

Preparato per:
Edison
Centrale di Marghera Azotati

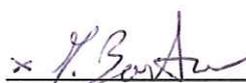


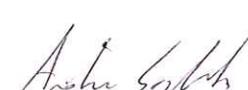
Studio della dispersione termica dell'acqua di scarico della Centrale di Marghera Azotati (VE) per l'identificazione e la quantificazione degli effetti delle emissioni in acqua e confronto con SQA

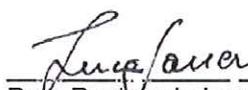
ENSR Italia Srl
Società del Gruppo AECOM
Luglio 2008
Document N°: R1/O08.0646.0.0000

Preparato per:
Edison
Centrale di Marghera Azotati

Studio della dispersione termica dell'acqua di scarico della Centrale di Marghera Azotati (VE) per l'identificazione e la quantificazione degli effetti delle emissioni in acqua e confronto con SQA

 
Preparato da Roberta Vaccari
Chiara Righetti

 
Verificato da Andrea Gigliuto
Paolo Pucillo


Peer Review da Luca Sanese


Approvato da Rudi Ruggeri

ENSR Italia Srl
Società del Gruppo AECOM
Luglio 2008
Document N°.: R1/O08.0646.0.0000

Contenuti

1.0 Premessa	4
2.0 Introduzione	4
3.0 Definizione delle tipologie di emissioni in acqua	5
4.0 Valutazione degli effetti sulla matrice ambientale	7
4.1 Obiettivo dello studio	7
4.2 Impostazione metodologica	8
4.3 Dati di input e scenari di simulazione	9
4.3.1 Livelli di marea	10
4.3.2 Vento.....	10
4.3.3 Temperatura dell'aria e umidità	11
4.3.4 Temperatura dell'acqua e gradienti di densità presenti	12
4.3.5 Salinità.....	13
4.4 Scenari di simulazione.....	13
4.4.1 Costruzione del modello numerico tridimensionale	14
4.4.2 Costruzione della batimetria e della mesh di calcolo	14
4.4.3 Configurazione del modello tridimensionale.....	17
4.5 Risultati delle simulazioni.....	18
4.5.1 Scenario Intermedio	19
4.5.2 Scenario Futuro.....	21
5.0 Conclusione e valutazione della rilevanza delle emissioni in acqua	24

Appendici

Appendice A: Brochure e referenze su MIKE 3 del DHI Water Environment Health

Appendice B: Direzione e velocità del vento per il sito di Marghera – distribuzione delle frequenze

1.0 PREMESSA

Il presente documento integra le informazioni già trasmesse in data 23 giugno 2008 in risposta alle richieste formulate dal Ministero dell'Ambiente e Tutela del Territorio e del Mare (di seguito MATTM) in merito all'Istanza di AIA della Centrale Termoelettrica di Marghera Azotati, presentata da Edison S.p.A. nel Luglio del 2006.

Con particolare riferimento alle indicazioni formulate in occasione dell'incontro col Gruppo Istruttore AIA-IPPC, tenutosi il 22 aprile 2008 presso gli uffici APAT, viene qui presentato uno studio riguardante la distribuzione della temperatura allo scarico idrico della Centrale nel recettore finale (Laguna di Venezia), in relazione ad alcuni scenari operativi assunti a riferimento per lo sviluppo delle valutazioni relative al procedimento in corso per il rilascio dell' Autorizzazione Integrata Ambientale.

In data 21 aprile 2008 sono iniziati i lavori per la realizzazione del Progetto di Risanamento Ambientale della Centrale di Marghera Azotati, autorizzato dal Ministero dello Sviluppo Economico - Direzione Generale per l'Energia e le Risorse Minerarie - con provvedimento n. 55/01/2007 del 12.12.2007.

Nel presente studio vengono perciò presi in considerazione i due scenari denominati *Intermedio* e *Futuro*, mentre lo scenario denominato *Attuale* non è stato considerato, poiché l'avvio dei lavori sopra citati ha determinato lo smantellamento della vecchia unità turbogas TG4 e la fermata della turbina a vapore TVB e del relativo condensatore.

2.0 INTRODUZIONE

In accordo a quanto indicato dalle "Linee Guida alla compilazione della Domanda di Autorizzazione Integrata Ambientale", scopo del presente documento è quello di identificare e quantificare gli effetti delle emissioni in corpi idrici superficiali e di confrontarli con gli standard di qualità ambientale (SQA), al fine di pervenire ad un giudizio di rilevanza.

In particolare è richiesto che, per ciascun inquinante significativo del processo in analisi, la valutazione sia basata, generalmente, sul confronto tra il contributo aggiuntivo che il processo in esame determina al livello di inquinamento nell'area geografica interessata (CA), il livello finale d'inquinamento nell'area (LF) ed il corrispondente requisito di qualità ambientale (SQA).

Per quanto concerne le emissioni in acqua, la società Edison S.p.A. ha richiesto al MAV la proroga dell'autorizzazione n. 2160 del 27 luglio 2004, relativa allo scarico di acque dalla Centrale Edison di Azotati di Porto Marghera (VE) nella Laguna di Venezia; tale richiesta è stata inoltrata in data 19 aprile 2007, in previsione del rilascio della Autorizzazione Integrata Ambientale da parte dell'Autorità competente.

La centrale preleva l'acqua per il raffreddamento dei tre condensatori (TVA, TVB e TVC) dal Molo A e provvede a scaricarla nel Canale Industriale Ovest di Marghera. Tale scarico è denominato convenzionalmente SM1.

Al fine di identificare e quantificare gli effetti dello scarico idrico delle acque di raffreddamento della Centrale Edison di Azotati di Porto Marghera (VE), è stato effettuato uno studio di dispersione termica per verificare la differenza di temperatura che comporta lo scarico idrico della centrale nel recettore finale (Laguna di Venezia) rispetto alla condizione non influenzata dallo scarico stesso.

In tale studio è stato assunto che la stessa Centrale costituisca l'unica fonte d'immissione di acque di raffreddamento nel recettore finale (Laguna di Venezia), senza considerare il contributo degli scarichi delle altre

unità produttive presenti in zona. Tale assunzione è coerente con un approccio cautelativo al problema, in quanto non vengono considerati i possibili effetti mitiganti dell'impatto riconducibile alla Centrale di Marghera Azotati, dovuti all'immissione di acque dagli altri scarichi che recapitano nel canale Industriale Ovest. Inoltre va evidenziato che lo standard di qualità di riferimento è definito come massima differenza di temperatura (pari a 3°C) tra la situazione in presenza e in assenza dello scarico, mentre non è stabilito alcun valore massimo assoluto per la temperatura della laguna.

Nel seguito si descrive la tipologia di emissione in acqua relazionabile all'esercizio della Centrale Edison di Azotati di Porto Marghera (VE), valutandone l'effetto sulla matrice ambientale, anche al fine di esprimere il giudizio di rilevanza dell'effetto stesso. Il documento sarà pertanto articolato nei seguenti paragrafi:

- Definizione della tipologia di emissione in acqua;
- Valutazione degli effetti sulla matrice ambientale.
- Valutazione della rilevanza delle emissioni in acqua.

3.0 DEFINIZIONE DELLE TIPOLOGIE DI EMISSIONI IN ACQUA

La centrale preleva acqua della laguna per il raffreddamento dei condensatori (TVA, TVB e TVC) dal Molo A e la scarica nel Canale Industriale Ovest .

La Centrale è localizzata a ridosso della sponda orientale del Canale Industriale Ovest. L'acqua di raffreddamento è prelevata dal Molo A e scaricata nel Canale Industriale Ovest, collegato a Sud-Est con il Canale Malamocco Marghera e, quindi, con la Laguna di Venezia. Lo stesso Canale è collegato a Nord con il Canale Industriale Nord. La localizzazione della Centrale, unitamente alle opere di presa e scarico è presentata nelle seguenti Figura 1 e Figura 2.

La centrale scarica acqua di raffreddamento tipicamente nei mesi da Ottobre ad Aprile, poiché durante i rimanenti mesi è attivo un circuito chiuso di raffreddamento con torri evaporative. La portata di raffreddamento utilizzata e l'incremento termico subito dall'acqua impiegata, differiscono in base alla configurazione considerata: nello scenario intermedio è prevista una portata pari a circa 15.000 m³/h, con un incremento di temperatura pari a 7°C, mentre nello scenario futuro si prevede una portata d'acqua pari a circa 10.000 m³/h, con un incremento di temperatura pari a 7.5 °C.



Figura 1 - Localizzazione planimetrica dell'area della Centrale Edison Azotati.



Figura 2 – Localizzazione dei punti di presa e scarico della centrale Edison Azotati.

4.0 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SULLA MATRICE AMBIENTALE

Al fine di valutare il Contributo Aggiuntivo (CA) che le emissioni precedentemente identificate possono esercitare sulla matrice ambientale, si è proceduto all'effettuazione di uno studio di dispersione termica per verificare la differenza di temperatura che comporta lo scarico idrico della centrale di Marghera Azotati (Ve) nella Laguna di Venezia rispetto alla condizione non influenzata dallo scarico stesso.

In merito alla definizione dello Standard di Qualità Ambientale (SQA), la normativa di riferimento è il D.M. 23 aprile 1998 recante requisiti di qualità delle acque e caratteristiche degli impianti di depurazione per la tutela della laguna di Venezia. Il decreto stabilisce che la temperatura del corpo ricettore a 100 metri dallo scarico non deve superare di più di 3°C quella delle acque in assenza di scarico.

4.1 Obiettivo dello studio

Obiettivo dello studio è la valutazione dell'incremento termico dovuto allo scarico ad una distanza di 100 metri dallo stesso, al fine di verificarne la rispondenza agli obiettivi di qualità.

L'oggetto dello studio è l'analisi delle dinamiche di propagazione e dispersione nella Laguna di Venezia dei volumi di acqua di raffreddamento rilasciati dalla centrale termoelettrica Edison Azotati di Porto Marghera, in riferimento a diversi scenari di scarico e condizioni climatiche.

4.2 Impostazione metodologica

Lo studio delle dinamiche di propagazione e dispersione delle acque di raffreddamento dalla Centrale presenta un elevato grado di complessità date le molteplici forzanti in grado di esercitare un'influenza significativa sulla propagazione termica; in particolare, la conformazione del pennacchio termico è in larga parte dominata dai flussi di corrente presenti nel canale ricettore per effetto di avvezione, a cui si sommano una componente di pura dispersione e gli effetti dovuti agli scambi termici con l'atmosfera.

I flussi di corrente nel Canale Industriale Ovest presentano un carattere irregolare, sia in termini spaziali che temporali.

In termini spaziali, le correnti nell'area di rilascio sono influenzate anche dallo scarico stesso, le cui componenti di deflusso si sommano alle correnti dell'intero canale, a loro volta fortemente dipendenti dalle oscillazioni di marea e dal vento, oltre a risentire, a livello locale, anche dei gradienti di densità dovuti alle diverse temperature nel sistema.

Oltre alle correnti, che dominano la conformazione del pennacchio termico, anche la temperatura stessa del corpo ricettore risulta fortemente variabile nel tempo, in funzione sia degli scambi di calore con l'aria sia dell'irraggiamento solare.

Al fine di definire un approccio metodologico deterministico, è stato inizialmente necessario isolare ed analizzare tutte le forzanti in grado di esercitare un'influenza significativa sul sistema e definire, sulla base di queste, opportuni scenari di riferimento per le successive analisi.

In particolare, le forzanti individuate come significative per la dispersione termica risultano essere:

- la corrente generata dallo scarico;
- le oscillazioni di marea;
- il vento;
- la temperatura dell'acqua ed i gradienti di densità presenti;
- la temperatura ed umidità dell'aria;
- l'irraggiamento solare.

Per ognuna delle componenti sopra elencate è stata inizialmente condotta una fase di acquisizione ed analisi dei dati disponibili volta alla definizione degli scenari di studio, in riferimento ai quali sono stati implementati un modello idrodinamico, per la simulazione di flussi e correnti, ed un contestuale modello di avvezione-dispersione, per la simulazione della componente termica.

A fronte dell'elevato numero di componenti in gioco e della complessità delle correnti presenti, è risultato necessario affrontare lo studio utilizzando un modello numerico tridimensionale, in grado di simulare le correnti e la dispersione del pennacchio termico in tutte le sue componenti direzionali, tenendo anche conto dei gradienti di densità dovuti alla variabile temperatura nei diversi punti di calcolo.

In particolare, lo studio è stato condotto utilizzando i moduli HD (hydrodynamics) ed AD (advection-dispersion) del codice di calcolo MIKE 3 del DHI Water Environment Health (cfr. Appendice A)

Il modulo HD è stato utilizzato per riprodurre le correnti caratteristiche del sito in esame nei diversi scenari di riferimento, nonché conseguenti alle diverse modalità di scarico ipotizzate nell'ambito dello studio; contestualmente, il modulo AD ha invece consentito di simulare, passo dopo passo, tutte le componenti

termiche del sistema analizzato e la relativa influenza, in qualità di gradienti di densità, sulle stesse correnti, fornendo le informazioni richieste in termini di temperatura raggiunta nei diversi punti di calcolo ed istanti temporali di simulazione.

Con il modello così costruito è stato possibile analizzare il comportamento termico del sistema nelle diverse condizioni di scarico analizzate, relative agli scenari di riferimento Intermedio e Futuro ed allo scenario in assenza di scarico, considerando particolari situazioni climatiche.

A fronte del carattere tempo-variante di tutte le grandezze del sistema, ed in particolare della temperatura dell'acqua, anche in assenza di scarico, il modello così impostato è stato inizialmente utilizzato per ricostruire, sulla base dei dati a disposizione, uno scenario adeguatamente rappresentativo della realtà fisica in termini di distribuzione nelle 3 dimensioni della temperatura e delle relative variazioni temporali.

Tale stato del sistema, risultante dall'azione degli scambi termici con l'aria e dell'irraggiamento solare per un lungo periodo, è stato poi utilizzato come condizione iniziale per le simulazioni nei diversi scenari in presenza ed assenza di scarico, dalla cui differenza è stato possibile definire i valori dell'incremento di temperatura indotto dallo scarico della Centrale nei diversi punti di calcolo ed istanti temporali.

4.3 Dati di input e scenari di simulazione

Come anticipato nel capitolo precedente, il sistema oggetto dello studio risulta governato da molteplici forzanti in grado di esercitare un'influenza significativa sulla dispersione del pennacchio termico; in particolare, in fase di impostazione dello studio sono stati individuati i seguenti fattori:

- la corrente generata dallo scarico;
- le oscillazioni di marea;
- il vento;
- la temperatura dell'acqua ed i gradienti di densità presenti;
- la temperatura ed umidità dell'aria;
- l'irraggiamento solare;
- la temperatura dello scarico.

Ai fini del presente studio è risultato quindi necessario individuare una condizione caratteristica, che potesse sintetizzare il comportamento generale del sistema, sia in termini di idrodinamica, sia di dispersione dell'incremento di temperatura. Tale condizione è stata scelta in un particolare mese all'interno dell'intervallo di attività dello scarico in Laguna delle acque di raffreddamento della Centrale, scarico la cui operatività è tipicamente limitata alla stagione da Ottobre ad Aprile.

Per definire la condizione caratteristica di simulazione, è stato quindi inizialmente necessario acquisire ed analizzare dati storici meteo-climatici delle condizioni ambientali e della laguna al fine di caratterizzare da un punto di vista numerico le componenti sopra elencate.

4.3.1 Livelli di marea

Dato il carattere costante delle modalità di scarico della Centrale, la componente dominante il sistema risulta essere la marea, le cui oscillazioni e livelli risultano essere somma di molteplici componenti con frequenza variabile da semidiurna ad annuale.

Il ciclo di marea simulato, considerato rappresentativo dell'andamento tipico delle oscillazioni di livello a Marghera dovute a cause astronomiche (Sigizie e Quadratura), è quello compreso tra le ore 12.00.00 del 24/10/2004 e le ore 12.00.00 del 07/11/2004, per un totale di 14 giorni. In Figura 3 è illustrata la serie temporale di 14 giorni utilizzata come forzante di livello nel primo degli scenari simulati.

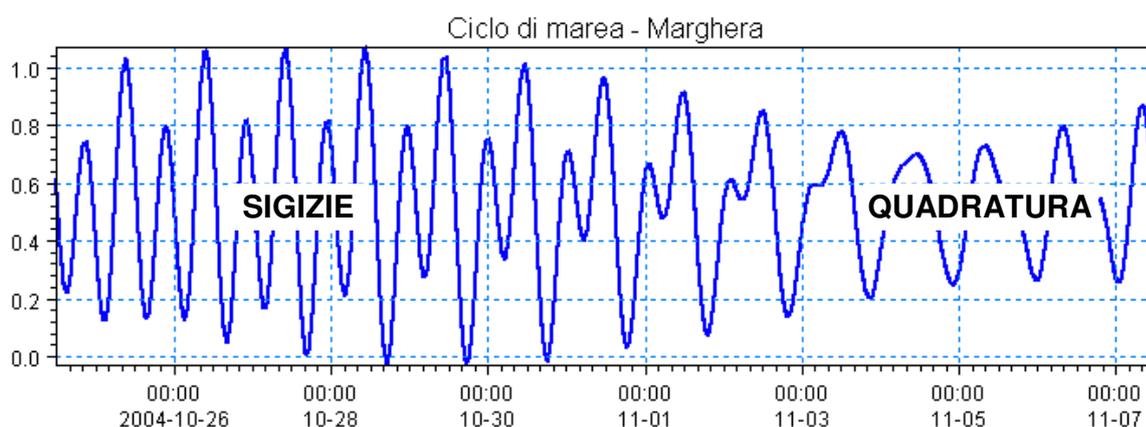


Figura 3 - Oscillazione di marea tipica per il sito di Marghera per un periodo di 14 giorni.

L'intero ciclo di marea di 14 giorni ha costituito lo scenario di simulazione di base, in riferimento al quale sono state condotte le simulazioni relative al periodo in esame, sia in assenza che in presenza di vento.

4.3.2 Vento

Il clima anemometrico del sito di Marghera è stato caratterizzato sulla base dei dati raccolti dall'Ente della Zona Industriale di Porto Marghera presso la stazione Torre Pompieri, per il periodo 01.01.1976 – 31.12.2004.

La rosa di distribuzione dei venti è riportata nella seguente Figura 4. Il periodo di osservazione risulta sufficientemente esteso per caratterizzare in modo significativo il sito in esame (cfr. Appendice B).

L'analisi dei dati, inerenti una centralina posta a 40 m di quota, evidenzia una componente principale di vento di Bora, con direzione di provenienza 45°N, caratterizzata dalle maggiori frequenze ed intensità. In particolare si osserva che nel periodo di monitoraggio si riscontrano velocità di vento superiori a 12 m/s solamente nello 0.08% dei casi, che si verificano nel periodo invernale. Inoltre è da tenere presente che tale valore risulta comunque sovrastimato se si considera la velocità del vento in prossimità del piano campagna e del pelo libero dell'acqua.

ROSA DEI VENTI - 01/01/1976+131/12/2004
campi di velocità del vento
 - stazione n. 22 - quota 40 m -

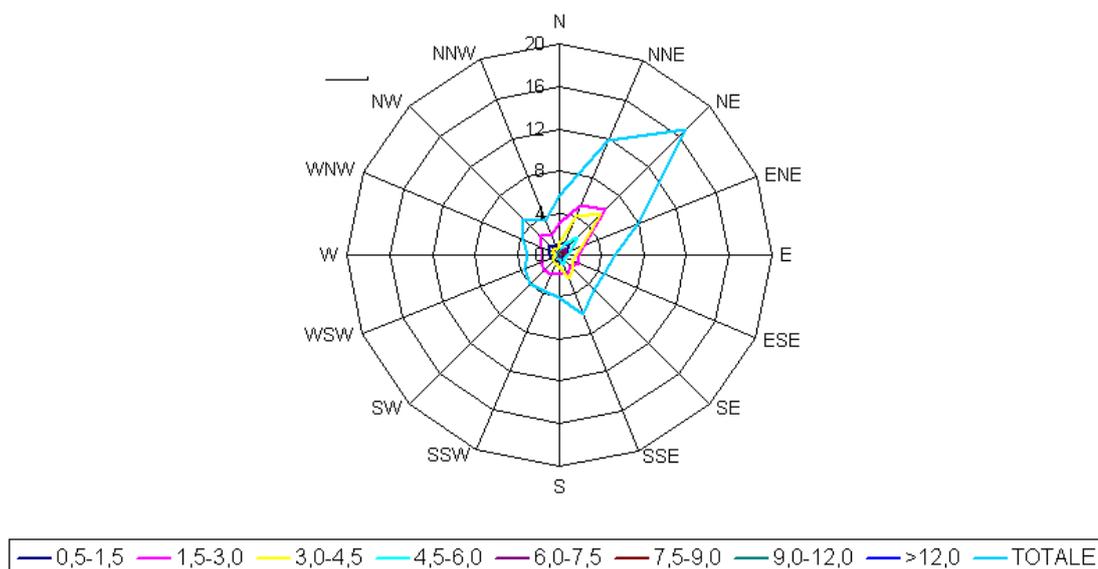


Figura 4 - Rosa dei venti per il sito di Marghera

Al fine di simulare una situazione di vento estrema, è stato ritenuto significativo considerare nelle simulazioni dello scenario invernale anche la presenza di un vento di Bora intenso, di velocità pari a 15 m/s. Tale scenario deve essere quindi considerato una situazione estrema raramente riscontrabile in sito. Le simulazioni comprensive della forzante “vento” sono state limitate ad una durata di 48 ore, considerata sufficiente per valutare gli effetti anemometrici sul pennacchio termico. Sia la durata del vento che l’intensità sono comunque sovrastimate rispetto ai casi reali; venti di tale intensità, oltre ad essere rari in termini di frequenza, hanno una durata di poche ore.

4.3.3 Temperatura dell’aria e umidità

Nell’ambito delle simulazioni numeriche, al fine di poter analizzare con maggiore accuratezza l’influenza delle diverse oscillazioni di marea, si è scelto di assumere una serie temporale di temperatura ed umidità dell’aria ciclica giornaliera, collocata temporalmente nel mese di Ottobre, scelto come riferimento. Tale scelta è finalizzata a simulare lo scenario maggiormente cautelativo per lo studio in esame, cioè la situazione climatica in cui si ha minore scambio termico tra laguna e aria e in cui si evidenzia, di conseguenza, il maggiore incremento causato dallo scarico dell’acqua di raffreddamento della centrale in laguna.

Il mese di Ottobre è inoltre climaticamente affine al mese di Aprile, pertanto tale scenario simula l’effetto maggiormente gravoso che è possibile riscontrare all’interno dell’intervallo tipico di attività dello scarico dell’acqua di raffreddamento dalla Centrale.

In particolare, le serie adottate nelle simulazioni sono state così definite:

- temperatura dell'aria variabile tra 15 e 23 °C;
- umidità dell'aria variabile tra 65 ed 85%.

4.3.4 Temperatura dell'acqua e gradienti di densità presenti

Per la caratterizzazione del sistema dal punto di vista termico, oltre a dati di temperatura ed umidità dell'aria, che in un bacino chiuso sarebbero sufficienti a determinare con una simulazione di lungo periodo l'andamento ciclico delle temperature nel sistema, sono utilizzati sia i dati relativi alle acque in ingresso ai condensatori della Centrale, sia i dati derivanti dall'attività di monitoraggio svolta dal Magistrato alle Acque di Venezia, resi disponibili per lo studio.

Tali dati sono stati utilizzati per individuare le temperature medie di riferimento da assumere come condizioni iniziali per il sistema, le cui variazioni termiche, in assenza dello scarico della Centrale od altri elementi antropici, sono regolate, durante il periodo di simulazione, dagli scambi termici con l'atmosfera.

La seguente Figura 5 presenta, relativamente al periodo Novembre 2001 – Gennaio 2008, l'andamento temporale della temperatura dell'acqua in ingresso ai condensatori, registrato dalla Centrale.

Il grafico evidenzia un andamento ciclico stagionale della temperatura, con valori compresi tra 4 e 20 °C

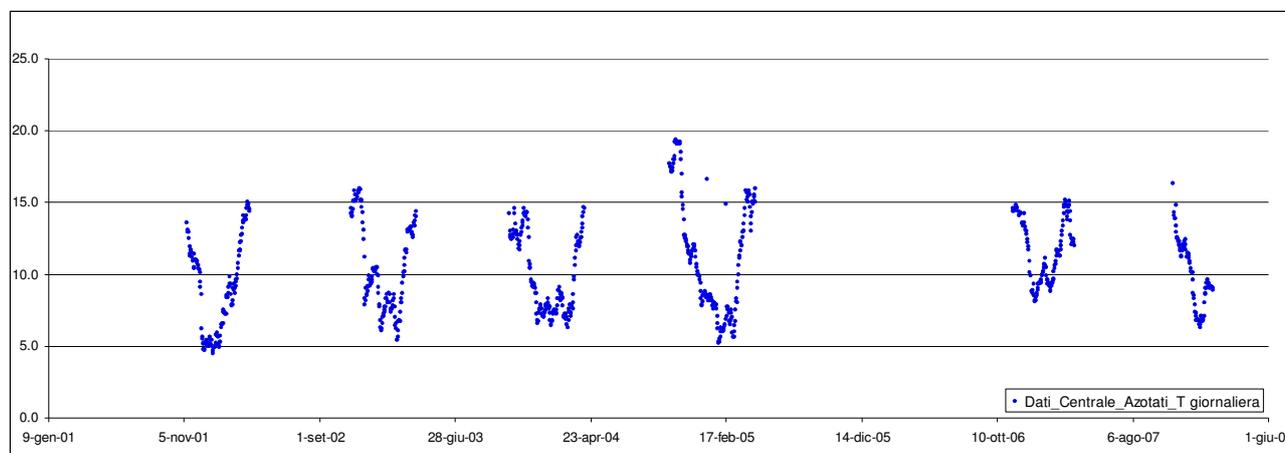


Figura 5 – Temperatura in ingresso ai condensatori registrata dalla Centrale.

A seguire invece, nella Figura 6, sono presentati i valori risultanti dall'attività di monitoraggio svolta dal Magistrato alle Acque di Venezia (M.A.V. – Sezione Antinquinamento), relativamente all'opera di presa della Centrale Edison Azotati. Tali dati sono riportati nel grafico relativo alle misurazioni effettuate in ingresso alla centrale di Azotati, al fine di valutare la corrispondenza tra gli stessi.

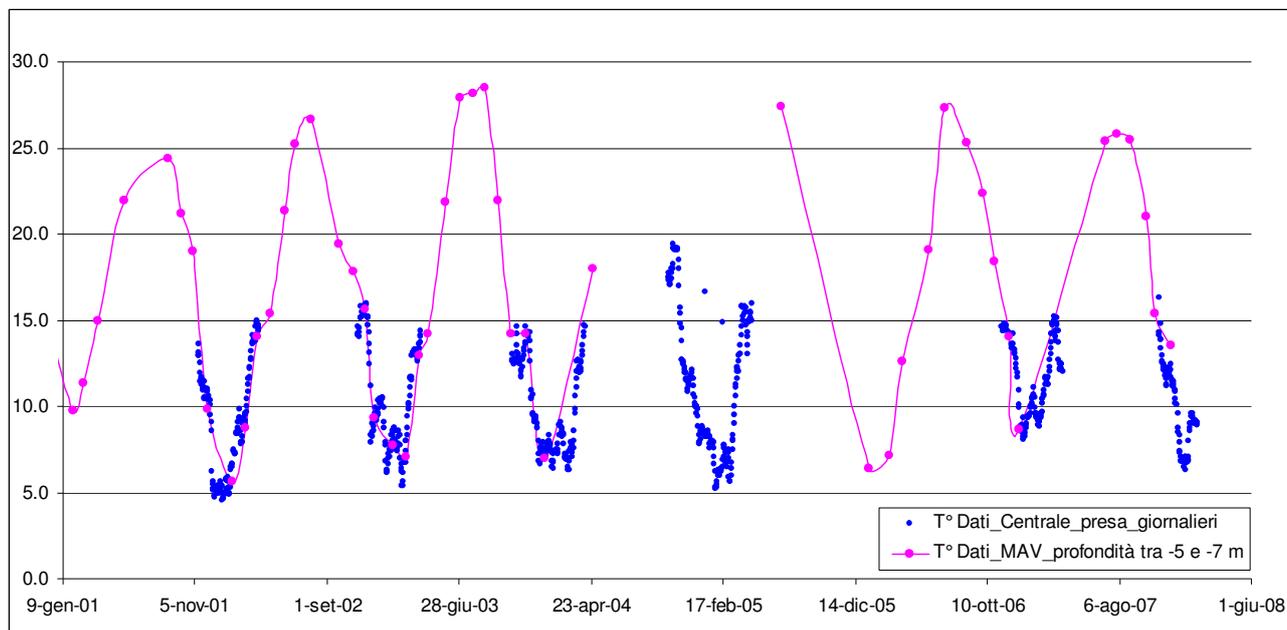


Figura 6 - Temperatura in ingresso ai condensatori registrata dalla Centrale (in blu) confrontata con i dati di temperatura derivanti dai monitoraggi del Magistrato alle Acque di Venezia (in viola).

Al fine di considerare nelle simulazioni numeriche la condizione più estrema (nel periodo di operatività dello scarico delle acque di raffreddamento), è stato selezionato come riferimento il mese di Ottobre. In questo mese le temperature medie dell'acqua della laguna all'opera di presa risultano variabili ogni anno con valori mediamente compresi tra 15°C e 22°C.

4.3.5 Salinità

Dal momento che i dati di osservazione evidenziano infatti valori pressoché costanti sulla colonna d'acqua per tutto il periodo di osservazione, non è risultato significativo considerare nel modello numerico una variabilità spaziale di tale parametro.

La salinità è stata assunta con valore costante a livello sia planimetrico che temporale. Sulla base dell'analisi dei dati storici della laguna si è assunta una salinità pari a 32 PSU.

4.4 Scenari di simulazione

Sulla base dell'impostazione metodologica sopradescritta e dei dati presentati sopra, nell'ambito del presente studio sono stati analizzati i seguenti scenari di simulazione:

1. Condizione di scarico relative allo scenario intermedio (portata pari a 15.000 m³/h ed un eccesso di temperatura di 7°C), ciclo di marea di 14 gg in assenza di vento e in presenza di vento di Bora;
2. Condizione di scarico relative allo scenario futuro (portata pari a 10.000 m³/h ed un eccesso di temperatura di 7.5°C), ciclo di marea di 14 gg in assenza di vento e in presenza di vento di Bora.

4.4.1 Costruzione del modello numerico tridimensionale

Come già anticipato in precedenza, a fronte dell'elevato numero di componenti in gioco e della complessità delle correnti presenti, è risultato necessario affrontare lo studio utilizzando un modello numerico tridimensionale, in grado di simulare i flussi e la dispersione dell'incremento di temperatura in tutte le sue componenti direzionali, tenendo anche conto dei gradienti di densità nei diversi punti di calcolo.

In particolare, lo studio è stato condotto utilizzando i moduli HD (hydrodynamics) ed AD (advection-dispersion) del codice di calcolo MIKE 3 del DHI Water Environment Health.

Il modello è tridimensionale, non idrostatico, e risolve le equazioni del moto e di continuità nelle tre direzioni cartesiane.

4.4.2 Costruzione della batimetria e della mesh di calcolo

Il dominio di calcolo è stato rappresentato mediante una batimetria estesa a tutta l'area Nord Ovest del porto di Marghera, chiusa in corrispondenza dell'accesso Nord dell'area ed al limite Nord del Canale Malamocco, nei quali sono state imposte le condizioni al contorno del modello. Si precisa che i dati delle batimetrie riferite all'area di Porto Marghera sono stati estrapolati dalla Carta Tecnica Regionale (CTR) della Regione Veneto e da stralci progettuali inerenti i canali del sito.

I diversi moduli del codice di calcolo MIKE 3 sono stati utilizzati nella versione ai volumi finiti, in cui il dominio di calcolo è discretizzato planimetricamente sulla base di triangoli a dimensione variabile, utilizzando quindi una risoluzione differente in funzione del dettaglio richiesto dalla descrizione dei processi in ogni singola area. In particolare, anche al fine di simulare adeguatamente la dispersione del pennacchio termico nell'intorno dello scarico, è stato necessario utilizzare una maglia di calcolo molto fitta nella zona di rilascio, con triangoli di area anche inferiore a 5 m^2 , aumentando progressivamente la dimensione degli stessi al crescere della distanza dallo scarico

Le aree più lontane dallo scarico sono schematizzate con triangoli di superficie maggiore.

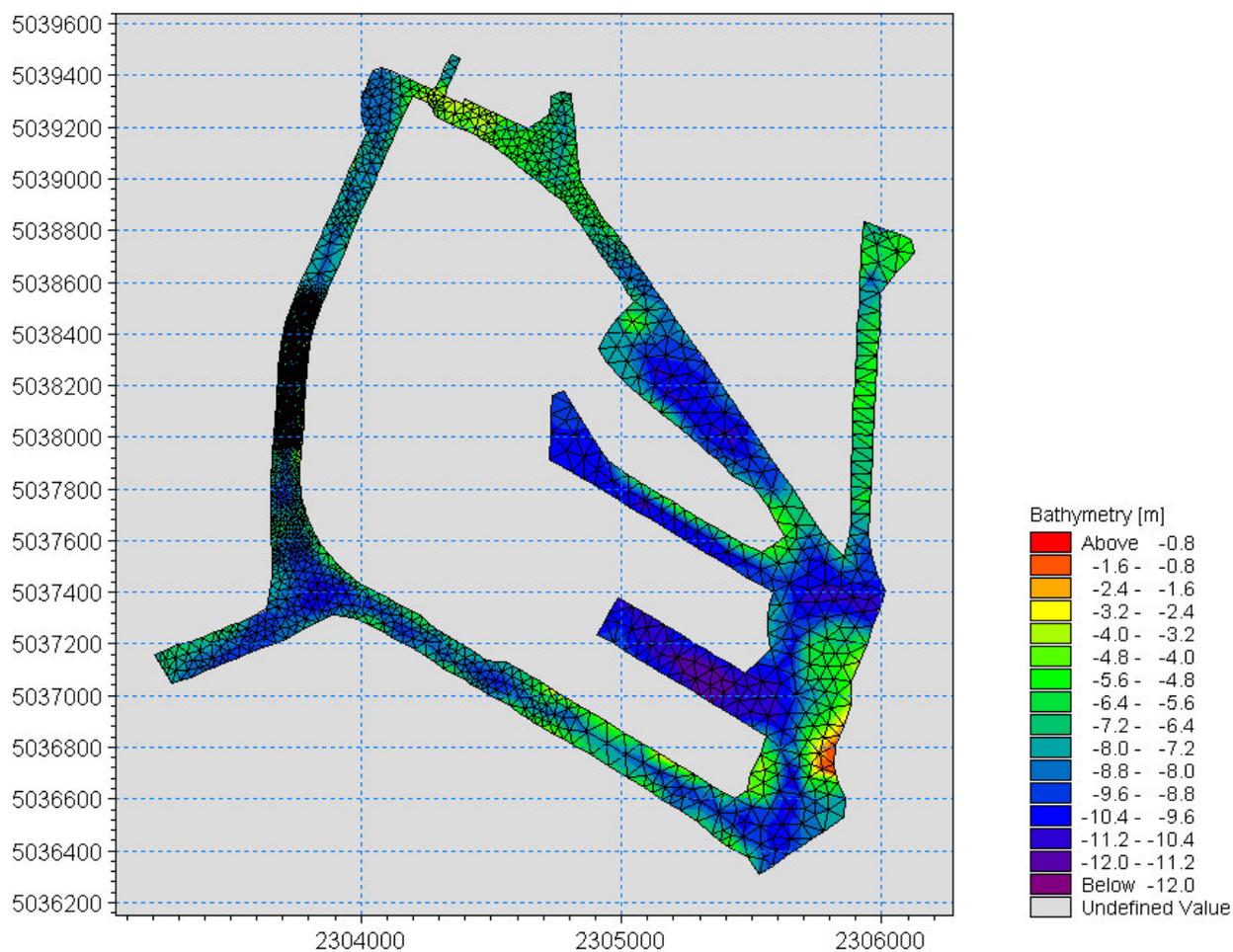


Figura 7 - Maglia di calcolo utilizzata nel modello numerico.

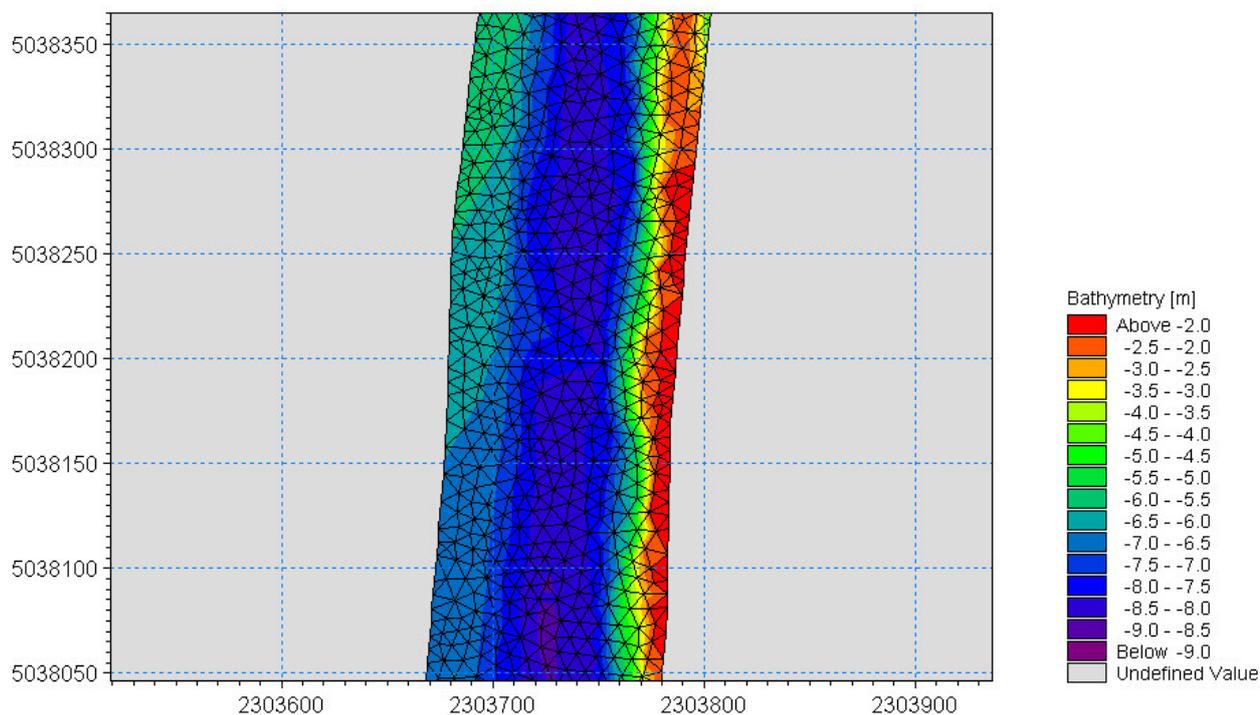


Figura 8 - Maglia di calcolo utilizzata nel modello numerico, dettaglio del Canale Industriale Ovest e area di scarico.

La dimensione verticale è stata discretizzata nel modello mediante layer a spessore variabile, definiti *sigma-layers*. Il numero dei layer verticali, costante in tutto il dominio di calcolo come evidenziato nella successiva Figura 10 è stato assunto pari a 5, definendo quindi strati di spessore variabile tra 0.5 metri e 2.5 metri in funzione della profondità locale.

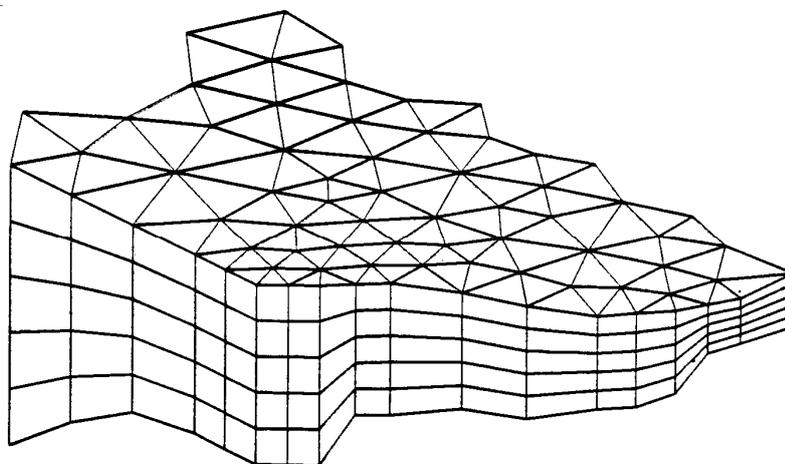


Figura 10 - Discretizzazione in layer dell'asse verticale.

Complessivamente, la mesh di calcolo è costituita da 4121 elementi di area variabile, strutturati su 5 layers verticali.

4.4.3 Configurazione del modello tridimensionale

Per la simulazione di flussi e correnti generate dalle forzanti caratteristiche di ogni scenario è stato utilizzato il modulo HD di MIKE 3.

Il modello è tridimensionale, non idrostatico, e risolve le equazioni del moto e di continuità nelle tre direzioni, con schema di calcolo ai volumi finiti.

MIKE 3 è in grado di simulare flussi non stazionari tenendo in considerazione le variazioni di densità, forzanti esterne quali quelle meteorologiche, le variazioni di marea, le correnti ed altri fattori influenti sul sistema.

Nel modulo idrodinamico le variabili incognite sono le componenti della velocità nelle tre direzioni e la pressione del fluido.

Al modello sono state imposte condizioni al contorno in corrispondenza dei punti aperti del dominio di calcolo ed in particolare presso le 2 imboccature dell'area portuale considerata nel modello, come evidenziato nella successiva Figura 11.

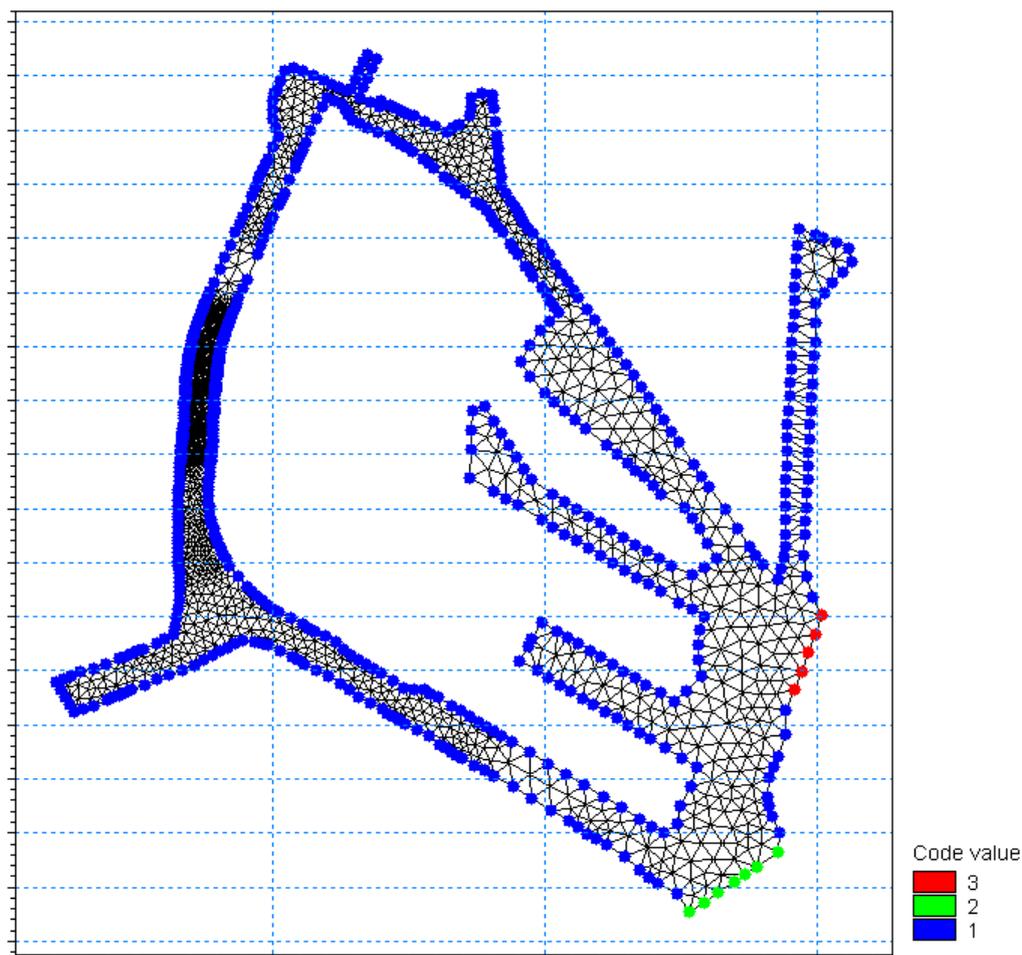


Figura 11 - Condizioni al contorno impostate nel modello numerico. Con il codice 1 sono identificati i tratti chiusi.

In corrispondenza delle 2 tratti aperti (codici 2 e 3) è stata sempre impostata una condizione al contorno di livello, atta a rappresentare le oscillazioni di marea presentate in sede di definizione degli scenari.

Le condizioni al contorno relative ai due scenari di scarico sono invece caratterizzate, nel modello idrodinamico, dalle portate di efflusso, pari a 15.000 m³/h nello scenario intermedio ed a 10.000 m³/h nello scenario futuro.

4.5 Risultati delle simulazioni

Tutti i risultati sono presentati sempre in termini di incremento di temperatura. Per ogni scenario, infatti, a partire dalle condizioni iniziali determinate secondo le modalità presentate nei paragrafi precedenti, sono state condotte sempre 2 diverse simulazioni considerando sia l'assenza, sia la presenza dello scarico della Centrale.

Come già anticipato, la simulazione in assenza di scarico è stata sempre condotta preventivamente, poiché i relativi risultati presso l'opera di presa sono serviti a costruire la serie di temperatura allo scarico aggiungendo a questa l'incremento di temperatura relativo allo specifico scenario. Per questo, nel presentare i risultati relativi ad ogni singolo scenario, vengono anche indicati i valori della temperatura considerata alla presa.

Viene qui presentata una sintesi dei risultati con particolare riferimento all'incremento di temperatura risultante dalle simulazioni nell'intorno dell'area di rilascio e ad una distanza di 100 metri dal punto di scarico.

I risultati sono presentati, relativamente a 8 punti posti su un arco di circonferenza avente raggio 100 m e centro nel punto di scarico la cui localizzazione è riportata in Figura 12. Tali risultati vengono esposti come incrementi medi giornalieri della temperatura conseguentemente allo scarico delle acque di raffreddamento nei differenti scenari.

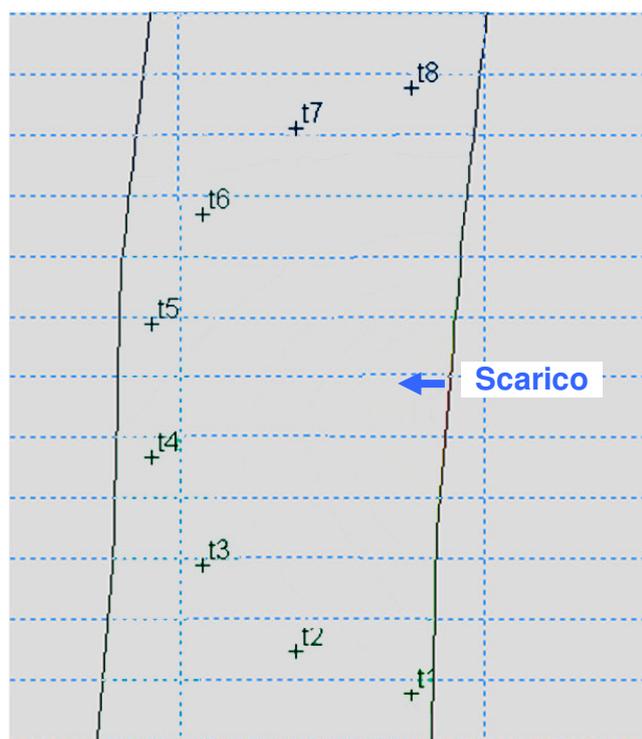


Figura 12 - Localizzazione planimetrica dei punti di estrazione della temperatura.

Al fine di fornire il quadro complessivo della dinamica di dispersione del pennacchio termico, nei successivi paragrafi, vengono presentati i risultati relativi agli scenari considerati.

4.5.1 Scenario Intermedio

Tale scenario è relativo alle condizioni di scarico intermedio in presenza e assenza di vento di Bora. Il periodo di simulazione copre interamente i 14 giorni del ciclo di marea, comprensivo di una condizione di Sizigia ed una di Quadratura,

Le simulazioni sono collocate cronologicamente nella seconda metà di Ottobre 2008, con temperatura dell'aria variabile tra il giorno e la notte tra 15 e 23 °C ed umidità relativa tra 65 e 85%. La componente di irraggiamento solare è calcolata dal modello numerico sulla base della stagione di riferimento e della longitudine e latitudine della batimetria di simulazione.

La temperatura dell'acqua in condizioni indisturbate all'opera di presa risulta essere compresa tra 18 e 18.5°C con conseguenti valori della temperatura allo scarico compresi tra 25 e 25.5°C, in funzione delle oscillazioni tra il giorno e la notte e dello scambio termico con l'aria.

Il pennacchio tende a disperdersi in entrambe le direzioni del Canale Industriale Ovest, interessando anche parzialmente, pur con valori limitati, il Canale Industriale Nord.

Al fine di verificare la rispondenza delle condizioni che caratterizzano lo scarico con gli obiettivi di qualità per la Laguna di Venezia, come già anticipato in apertura di capitolo, i risultati relativi all'incremento di temperatura sono stati ulteriormente sintetizzati in riferimento ad 8 punti specifici, posti ad una distanza pari a 100 metri dallo scarico, e presentati come medie giornaliere.

Le simulazioni dello scenario in assenza di vento hanno evidenziato come tutti i punti risultino influenzati dallo scarico, con valori dell'incremento medio giornaliero di temperatura che risultano sempre inferiori al limite di 3°C, oscillando mediamente tra 1.8 e 2.7°C.

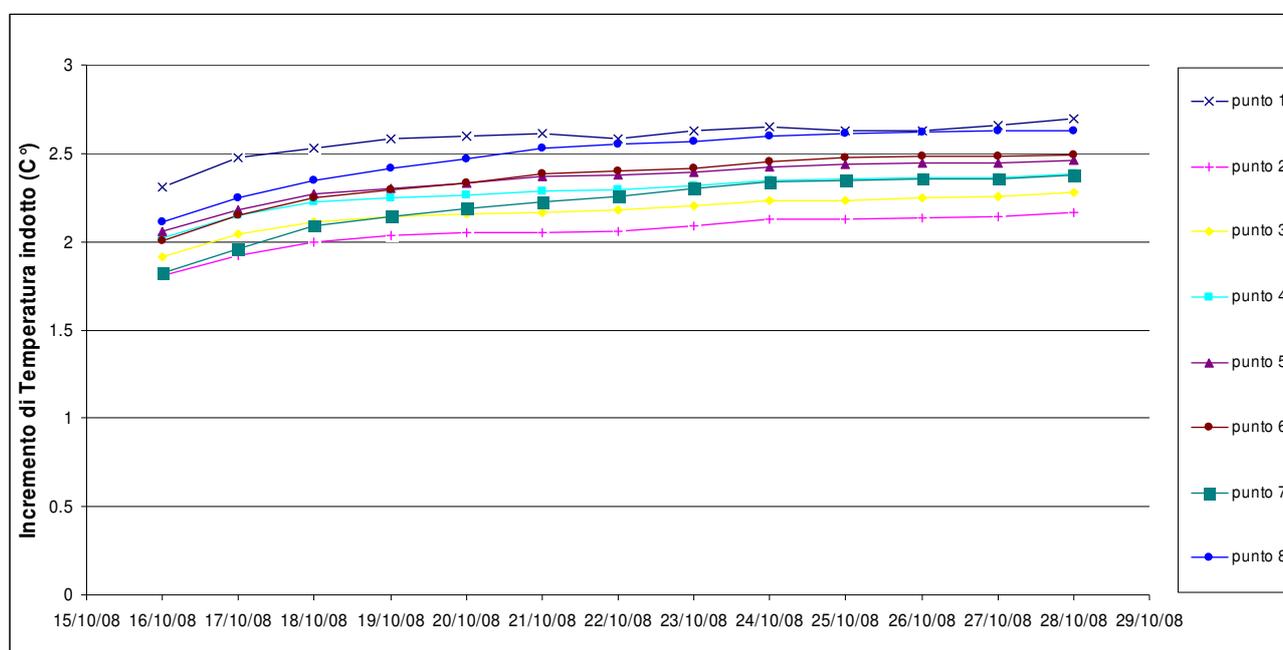


Figura 13 – Scenario Intermedio in assenza di vento: Grafico degli andamenti degli incrementi di temperatura allo scarico espressi come medie giornaliere, in corrispondenza degli 8 punti di riferimento.

Le simulazioni dello scenario in presenza di vento di Bora riferito ai giorni 21 e 22 Ottobre, mostrano un effetto del vento sia sulle correnti nell'area portuale che, direttamente, sul pennacchio termico. Le correnti sono caratterizzate da un aumento della velocità in direzione Sud-Est. Data l'orientazione del Canale Industriale Ovest, il vento determina, nell'area dello scarico, un incremento delle correnti in direzione Sud che facilita la dispersione del pennacchio termico. In presenza di un vento intenso, il pennacchio assume quindi una direzione principale di dispersione, diversamente da quanto avviene per le sole correnti di marea, per effetto delle quali l'eccesso di temperatura si disperde in modo pressoché uniforme in tutte le direzioni.

Il vento esercita anche un'azione diretta sulla temperatura del sistema, incrementando gli scambi termici con l'aria. Le simulazioni evidenziano quindi una riduzione dell'incremento di temperatura legato alla presenza del vento, che oscilla tra 0.5 e 2.5 °C.

Complessivamente la Bora determina quindi un effetto positivo aumentando la dispersione del pennacchio verso Sud e riducendo di conseguenza i valori dell'incremento di temperatura nell'intorno dello scarico.

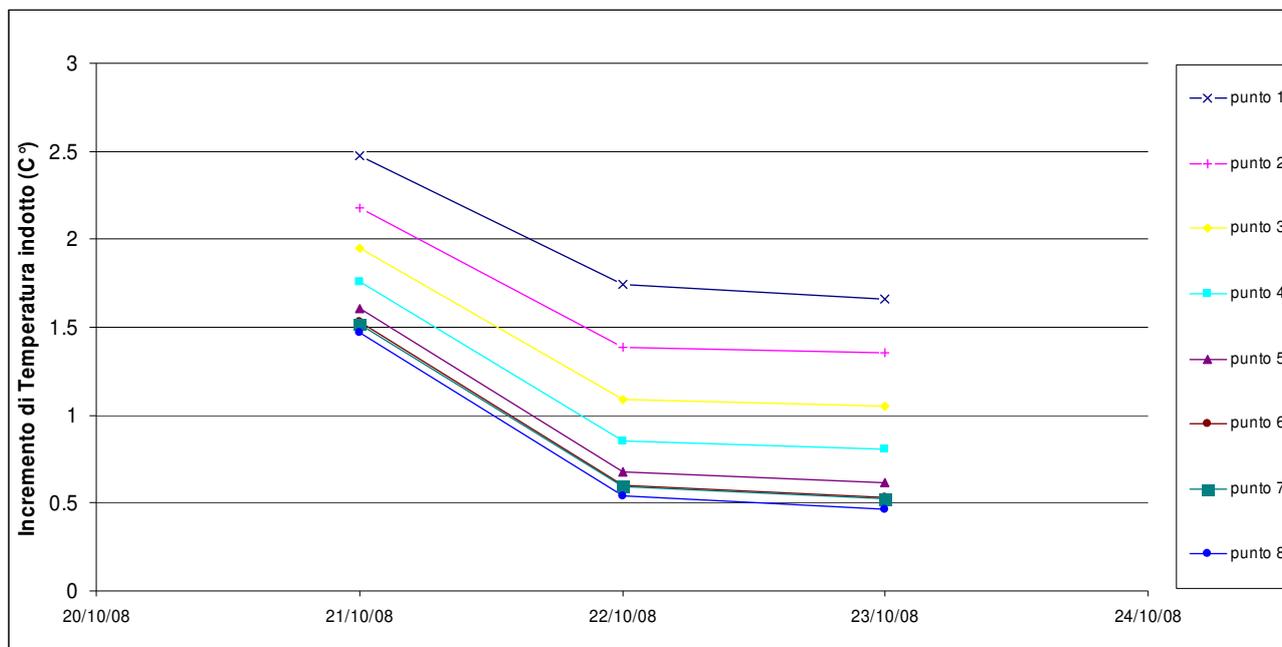


Figura 14 – Scenario Intermedio in presenza di vento di Bora: Grafico degli andamenti degli incrementi di temperatura allo scarico espressi come medie giornaliere, in corrispondenza degli 8 punti di riferimento.

4.5.2 Scenario Futuro

Tale scenario è relativo alle condizioni di scarico future in presenza e assenza di vento di Bora. Il periodo di simulazione copre interamente i 14 giorni del ciclo di marea, comprensivo di una condizione di Sizigie ed una di Quadratura.

Le simulazioni sono collocate cronologicamente nella seconda metà di Ottobre 2008, con temperatura dell'aria variabile tra il giorno e la notte tra 15 e 23 °C ed umidità relativa tra 65 e 85%. La componente di irraggiamento solare è calcolata dal modello numerico sulla base della stagione di riferimento e della longitudine e latitudine della batimetria di simulazione.

La temperatura dell'acqua in condizioni indisturbate all'opera di presa risulta essere compresa tra 18 e 18.5 °C con conseguenti valori della temperatura allo scarico compresi tra 25.5 e 26 °C, in funzione delle oscillazioni tra il giorno e la notte e dello scambio termico con l'aria.

Le simulazioni relative allo scenario futuro evidenziano risultati in linea con quanto già presentato in relazione alle condizioni di scarico intermedio; vengono di seguito presentati i risultati (cfr. Figura 15) relativi agli 8 punti di riferimento introdotti in precedenza, con riferimento alle medie giornaliere degli incrementi di temperatura.

L'incremento di temperatura risulta sempre inferiore ai 3°C, obiettivo di qualità per la laguna di Venezia, con valori mediamente compresi tra 1.6 e 2.4°C.

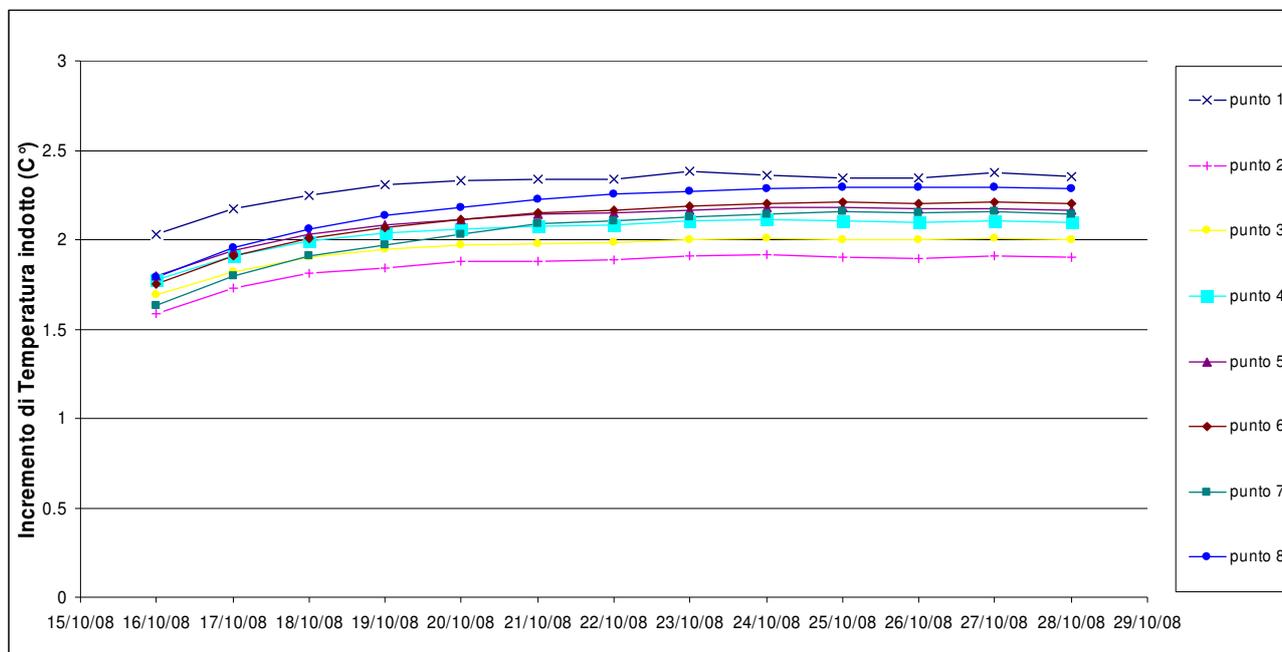


Figura 15 – Scenario Futuro in assenza di vento: Grafico degli andamenti degli incrementi di temperatura allo scarico espressi come medie giornaliere, in corrispondenza degli 8 punti di riferimento.

Le simulazioni dello scenario futuro in presenza di vento di Bora riferito ai giorni 21 e 22 Ottobre, evidenziano risultati in linea con quanto già presentato in relazione alle condizioni di scarico intermedio.

Il vento esercita un'azione diretta sulla temperatura del sistema, incrementando gli scambi termici con l'aria. Le simulazioni evidenziano quindi una riduzione dell'incremento di temperatura legato alla presenza del vento, che oscilla tra 0.4 e 2.0°C.

Complessivamente la Bora determina quindi un effetto positivo aumentando la dispersione del pennacchio verso Sud e riducendo di conseguenza i valori dell'incremento di temperatura nell'intorno dello scarico.

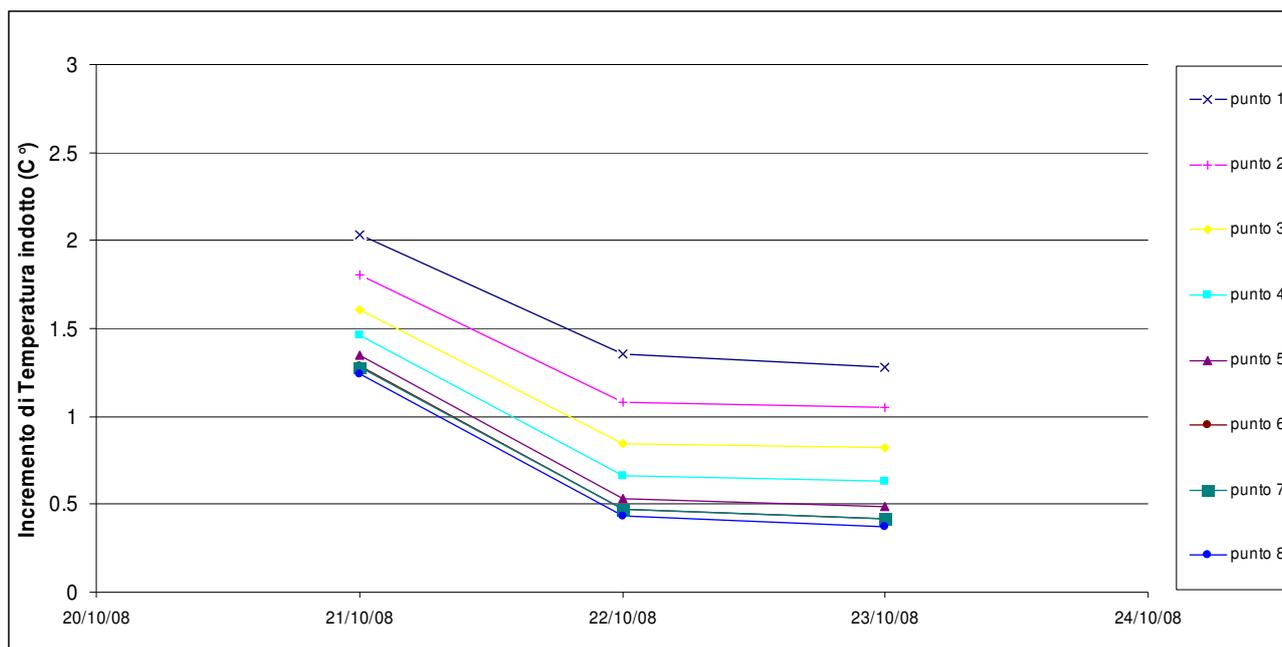


Figura 16 – Scenario Futuro in presenza di vento: Grafico degli andamenti degli incrementi di temperatura allo scarico espressi come medie giornaliere, in corrispondenza degli 8 punti di riferimento.

5.0 CONCLUSIONE E VALUTAZIONE DELLA RILEVANZA DELLE EMISSIONI IN ACQUA

Come riportato nel capitolo 2 lo studio è stato condotto considerando le condizioni di funzionamento riferite allo scenario futuro, caratterizzate da una portata d'acqua di raffreddamento pari a circa 10.000 m³/h, ed un incremento di temperatura pari a 7.5 °C circa. E' stata considerata inoltre la configurazione denominata scenario intermedio, che prevede lo scarico di una portata pari a circa 15.000 m³/h, con un incremento di temperatura pari a 7°C circa.

L'analisi condotta evidenzia che, in tutti gli scenari considerati, l'incremento di temperatura risulta contenuto entro i 3°C, come previsto dagli obiettivi di qualità per le acque della Laguna di Venezia, individuati dal D.M. 23 aprile 1998.

Appendici

Appendice A

Brochure e referenze su MIKE 3 del DHI Water Environment Health

Appendice B

Direzione e velocità del vento per il sito di Marghera – distribuzione delle frequenze