedimento, ad integrazione dei parametri chimici relativi alle acque e ai sedimenti.

Considerando la complessità degli ambienti di transizione, qualora il SIA preveda impatti in termini di variazione delle caratteristiche idrodinamiche e morfologiche dell'area, è opportuno prevedere l'utilizzo congiunto di misurazioni dirette e implementazione di modelli numerici, opportunamente calibrati, per la valutazione, a seconda dei casi, della variazione delle correnti, del moto ondoso, del regime di marea, del trasporto di sedimenti, oltre che della variazione delle caratteristiche morfologiche a medio e lungo termine.

Gli effetti sulle comunità biologiche andranno monitorati in relazione alle specie e alle biocenosi più sensibili, quali indicatori biologici delle variazioni delle caratteristiche fisico-chimiche degli ambienti di transizione; come per le acque superficiali e marine per la matrice biotica (flora, vegetazione, fauna, ecosistemi) i contenuti riportati nel presente Capitolo vanno adeguatamente integrati ed approfonditi con quanto riportato in merito all'ambiente marino nel Capitolo 6.4 - Biodiversità (Vegetazione, Flora,

Fauna) con particolare riferimento a popolamenti ittici, anfibi, rettili e macrofite (fanerogame).

6.2.3.2. Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio

La localizzazione delle aree e punti di indagine andrà selezionata sulla base dell'areale dell'impatto previsto nel SIA, in funzione della tipologia dell'opera e delle caratteristiche ambientali dell'area. L'areale di impatto può essere di tipo lineare nel caso di opere lineari (es. cavi, condotte) o areale nel caso di opere areali (es. porti); per ciascun obiettivo ed ambito si rimanda a quanto riportato nella "Scheda di sintesi" riportata al termine del presente Capitolo.

La localizzazione e densità delle stazioni di monitoraggio deve essere definita tenendo in considerazione l'elevata variabilità spaziale degli ambienti di transizione, fermo restando una valutazione dei costi-benefici dello sforzo di campionamento.

L'estensione dell'area di indagine deve essere tale da permettere una verifica *ex post* delle previsioni del SIA in termini di areale di impatto ed estendersi quindi sino ad una distanza tale da riscontrare l'assenza di impatti derivanti dall'opera. Tale distanza va definita anche in relazione ai campi di moto e alla morfologia del sito.

6.2.3.3. Parametri descrittivi (indicatori)

Oltre ai parametri specifici da selezionare in base alla tipologia di impatto potenziale individuato nello SIA, in generale andranno monitorati anche i principali parametri descrittivi delle caratteristiche chimiche e/o microbiologiche dell'acqua e/o dei sedimenti; possono essere inoltre previsti specifici test ecotossicologici, di bioaccumulo e biomarker.

In presenza di una significativa movimentazione di sedimenti, particolare attenzione va posta alla scelta del set di parametri caratterizzanti l'impatto legato ai fenomeni di risospensione dei sedimenti nella colonna d'acqua (trasparenza, torbidità, solidi sospesi, ecc.); in corso d'opera per il monitoraggio della torbidità è preferibile l'utilizzo anche di sonde in continuo opportunamente localizzate, eventualmente accoppiate a campagne di misura lungo transetti.

Relativamente alla valutazione delle variazioni idrodinamiche e morfologiche, oltre ai parametri riportati nella "Scheda di sintesi", possono essere utilizzati ulteriori indicatori stimati tramite l'applicazione di modelli idrodinamici (es. tempo di

residenza); in tal caso il monitoraggio deve prevedere anche misure finalizzate alla calibrazione e validazione dei modelli utilizzati.

6.2.3.4. Frequenza/durata dei monitoraggi

La frequenza dei monitoraggi potrà essere diversa a seconda del parametro e della fase di attività considerata (vedi "Scheda di sintesi").

Qualora lo SIA preveda un'alterazione di un parametro chimico/fisico specifico (es. temperatura, salinità, cloruri, ecc...), o delle comunità biologiche, in mancanza di una robusta ed aggiornata banca dati pregressa, nella fase *ante operam* le frequenze di monitoraggio dovranno essere tali da costituire una caratterizzazione "sito specifica" sufficientemente robusta tenendo conto della variabilità spaziale e temporale, e comunque non inferiore ad un anno.

La frequenza e la programmazione del monitoraggio in corso d'opera dovrà adattarsi all'effettivo cronoprogramma delle attività di cantiere mentre, in generale, in fase *ante-operam* e *post-operam* dovranno le tempistiche dovranno essere sufficienti a discriminare, per quanto possibile, le eventuali alterazioni riconducibili all'opera dalla naturale variabilità interannuale degli indicatori utilizzati.

Rispetto a quanto riportato nella "Scheda di sintesi" frequenze diverse devono essere definite per i parametri che monitorati in continuo, in particolare se funzionali alla definizione di soglie specifiche per l'attivazione di procedure di allerta/allarme (es. torbidità).

Nella fase di esercizio dell'opera il monitoraggio dovrà proseguire per un periodo successivo tale da verificare (o escludere) eventuali alterazioni ambientali.

Se è previsto uno scarico, oltre ai controlli previsti dalla normativa, dovrà essere effettuato un monitoraggio delle matrici potenzialmente influenzate dallo scarico con un tempo congruo a rilevare eventuali alterazioni acute e/o croniche.

Negli ambienti di transizione soggetti ad escursioni mareali i campionamenti dei parametri relativi alla matrice acqua andranno effettuati in corrispondenza delle fasi di quadratura, ad esclusione dei parametri che vengono monitorati in continuo e di quelli per cui è necessario valutare la dispersione in diverse fasi di marea (vedi "Scheda di sintesi").

6.2.3.5. Metodologie e valori standard di riferimento

L'esecuzione dei monitoraggi (strumentazione, numero di campioni da rilevare nel periodo di osservazione, modalità di campionamento, ecc.) dovrà essere conforme a quanto previsto dalle linee guida e dagli standard adottati a livello internazionale e nazionale; a tale riguardo, si rimanda all'Appendice in cui si riporta un elenco indicativo e non esaustivo di riferimenti (normativa, documenti tecnici, linee guida, ecc.) e a quanto riportato nella "Scheda di sintesi" riportata alla fine del presente Capitolo.

Le normative di riferimento (D.Lgs. 152/2006; D.M. 260/2010) definiscono i valori di Standard di Qualità Ambientale per la qualità delle acque, dei sedimenti e dell'ecosistema in ambienti di transizione. Per ciascun ambito di monitoraggio e relativi parametri i valori di riferimento sono riportati, ove disponibili, nella seguente scheda di sintesi. Ove per alcuni parametri non siano già disponibili valori limite e valori standard di riferimento in base a normative o protocolli standardizzati, tali valori vanno identificati in base ai dati disponibili per l'area di monitoraggio ovvero, in loro assenza, in base ai dati acquisiti ad hoc nella fase ante operam per la caratterizzazione "sito specifica".

ACQUE DI TRANSIZIONE – Scheda di sintesi

Obiettivo specifico del PMA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione dei monitoraggi	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Metodologia di riferimento/tecnica di misura	Valore limite o valore standard di riferimento
A. VARIAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	A.1 Caratteristiche generali (chimico-fisiche)	Temperatura Salinità Ossigenazione pH Trasparenza Torbidità Solidi sospesi	Opere lineari: stazioni su transetti posizionati ortogonalmente all'opera o in base alle correnti dominanti.	Fase AO: frequenza stagionale (minimo 4 volte l'anno) Fase CO: durante le diverse fasi di realizzazione dell'opera in base alle tipologie di impatto individuato dal SIA. Fase PO: frequenza stagionale da ripetersi fino al ripristino delle condizioni iniziali (da verificare in base ai risultati) e/o fino ad escludere eventuali effetti / impatti a medio e /lungo termine.	Manuale ICRAM 2001, Metodologie analitiche di riferimento. Manuali e linee Guida ISPRA	D.Lgs. 152/2006, DM 260/2010 come standard di riferimento per stato di ossigenazione, nutrienti (DIN, orto fosfato), sostanze chimiche organiche ed inorganiche
	A.2 Caratteristiche chimiche	Nutrienti Contaminanti organici e inorganici selezionati in base ai possibili impatti individuati nel SIA		Opere areali: stazioni a distanza progressiva dall'opera lungo uno o più transetti da selezionare in base alle correnti dominanti e alle caratteristiche morfologiche		
	A.3 Ecotossicologia	Saggi ecotossicologici	Opere lineari e areali: stazioni ricadenti nell'intorno dell'opera	Fase AO: frequenza possibilmente stagionale (4 volte l'anno) Fase CO: durante le diverse fasi di realizzazione dell'opera in base alle tipologie di impatto individuato dal SIA Fase PO: frequenza possibilmente stagionale da ripetersi fino al ripristino delle condizioni iniziali (da verificare in base ai risultati) e/o fino ad escludere eventuali effetti / impatti a medio e lungo termine	Manuale ICRAM, 2001, Metodologie analitiche di riferimento del programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero. Per i biomarker: protocolli metodologici pubblicati (letteratura scientifica).	I valori di standard di qualità sono riportati nel D.lgs. 152/2006, DM 260/10. Per i parametri che non hanno SQA e per i biomarker, la valutazione dei risultati deve essere eseguita rispetto ad una popolazione "di controllo" Regolamento CE 1881/2006
	A.4 Bioaccumulo, biomarker	Bioaccumulo e biomarker su popolazioni trapiantate e/o naturali di organismi filtratori (mitili); bioaccumulo e biomarker su popolamenti ittici * *solo in opere con impatto areale laddove l'impatto dichiarato nel SIA influenzi l'areale delle specie ittica				

ACQUE DI TRANSIZIONE – Scheda di sintesi

Obiettivo specifico del PMA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione dei monitoraggi	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Metodologia di riferimento/tecnica di misura	Valore limite o valore standard di riferimento
B. VARIAZIONE DELLE CARATTERISTICHE IDRODINAMICHE	B.1 Variazione delle correnti	Velocità (intensità e direzione) Portata	In sezioni rappresentative delle zone di connessione ambiente di transizione-mare nel caso sia ipotizzabile un'alterazione dei flussi su ampia scala e dei volumi scambiati In sezioni rappresentative dei canali a marea all'interno dell'area di potenziale impatto individuata dal SIA. Sui bassofondali in prossimità di ecosistemi di pregio o di target sensibili (es. zone nursery, aree a fanerogame, ecc.).	Fase AO: se non già disponibili un numero sufficiente di misure per la caratterizzazione del campo di moto in differenti condizioni meteo marine. Fasi CO e PO: numero sufficiente di misure, finalizzato a caratterizzare eventuali variazioni in differenti condizioni meteo marine.	Protocolli metodologici pubblicati (letteratura scientifica). Correntometri	
	B.2 Variazione del moto ondoso	Altezza/periodo d'onda <i>Da monitorare in caso di sostanziale variazione del traffico acqueo nelle diverse fasi di costruzione/esercizio dell'opera o nel caso di interventi che possono modificare indirettamente il campo di moto (es. approfondimento del fondale)</i>	Sui bassifondi limitrofi ai canali di navigazione lungo transetti perpendicolari all'asse principale del canale; in prossimità di target sensibili se presenti	Fase AO: se non già disponibili un numero sufficiente di misure per la caratterizzazione del moto ondoso in differenti condizioni meteo marine. Fasi CO e PO: numero sufficiente di misure, finalizzato a caratterizzare eventuali variazioni in differenti condizioni meteo marine e di uso del sito (nel caso di aumento del moto ondoso da natanti)	Protocolli metodologici pubblicati (letteratura scientifica). Ondametri.	
	B.3 Variazione del regime di marea	Ampiezza/periodo onda di marea	Reti di monitoraggio istituzionale esistenti o nuove stazioni rappresentative dell'area di impatto	In continuo	ISPRA, 2012. Manuale di mareografia e linee guida per i processi di validazione dei dati mareografici. Manuali e linee guida 77/2012	

ACQUE DI TRANSIZIONE – Scheda di sintesi

Obiettivo specifico del PMA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione dei monitoraggi	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Metodologia di riferimento/tecnica di misura	Valore limite o valore standard di riferimento
C. VARIAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL SEDIMENTO	C.1 Caratteristiche fisico-chimiche	Granulometria Densità peso specifico Contenuto d'acqua pH Potenziale redox	Opere lineari: stazioni su transetti posizionati ortogonalmente all'opera o in base alle correnti dominanti e principale; Opere areali: stazioni a distanza progressiva dall'opera su uno o più transetti da selezionare in base alle correnti dominanti e principale e alle caratteristiche morfologiche	Fase AO: 1 volta Fase CO: 1 volta al termine della realizzazione dell'opera; Fase PO: indagini da effettuarsi fino al ripristino delle condizioni iniziali (da verificare in base ai risultati) e/o fino ad escludere eventuali effetti / impatti a medio e lungo termine.	Manuale ICRAM, 2001. Metodologie analitiche di riferimento del programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero. Per i saggi biologici: protocolli standardizzati (es. ASTM, UNICHIM, ISO,...). Manuale di Ecotossicologia Linea Guida 67/2011 "Batterie di saggi ecotossicologici per sedimenti di acque salate e salmastre".	I valori degli standard di qualità per i sedimenti marino-costieri e di transizione sono riportati nel Dlgs 152/2006, DM 260/10 (Tab. 2/A e 3/B). Per i saggi ecotossicologici: secondo indicazioni del paragr. A.2.6.1 del DM 260 del 2010 (Rif. Tab. 2.4 del "Manuale per la movimentazione di sedimenti marini" MATTM-ICRAM- APAT 2007).
	C.2 Caratteristiche chimiche	Nutrienti, Contaminanti organici e inorganici selezionati in base ai possibili impatti individuati nel SIA				
	C.3 Ecotossicologia	Saggi ecotossicologici				
	C.4 Bioaccumulo e biomarker	Bioaccumulo e biomarker su popolazioni naturali di organismi filtratori (vongole); bioaccumulo e biomarker su popolamenti ittici* *solo in opere con impatto areale laddove l'impatto dichiarato nel SIA influenzi l'areale delle specie ittica	Opere lineari e areali: stazioni ricadenti nell'intorno dell'opera	Fase AO: frequenza possibilmente stagionale (4 volte l'anno) Fase CO: durante le diverse fasi di realizzazione dell'opera in base alle tipologie di impatto individuato dal SIA. Fase PO: frequenza possibilmente stagionale da ripetersi fino al ripristino delle condizioni iniziali (da verificare in base ai risultati) e/o fino ad escludere eventuali effetti / impatti a medio e lungo termine.	Manuale ICRAM, 2001. Metodologie analitiche di riferimento del programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero. Per i biomarker: protocolli metodologici pubblicati (letteratura scientifica).	I valori di standard di qualità sono riportati nel D.lgs. 152/2006, DM 260/10. Per i parametri che non hanno SQA e per i biomarker, la valutazione dei risultati deve essere eseguita rispetto ad una popolazione "di controllo". Regolamento CE 1881/2006

ACQUE DI TRANSIZIONE – Scheda di sintesi

Obiettivo specifico del PMA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione dei monitoraggi	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Metodologia di riferimento/tecnica di misura	Valore limite o valore standard di riferimento
D. VARIAZIONE DELLE CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	D.1	Topo-batimetria	<p>Opere lineari : rilievi lungo il tracciato e su transetti da posizionare perpendicolarmente all'opera.</p> <p>Opere areali : piano quotato o rilievi lungo transetti da selezionare in base alle caratteristiche dell'area di impatto (forma, campo di moto e caratteristiche morfologiche) e alla presenza di target sensibili.</p>	<p>Fase AO: integrazione delle informazioni esistenti con un rilievo aggiornato e dettagliato per l'area in cui sono previste possibili variazioni morfologiche.</p> <p>Fase PO: un rilievo al termine dei lavori per verificare eventuali variazioni riconducibili a cantiere. Successivamente la frequenza e durata del monitoraggio va definita sulla base delle variazioni a medio-lungo termine previste dal SIA ed eventualmente rimodulate sulla base delle evidenze del monitoraggio nel caso di variazioni topo-batimetriche diverse da quelle attese.</p>	<p>Protocolli metodologici pubblicati (letteratura scientifica).</p> <p>Strumentazione GPS (palina), Singlebeam, multibeam in funzione della profondità dell'acqua.</p> <p>Utilizzo di strumenti di telerilevamento (es. rilievi LiDAR) da valutare in termini di costi/benefici</p>	
	Variazioni delle dinamiche di erosione e di sedimentazione	<p>Tasso di sedimentazione</p> <p><i>Oltre che nel caso di variazione delle dinamiche di sedimentazione, in fase di cantiere può essere utilizzato ad integrazione delle misure di torbidità e solidi sospesi, come parametro indiretto per stimare a posteriori l'impatto derivante dai fenomeni di risospensione/sedimentazione di sedimenti.</i></p>	<p>Stazioni a distanza progressiva dai target sensibili individuati nel SIA.</p>	<p>Fase AO: durata sufficiente a caratterizzare le dinamiche di sedimentazione nell'area in diverse condizioni meteomarine (minimo un anno)</p> <p>Fase CO: per tutta la durata delle attività che comportano movimentazione di sedimenti.</p> <p>Fase PO: da prevedere qualora sia prevista una alterazione persistente delle dinamiche di risospensione/ sedimentazione per una durata sufficiente a caratterizzare le nuove condizioni e valutarne l'impatto.</p> <p>Per tutte le fasi AO, CO, PO: la frequenza di analisi/quantificazione del materiale depositato dipende dal tasso di sedimentazione (circa ogni 15-30 gg).</p>	<p>Protocolli metodologici pubblicati (da letteratura scientifica)</p> <p>Trappole di sedimentazione</p>	

ACQUE DI TRANSIZIONE – Scheda di sintesi

Obiettivo specifico del PMA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione dei monitoraggi	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Metodologia di riferimento/tecnica di misura	Valore limite o valore standard di riferimento
E. VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SULLE COMUNITÀ BIOLOGICHE	E.1 Plancton	<p>Analisi quali-quantitative (composizione, abbondanza, biomassa). Indici di qualità ecologica</p> <p>Durante i campionamenti vanno effettuate contestualmente le misure dei principali parametri ambientali connessi con il plancton</p>	<p>Opere lineari: stazioni su transetti intersecanti l'opera da posizionare ortogonalmente all'opera o in base alle correnti dominanti e principale;</p> <p>Opere areali: stazioni a distanza progressiva dall'opera lungo uno o più transetti da selezionare in base alle correnti dominanti e alle caratteristiche morfologiche.</p>	<p>Fasi AO e CO: frequenza stagionale (4 volte l'anno).</p> <p>Fase PO: frequenza stagionale da ripetersi fino al ripristino delle condizioni iniziali e/o fino ad escludere eventuali effetti / impatti a medio e lungo termine.</p>	<p>Protocolli metodologici pubblicati (letteratura scientifica)</p> <p>Protocolli ISPRA per monitoraggio Dir. 2000/60/CE, 2011 e riferimenti citati.</p> <p>Manuale ISPRA, 2010</p>	
	E2 Macrofite	<p>Fanerogame: mappatura delle praterie; descrittoriafisografici (tipologia, limiti), strutturali (densità, copertura) e funzionali (fenologia, verifica dei processi germinativi o di necrosi); analisi della componente epifitica (numero specie, ricoprimento, biomassa)</p> <p>Macroalghe: (composizione tassonomica, abbondanza, copertura, biomassa)</p> <p>Indici di qualità ecologica</p> <p>Durante i campionamenti vanno effettuate contestualmente le misure dei principali parametri ambientali connessi con le macrofite (es: trasparenza, torbidità, nutrienti, granulometria, ecc..)</p>	<p>Necessaria una valutazione preliminare della eterogeneità interna e degli habitat presenti (studi pregressi, parere esperto).</p> <p>L'area di studio deve essere selezionata preferibilmente sulla base della corrente dominante e principale e delle caratteristiche morfologiche: saranno considerate le praterie ricadenti all'interno dell'area di impatto poste a distanza progressiva dall'opera.</p>	<p>Fasi AO e CO: mappatura delle fanerogame una volta all'anno.</p> <p>2 volte all'anno (primavera e autunno) per i parametri necessari per l'applicazione degli indici di qualità ecologica (copertura specifica per fanerogame; composizione, abbondanza e copertura per le macroalghe).</p> <p>Per i rimanenti parametri almeno 2 volte all'anno (primavera e autunno), preferibilmente frequenza stagionale</p> <p>Frequenze più elevate sono necessarie in caso di monitoraggio finalizzato alla stima della biomassa algale</p> <p>Fase PO: stessa frequenza delle fasi precedenti per una durata tale da escludere eventuali effetti / impatti a medio e lungo termine.</p>	<p>Protocolli metodologici pubblicati (letteratura scientifica)</p> <p>Protocolli ISPRA per monitoraggio Dir. 2000/60/CE, 2011 e referenze citate.</p> <p>DM 260/2010. Procedure di campionamento e valutazione della qualità biologica del corpo idrico</p>	<p>Per gli indici di qualità cfr. D.lgs. 152/2006, DM 260/10, Allegato 1, A.4.4.1</p>
Per ciò che concerne la metodologia, l'unità di campionamento, la frequenza della raccolta dati, gli eventuali indici/indicatori derivati o collegati alla raccolta dati e le fonti di riferimento si rimanda anche a quanto descritto nel Cap.8 "Componente vegetazione flora e fauna (Biodiversità)"						

ACQUE DI TRANSIZIONE – Scheda di sintesi

Obiettivo specifico del PMA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione dei monitoraggi	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Metodologia di riferimento/tecnica di misura	Valore limite o valore standard di riferimento
	E3 Comunità bentonica	<p>Analisi della struttura della comunità (calcolo degli indici strutturali); Indici di qualità ecologica</p> <p>Durante i campionamenti vanno effettuate contestualmente le misure dei principali parametri ambientali connessi con la comunità bentonica (es: granulometria, contenuto organico, salinità, ecc..)</p>	<p>Necessaria una valutazione preliminare della eterogeneità interna e degli habitat presenti (studi pregressi, parere esperto)</p> <p>Opere lineari: stazioni su transetti intersecanti l'opera da posizionare in base alle correnti dominanti e principale, alle caratteristiche morfologiche e degli habitat presenti</p> <p>Opere areali: stazioni a distanza progressiva dall'opera su uno o più transetti da selezionare in base alle correnti dominanti, alle caratteristiche morfologiche e agli habitat presenti.</p>	<p>Fasi AO e CO: 2 volte all'anno (primavera e autunno);</p> <p>Fase PO: 2 volte all'anno (primavera e autunno) fino al ripristino delle condizioni iniziali.</p> <p>La durata del monitoraggio deve essere tale da escludere eventuali effetti / impatti a medio e lungo termine.</p>	<p>Protocolli ISPRA per monitoraggio Dir. 2000/60/CE, 2011 e referenze citate.</p> <p>D.Lgs. 152/2006, DM 260/2010.</p> <p>Procedure di campionamento e valutazione della qualità biologica del corpo idrico.</p>	<p>Per gli indici di qualità cfr. D.Lgs. 152/2006, DM 260/10, Allegato 1, A.4.4.1</p>
	E.4 Analisi dei popolamenti a bivalvi* (*da effettuare per le specie di bivalvi individuate come risorsa rilevante per l'area)	<p>Abbondanza, biomassa, struttura per taglia e classi d'età del popolamento, valutazione dello stadio di sviluppo gonadico, indici fisiologici..</p> <p>Durante i campionamenti vanno effettuate contestualmente le misure dei principali parametri ambientali della colonna d'acqua (in particolare nelle vicinanze del fondo) quali temperatura, salinità, ossigeno.</p> <p>Nel caso di specie di interesse Comunitario i monitoraggi dovranno essere di tipo non invasivo</p>	<p>Necessaria una valutazione preliminare della distribuzione degli stocks (studi pregressi, parere esperto)</p> <p>Opere lineare e areali: stazioni a distanza progressiva dall'opera</p>	<p>Fase AO: indagini almeno stagionali</p> <p>Fase CO: indagini almeno stagionali con tempistiche variabili da stabilire in base alla durata della fase.</p> <p>Fase PO: indagini almeno stagionali fino al ripristino delle condizioni iniziali (la durata del monitoraggio deve essere tale da escludere eventuali effetti / impatti a medio e lungo termine)</p>	<p>Protocolli metodologici pubblicati (letteratura scientifica)</p>	

ACQUE DI TRANSIZIONE – Scheda di sintesi

Obiettivo specifico del PMA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione dei monitoraggi	Frequenza/Durata dei monitoraggi	Metodologia di riferimento/tecnica di misura	Valore limite o valore standard di riferimento
	E.5 Analisi popolamenti ittici	<p>Pesca con attrezzi professionali. A seconda della tecnica impiegata, ottenere dati di abbondanza, biomassa, taglia/peso, stadi di maturità, età.</p> <p>Indici di qualità ecologica</p> <p>Durante i campionamenti vanno effettuate contestualmente le misure dei principali parametri ambientali connessi con la fauna ittica (es.: salinità, ossigeno, ecc..)</p> <p>Nel caso di specie di interesse Comunitario i monitoraggi dovranno essere di tipo non invasivo</p>	<p>Necessaria una valutazione preliminare della eterogeneità interna e degli habitat presenti (studi pregressi, parere esperto)</p> <p>Opere lineare e areali: stazioni a distanza progressiva dall'opera</p>	<p>Fasi AO e CO: almeno 2 volte all'anno (primavera e autunno), preferibilmente frequenza stagionale.</p> <p>Fase PO: almeno 2 volte all'anno (primavera e autunno), preferibilmente frequenza stagionale fino al ripristino delle condizioni iniziali (la durata del monitoraggio deve essere tale da escludere eventuali effetti / impatti a medio e lungo termine)</p>	<p>Protocolli metodologici pubblicati (letteratura scientifica)</p> <p>Protocolli ISPRA per monitoraggio Dir. 2000/60/CE, 2011 e referenze citate</p>	
Per ciò che concerne la metodologia, l'unità di campionamento, la frequenza della raccolta dati, gli eventuali indici/indicatori derivati o collegati alla raccolta dati e le fonti di riferimento si rimanda anche quanto descritto nel Cap.8 "Componente vegetazione flora e fauna (Biodiversità)"						

6.2.4. Acque sotterranee

6.2.4.1. Obiettivi specifici del Monitoraggio Ambientale

Il PMA dell'ambiente idrico sotterraneo e delle risorse idriche ad esso connesse deve essere progettato e sviluppato in modo continuo in ogni fase dello sviluppo dell'opera in progetto, allo scopo di ottenere sufficienti dati per verificare nel tempo lo stato qualitativo e quantitativo² dei corpi idrici potenzialmente interferiti dalle azioni di progetto.

Il monitoraggio deve essere riferito agli ambiti di maggiore sensibilità e vulnerabilità della risorsa idrica, sia da un punto di vista qualitativo che quantitativo, individuati nell'ambito dello SIA, riguardo all'ubicazione/tipologia delle azioni di progetto ed alla natura ed entità dei fattori di pressione/impatto.

In particolare, sulla base delle caratteristiche idrogeologiche dell'area, il PMA dovrebbe prioritariamente essere rivolto ai seguenti ambiti:

- aree di captazione idrica, sorgenti e/o pozzi, per uso idropotabile, industriale e irriguo;
- zone interessate da rilevanti opere in sotterraneo quali gallerie e/o movimenti terra e scavi, aree di cantiere, siti di deposito soggette a potenziali contaminazioni, con possibili interferenze con la superficie freatica o con eventuali falde confinate o sospese, che possono determinare sia la variazione nel regime della circolazione idrica sotterranea che mettere in comunicazione acquiferi superficiali di scarsa qualità con acquiferi profondi di buona qualità, spesso sfruttati per uso idropotabile o causare variazione della posizione dell'interfaccia acque dolci/acque salmastre (cuneo salino) nelle zone costiere;
- corsi d'acqua superficiali in interconnessione idraulica con la falda;
- aree di particolare "sensibilità" e rilevanza ambientale e/o socio - economica (es. sorgenti, aree umide protette, laghi alimentati in parte dalla falda, aree di risorgive carsiche);

²Note: per "variazioni qualitative" si intendono le eventuali modifiche delle caratteristiche fisico-chimico-biologiche delle acque sotterranee indotte dalle attività di realizzazione del progetto; per "variazioni quantitative" si considerano le variazioni positive o negative, dei parametri idraulici, indotte negli acquiferi che possono verificarsi a seguito delle azioni del progetto (quali, modifiche della superficie piezometrica, variazione della produttività di pozzi e/o della portata di sorgenti, depauperamento della risorsa idrica per emungimento di acque di falda ecc.).

- aree di cantiere, per effetto di sversamenti accidentali, perdite di carburanti, presenza di serbatoi con sostanze inquinanti ecc.

6.2.4.2. Localizzazione delle aree di indagine e dei punti di monitoraggio

La scelta delle aree da monitorare e dei punti di monitoraggio costituisce uno degli aspetti fondamentali per l'esito del monitoraggio della risorsa idrica sotterranea e di quelle superficiali in interconnessione idraulica con la falda e risponde sia a requisiti di significatività e completezza delle informazioni sia di "flessibilità" nel garantire adeguatezza dei controlli nel tempo in funzione dell'avanzamento lavori e dei risultati ottenuti dalle attività di monitoraggio nelle varie fasi.

Per la localizzazione delle aree di indagine e l'ubicazione dei punti di monitoraggio, oltre agli ambiti di attenzione riportati nel precedente paragrafo, a seconda dei casi specifici, si dovrà tenere conto dei seguenti elementi:

- le aree di maggiore sensibilità (o suscettibilità) e vulnerabilità dei sistemi acquiferi e della risorsa idrica alle azioni di progetto (grado di sensibilità degli acquiferi al depauperamento quantitativo/qualitativo, all'inquinamento e, nelle aree costiere, all'ingressione marina);
- condizioni al contorno degli acquiferi;
- aree di maggiore sensibilità ambientale e aree protette (quali sorgenti e gruppi di sorgenti, aree protette ai diversi livelli - internazionale, comunitario e nazionale, locale, aree umide, laghi di risorgive carsiche ecc.);
- valore della risorsa idrica, con particolare riferimento all'uso a cui essa è destinata (es. idropotabile, industriale, agricola) e della disponibilità in termini quantitativi della stessa;
- presenza di sorgenti puntuali/diffuse d'interferenza o di potenziale alterazione dello stato qualitativo degli acquiferi (es. scarichi, serbatoi, vasche, sversamenti, depositi, ecc.).

Nella scelta dell'ubicazione dei punti di monitoraggio si dovrà rispettare il *criterio monte - valle* rispetto alla direzione di deflusso della falda, al fine di poter valutare non solo le caratteristiche chimico - fisiche delle acque sotterranee e la superficie piezometrica della falda, ma anche di valutare e individuare "tempestivamente" eventuali variazioni di un determinato parametro tra punti di misura ubicati a monte e

a valle idrogeologico e conseguentemente eventuali impatti legati alle pressioni riconducibili, o meno, alle azioni del progetto.

I punti di monitoraggio dovranno essere allestiti e attrezzati ad hoc al fine di monitorare le caratteristiche chimico-fisiche delle acque sotterranee e quantitative, le variazioni del livello della falda sotterranea, flusso e/o la produttività dei pozzi e altre risorse idriche potenzialmente interferite dalla realizzazione dell'opera.

Per le aree di maggiore sensibilità ambientale e aree sottoposte a tutela (quali pozzi, gruppi di sorgenti utilizzati a scopi idropotabili, si dovrà prevedere l'allestimento di stazioni di monitoraggio in continuo.

Per quanto riguarda l'approntamento della rete di monitoraggio delle acque sotterranee, oltre all'allestimento di punti ad hoc per le misure quali – quantitative, anche al fine di contenere anche i tempi ed i costi, si dovrà includere, ove possibile, punti di controllo già allestiti ed attrezzati quali pozzi pubblici e/o privati, sorgenti, piezometri già utilizzati per campagne d'indagine effettuate a supporto di studi geologici ed idrogeologici.

L'integrazione di tali tipologie di punti di monitoraggio dovrà comunque, essere effettuata previa la necessaria ricognizione e/o verifica della funzionalità e delle effettive condizioni di mantenimento/servizio. La rete di monitoraggio dovrà, inoltre, essere strettamente connessa alle reti di monitoraggio qualitativo – quantitativo nazionale, regionale e locale eventualmente già implementate, previste dalla normativa di settore.

6.2.4.3. Parametri descrittivi (indicatori)

Considerati gli obiettivi specifici del monitoraggio idrogeologico, le attività in situ e le analisi in laboratorio dovranno prevedere principalmente controlli mirati all'accertamento dello stato quantitativo e qualitativo delle risorse idriche sotterranee e di quelle superficiali che interagiscono con l'acquifero potenzialmente impattato dalle attività del progetto.

La scelta degli indicatori e/o indici, con la relativa identificazione delle soglie di riferimento, nonché la frequenza di campionamento dovrà essere fatta in funzione delle caratteristiche dell'acquifero, della tipologia delle attività di progetto e delle potenziali interazioni con i corpi idrici sotterranei e superficiali, del regime idraulico

sotterraneo e dei potenziali rischi sulla risorsa idrica, soprattutto per quanto riguarda il rischio del suo depauperamento o alterazione chimico – fisica.

Riguardo quest'ultimo aspetto, particolare attenzione andrà posta nella previsione di attività di monitoraggio nelle aree con captazioni di acque sotterranee a uso idropotabile, irriguo o industriale (pozzi, sorgenti) e per le aree umide “sensibili” protette (quali a es. le aree SIC o ZPS) o di particolare valenza naturalistica e paesaggistica; per tali aree si dovrà valutare l’opportunità di prevedere un monitoraggio specifico, prendendo in considerazione anche il controllo di altri indicatori “indiretti” di possibili impatti del sistema degli acquiferi connessi alle azioni del progetto, quali ad es. il monitoraggio dello stato della vegetazione ripariale delle aree umide alimentate dall’acquifero.

I principali parametri necessari al monitoraggio quantitativo dei corpi idrici sotterranei e superficiali ad essi connessi sono:

- livello piezometrico della falda nei pozzi o fori di sondaggi attrezzati con piezometri;
- portate volumetriche delle sorgenti;
- caratteristiche del deflusso e/o escursioni del livello dei corsi d’acqua superficiali;
- escursioni del livello nei sistemi acquiferi che alimentano aree umide o laghi.

Per specifiche opere in sottterraneo (gallerie) oltre a tali parametri dovrà essere misurata la portata delle venute d’acqua in galleria funzionale al controllo del drenaggio in funzione dell’avanzamento dello scavo (monitoraggio in corrispondenza degli imbocchi).

Il parametro più significativo per la valutazione dello stato “quantitativo” dell’acquifero è senz’altro rappresentato dalla misura del livello della superficie piezometrica che consentono di riscontrare le variazioni del regime idrodinamico della falda, tenendo presente che tali variazioni possono avvenire anche naturalmente, a seguito di precipitazioni abbondanti, irrigazioni in aree agricole, pompaggio o altre attività antropiche nell’area d’influenza del progetto o in siti adiacenti.

Per le sorgenti le attività di monitoraggio in situ consisteranno in documentazione fotografica generale delle condizioni del sito e misure e prove per la caratterizzazione del regime idraulico, quali: misurazione della portata volumetrica, variabilità, curva

d'esaurimento ecc. In caso di emergenze idriche con bassi valori di portata o emergenze diffuse, il valore della portata volumetrica dovrà essere stimato.

Il set minimo di parametri fisici e chimici per il monitoraggio in situ delle sorgenti deve comprendere:

- Portata volumetrica;
- Temperatura aria;
- Temperatura acqua;
- Valore di pH;
- Conducibilità specifica.

I principali parametri necessari al monitoraggio qualitativo dovrà comprendere, come set minimo, i seguenti parametri:

- Temperatura aria;
- Temperatura acqua;
- Tenore di Ossigeno;
- pH;
- Conducibilità specifica;
- Nitrati;
- Ione Ammonio;
- Torbidità.

I campioni d'acqua saranno prelevati in ciascun punto di monitoraggio delle acque (pozzi, piezometri, sorgenti ecc.) e analizzati in laboratorio; la scelta degli analiti andrà effettuata facendo riferimento a quanto indicato nel D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. e nel D.Lgs 16 marzo 2009 n. 30 "Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento". Più specificamente, per la caratterizzazione qualitativa delle acque su ciascun campione prelevato dovranno essere misurati, oltre ai parametri sopra indicati:

Parametri chimici –macrodescrittori: calcio, sodio, potassio, magnesio, cloruri, cloro attivo, fluoruri, solfati, bicarbonati, nitrati, nitriti, ammonio, solidi disciolti totali (TDS) e solidi sospesi totali (TSS);

Elementi in traccia: arsenico, cobalto, cromo, rame, ferro, iodio, manganese, molibdeno, nichel, selenio, silicio, stagno, vanadio, zinco, cadmio, mercurio, piombo.

Oltre ai parametri di base, in aggiunta e a seconda dei casi specifici, dei rischi associati all'opera e delle caratteristiche ambientali naturali del sito e dei corpi idrici recettori, potrebbe verificarsi la necessità di ampliare il set dei parametri da analizzare nel monitoraggio ante operam per la verifica di potenziali contaminazione della risorsa idrica sotterranea e superficiale e di altri rischi, dovuti alle attività di cantiere, scarichi, sversamenti e altre azioni del progetto individuati nello SIA, prevedendo:

- analisi microbiologiche;
- analisi della richiesta chimica di ossigeno (COD), della richiesta biochimica di ossigeno (BOD), della richiesta totale di ossigeno (TOD), del contenuto di carbonio organico totale (TOC);
- analisi isotopiche, mediante la determinazione del Tritio (per definire l'età delle acque sotterranee) e degli isotopi stabili dell'ossigeno (^{18}O) e dell'idrogeno (^2H) (per definire l'età e la provenienza e l'area d'alimentazione delle acque);
- determinazione di eventuali elementi radioattivi per le aree dove sono presenti rocce contenenti elementi radioattivi, quali a es. ossidi di uranio;
- determinazione della concentrazione di composti organici e idrocarburi, laddove pertinenti con le attività previste dal progetto.

Le analisi di laboratorio saranno effettuate in accordo agli standard in uso presso laboratori certificati che seguiranno metodiche standard, quali ad esempio secondo le procedure indicate da ISPRA, CNR, IRSA, ISO, EPA, UNI. Le misurazioni saranno accompagnate da idoneo certificato. L'affidabilità e la precisione dei risultati dovranno essere assicurati dalle procedure di qualità interne ai laboratori che effettuano le attività di campionamento ed analisi e, pertanto, i laboratori coinvolti nelle attività di monitoraggio dovranno essere accreditati ed operare in modo conforme a quanto richiesto dalla UNI CEN EN ISO 17025.

6.2.4.4. Frequenza/durata monitoraggi

La frequenza dei rilievi e del campionamento per la caratterizzazione qualitativa dei corpi idrici sotterranei sarà effettuata con cadenza prestabilita minima di almeno tre volte l'anno, ovvero di quattro volte all'anno (trimestrale), al fine di consentire una completa definizione della variabilità stagionale dei parametri.

In particolare, si dovrà cercare di eseguire i rilievi o il prelievo di campioni nei momenti di minimo/massimo delle condizioni idrologiche (periodo di magra e di

ricarica della falda) per definire il range della variabilità stagionale (es. a primavera, fine estate, autunno, inverno o dopo un periodo caratterizzato da precipitazioni eccezionali.)

Per la caratterizzazione quantitativa delle acque sotterranee, la misurazione del livello della falda nei piezometri o pozzi dovrà essere eseguito preferibilmente in continuo per individuare il trend del livello della falda nelle aree interessate dall'opera.

Nei casi in cui i pozzi di monitoraggio non siano attrezzati con strumentazione di monitoraggio in continuo, il livello della falda dovrà essere misurato inizialmente trimestralmente per stabilire le variazioni stagionali, successivamente la frequenza delle misure sarà semestrale o annuale una volta definiti i trend stagionali del regime delle acque sotterranee.

Per quanto riguarda la durata della fase di monitoraggio ante operam il periodo minimo delle osservazioni raccomandato è di circa un anno, mentre in corso d'opera il periodo è definito in base al cronoprogramma delle attività di cantiere; per la fase post operam, le attività di monitoraggio dovranno continuare per un periodo minimo di un anno e, comunque, per una durata variabile in funzione della tipologia di opera e della significatività degli effetti sull'ambiente idrico sotterraneo.

6.2.4.5. Metodologie e valori standard di riferimento

I metodi e gli strumenti di misura (es. misure in continuo, freatometro, sonda multiparametrica) possono essere vari e la loro idoneità andrà valutata a seconda dei casi specifici, dei parametri e delle condizioni geologiche e idrogeologiche locali del sito.

Il controllo della quota della falda dovrà essere eseguito prima di procedere allo spurgo dei pozzi/piezometri, fase propedeutica al campionamento. Come buona regola per l'accuratezza delle misure, ogni volta che si compie la misura del livello della falda, si dovrà controllare la profondità del pozzo o foro di sondaggio per assicurarsi che non si siano formati depositi sul fondo e sia idoneo per il campionamento. Il controllo andrà eseguito nello stesso giorno e all'incirca nello stesso tempo per ogni pozzo/piezometro, in modo da determinare più accuratamente i parametri idrodinamici della falda: la direzione del flusso delle acque sotterranee e la portata e velocità, al fine di poter osservare e stabilire le variazioni del regime del deflusso delle acque sotterranee.

Il rilievo dei parametri fisici - chimici da valutare in campo su ciascun campione d'acqua dovrà essere eseguito subito dopo la misura del livello statico della falda e dopo un adeguato spurgo del pozzo/piezometro e la stabilizzazione delle condizioni idrochimiche. Per la misura dei parametri in situ potrà essere utilizzata una sonda multiparametrica o altra strumentazione idonea.

L'esecuzione dei monitoraggi (caratteristiche delle apparecchiature da utilizzare, strumentazione, metodologie di campionamento ed analisi in situ e in laboratorio, numero di campioni da rilevare nel periodo di osservazione, ecc.) dovrà fare riferimento alle metodologie più accreditate proposte da autorevoli istituti di ricerca Internazionali e nazionali, quali US-EPA (United States Environmental Protection Agency), IRSA (Istituto di Ricerca Sulle Acque); UNICHIM (ente di normazione tecnica operante nel settore chimico federato all'UNI - Ente Nazionale di Unificazione); ASTM (American Standard Test Method), DIN (Deutsches Institut für Normung) etc..

Le analisi chimiche dovranno essere eseguite presso laboratori accreditati e certificati secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025. L'affidabilità e la precisione dei risultati dovranno essere assicurati dalle procedure di qualità interne ai laboratori che eseguono le attività di campionamento ed analisi e, pertanto, i laboratori coinvolti nelle attività di monitoraggio dovranno essere accreditati ed operare in modo conforme a quanto richiesto dalla norma summenzionata.

Le normative di riferimento (D.Lgs. 152/2006; D.Lgs 16 marzo 2009 n.30) definiscono i valori di Standard di Qualità Ambientale per la qualità delle acque sotterranee. Per ciascun ambito di monitoraggio e relativi parametri i valori di riferimento sono riportati, ove disponibili, nella seguente scheda di sintesi. Ove per alcuni parametri non siano già disponibili valori limite e valori standard di riferimento in base a normative o protocolli standardizzati, tali valori vanno identificati in base ai dati disponibili per l'area di monitoraggio ovvero, in loro assenza, in base ai dati acquisiti ad hoc nella fase ante operam per la caratterizzazione "sito specifica".

ACQUE SOTTERRANEE – Scheda di sintesi

Obiettivo specifico del PMA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione	Frequenza/Durata	Metodologia di riferimento
<p>A) VALUTAZIONE DELLO STATO QUANTITATIVO</p> <ul style="list-style-type: none"> • DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI /SORGENTI • DELLE RISORSE IDRICHE E DELLE VARIAZIONI SUL REGIME IDRODINAMICO • DEGLI ACQUIFERI 	<p>1)</p> <p>Caratterizzazione del regime idraulico e idrodinamico dei corpi idrici sotterranei indotte dall'opera all'acquifero.</p>	<p>Variazioni stagionali; individuazione del trend del livello statico della falda e delle direzione di flusso.</p> <p>Parametri idrodinamici (acquifero):</p> <p>Misure del livello della falda nei pozzi o fori di sondaggi attrezzati con piezometri.</p> <p>Misurazioni, ove possibile, delle direzioni di flusso.</p>	<p>Zone interessate da rilevanti opere in sottterraneo quali gallerie e/o grossi movimenti terra e scavi, aree di cantiere, con possibile interferenza/intercettazione delle opere con la superficie freatica o con eventuali falde confinate o sospese.</p> <p>Corsi d'acqua superficiali in interconnessione idraulica con la falda, in zone d'intensa fratturazione e/o di faglia.</p> <p>Aree di cantiere, siti di deposito e di recupero ambientale.</p> <p><u>Nota 1</u></p>	<p>Fase AO: <i>durata</i>: minima raccomandabile di 6 mesi a partire dall'allestimento dei pozzi e piezometri, prima della fase di costruzione e di allestimento del cantiere.</p> <p><i>Frequenza</i>: Misurazione del livello della falda nei pozzi/piezometri preferibilmente in continuo</p> <p>Nei casi in cui i pozzi di monitoraggio non siano attrezzati con strumentazione di monitoraggio in continuo, il livello della falda dovrà essere misurato inizialmente trimestralmente per stabilire le variazioni stagionali, poi, semestrale o annuale una volta definito i trends stagionali del regime delle acque sotterranee.</p>	<p>Metodologie più accreditate proposte da autorevoli istituti di ricerca internazionali e nazionali, quali EPA (Environmental protection Agency of UnitedStates of America), IRSA (Istituto di Ricerca Sulle Acque), UNICHIM (ente di normazione tecnica operante nel settore chimico federato all'UNI - ente nazionale di unificazione), ASTM (American Standard Test Metod), DIN (DeutschesInstitut fürNormung).</p>

ACQUE SOTTERRANEE – Scheda di sintesi						
Obiettivo specifico del PMA		Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione	Frequenza/Durata	Metodologia di riferimento
2) Caratterizzazione del regime idraulico e idrodinamico delle sorgenti, captate per uso potabile e non, e/o delle emergenze naturali delle acque sotterranee.		Variazioni stagionali e individuazione trend del regime idrodinamico delle sorgenti nelle aree interessate dall'opera.	Parametri idrodinamici (sorgenti): Misurazione della portata volumetrica. Misurazione della variabilità. Misurazione della curva d'esaurimento.	Aree di captazione idrica, sorgenti e/o pozzi, per uso idropotabile, industriale e irriguo. Sorgenti e emergenze naturali delle acque sotterranee.	Fase AO: Misure portata volumetrica e altri parametri specifici in continuo o trimestralmente Fase CO: <i>durata</i> : A partire dalla fase di allestimento del/dei cantieri e durante la fase operativa del cantiere. <i>Frequenza</i> : misure piezometriche, e, ove possibile, delle direzioni di flusso, durante tutto il periodo di costruzione delle opere trimestrale e/o, preferibilmente mensile Fase PO: <i>durata</i> : non inferiore a 1 anno e comunque in funzione della tipologia dell'opera, degli impatti e delle eventuali misure di mitigazione e/o compensazione. <i>Frequenza</i> : Misura del livello della falda e dei parametri quantitativi, preferibilmente, con cadenza mensile, almeno per i primi 6 mesi dalla fine del completamento delle opere o dalla cessazione delle attività in aree di cantiere fisse, per poi essere ridotta a una cadenza semestrale	Come sopra

ACQUE SOTTERRANEE – Scheda di sintesi						
Obiettivo specifico del PMA		Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione	Frequenza/Durata	Metodologia di riferimento
	<p>3)</p> <p>Caratterizzazione del regime idraulico e idrodinamico delle aree umide di maggiore sensibilità ambientale/aree protette</p> <p><u>Nota 2</u></p>	<p>Variazioni stagionali e individuazione del trend del regime idrodinamico delle aree umide.</p> <p>Valutazioni modifiche allo stato ambientale del sistema di aree umide, potenzialmente indotte dalla realizzazione del progetto.</p>	<p>Rilievi di campo e documentazione fotografica dello stato della vegetazione ripariale delle aree umide alimentate dall'acquifero.</p> <p>Caratteristiche del deflusso e/o escursioni del livello dei corsi d'acqua superficiali.</p> <p>Variazioni del livello della falda nei sistemi acquiferi che alimentano aree umide o laghi.</p>	<p>Aree di particolare "sensibilità" e importanza socio - economica, biologica ed ecologica quali sorgenti, aree della Rete Natura 2000, zone umide protette, laghi di risorgive carsiche, ecc.</p>		

ACQUE SOTTERRANEE – Scheda di sintesi

Obiettivo specifico del PMA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione	Frequenza/Durata	Metodologia di riferimento
<p>B) VALUTAZIONE DELLO STATO QUALITATIVO</p> <ul style="list-style-type: none"> DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI /SORGENTI DELLE RISORSE IDRICHE E DELLE POTENZIALI VARIAZIONI/ALTERAZIONI DELLE ACQUE SOTTERRANE E DI QUELLE SUPERFICIALI IN INTERAZIONE O COMUNICAZIONE CON GLI ACQUIFERI (es. contaminazione e acque per sversamenti accidentali, perdite di oli o carburanti, stoccaggio di sostanze pericolose ecc.). 	<p>1) Caratterizzazione qualitativa delle acque in situ.</p> <p><u>Nota 3</u></p>	<p>Rilievo dei parametri fisici e chimici in situ.</p>	<p>Temperatura acqua, Temperatura aria, pH, Conducibilità specifica, Torbidità, Tenore di Ossigeno, Potenziale redox, Nitrati, Ione Ammonio</p>	<p>Zone interessate da rilevanti opere in sottterraneo quali gallerie e/o grossi movimenti terra e scavi, aree di cantiere, con possibile interferenza/intercettazione della superficie freatica e/o di eventuali falde confinate o sospese.</p> <p>Corsi d'acqua superficiali in interconnessione idraulica con la falda, in zone d'intensa fratturazione e/o di faglia.</p> <p>Aree di cantiere, siti di deposito e di recupero ambientale.</p>	<p>Fase AO: <i>durata</i>: minima raccomandabile 6 mesi a partire dall'allestimento dei pozzi e piezometri, prima della fase di costruzione e di allestimento del cantiere. <i>Frequenza</i>: almeno tre volte all'anno.</p> <p>Fase CO: <i>durata</i>: a partire dalla fase di allestimento del/dei cantieri e durante la fase operativa del cantiere. <i>Frequenza</i>: trimestrale e/o mensile</p> <p>Le analisi chimiche eseguite presso laboratori accreditati e certificati secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025.</p> <p>Il riferimento per la caratterizzazione chimica delle acque è il manuale "Metodi Analitici per le Acque" (IRSA-APAT Rapporto 29/2003).</p> <p>Per la scelta degli analiti: D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. e D.Lgs 16 marzo 2009 n.30. In ogni caso, l'identificazione dei parametri da analizzare è funzione delle attività in progetto. Le analisi di laboratorio saranno effettuate in accordo agli standard in uso presso laboratori certificati che seguiranno tecniche analitiche standard (ad esempio secondo le procedure indicate da APAT, CNR, IRSA, EPA)</p>

ACQUE SOTTERRANEE – Scheda di sintesi

Obiettivo specifico del PMA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione	Frequenza/Durata	Metodologia di riferimento	
	2) Campionamento campioni d'acqua per la determinazione dei parametri chimici/analiti in laboratorio.	Prelievo campioni d'acqua per la determinazione dei parametri chimici/analiti in laboratorio.		I campioni d'acqua saranno prelevati in ciascun punto di monitoraggio delle acque (pozzi, piezometri, sorgenti ecc.) criterio monte /valle. <i>Nota 4</i>		<i>Come sopra</i>
	3) Caratterizzazione qualitativa delle acque in laboratorio	Prove e analisi in laboratorio per la determinazione dei principali parametri/analiti per la valutazione della qualità della risorsa idrica e della sua variazione a seguito delle azioni/pressioni del progetto	<u>Set di parametri chimici</u> calcio, sodio, potassio, magnesio, cloruri, cloro attivo; fluoruri, solfati, bicarbonati, nitrati, nitriti, solidi disciolti totali (TDS) e solidi sospesi totali (TSS) <u>Elementi in traccia:</u> arsenico, cobalto, cromo, rame, ferro, iodio, manganese, molibdeno, nichel, selenio, silicio, stagno, vanadio, zinco: cadmio, mercurio, piombo		<i>Come sopra</i>	
C) VALUTAZIONE DELLO STATO QUALITATIVO /QUANTITATIVO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI /SORGENTI: <u>PARAMETRI AGGIUNTIVI</u>	1) Verifica delle potenziali contaminazioni della risorsa idrica sotterranea e superficiale e di altri rischi	Variazione dello stato qualitativo delle acque per contaminazione da sostanze inorganiche o micro batteriologiche.	Composti organici e idrocarburi Parametri batteriologici: Escherichia coli, Enterococchi, Conteggio delle colonie a 22°C, Coliformi totali. COD, TOD, TOC BOD.	Arete di cantiere, siti di deposito e/o di ripristino ambientale		

ACQUE SOTTERRANEE – Scheda di sintesi

Obiettivo specifico del PMA	Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione	Frequenza/Durata	Metodologia di riferimento
Da prevedere in determinate situazioni	<p>2) Caratterizzazione geochimica – isotopica delle acque sotterranee e delle sorgenti/emergenze naturali, allo scopo di definire l'età e la provenienza, la quota e l'area d'alimentazione delle acque, il grado di mescolamento di acque di circuiti idrici sotterranei diversi e le interconnessioni tra acque sotterranee e superficiali, nelle zone dove sono possibili a es. impatti sulla falda e sulle emergenze e corsi d'acqua superficiali dovute a drenaggio a seguito degli scavi di gallerie.</p>	<p>Valutazione dell'età isotopica delle acque sotterranee/emergenze naturali, quota e area di ricarica dell'acquifero, interconnessione idraulica tra acque superficiali/emergenze naturali e acquifero.</p>	<p>Analisi isotopiche: Determinazione del degli isotopi stabili dell'ossigeno e dell'idrogeno.</p> <p><u>Nota 5</u></p>		
	<p>3) Verifica delle potenziali contaminazioni della risorsa idrica sotterranea e superficiale e di altri rischi ambientali, dovuti alla presenza negli ammassi rocciosi e terreni interessati dalle opere di minerali, materiali pericolosi</p>	<p>Valutazione della presenza materiali pericolosi e dei rischi ambientali</p>	<p>Determinazione di eventuali elementi radioattivi per le aree dove sono presenti rocce contenenti elementi radioattivi, o di altri elementi pericolosi per la salute umana e l'ambiente, quali minerali d'amianto nelle rocce metamorfiche ultrabasiche</p>	<p>Zone interessate da rilevanti opere in sotterraneo quali gallerie e/o grossi movimenti terra e scavi, aree di cantiere, con possibile interferenza/intercettazione delle opere con la superficie freatica o con eventuali falde confinate o sospese,</p> <p>Corsi d'acqua superficiali in interconnessione idraulica con la falda, in zone d'intensa fratturazione e/o di faglia;</p> <p>Aree di cantiere, siti di deposito e/o di ripristino ambientale</p>	

ACQUE SOTTERRANEE – Scheda di sintesi

Obiettivo specifico del PMA		Ambito oggetto del PMA	Parametro descrittore	Localizzazione	Frequenza/Durata	Metodologia di riferimento
	4) Aree costiere: Verifica delle potenziali contaminazioni della risorsa idrica sotterranea	Valutazione dei fenomeni di salinizzazione delle acque sotterranee, dovuta alla variazione dell'interfaccia acque dolci/acque salate a seguito della realizzazione delle opere in progetto	Parametri chimici – fisici connessi direttamente con la "salinità" delle acque: (conducibilità elettrica; temperatura superficiale e profonda; livello della superficie piezometrica)	Zone costiere interessate da rilevanti opere in sottterraneo quali gallerie, paratie ecc. e/o da grossi movimenti terra e scavi		

Nota 1

Rilievi e misurazioni in pozzi o fori di sondaggi attrezzati con piezometri della rete di monitoraggio allestita, integrata, eventualmente, da punti di controllo d'acqua, già allestiti e attrezzati con piezometri nelle campagne d'indagine precedenti a supporto degli studi geologici ed idrogeologici effettuati nell'ambito del SIA (quali: pozzi pubblici e/o privati, sorgenti, piezometri).

Nota 2

Valori limite o valori standard di riferimento – Da valutare l'opportunità di prevedere un monitoraggio specifico, prendendo in considerazioni anche il controllo di altri indicatori "indiretti" di possibili impatti del sistema degli acquiferi connessi alle azioni del progetto.

Nota 3

Il rilievo dei parametri fisici - chimici da valutare in campo su ciascun campione d'acqua dovrà essere eseguito subito dopo la misura del livello statico della falda e dopo un adeguato spurgo del pozzo/piezometro e la stabilizzazione delle condizioni idrochimiche. Per la verifica dei parametri in situ potrà essere utilizzata una sonda multiparametrica o altra strumentazione idonea. Al fine di consentire una definizione della variabilità stagionale dei parametri, si dovrà cercare di eseguire i rilievi o il prelievo di campioni nei momenti di minimo/massima condizioni idrologiche (periodo di magra e di ricarica della falda) per definire meglio il range della variabilità stagionale (es. a primavera, fine estate, autunno o dopo un periodo caratterizzato da precipitazioni eccezionali.)

Nota 4

I campioni d'acqua saranno prelevati in ciascun punto di monitoraggio delle acque (pozzi, piezometri, sorgenti ecc.) e analizzati in laboratorio per la determinazione dei principali parametri/analiti per la valutazione della qualità della risorsa idrica.

Per la scelta degli analiti da determinare si farà riferimento a quanto indicato nel D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. e nel D.Lgs 16 marzo 2009 n. 30 che regola i criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici. In ogni caso, l'identificazione dei parametri da analizzare è funzione delle attività in progetto. Le analisi di laboratorio saranno effettuate in accordo agli standard in uso presso laboratori certificati che seguiranno tecniche analitiche standard (ad esempio secondo le procedure indicate da APAT, CNR, IRSA, EPA). Le misurazioni saranno accompagnate da idoneo certificato. L'affidabilità e la precisione dei risultati dovranno essere assicurati dalle procedure di qualità interne ai laboratori che effettuano le attività di campionamento ed analisi.

Nota 5 Gli isotopi dell'Idrogeno e dell'Ossigeno: Tritio (^3H), Deuterio (^2H) e Ossigeno-18 (^{18}O), possono essere utilizzati come traccianti naturali perché la loro concentrazione generalmente non dipende dal chimismo delle rocce attraversate ma è funzione soltanto delle caratteristiche proprie dell'acqua di infiltrazione efficace. In particolare, il contenuto in tritio nelle precipitazioni è legato alla produzione di tritio nella stratosfera a seguito dell'interazione del flusso di neutroni prodotti dalla radiazione cosmica con l'azoto atmosferico. La misurazione del Tritio, che è l'unico isotopo della molecola dell'acqua soggetto a decadimento, consente di risalire all'età isotopica delle acque. Con l'Ossigeno-18 ed il Deuterio (^2H) si può, invece ricavare la quota isotopica della zona di ricarica. Le analisi isotopiche, inoltre, sono un valido ausilio per evidenziare gli scambi isotopici con la roccia-serbatoio ad alta temperatura, le interconnessioni tra acque sotterranee e superficiali, i mescolamenti tra acque di circuiti idrogeologici diversi.

APPENDICE – Normativa di settore e fonti di riferimento

Riferimenti normativi

- D. Lgs. 152/2006 e s.m.i., Parte III - Norme in materia di difesa del suolo e lotta alla desertificazione, di tutela delle acque dall'inquinamento e di gestione delle risorse idriche;
- DM 16/06/2008, n. 131 – Regolamento recante "I criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici, analisi delle pressioni";
- DM 14/04/2009, n. 56 – Regolamento recante "Criteri tecnici per il monitoraggio dei corpi idrici e l'identificazione delle condizioni di riferimento per la modifica delle norme tecniche del D.Lgs. 152/2006, recante Norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'art. 75, comma 3, del D.Lgs. medesimo";
- D.Lgs 16 marzo 2009 n. 30 "Attuazione della direttiva 2006/118/CE, relativa alla protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento e dal deterioramento"
- D. Lgs. 13 ottobre 2010 n. 190 "Attuazione della direttiva 2008/56/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino;
- D. Lgs. 10/12/2010, n. 219 - Attuazione della direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque;
- D.M. 08/10/2010, n. 260 – Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo;
- Decisione della Commissione 2013/480/UE del 20/09/2013. Acque – Classificazione dei sistemi di monitoraggio – Abrogazione decisione 2008/915/CE: decisione che istituisce i valori di classificazione dei sistemi di monitoraggio degli Stati membri risultanti dall'esercizio di intercalibrazione;
- Decisione della Commissione UE 2010/477/UE del 1/9/2010 sui criteri e gli standard metodologici relativi al buono stato ecologico delle acque marine;
- Direttiva 2013/39/UE del 12/08/2013 che modifica le direttive 2000/60/CE e 2008/105/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque.

Documenti tecnici, Linee Guida, siti web di interesse

Acque superficiali

- APHA Standard Methods for Examination of water and wastewater ed. 21st 2005 2510B – 4500 – OCB;
- WMO-n. 1044, Manual on Stream Gauging Volume I – Fieldwork, Volume II – Computation of Discharge, 2010;

- APAT IRSA-CNR Manuale n. 29, "Metodi analitici per le acque", 2003; <http://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003400/3498-metodianaalticiacque.zip/view>;
- APAT, Manuale n. 46, "Metodi biologici per le acque", 2007;
- ISPRA, Metodologie di misura e specifiche tecniche per la raccolta e l'elaborazione dei dati idrometeorologici, 2010 <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/files/ispramlg602010.pdf>;
- ISPRA, IDRAIM – Sistema di valutazione IDRomorfologica, Analisi e Monitoraggio dei corsi d'acqua, Manuale tecnico – operativo per la valutazione ed il monitoraggio dello stato morfologico dei corsi d'acqua, 2014 http://www.isprambiente.gov.it/public_files/manuale_113_2014_ver_giugno2.pdf;
- ISPRA, Implementazione della Direttiva 2000/60/CE. Analisi e valutazione degli aspetti idromorfologici., 2011, http://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00010100/10147-analisi-e-valutazione-degli-aspetti-idromorfologici-agosto-2011.pdf/at_download/file;
- UNI EN 14996:2006. Qualità dell'acqua – Linea guida per assicurare la qualità delle valutazioni biologiche ed ecologiche nell'ambiente acquatico;
- UNI EN 27828:1996. Qualità dell'acqua – Metodi di campionamento biologico – Guida al campionamento di macroinvertebrati bentonici mediante retino manuale;
- UNI EN ISO 9377-2: 2002 – Idrocarburi totali;
- UNI EN 10505: 1996: Water Intended For Human Consumption - Determination Of The Total Hardness - Edta Titrimetric Method;
- UNI EN 28265:1995. Qualità dell'acqua – Progettazione e utilizzo di campionatori quantitativi di macroinvertebrati bentonici su substrati rocciosi in acque dolci poco profonde;
- PR EN 16150:2010. Water Quality – Guidance on pro-rata Multi-Habitat sampling of benthic macro-invertebrates from wadeable rivers;
- UNI EN 14184:2004. Qualità dell'acqua - Linee guida per la valutazione delle macrofite acquatiche nelle acque correnti;
- UNI EN 13946:2005. Qualità dell'acqua – Norma guida per il campionamento di routine ed il pretrattamento di diatomee bentoniche da fiumi;
- UNI EN 14407:2004. Qualità dell'acqua – Linea guida per l'identificazione, il conteggio e la classificazione di campioni di diatomee bentoniche da acque correnti;
- Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater has represented "the best current practice of American water analysts." This comprehensive reference covers all aspects of water and wastewater analysis techniques. Standard Methods is a joint publication of the American Public Health Association (APHA), the American Water Works Association (AWWA), and the Water Environment Federation (WEF) <http://www.standardmethods.org/>;
- ISPRA, 2014. Linee guida per la valutazione della componente macrobentonica fluviale ai sensi del DM 260/2010 http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/manuali-lineeguida/MLG_107_14.pdf;
- WMO-n 1044, Manual on Stream Gauging Volume I – Fieldwork, Volume II. Computation of Discharge, 2010.

Acque marine e di transizione

- Brüggmann, L. and Kremling, K. (2007). Methods of Seawater Analysis, Third Edition (eds K. Grasshoff, K. Kremling and M. Ehrhardt), Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim, Germany;

- ICRAM, APAT (2007) - Manuale per la movimentazione di sedimenti marini <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/manuale-per-la-movimentazione-di-sedimenti-marini>;
- ISPRA (2007) – Batterie di saggi ecotossicologici per sedimenti di acque salate e salmastre. I Manuali di Ecotossicologia, 67/2011 <http://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/manuali-lineeguida/mlg-67-2011-n.pdf>;
- MATTM, ICRAM (2001) - Metodologie Analitiche di Riferimento del Programma di Riferimento per il controllo dell'ambiente marino costiero (triennio 2001-2003) <http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/metodologie-analitiche-di-riferimento-del>;
- OSPAR Commission, 1997. "JAMP Guidelines for General Biological Effects Monitoring (Ref. No: 1997-7)";
- OSPAR Commission, 2004. "OSPAR Guidelines for Monitoring the Environmental Impact of Offshore Oil and Gas Activities (Ref. No: 2004-11E)";
- OSPAR Commission, 2008. "JAMP Guidelines for Contaminant-Specific Biological Effects (Ref. No: 2008-9)";
- UNESCO (1988) - The acquisition, calibration and analysis of CTD data. A report of SCOR Working Group 51. UNESCO Technical Papers in Marine Science, 54 http://www.jodc.go.jp/info/ioc_doc/UNESCO_tech/096989eb.pdf.

Comunità bentonica di fondi mobili

- AAVV. 2013 Method for the study of marine benthos. A. Eleftheriou ed. 4th pp.502;
- AAVV. ISPRA. 2008 Scheda Metodologica per il campionamento e l'analisi del macrozoo benthos di fondi mobile;
- Gambi M.C. Dappiano M. 2003 Manuale di campionamento e studio del benthos mediterraneo. Biol. Mar. Medit. 10 (suppl.) 109-144;
- ISO/DIS 16665, 2014 "Water quality- Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macro fauna;
- ISPRA (2012) – Manuale di mareografia e linee guida per i processi di validazione dei dati mareografici. Manuali e linee guida 77/2012 http://www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/files/Manuali_elinee_guida_77_12.pdf;
- Borja, A., Franco, J., Valencia, V., Bald, J., Muxika, I., Belzunce, M.J., Solaun, O., 2004. Implementation of the European Water Framework Directive from the Basque Country (northern Spain): a methodological approach. Marine Pollution Bulletin 48, 209–218;
- Borja, A., Mader, J., Muxika, I., Rodríguez, J.G., Bald, J., 2008. Using M-AMBI in assessing benthic quality within the Water Framework Directive: some remarks and recommendations. Marine Pollution Bulletin 56, 1377–1379;
- Margalef R. (1958). Information theory in ecology. General Systematics 3: 36-71;
- Pielou EC. (1974). Population and community ecology, principles and methods. Gordon and Breach Sci. Publ., New York. 424 pp.;
- Shannon CE, Weaver W. (1949). The mathematical theory of communication. Urbana IL: University of Illinois Press. 117 pp.;
- Simpson E.H. 1949. Measurement of Diversity. Nature 163, 688;
- Muxika, I., Borja, A., Bald, J., 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. Marine

Pollution Bulletin 55, 16–29.

Morfologia costiera

- BEACHMED (2004) - Recupero ambientale e mantenimento dei litorali in erosione con l'utilizzo dei depositi sabbiosi marini. 3° quaderno tecnico (Fase B), 216 pp.;
- Boak E.H., Turner I.L. (2005) - Shoreline Definition and Detection: A Review. *Journal of Coastal Research* 21/4, 688-703;
- AA.VV. (2008) Beach erosion monitoring - Results from BEACHMED-e / OpTIMAL Project
http://www.beachmed.it/Portals/0/SOUSPROJETS/2_1%20OPTIMAL/BeachErosion%20lowres.pdf;
- Brasington J., Rumsby B. T., Mcvey R. A. (2000) - Monitoring and modelling morphological change in a braided gravel-bed river using high resolution GPS - based survey. *Earth Surface Processes and Landforms* 25, 973-990;
- Morton R.A., Leacht M.P., Paine J.G., Cardoza M.A. (1993) - Monitoring Beach Changes Using GPS Surveying Techniques. *Journal of Coastal Research* 9/3, 702-720;
- PODIS Progetto Operativo Difesa del Suolo (2005) – Difesa delle coste e salvaguardia dei litorali – Analisi delle caratteristiche meteo marine al largo e a riva e valutazione dei processi evolutivi costieri;
- Regione Liguria, D.G.R. N. 1793 del 30.12.2005 - Criteri generali da osservarsi nella progettazione degli interventi stagionali di ripascimento degli arenili.