

Allegato D7

Identificazione e
quantificazione degli effetti
delle emissioni in acqua e
confronto con SQA per la
proposta impiantistica per
la quale si richiede
l'autorizzazione

INTRODUZIONE

Il principale impatto della *Centrale* sulla componente acqua è costituito dallo scarico termico in mare dovuto al circuito di raffreddamento; impatti di minore importanza sono costituiti dalla presenza delle opere di presa e scarico e dallo scarico di acque di processo e igienico sanitarie.

1.1

SCARICO TERMICO

La *Centrale* è dotata di un sistema di raffreddamento (condensazione del vapore) ad acqua in ciclo aperto mediante il quale è prelevata acqua dal mare e a esso restituita a temperatura leggermente superiore.

L'acqua prelevata e scaricata non è chimicamente trattata: l'unico impatto è essenzialmente riferibile al contenuto aumento di temperatura. Inoltre, poiché l'acqua di mare circola solo nel condensatore del vapore (in depressione), non vi sono pericoli che essa possa essere contaminata da oli o altre sostanze come può accadere nel caso di impianti in cui l'acqua circola in scambiatori in cui la sostanza da raffreddare è in pressione e/o tossica.

In base a studi condotti dalla Stazione Zoologica "A. Dohrn" di Napoli, si evidenzia che la temperatura dell'acqua marina in superficie è, in genere, compresa fra 13,3 e 24,8 °C, con massimi in agosto e minimi in febbraio.

La portata di acqua scaricata in mare è pari 7 m³/s e l'incremento termico alla bocca di scarico sarà pari a circa 8 °C.

Si rileva quindi che è rispettato il limite assoluto di 35 °C (*D.lgs 152/06*) per le acque di scarico: sommando infatti l'incremento termico nelle acque di scarico (8 °C), alla massima temperatura dell'acqua prelevata dall'opera di presa (pari a 24,8 °C), la temperatura massima raggiungibile dall'acqua di mare, non sarà mai superiore a 35 °C.

Come mostrato nell'Allegato B21 lo scarico termico della *Centrale* è situato nella porzione di SE dello specchio di mare compreso tra la diga foranea Emanuele Filiberto Duca d'Aosta e la costa. Questa porzione di mare è chiusa in tutte le direzioni, tranne a SE, dove sbocca in mare aperto al termine della diga foranea, e a O, dove è ubicato l'ingresso del porto (orientato in direzione NNE-SSO). Essa è quindi caratterizzata dalla presenza di correnti molto deboli, che in prossimità dello scarico di *Centrale* possono avere esclusivamente una direzione parallela all'asse del canale formato dalla costa e dalla diga foranea (NO-SE), ma verso variabile a seconda delle condizioni meteomarine. Il pennacchio dello scarico termico della *Centrale*, in caso di corrente diretta da NO verso SE, uscirà dal canale a SE, in caso di corrente diretta da SE verso NO, uscirà dall'apertura del porto situata ad ovest dello scarico.

Nel *primo caso* è stato stimato l'innalzamento di temperatura nel mare su un arco a 1.000 di distanza dal punto di scarico, come previsto dal *D.lgs. 152/06*, mediante l'utilizzo del modello di calcolo CORMIX, come più avanti dettagliato.

Nel *secondo caso* il pennacchio termico, prima di giungere all'apertura del porto, distante circa 2 km dal punto di scarico, percorrerebbe esclusivamente un tratto di mare situato all'interno del porto di Napoli. Il calcolo dell'innalzamento termico in questo tratto non è ritenuto significativo in termini di impatto ambientale e inoltre è di difficile e incerta valutazione a causa della presenza delle numerose interferenze in esso presenti, quali moli, imbarcazioni, scarichi civili, industriali e termici delle navi in transito. Questi ultimi, in particolare, sono stimabili equivalenti a decine di MW termici. Sarà quindi calcolato l'innalzamento termico in prossimità dell'apertura del porto, punto oltre il quale è ritenuta significativa la valutazione dell'impatto termico dello scarico della *Centrale*.

Come già evidenziato nella Relazione Ambientale presentata da Tirreno Power, in occasione della richiesta di esclusione dalla VIA che ha portato al *Decreto MAP 55/01/2005 del 18/05/2005* di Autorizzazione della *Centrale*, l'Autorità Portuale di Napoli ha in programma la realizzazione di un nuovo Terminale Container mediante colmata in corrispondenza della Darsena di Levante, situata in prossimità della *Centrale*. Tale progetto, autorizzato dal Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio e del Mare con Decreto VIA n°5 del 9 gennaio 2008, prevede la realizzazione, a carico della stessa Autorità Portuale, di un nuovo circuito di raffreddamento della *Centrale* costituito dalle opere di presa e di scarico.

Nel presente Allegato D7, quindi, è stato stimato l'innalzamento di temperatura nel mare su un arco a 1.000 di distanza dal punto di scarico (*primo caso*) mediante l'utilizzo del modello di calcolo CORMIX sia nelle attuali condizioni di scarico che in quelle di prossima realizzazione. L'ubicazione dello scarico di *Centrale* nelle due situazioni considerate è riportata nelle planimetrie dell'Allegato B21.

In caso di corrente diretta da SE verso NO (*secondo caso*), il calcolo dell'innalzamento termico in prossimità dell'apertura del porto è valido sia per la condizione attuale di scarico che per quella futura.

1.1.1

Il codice di Simulazione: CORMIX

CORMIX, il codice utilizzato nel presente studio, consiste di tre sottosistemi integrati che permettono l'analisi, la previsione e la rappresentazione del comportamento degli scarichi in acque superficiali, con particolare attenzione alle caratteristiche di diluizione e dispersione degli inquinanti e alla geometria della zona di miscelazione:

- CORMIX1, che permette di simulare il comportamento di singoli scarichi sommersi in ambienti stratificati e non stratificati, quali fiumi, laghi, estuari e acque costiere;
- CORMIX2 si occupa degli scarichi sommersi multipli in ambienti stratificati e non stratificati, quali fiumi, laghi, estuari e acque costiere;
- CORMIX3 si occupa degli scarichi di superficie caratterizzati da flussi in grado di galleggiare. Il modello è limitato agli scarichi galleggianti.

Nelle analisi di CORMIX, tutte le valutazioni relative alla zona di miscelazione (rimescolamento), sono effettuate presupponendo che le condizioni ambientali siano stazionarie: questo vale sia per il flusso dello scarico (velocità o portata costante) che per il corpo recettore (velocità costante).

I tre sottosistemi di CORMIX richiedono in generale che la sezione verticale del corpo recettore sia descritta o schematizzata come un canale rettangolare uniforme e liscio che può essere limitato lateralmente (corsi d'acqua superficiali) o non essere limitato (coste o laghi). La velocità del fluido nell'ambiente viene supposta come uniforme attraverso la sezione verticale. Inoltre, CORMIX3 presuppone un profilo di densità verticale uniforme per il corpo recettore.

Tutti i sistemi di CORMIX possono predire la miscelazione sia per i processi conservativi che per processi non conservativi con decadimento di primo ordine e possono simulare lo scambio di calore nel caso l'effluente sia termico.

Anche se nella realtà non esiste un ambiente in stato stazionario, questo presupposto è solitamente adeguato a simulare l'ambiente in quanto i processi di miscelazione sono abbastanza veloci rispetto alla scala temporale delle variazioni idrografiche. Nel caso di maree caratterizzate da un'ampia variabilità nel flusso il presupposto non è più valido e si può verificare una accumulazione significativa dell'inquinante indagato. In questo caso CORMIX prevede la possibilità di valutare gli effetti dovuti alle maree (indicando il tempo di ritorno e le altezze media dell'alta e bassa marea) descrivendo gli effetti di ritrascinamento sul comportamento del pennacchio. In questa sede si ritiene che il problema non sia rilevante e che sia adeguata una simulazione standard, data la scarsa escursione (< 0,30 m) del livello del mare del golfo di Napoli.

CORMIX contiene uno schema rigoroso di classificazione delle diverse tipologie di flussi che possono svilupparsi da scarichi sommersi o superficiali.

La differente classificazione viene determinata dalle seguenti caratteristiche:

- ambiente del corpo recettore;
- caratteristiche dello scarico;
- caratteristiche della "mixing zone" (zona di rimescolamento).

Per ognuno di questi aspetti il modello prevede un set di dati di input, sulla base dei quali il programma determina il valore di alcuni parametri (*scale di lunghezza*) che permettono di valutare il comportamento del flusso.

I dati di input relativi alla caratterizzazione dell'ambiente sono comuni ai tre sottosistemi di CORMIX e sono divisi in due tipologie di corpo recettore:

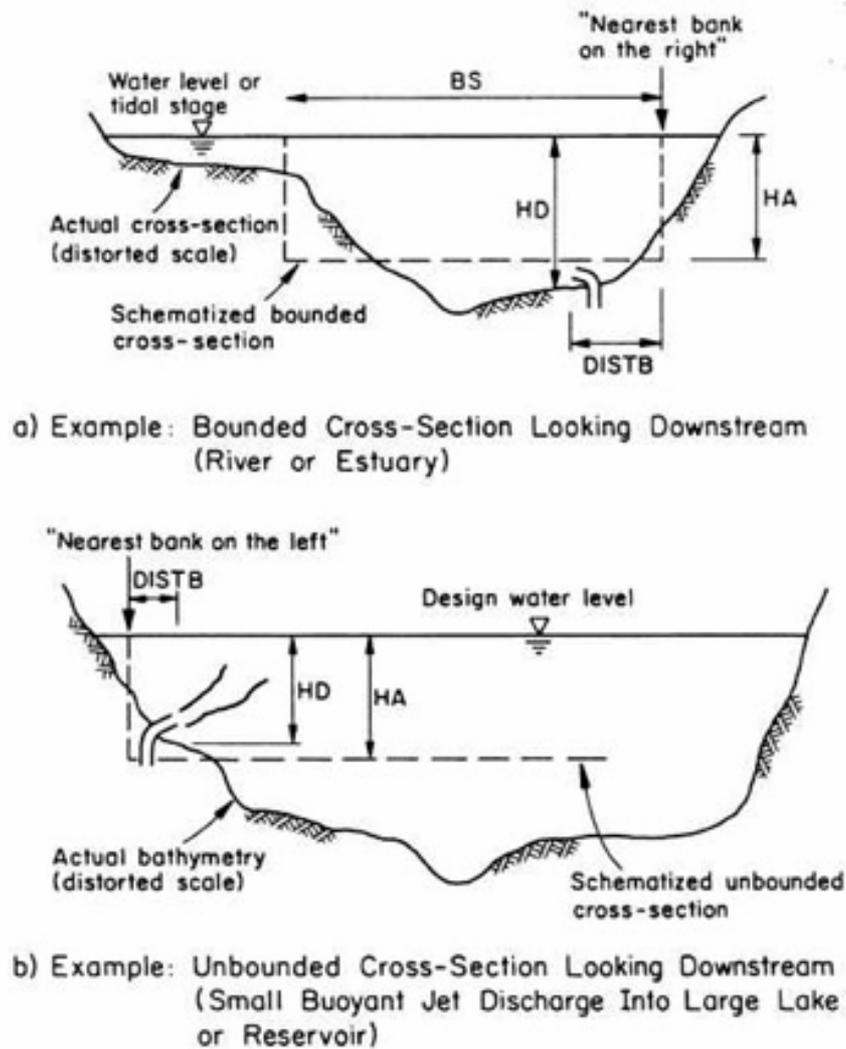
- acque lentiche (corsi d'acqua superficiali naturali o artificiali);
- acque lotiche, o marine.

Per entrambe le tipologie CORMIX richiede che la sezione trasversale del corpo ricettore sia descritta come una regione rettangolare che può essere lateralmente limitata o non limitata. Questa semplificazione è necessaria per calcolare l'effetto dell'interazione al contorno (*Boundary Interactions*) sul comportamento della zona di miscelazione. Le *Boundary Interactions* si hanno quando il flusso determinato dallo scarico entra in contatto con le superfici laterali (sponde o costa) del corpo ricettore o con il fondo. Le *Boundary Interaction* possono verificarsi anche in acque che presentano stratificazione verticale della densità, nello strato di passaggio da uno strato all'altro.

Inoltre la sezione verticale che descrive l'ambiente del corpo recettore è ipotizzata essere uniforme nel senso della corrente, ma la sezione verticale cambia lungo la direzione del flusso seguendo l'andamento del corso d'acqua che può essere uniforme, moderatamente meandriforme o meandriforme.

Nella *Figura 1.1.1a* è riportato un esempio di schematizzazione della sezione verticale del corpo recettore: poiché grande attenzione viene posta nella valutazione dell'interazione al contorno in quanto influenza fortemente i processi di rimescolamento, notevole attenzione deve essere posta nella modalità di semplificazione/simulazione dei contorni locali nell'analisi della zona di miscelazione. Quando avviene l'interazione tra il flusso e una superficie laterale quale a esempio le sponde del corpo recettore si possono determinare alte concentrazioni della sostanza inquinante con effetti bentonici indesiderabili.

Figura 1.1.1a Esempi del Procedimento di Schematizzazione della Sezione Trasversale del Corpo Recettore



Nei seguenti *Paragrafi* si riporta una descrizione dei Sottosistemi CORMIX1 e CORMIX3, utilizzati nelle modellazioni relative alla diffusione del pennacchio termico della *Centrale*.

1.1.2 Il Sottosistema CORMIX1

CORMIX1 analizza il comportamento di singoli scarichi sommersi a sezione circolare in ambienti stratificati e non stratificati.

Il modello è in grado di valutare le diverse influenze sul rimescolamento dello scarico dovute a differenze nella geometria e nell'orientamento dello scarico, oltre che alle caratteristiche fisiche del corpo recettore.

La classificazione del flusso viene infine effettuata sulla base dell'interazione tra lo scarico e l'ambiente, valutando i comportamenti specifici del flusso in funzione principalmente di:

- Scarico:
 - velocità (o portata) iniziale dello scarico;

- geometria e inclinazione dello scarico.
- Ambiente Recettore:
 - rapporto di densità tra acque di scarico e corpo recettore;
 - stratificazione dell'ambiente;
 - velocità della corrente;
 - profondità media delle acque e profondità allo scarico.

Lo specifico comportamento nella dispersione degli inquinanti per ogni tipologia di Scarico/ Ambiente viene valutato attraverso un diagramma di flusso che permette, sulla base dei valori ottenuti per alcuni parametri relativi al flusso e all'ambiente, di indirizzare la scelta verso una categoria specifica di simulazione. Lo schema di classificazione pone particolare attenzione al comportamento dello scarico nel near-field ed usa il concetto di "length scale", come misura dell'influenza di ogni processo sul rimescolamento. Il comportamento di flusso nel far-field, è in gran parte controllato dalle caratteristiche ambientali. La scala di lunghezza è una misura dinamica dell'influenza di alcune caratteristiche idrodinamiche sul rimescolamento.

Sulla base dei dati di input (ambiente, scarico, zona di miscelazione) CORMIX1 calcola le scale di lunghezza che sono i parametri fondamentali utilizzati per selezionare uno scenario di rimescolamento rispetto a un altro:

- $L_M = M_0^{3/4} / J_0$, che indica la lunghezza del tratto del flusso in cui si ha la transizione dalla regione jet-like (dove il flusso e il rimescolamento sono dominati solo dall'iniziale velocità di iniezione) alla regione plume-like (dove flusso di galleggiamento guida il rimescolamento);
- $L_m = M_0^{1/2} / u_a$ che indica la lunghezza del tratto del flusso in cui si ha la transizione da jet (flusso) poco deviato a flusso deviato fortemente dalla corrente del corpo recettore;
- $L_b = J_0 / u_a^3$ che indica la regione terminale del tratto del flusso dominata dal flusso di galleggiamento.
- $L'_m = M_0^{1/4} / e^{1/4}$ che indica, nel caso di ambienti stagnanti linearmente stratificati, la lunghezza del tratto del flusso jet-like alla quale il pennacchio inizia a risentire consistentemente della stratificazione;
- $L'_b = J_0^{1/4} / e^{3/8}$ che indica nel caso di ambienti stagnanti linearmente stratificati, la lunghezza del tratto del flusso plume-like alla quale il pennacchio inizia a risentire consistentemente della stratificazione;

dove:

- $Q_0 = u_0 A_0$ è la portata dello scarico (A è l'ampiezza e u la velocità);
- $M_0 = u_0 Q_0$ è il momento del flusso;
- $J_0 = g'_0 Q_0$ è il flusso di galleggiamento;
- e è il gradiente di galleggiamento ambientale.

1.1.3

Il Sottosistema CORMIX3

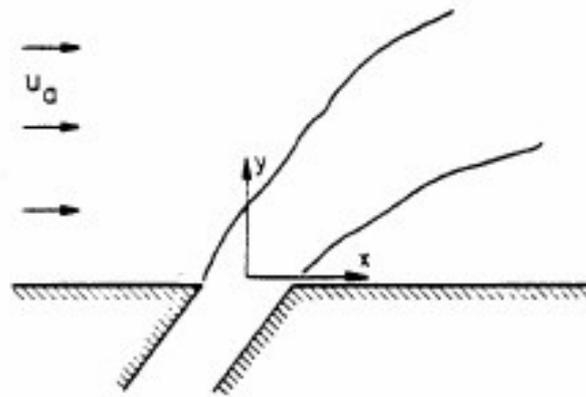
CORMIX3 analizza gli scarichi di superficie caratterizzati da flusso di galleggiamento positivo che si hanno quando un effluente fluisce lateralmente in un corpo idrico di maggiori dimensioni, tramite un canale o una tubatura che si immette vicino alla superficie.

Il modello è in grado di valutare le differenti influenze sul rimescolamento dello scarico dovute a differenze nella geometria e nell'orientamento dello scarico. Le strutture di scarico all'interno di CORMIX3 sono indicate nelle seguenti *Figure 1.1.3a* e *1.1.3b*:

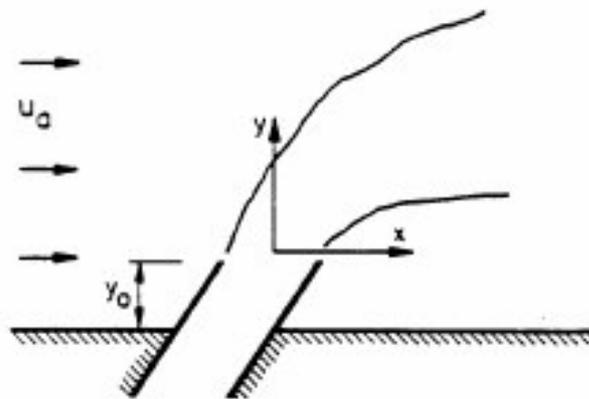
- scarico Flush, allo stesso livello della sponda o della costa;
- scarico Protrudine, sporgente rispetto alla sponda o alla costa;
- scarico Co-flowing, parallelo rispetto alla costa o alla sponda.

Inoltre CORMIX valuta le caratteristiche del corpo ricevente allo scarico quali profondità e inclinazione del fondo in quanto determinano un'eventuale possibilità di interazione del flusso con il fondo.

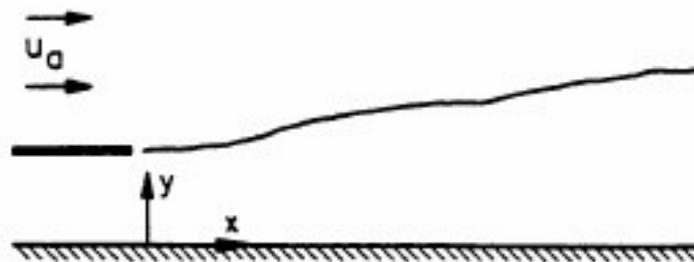
Figura 1.1.3a Configurazioni Possibili di Scarico Rispetto alla Sponda del Corpo Recettore Previste da CORMIX3.



a) Discharge flush with bank

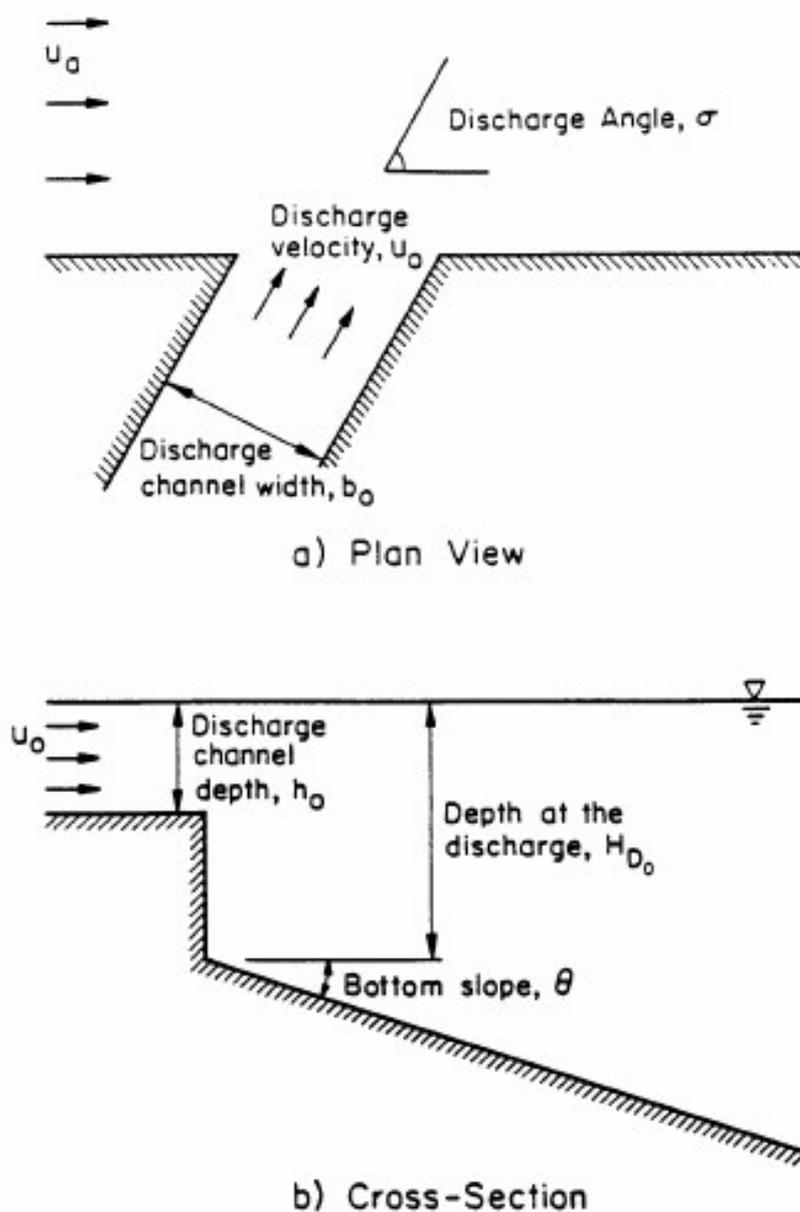


b) Protruding discharge



c) Coflowing along downstream bank

Figura 1.1.3b Esempio di Sezione Geometrica di uno Scarico Superficiale



La classificazione del flusso viene infine effettuata sulla base dell'interazione tra lo scarico e l'ambiente, valutando i comportamenti specifici del flusso, come già descritto nella trattazione del Sottosistema CORMIX1.

Sulla base dei dati di input (ambiente, scarico, zona di miscelazione) CORMIX3 calcola le scale di lunghezza che sono i parametri fondamentali utilizzati per selezionare uno scenario di rimescolamento rispetto a un altro:

- $L_M = M_0^{3/4} / J_0$, che indica la lunghezza del tratto del flusso in cui si ha la transizione dalla regione jet-like (dove il flusso e il rimescolamento sono dominati solo dall'iniziale velocità di iniezione) alla regione plume-like (dove flusso di galleggiamento guida il rimescolamento);

- $L_Q = Q_0 / M_0^{1/2}$ che indica la regione del tratto del flusso dominata fortemente dalla geometria dello scarico;
- $L_m = M_0^{1/2} / u_a$ che indica la lunghezza del tratto del flusso in cui si ha la transizione da jet (flusso) poco deviato a flusso deviato fortemente dalla corrente del corpo recettore;
- $L_b = J_0 / u_a^3$ che indica la regione terminale del tratto del flusso dominata dal flusso di galleggiamento.

dove:

- $Q_0 = u_0 A_0$ è la portata dello scarico (A è l'ampiezza e u la velocità);
- $M_0 = u_0 Q_0$ è il momento del flusso;
- $J_0 = g'_0 Q_0$ è il flusso di galleggiamento.

1.1.4 *Impatto Termico in Caso di Corrente Diretta verso SE*

Come sopra indicato, il modello CORMIX è stato utilizzato per il calcolo dell'innalzamento di temperatura nel mare dovuto all'attività della *Centrale* a 1.000 metri di distanza dal punto di scarico, nel caso di corrente diretta verso SE all'interno del canale delimitato dalla diga foranea e dalla costa (parallela alla diga foranea).

1.1.4.1 *Scenario Attuale*

Vista la particolarità del luogo si ritiene che il calcolo della diffusione del pennacchio termico non sia di facile realizzazione. In particolare la stima dell'impatto termico è notevolmente influenzata dalle condizioni di corrente all'interno del canale costituito dalla costa e dalla diga foranea. In caso di corrente ben definita la stima mediante codice di calcolo è precisa e consente una corretta definizione del pennacchio termico: in caso di corrente molto debole e in condizioni stagnanti, come nel caso in esame, non è possibile una definizione corretta del pennacchio termico.

Nel seguito è stato quindi definito un caso base, per il quale sono stati fissati i parametri geometrici e fisici dello scarico e dell'ambiente ricettore, con il quale sono state compiute diverse simulazioni, considerando differenti velocità della corrente per meglio rappresentare la situazione quasi stagnante della porzione di mare in oggetto. Le velocità della corrente scelte per le simulazioni sono comprese tra 0,1 m/s e 0,005 m/s e permettono il calcolo dell'impatto termico sia in condizioni di corretta definizione del pennacchio termico (fino a 0,05 m/s), sia in condizioni in cui questo non sia più possibile (per velocità inferiori). Come sarà indicato nei risultati delle simulazioni riportati più avanti, nel range di velocità considerate, l'impatto termico (misurato in termini di incremento massimo di temperatura del mare a 1.000 m di distanza dal punto di scarico) aumenta con l'aumentare della velocità della corrente, si ritiene quindi che i risultati ottenuti siano assolutamente cautelativi e comprensivi delle situazioni ambientali peggiori possibili per l'area in esame. Velocità superiori a 0,1 m/s non sono comunque ritenute possibili.

Situazioni di acqua completamente stagnante all'interno del porto di Napoli non sono state considerate significative ai fini della stima dell'incremento termico. Considerando infatti che lo specchio d'acqua all'interno dell'area portuale (compresa la parte delimitata dalla diga foranea) ha una superficie approssimativamente di 3 milioni di m² e ipotizzando una profondità media di 10 m, per incrementare di 3 °C il volume di acqua in esso contenuto (pari a circa 30 milioni di m³) in assenza di scambi con l'esterno sarebbero necessari 17 giorni. Si rileva inoltre che sarebbero sufficienti gli afflussi/deflussi di acqua dovuti alla marea per mantenere l'incremento termico dovuto allo scarico della *Centrale* nell'area interna al porto al di sotto di 3 °C. Infatti considerando la differenza media tra l'alta e la bassa marea nella zona di Napoli, pari a 0,295 m (*fonte: Tavole di Marea dell'Istituto Idrografico della Marina*), si avrebbe uno scambio giornaliero tra l'area del porto e l'esterno di un volume di acqua pari 1.770.000 m³. Questo volume, miscelato con lo scarico di *Centrale* (circa tre volte inferiore) è sufficiente a ridurre l'incremento termico da 8 °C (misurato al punto di scarico) a circa 2,3 °C.

In considerazione della reale geometria dello scarico si è deciso di utilizzare il sottosistema CORMIX3. È stata selezionata la geometria di simulazione del canale di scarico di tipo "flush". La sezione di scarico è stata posta sulla costa in corrispondenza della darsena nella quale sfocia il canale di scarico, inclinata di 30° rispetto all'asse del canale delimitato dalla costa e dalla diga foranea. L'angolo di 30° si riferisce al percorso minimo che il pennacchio deve fare per superare la scogliera localizzata a circa 200 m a SE del punto di scarico. Poiché la geometria dell'area circostante lo scarico non è tecnicamente rappresentabile nel modello di calcolo, per lo scenario valutato come il più indicativo delle reali condizioni di diffusione termica dopo l'esecuzione delle prime simulazioni (scenari base) con le diverse velocità della corrente, sono state compiute delle ulteriori simulazioni di verifica considerando un'inclinazione dello scarico di 20° e 40°.

La pendenza del fondo in prossimità dello scarico è stata assunta di 0,5°, misurata ortogonalmente alla costa. La profondità caratteristica del tratto di mare considerato è posta coincidente alla profondità media rilevata tra la costa e la diga foranea, cioè pari a 5 m. Il corpo recettore è stato considerato di tipo moderatamente meandriforme e delimitato da sponde laterali distanti tra loro 200 m. Questo valore è assolutamente cautelativo in quanto la reale distanza tra la costa e la diga foranea è compresa tra 200 e 500 m.

La sezione del canale di scarico è stata considerata coincidente con la sezione bagnata della darsena, di base pari a 10 m e altezza di 0,5 m.

La velocità del vento è stata posta pari a 2 m/s. Per lo scenario valutato come il più indicativo delle reali condizioni di diffusione termica, dopo l'esecuzione delle simulazioni con diverse velocità della corrente (scenari base), sono state compiute delle ulteriori simulazioni di verifica considerando velocità del vento pari a 0, 5 e 10 m/s.

Per l'analisi della situazione sono stati quindi definiti i seguenti parametri base, utilizzati per la modellazione di tutti gli scenari considerati:

- larghezza dello scarico: 10 m;
- profondità dell'acqua nello scarico: 0,5 m;
- profondità caratteristica del mare tra la costa e la diga foranea : 5 m;
- portata complessiva dello scarico: 7 m³/s;
- innalzamento termico nel punto di scarico: 8 °C;
- distanza tra la costa e la diga foranea: 200 m;
- coefficiente di scabrosità di Manning del fondo marino: 0,025;
- densità dell'acqua di mare a 18° C: 1.025,5 kg/m³;
- densità dell'acqua di mare a 27° C: 1.023,5 kg/m³;
- direzione della corrente: SE (parallela alla diga foranea).

Tutte le simulazioni effettuate prevedono un flusso di Tipo SA2. La stabilità del risultato, in termini di tipo di flusso, è importante: significa che il risultato della simulazione è molto affidabile in quanto subisce piccole variazioni al variare dei parametri di ingresso all'interno di un ragionevole intervallo.

Il tipo di flusso predetto è dinamicamente collegato alla riva sottocorrente, dove esiste una zona di ricircolo dello scarico che ne riduce la diluizione. Poiché la profondità dello scarico è prossima alla profondità del corpo recettore, il flusso tende a trattenersi sul fondo. Questo può ostacolare la corrente ambientale circostante ed essere causa del collegamento alla riva sottocorrente. Il flusso di classe SA2 presenta i seguenti regimi in funzione dell'allontanamento dal punto di scarico:

- *getto debolmente deviato*: il mescolamento è dominato dalla quantità di moto iniziale del getto, che causa una diffusione relativamente uniforme nella direzione orizzontale. La deviazione dovuta alla corrente ambientale è piuttosto debole. Questo regime tende a diventare molto debole e inesistente per i flussi attaccati alla linea di costa;
- *getto fortemente deviato*: il mescolamento è ancora dominato dalla quantità di moto che causa una diffusione relativamente uniforme nella direzione orizzontale. Il flusso è però fortemente curvato e dinamicamente connesso alla linea di costa. Esiste una zona di ricircolo tra il centro del flusso e la costa. Il flusso rimane vincolato al fondo durante tutto questo regime;
- *pennacchio fortemente deviato*: il flusso può risalire dal fondo se possiede una capacità di galleggiamento sufficiente. La sezione trasversale del flusso è progressivamente alterata a causa della spinta di galleggiamento trasmessa lateralmente. Parte dell'effluente in questa zona ricircola controcorrente, lungo la linea di costa. Tuttavia, il tasso di mescolamento è basso;
- *diffusione governata dal galleggiamento*: il pennacchio si diffonde lateralmente lungo la superficie mentre è trasportato dalla corrente ambientale (advezione). Non c'è un cambiamento netto della traiettoria del pennacchio. Il tasso di mescolamento è relativamente piccolo;
- *diffusione passiva*: la turbolenza ambientale inizia ad essere il processo predominante di mescolamento. Il pennacchio cresce in direzione

orizzontale e verticale ad una velocità che dipende dall'intensità della turbolenza. In queste condizioni il flusso può interagire con il fondo.

Il flusso SA2 è quindi uno dei meno favorevoli alla diffusione del calore: un flusso maggiormente ortogonale alla corrente (e quindi diretto verso il mare) permette una migliore diffusione. Tale flusso è impedito dalla geometria della darsena in cui scarica la *Centrale* e dalla presenza, oltre di essa, della scogliera situata sottocorrente.

Nella seguente *Tabella 1.1.4.1a* sono riportati i risultati per gli scenari simulati, con indicati i differenti valori utilizzati per le variabili velocità della corrente, inclinazione dello scarico e velocità del vento. I risultati si riferiscono alla temperatura dell'acqua alla distanza di 1.000 metri dallo scarico della *Centrale*. Poiché l'output del codice di calcolo fornisce i risultati ad intervalli spaziali predefiniti, sono cautelativamente riportati i valori coincidenti o immediatamente inferiori alla distanza di 1.000 metri.

Tabella 1.1.4.1a **Scenari Simulati e Risultati Ottenuti**

Caso	Velocità corrente (m/s)	Velocità vento (m/s)	Inclinazione scarico (°)	ΔT massimo Stimato (°C)
Scenari base:				
Caso 1	0,1	2	30	2,30
Caso 2	0,08	2	30	1,90
Caso 3	0,05	2	30	1,46
Caso 4	0,02	2	30	0,64
Caso 5	0,01	2	30	0,64
Caso 6	0,005	2	30	\cong 0,64
Scenari di verifica:				
Caso 3a	0,05	0	30	1,46
Caso 3b	0,05	5	30	1,46
Caso 3c	0,05	10	30	1,41
Caso 3d	0,05	2	20	1,21
Caso 3e	0,05	2	40	1,69

Come è possibile notare dalla *Tabella* precedente, in tutte le situazioni considerate lo scarico rispetta il limite normativo di 3 °C a 1.000 metri di distanza dal punto di scarico ed è compreso tra 0,64 e 2,30 °C. Tra gli scenari valutati si ritiene il più rappresentativo della situazione reale il Caso 3 (velocità della corrente pari a 0,05 m/s) per il quale è stato calcolato un ΔT a 1.000 pari a 1,46 °C. Per velocità inferiori non è infatti possibile una corretta definizione del pennacchio termico tramite il modello.

L'assunzione considerata nel Caso 3 è comunque cautelativa, in quanto velocità di corrente superiori sono alquanto improbabili a causa della quasi completa chiusura del tratto di mare considerato, e correnti inferiori, sicuramente meglio descrittive della situazione reale, portano a un minore innalzamento termico dell'acqua di mare a 1.000 metri di distanza dallo scarico.

Successivamente sono state compiute delle ulteriori simulazioni di verifica utilizzando come scenario base il Caso 3 e modificando la velocità del vento e l'inclinazione dello scarico rispetto alla linea di costa. Come è possibile notare

la variazione della velocità del vento non è significativa ai fini dell'impatto termico; l'inclinazione dello scarico rispetto alla costa, pur non essendo significativo, risulta essere un parametro che influenza maggiormente la diffusione del pennacchio termico. A tal riguardo occorre sottolineare che l'influenza è dovuta sostanzialmente all'effetto della spinta iniziale del flusso che determina una diversa diffusione del pennacchio. Nel caso in esame, l'effetto della spinta iniziale del pennacchio è sovrastimata, in quanto la darsena ove avviene lo scarico è stata posizionata sulla sponda del canale ideale di larghezza pari a 200 m, delimitato dalla costa e dalla diga foranea. In realtà invece essa è posizionata in una posizione arretrata di circa 300 m rispetto al canale considerato, in quanto è situata nella parte più interna della costa delimitata dal molo situato ad ovest e dalla scogliera situata più ad est.

1.1.4.2 *Scenario futuro*

Come anticipato, lo scenario qui descritto è relativo alla nuova localizzazione del circuito di raffreddamento della *Centrale* costituito dalle opere di presa e di scarico, autorizzato dal Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio e del Mare con Decreto VIA n°5 del 9 gennaio 2008, con cui l'Autorità Portuale realizzerà il un nuovo Terminale Contenitori in corrispondenza della Darsena di Levante.

La posizione della nuova opera di presa e di scarico della centrale di Napoli Levante sono riportati in *Figura 1.1.4.2a*.

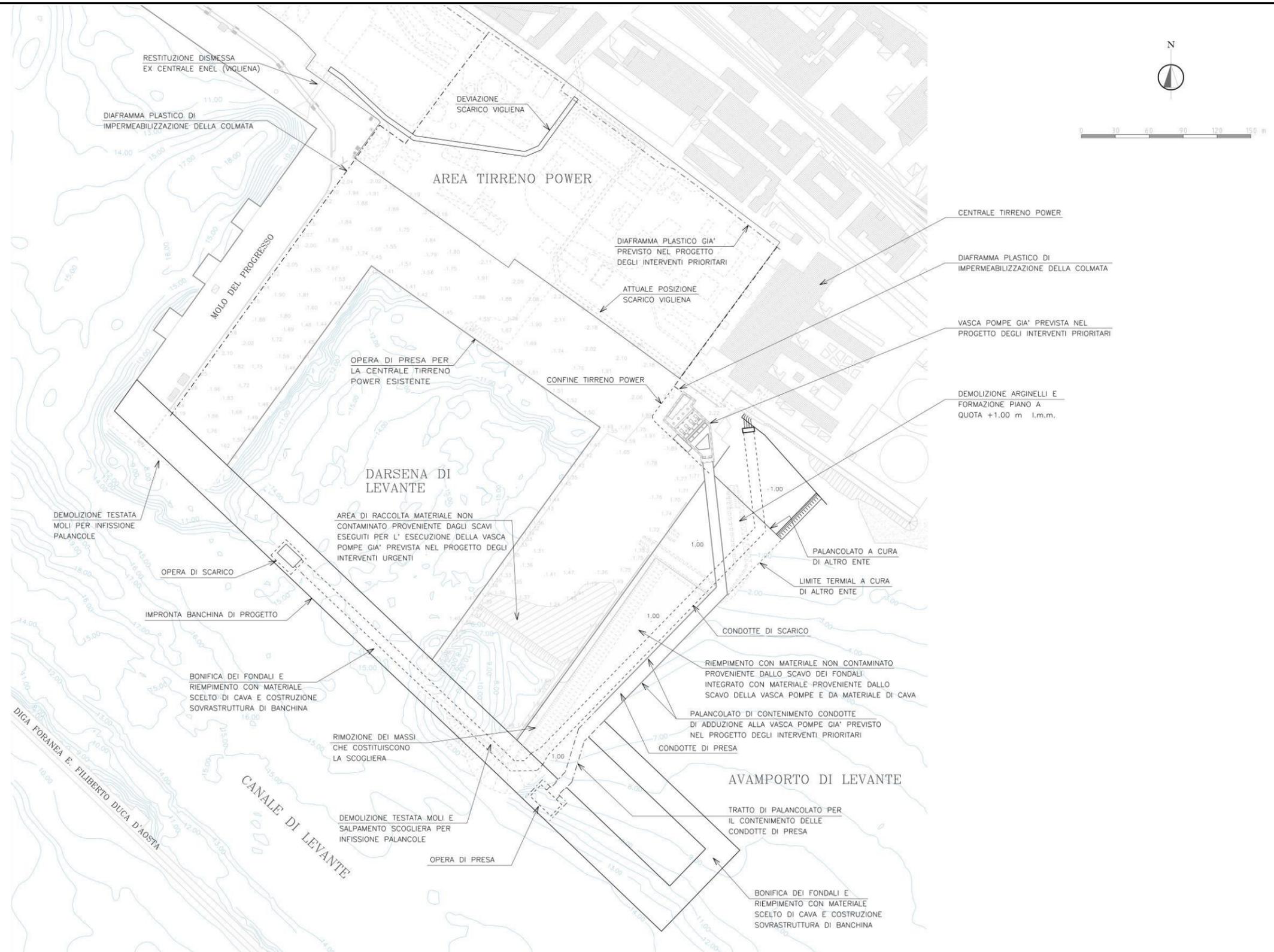
Il progetto di fatto prevede la creazione di una banchina per il deposito dei contenitori che si estende dall'attuale molo del Progresso al successivo molo a SE. Lo scarico della *Centrale*, attualmente situato nella porzione di SE dello specchio di mare compreso tra la diga foranea Emanuele Filiberto Duca d'Aosta e la costa, viene spostato di circa 500 m, indicativamente a metà della banchina di nuova costruzione (si veda l'*Allegato B21*).

Lo scarico avverrà direttamente nel canale che si viene a formare tra la nuova banchina e l'esistente diga foranea, ad una profondità compresa fra 11 e 14 metri.

Nel punto di scarico il fondo del canale è profondo circa 15 m. Per i vincoli delle impostazioni modellistiche, nelle simulazioni è stato considerato un fondale pari a 20 m. Tale assunzione, tuttavia, non comporta alcuna variazione nei risultati dello scenario simulato, a causa della forte componente di galleggiamento dello scarico termico. Il pennacchio, infatti, non appena immesso nel corpo recettore tende a spostarsi verso la superficie, con limitate interazioni con lo strato d'acqua sottostante al punto di scarico.

Considerando l'ubicazione dello scarico di *Centrale*, le simulazioni sono state effettuate mediante il sottosistema CORMIX1. Questo processore, infatti, prevede la possibilità di simulare scarichi sommersi.

Figura 1.1.4.2a Scenario Successivo alle Modifiche Previste dall'Autorità Portuale – Ubicazione Opere di Presa e di Scarico



Analogamente a quanto fatto per lo scenario attuale, si è valutato l'impatto indotto sul corpo recettore considerando una portata di 7 m³/s ed un incremento termico di 8 °C nel punto di scarico.

Il nuovo scarico sarà diretto a 45° dalla banchina verso ponente, con una velocità di 0,3 m/s. Le simulazioni sono state effettuate considerando un diametro equivalente della sezione pari a 5,45 m (derivante dalla portata e velocità di scarico, rispettivamente pari a 7 m³/s e 0,3 m/s).

Qui di seguito si riporta il valore dei principali parametri utilizzati per la modellazione di tutti gli scenari considerati:

- Diametro della sezione equivalente dello scarico: 5,45 m;
- profondità dell'acqua nello scarico: tra 11 m e 14 m;
- profondità caratteristica del mare tra la costa e la diga foranea: 20 m;
- portata complessiva dello scarico: 7 m³/s;
- innalzamento termico nel punto di scarico: 8 °C;
- distanza tra la banchina e la diga foranea: 200 m;
- coefficiente di scabrosità di Manning del fondo marino: 0,025;
- densità dell'acqua di mare a 18° C: 1.025,5 kg/m³;
- densità dell'acqua di mare a 27° C: 1.023,5 kg/m³;
- direzione della corrente: SE (parallela alla diga foranea).

Le condizioni tipiche dell'ambiente ricettore sono rimaste invariate rispetto al caso attuale valutato al §1.1.4.1. Anche la distanza tra la banchina e la diga foranea è stata mantenuta conservativamente pari a 200 m, sebbene risulti maggiore (pari a circa 250 m).

Tutte le simulazioni effettuate prevedono un flusso di tipo H4-90. Tale stabilità di flusso è importante: indica infatti che il risultato della simulazione è poco influenzato dalla variazione dei parametri in ingresso al modello, all'interno di un ragionevole intervallo.

Il flusso di tipo H4-90 è caratteristico di uno scarico sommerso che esce orizzontale rispetto al fondo del canale. Questa è una configurazione idrodinamicamente stabile, in cui la quantità di moto dello scarico è debole in relazione all'effetto stabilizzante del galleggiamento dello scarico, che invece risulta consistente. Questa tipologia di flusso presenta i seguenti regimi in funzione dell'allontanamento dal punto di scarico:

- *getto debolmente deviato*: il mescolamento è dominato dalla quantità di moto iniziale del getto, che causa una diffusione relativamente uniforme nella direzione orizzontale. La deviazione dovuta alla corrente ambientale è piuttosto debole;
- *getto galleggiante debolmente deviato*: dopo aver percorso una breve distanza l'effetto di galleggiamento diventa preponderante e il pennacchio tende a risalire in superficie; l'influenza della corrente rimane modesta;

- *formazione di uno strato superficiale*: dopo aver raggiunto la superficie o il picnoclino, il pennacchio tende a distribuirsi radialmente lungo la superficie a causa dell'elevata forza di galleggiamento; sono possibili fenomeni di risalita della corrente;
- *diffusione governata dal galleggiamento*: il pennacchio si diffonde lateralmente lungo la superficie mentre è trasportato dalla corrente ambientale (advezione). Non c'è un cambiamento netto della traiettoria del pennacchio. Il tasso di mescolamento è relativamente piccolo;
- *diffusione passiva*: la turbolenza ambientale inizia ad essere il processo predominante di mescolamento. Il pennacchio cresce in direzione orizzontale e verticale ad una velocità che dipende dall'intensità della turbolenza. In queste condizioni il flusso può interagire con il fondo.

Come condizione speciale per questo flusso il modello prevede che, nel caso di ambienti stagnanti, le condizioni di *far-field* (quarto e quinto dei punti precedenti) non vengano simulate. La definizione delle concentrazioni in questo caso non sono quindi accurate.

Nella successiva *Tabella 1.1.4.2a* si riportano i risultati ottenuti nelle simulazioni con riferimento ai medesimi casi di corrente e velocità del vento studiati nel precedente §1.1.4.1. Le analisi di sensitività precedentemente condotte sull'inclinazione dello scarico non sono state ripetute in quanto, in questo caso, questa è determinata e pari a 45° in direzione ponente.

Tabella 1.1.4.2a **Scenari Simulati e Risultati Ottenuti**

Caso	Velocità corrente (m/s)	Velocità vento (m/s)	Inclinazione scarico (°)	ΔT massimo Stimato (°C)
Caso 1	0,1	2	45	2,03
Caso 2	0,08	2	45	2,41
Caso 3	0,05	2	45	2,31
Caso 4	0,02	2	45	n.d. ⁽¹⁾
Caso 5	0,01	2	45	n.d. ⁽¹⁾
Caso 6	0,005	2	45	n.d. ⁽¹⁾
Caso 3a	0,05	0	45	2,32
Caso 3b	0,05	5	45	2,14
Caso 3c	0,05	10	45	1,17

⁽¹⁾Il flusso ricade nelle condizioni di stagnazione che comportano non accuratezza nella previsione. Tali condizioni tuttavia, come già evidenziato nel precedente Paragrafo 1.1.4.1, è presumibile che portino a un minore innalzamento termico dell'acqua di mare a 1.000 metri di distanza dallo scarico.

Come è possibile osservare dalla *Tabella* precedente, i risultati delle simulazioni indicano che il pennacchio termico rispetta il limite normativo di 3 °C a 1.000 metri di distanza dal punto di scarico, essendo compreso tra 1,17 e 2,41 °C. Tra gli scenari valutati si ritiene il più rappresentativo della situazione reale il Caso 3 (velocità della corrente pari a 0,05 m/s) per il quale è stato calcolato un ΔT a 1.000 pari a 2,31 °C. Per velocità inferiori non è infatti possibile una corretta definizione del pennacchio termico tramite il modello. Dai risultati evidenziati nel precedente *Paragrafo 1.1.4.1*, tuttavia, è presumibile che tali situazioni portino a un minore innalzamento termico dell'acqua di mare a 1.000 metri di distanza dallo scarico.

Successivamente, sono state compiute delle ulteriori simulazioni di verifica utilizzando come scenario base il Caso 3 e modificando la velocità del vento. Come è possibile notare la variazione della velocità del vento non è significativa per velocità basse (circa 5 nodi). Per velocità superiori (10 nodi) si assiste a una sensibile riduzione dell'impatto termico a 1.000 m dal punto di scarico.

1.1.5 *Impatto Termico in Caso di Corrente Diretta verso NO*

Come sopra indicato, nel caso in cui la corrente all'interno del canale delimitato dalla diga foranea e dalla costa sia diretta verso NO (parallela alla diga foranea) si ritiene che il calcolo dell'incremento termico nel mare sia significativo in prossimità dell'ingresso del porto, situato ad ovest del punto di scarico. All'interno del porto, oltre che di difficile realizzazione a causa delle numerose interferenze, non è ritenuto rilevante ai fini della stima dell'impatto ambientale. Si sottolinea comunque che i limiti normativi in questo tratto di mare sono rispettati.

Il calcolo dell'incremento termico all'ingresso del porto è stato eseguito in maniera semplificata e cautelativa, le ipotesi assunte e i risultati ottenuti sono i seguenti.

L'ingresso del porto è situato a circa 2.000 metri dal punto di scarico e l'acqua, per uscire da esso, deve percorrere un percorso sinuoso. Si ritiene quindi che a tale distanza l'acqua proveniente dalla *Centrale* sia completamente miscelata, almeno nello strato superficiale del mare, e distribuita in larghezza lungo tutta la sezione di calcolo.

L'ingresso del porto ha una larghezza di circa 300 m. Considerando cautelativamente che l'acqua di scarico, essendo più calda, sia miscelata soltanto con lo strato superficiale del mare fino a una profondità di 3 m, la sezione utile di diluizione sarebbe pari a 900 m². In presenza di una corrente pari a 0,05 m/s (come nel Caso 3, precedentemente utilizzato come riferimento) l'incremento di temperatura alla sezione di ingresso del porto sarebbe di 1,4 °C, senza considerare la diminuzione di temperatura dovuta agli scambi termici con l'atmosfera.

1.1.6 *Impatti delle Acque di Processo e delle Acque Reflue*

Oltre alle acque di raffreddamento la *Centrale* scarica limitate quantità di acque reflue di processo, acque igienico-sanitarie e acque meteoriche (strade e piazzali). Ad eccezione delle acque igienico-sanitarie, convogliate tramite allacciamento alla locale rete fognaria, le rimanenti acque impiegate in *Centrale* (acque di processo, acque meteoriche potenzialmente inquinate) sono scaricate, dopo adeguato trattamento, in mare attraverso l'opera di restituzione dell'impianto di raffreddamento.

I reflui industriali derivanti dal funzionamento della *Centrale* sono costituiti dalle seguenti tipologie:

- Acque Oleose;
- Acque di prima pioggia potenzialmente oleose;
- Acque meteoriche non inquinate;
- Acque acide alcaline.

Le acque meteoriche non inquinate non necessitano di trattamento e sono quindi inviate direttamente allo scarico. Gli altri reflui subiscono trattamento specifico nell'impianto di trattamenti della *Centrale* costituito da un impianto disoleazione ed un impianto di neutralizzazione.

Le acque oleose e potenzialmente oleose sono trattate prima nell'impianto di trattamento per le acque oleose ed in seguito nell'impianto di neutralizzazione. Le acque acide alcaline sono trattate nell'impianto di neutralizzazione. A valle di questi trattamenti le acque sono scaricate a mare.

Dopo il trattamento esse rispettano i limiti imposti dal *D.Lgs. 152/06 Allegato 5 alla Parte III*.

Sulla base di queste considerazioni è opinione del gestore che l'impatto della *Centrale* su questa componente è da considerarsi non significativo.