

Allegato D7

IDENTIFICAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI EFFETTI DELLE EMISSIONI IN ACQUA E CONFRONTO CON SQA PER LA PROPOSTA IMPIANTISTICA PER LA QUALE SI RICHIEDE AUTORIZZAZIONE



INDICE

1	INTRODUZIONE	3
2	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROLOGICO DELL'AREA IN ESAME	3
2.1	DESCRIZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO LOCALE	3
2.2	ANALISI DEL REGIME IDEOLOGICO DEL RETICOLO IDROGRAFICO LOCALE	4
3	QUALITA' DELLE ACQUE SUPERFICIALI	6
3.1	PREMESSA	6
3.2	SITUAZIONE NEL TRATTO D'INFLUENZA	7
3.3	OBIETTIVI DI QUALITÀ	9
4	DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI GESTIONE DELLE ACQUE.....	11
4.1	APPROVVIGIONAMENTI IDRICI.....	11
4.2	SCARICHI IDRICI.....	12
5	VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI DOVUTI AI PRELIEVI IDRICI.....	18
6	VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELLO SCARICO TERMICO NEL CORSO D'ACQUA	18
6.1	PREMESSA	18
6.2	METODOLOGIA DI ANALISI E MODELLO DI CALCOLO IMPIEGATO PER LE SIMULAZIONI	18
6.3	ANALISI DEI RISULTATI.....	49
7	VALUTAZIONE DEI POTENZIALI IMPATTI SULLA QUALITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI DOVUTI AGLI SCARICHI IDRICI.....	72
8	VALUTAZIONE DEL POTENZIALE IMPATTO SULLE COMPONENTI VEGETAZIONE, FLORA, FAUNA ED ECOSISTEMI DOVUTO ALLO SCARICO DELL'ACQUA DI RAFFREDDAMENTO.....	72
8.1	VEGETAZIONE, FLORA, FAUNA ED ECOSISTEMI DELL'ISOLA BOSCHINA	73
8.2	VALUTAZIONI DELLE INTERFERENZE AMBIENTALI.....	75



1 INTRODUZIONE

Il presente Allegato analizza i potenziali impatti sull'ambiente idrico derivanti dai prelievi e dagli scarichi idrici della Centrale termoelettrica di Ostiglia in relazione alla sua configurazione futura.

La dismissione della sezione 4 e la sua sostituzione con 2 turbine a gas per servizio di picco non comporterà alcuna variazione dei sistemi di approvvigionamento e scarico idrico, né dei sistemi di trattamento acque reflue presenti attualmente in Centrale.

Riguardo ai quantitativi in gioco, si prevede che il consumo di acqua industriale di processo e, di conseguenza, gli scarichi delle acque reflue trattate dall'ITAR siano ridotti del 20% rispetto all'attuale assetto di impianto (alla capacità produttiva) a causa dell'eliminazione dell'uso di OCD (riduzione necessità vap. aux per riscaldamento serbatoi, tubazioni OCD, riscaldatori pompe N.P., ecc.).

Nei seguenti capitoli sono analizzati i potenziali impatti sull'ambiente idrico dovuti ai prelievi e agli scarichi idrici nella nuova configurazione della Centrale. Il presente Allegato risulta pertanto così strutturato:

- inquadramento idrografico e idrologico dell'area di studio;
- descrizione della qualità delle acque superficiali;
- descrizione delle modalità di approvvigionamento e scarico idrico e dei relativi quantitativi previsti per la nuova configurazione di Centrale;
- eventuali impatti dovuti ai prelievi idrici;
- effetto dello scarico termico delle acque di raffreddamento nel Po;
- eventuali impatti sulla qualità delle acque superficiali dovuti agli scarichi idrici;
- eventuali impatti sulle componenti vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi del Fiume Po ed in particolare dell'Isola Boschina.

Nell'ambito della presente relazione verrà richiamato quanto riportato dalle procedure operative del Sistema di Gestione Ambientale.

Parte delle informazioni riportate nel presente Allegato sono riprese dalla documentazione AIA pregressa già agli atti del Ministero dell'Ambiente, dallo *Studio di Impatto Ambientale "Realizzazione di due turbine a gas per servizio di picco e di due moduli alimentati ad olio vegetale in sostituzione della sezione 4"* (Luglio 2007) e dalla *"Relazione integrativa SIA ed integrazioni – Realizzazione di due turbine a gas per servizio di picco in sostituzione della sezione 4"* (Marzo 2009).

2 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROLOGICO DELL'AREA IN ESAME

2.1 DESCRIZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO LOCALE

L'area presa in esame, rientra nel bacino idrografico del Fiume Fissero Tartaro Canalbianco a Nord del Fiume Po e nel bacino idrografico di quest'ultimo a Sud. Fatta eccezione per le opere di presa e di scarico delle acque di raffreddamento dei propri impianti, la Centrale di Ostiglia, seppure ubicata sulla sponda sinistra del Fiume Po, rientra nel bacino idrografico del Fiume Fissero Tartaro Canalbianco.



Il locale reticolo superficiale principale è costituito dal Fiume Po e dal suo affluente di destra Secchia, dal Fiume Tartaro Canalbianco, dal suo affluente di destra Tione, nonché da una consistente rete di canali artificiali, anch'essi affluenti del Tartaro Canalbianco, realizzati e/o rettificati per regolamentare le acque fluviali e irrigare le coltivazioni. Immediatamente ad Est dell'area di studio, esternamente a questa, scorre il Fiume Mincio, affluente di sinistra del Fiume Po.

2.2 ANALISI DEL REGIME IDEOLOGICO DEL RETICOLO IDROGRAFICO LOCALE

2.2.1 *Il Fiume Po*

Il bacino del Po ha una superficie complessiva pari a circa 740.000 km², di cui circa 700.000 in territorio italiano. L'asta fluviale principale, alimentata da 141 affluenti, è lunga 652 km, di cui 510 con argini continui. Il reticolo principale, costituito dai corsi d'acqua di lunghezza superiore a 20 km, ha un'estensione circa nove volte inferiore a quello secondario; consistente è anche la dimensione del reticolo artificiale, strettamente integrato e interagente con quello naturale.

Il Fiume Po nasce dal Monviso (a quota 2.100 m s.l.m.m.). Fino alla confluenza del Ticino presenta un regime di tipo sostanzialmente torrentizio, con una pendenza dell'ordine di 0,35‰. La confluenza comporta una trasformazione del regime del corso d'acqua, in ragione dell'apporto idrico regolato, con un notevole contributo glaciale e assenza di trasporto solido. La pendenza media si riduce allo 0,18‰ per poi decrescere regolarmente e gradualmente verso valle fino a circa lo 0,14 ‰ all'altezza di Revere-Ostiglia. Da questo punto all'incile del delta, l'alveo è canalizzato tra arginature.

La portata di massima piena, registrata alla stazione di Pontelagoscuro nel 1951, è stata di 10.300 m³/s. In condizioni di piena normale presso la Centrale di Ostiglia, il Po raggiunge portate di circa 6.500 m³/s.

Secondo uno studio condotto nel 2006 dal Politecnico di Milano [1], l'andamento del livello idrico minimo e medio annuale tra il 1931 ed il 2005, ha mostrato una tendenza alla diminuzione, accentuata a partire dagli anni settanta. Questo andamento sarebbe attribuibile sia all'incremento dei prelievi dal bacino del Fiume Po, sia a particolari condizioni meteorologiche e climatiche che hanno portato, ad esempio nel 2003, come conseguenza la necessità di un maggiore prelievo dal fiume. Attualmente si possono considerare come portate media (morbida) e di magra presso la Centrale, rispettivamente 930 m³/s e 320 m³/s, tenendo però presente che nel mese di luglio 2006 è stata registrata una magra "estrema" dell'ordine dei 270 m³/s.

2.2.2 *Il Fiume Mincio*

Il Fiume Mincio (194 km considerando il Fiume Sarca a monte del Lago di Garda), esce a Peschiera dal Lago di Garda, forma i laghi di Mantova e affluisce nel Fiume Po poco a monte di Ostiglia. Presenta un regime fortemente controllato, essendo influenzato dalla regolazione del Lago di Garda e, in corrispondenza dei laghi di Mantova, da una regolazione idraulica molto complessa; a valle dei laghi è arginato in modo continuo fino alla confluenza con il Fiume Po.

La sua portata media annua è intorno ai 57 m³/s, la portata di magra pari a circa 27 m³/s e una portata storica di piena, alla stazione di Monzambano, misurata nel 1961 pari a 129 m³/s. Dal Mincio si dipartono tre canali principali: Canale Virgilio, Fossa di Bozzolo e Naviglio di Goito, per una portata complessiva di circa 52 m³/s.



2.2.3 I Fiumi Tartaro Canalbianco e Tione

Il Fiume Tartaro nasce, presso Povegliano, dalle sorgenti denominate Rivare, Vo e Dosso Poli. Il suo corso, dalla media pianura veronese, volge verso Sud e in Comune di Gazzo Veronese riceve le acque del Fiume Tione.

Si tratta di una fascia territoriale particolarmente ricca di acque caratterizzata dalla presenza di risorgive e fontanili che sovente originano minuscoli e trasparenti laghetti. La grande abbondanza di acque ha prodotto frequenti fenomeni di impaludamento che sono stati oggetto di numerose opere di bonifica, inizialmente attuate da parte di monasteri benedettini, sia veronesi che esterni alla provincia, poi da parte di nobili veneziani che introdussero su larga scala nella seconda metà del '500 in queste terre la coltivazione del riso.

Fra le paludi ancora esistenti si segnala, alla confluenza tra Tartaro e Tione, la palude del Busatello, lembo "umido" residuo tra i più significativi della provincia di Verona.

Un tempo la palude era alimentata dal Fiume Tione; dopo la sua rettifica essa riceve l'acqua dalle canalizzazioni dei fondi circostanti attraverso due idrovore.

La regimentazione prevede due periodi, primaverile ed autunnale, con notevole apporto d'acqua e due di secca, estivo ed invernale, corrispondenti questi ultimi ai momenti di taglio dell'erba palustre e della cannuccia.

Il Fiume Tartaro, che precedentemente al "taglio del Porto di Viro" avvenuta nel 1607 era un affluente del Fiume Po, nella parte finale prende il nome di Canalbianco e sfocia in mare attraverso il Po di Levante (ramo separato artificialmente dal delta del Po). Dal punto di vista idraulico, la funzione del Tartaro Canalbianco, in seguito alle opere di bonifica iniziate nei secoli scorsi ed alla sua rettificazione pianificata nel dettaglio nel "Piano Milani" del 1938 tuttora in atto, è legata all'allontanamento delle acque di piena dei laghi di Mantova, nonché allo scolo, attraverso una fitta rete di canali artificiali, ed al recapito al mare delle acque del vasto comprensorio in sinistra Po. Tale comprensorio soggiace alle piene del Po che è completamente arginato a valle della confluenza con il Fiume Mincio.

2.2.4 Il Fiume Secchia

Il Secchia è un fiume a regime torrentizio, affluente di destra del Po; nasce dall'Alpe di Succiso (2017 m), alle pendici settentrionali del Monte la Nuda, presso il passo del Cerreto. La massima elevazione del suo bacino è rappresentata dal Monte Cusna (2.120 m). Nel corso superiore ha un letto profondamente incassato, inciso quasi interamente nelle arenarie. A Busana attraversa, con alveo molto ampio delimitato da ripide pareti in un paesaggio assai caratteristico, gli affioramenti dei gessi, dove sono ubicate le copiose sorgenti di Poiano. Dopo la confluenza col torrente Secchiello, il fiume si espande in una piana larga sino a 1 Km e, nelle vicinanze di Pescale dopo le ampie "varici" (allargamenti) di Roteglia e Castellarano, improvvisamente si restringe (stretta del Pescale), poiché incide uno sbarramento naturale rappresentato da un pacco di strati di calcareniti.

A Sassuolo il fiume esce dal solco vallivo e sbocca in pianura con un alveo piatto e ampio sino a 600-800 m, inciso in ghiaie tipicamente biancheggianti. E' proprio allo stacco della pianura (125 m di quota) che il fiume ha formato una potente conoide con apice nei pressi di Sassuolo con lunghezza di 20 km circa e larghezza max 14 km. Ad un chilometro da Rubiera, dopo aver ricevuto il torrente Tresinaro, improvvisamente si restringe. Entrando nella bassa pianura le sue acque, più lente, depositano quasi tutti i sedimenti finì trasportati in sospensione: per tale ragione il suo alveo, nel corso del tempo, si è fatto pensile sulla campagna circostante e le sue



acque devono essere contenute da alte arginature, che presso S. Possidonio e Concordia sulla Secchia, raggiungono i 10-12 m di altezza.

Il Fiume Secchia affluisce nel Fiume Po presso Mirasole, nella provincia di Mantova, dopo 157 km di percorso ed ad una quota 13 m s.l.m.m.

3 QUALITA' DELLE ACQUE SUPERFICIALI

3.1 PREMESSA

Il territorio in esame si presenta oggi intensamente antropizzato a causa dell'attività agricola che, soprattutto nel passato, ha visto il diffondersi di insediamenti (cascinali di gruppi famigliari) legati alla piccola proprietà fondiaria trasformati poi in agglomerati urbani.

L'agricoltura si basa principalmente sulla produzione cerealicola e foraggiera con sviluppi importanti per la coltivazione del mais, della soia, del riso, del pioppo, dei frutteti e della vite; molto diffusa anche la presenza di allevamenti di suini, avicunicoli e bovini. Per tali ragioni si registrano forti carichi di azoto e fosforo sui terreni e ciò, per dilavamento e percolamento, induce un arricchimento eccessivo dei nutrienti nelle acque.

L'economia locale, tuttavia, non si basa solamente sull'agricoltura, ma anche su di un sistema molto articolato di industrie di piccole e medie dimensioni. Molto rilevante risulta infine anche l'impatto prodotto dal sistema di raccolta e depurazione delle reti fognarie.

Un altro fattore importante, che incide sulla qualità delle acque, è dato dalla cessione di sostanze in soluzione, provenienti da inquinamenti pregressi, da parte dei sedimenti; ciò è rilevabile soprattutto nel caso dei laghi di Mantova, ma anche in altre situazioni la differenza tra qualità chimica delle acque (a volte accettabile soffermandosi solo sul dato di analisi) ed osservazione dello stato generale di malessere ambientale, fa supporre che altri fattori possano influire in modo negativo sulle comunità vegetali ed animali.

In ottemperanza con quanto disposto dalla normativa nazionale, la Regione Lombardia si è dotata nel 2006 del Programma di Tutela ed Uso delle Acque (PTUA - approvato con DGR Lombardia n. 2244/2006), quale attuale strumento per il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale per i corpi idrici. Sul territorio regionale è presente una rete di monitoraggio qualitativa delle acque superficiali gestita dall'ARPA, costituita da 230 stazioni di controllo, relative a 175 corpi idrici (figura 48.1); presso le stazioni vengono prelevati i campioni per la definizione dello Stato Ecologico dei Corsi d'Acqua (SECA) e dello Stato Ambientale dei Corsi d'Acqua (SACA).

Il protocollo seguito nel PTUA per la definizione dello stato ambientale dei corpi idrici superficiali, prevede la classificazione dei corpi idrici attraverso l'elaborazione dei dati di misura acquisiti mediante il monitoraggio di:

- parametri macrodescrittori (saturazione in Ossigeno, BOD₅, COD, NH₄, NO₃, Fosforo totale e Escherichia Coli);
- microinquinanti specifici per ogni sito;
- Indice Biotico Esteso (IBE - definisce la qualità biologica delle acque correnti attraverso l'analisi delle strutture macrobentoniche).

Dal confronto tra indice LIM (Livello di Inquinamento da Macrodescrittori) e IBE viene definito il SECA di ciascun punto di monitoraggio che esprime la complessità chimica, fisica e biologica degli ecosistemi acquatici. Al fine dell'attribuzione del SACA, i dati relativi al SECA



vengono rapportati con quelli concernenti la presenza di inquinanti chimici per i quali però il monitoraggio è stato adeguato solo a partire dal 2003: la classificazione relativa quindi allo stato ambientale riportata nel PTUA 2006, riguarda l'anno 2003.

3.2 SITUAZIONE NEL TRATTO D'INFLUENZA

Per implementare la conoscenza dello stato chimico dei corpi idrici, nell'ambito del PTUA, è stato condotto uno studio sulla base del quale è stata determinata una matrice che collega le sostanze pericolose prioritarie (ai sensi delle direttive 2000/60/CE e 2455/2001/CE) ai gruppi produttivi lombardi nei cui cicli di lavorazione queste sostanze vengono utilizzate e che, potenzialmente, potrebbero essere convogliate nelle acque reflue scaricate. Tuttavia, pur se gli impianti di produzione di energia non sono stati ritenuti significativi (non rientrano quindi tra i gruppi produttivi di cui all'Allegato 8 del PTUA), nell'elenco delle sostanze pericolose individuate sono presenti alcuni prodotti che la Centrale di Ostiglia emette, nei limiti di legge, come scarico idrico nel Fiume Po.

Si sono messi quindi a confronto i parametri da controllare nelle acque superficiali per conseguire gli standard di qualità ambientale entro il 31/12/08 (Allegato 1/A e 1/B della Parte III del DLgs. 152/2006), quelli oggetto di monitoraggio perché ritenuti sensibili dal PTUA e le emissioni in acqua effettuate e monitorate dalla Centrale di Ostiglia.

La **Tabella 1** mostra il risultato del confronto; da esso si evince che le sostanze per le quali si deve prestare maggiore attenzione per il raggiungimento degli standard di qualità ambientale (SQA) sono: nichel, cromo, zinco, arsenico e idrocarburi. Di questi poi soltanto i primi tre, in base al PTUA, sono effettivamente un problema per le acque lombarde in quanto è stato evidenziato, in alcuni corpi idrici superficiali, il superamento dei limiti di concentrazione obiettivo fissati per l'anno 2008.

Tabella 1: Confronto tra le sostanze emesse dalla Centrale di Ostiglia quelle oggetto di maggiore attenzione in base al PTUA e gli obiettivi di qualità ambientale per il 31/12/08

Parametri fisici e chimici	CENTRALE DI OSTIGLIA Emissioni in acqua monitorate	PTUA Sostanze pericolose oggetto di monitoraggio	SQA Parametri di base da controllare nelle acque superficiali	LIMITI DI LEGGE consentiti per la Centrale alla max capacità produttiva in mg/l
B.O.D.5	X			40
C.O.D.	X			160
Ferro	X			2
Manganese	X			2
Nichel	X	X	X	2
Zinco	X	X	X	0,5
N.Ammoniacale	X			15
N.Nitroso	X			0,6
N.Nitrico	X			20
Solfati	X			1.000
Cloruri	X			1.200



Parametri fisici e chimici	CENTRALE DI OSTIGLIA Emissioni in acqua monitorate	PTUA Sostanze pericolose oggetto di monitoraggio	SQA Parametri di base da controllare nelle acque superficiali	LIMITI DI LEGGE consentiti per la Centrale alla max capacità produttiva in mg/l
Fosforo totale	X			10
Idrocarburi totali	X		X	5
Tens. Totali	X			2
Escherichia coli	X			5.000 UFC/100ml
Vanadio	X			1 *
Arsenico	X		X	0,5
Berillio	X			1 *
Cromo totale	X	X	X	2

* Per il vanadio e il berillio i limiti sono dovuti a prescrizioni in fase autorizzativa

Entrando nel merito, dal punto di vista quantitativo, sono state prese in considerazione le stazioni di monitoraggio ARPA disponibili nel tratto del Fiume Po analizzato, ossia Borgoforte, posta circa a 30 km ad monte della Centrale in corrispondenza del ponte sul Fiume Po della S.S.62, e Sermide, posta circa a 14 km ad valle della Centrale in corrispondenza del ponte sul Fiume Po della S.P.34 bis.

I limiti di concentrazione obiettivo fissati per l'anno 2008 non vengono superati nelle stazioni considerate (Appendice H alle Norme Tecniche di Attuazione del PTUA 2006).

Tali limiti non sono ugualmente superati nelle altre stazioni di monitoraggio prese in considerazione sui tributari del Fiume Po nel tratto considerato (F. Secchia a Moglia e F. Mincio a Mantova e Roncoferrato).

Nel tratto del Fiume Po analizzato non viene pertanto rilevato un carico inquinante al di sopra degli standard di qualità ambientale previsti dalla normativa relativamente ai parametri considerati.

Per quanto attiene alla vulnerabilità da nitrati del territorio su cui insiste lo scarico, si rileva che sia il Comune di Ostiglia, sia il Comune di Revere, confinante in sponda destra del Fiume Po, non risultano inseriti nell'elenco di cui alle Tabelle A - "Elenco dei comuni ricadenti in zona vulnerabile da nitrati di origine agricola", B - "Elenco dei comuni ricadenti in zona vulnerabile da nitrati di origine prevalentemente civile" e C - "Comuni ricadenti in zone di attenzione" dell'Appendice D alle Norme Tecniche di Attuazione del PTUA.

Infine, ai sensi del DLgs 152/06 e del PTUA della Lombardia, sono da considerare aree sensibili l'isola Boscone (distante circa 5 km lungo il fiume Po a valle della Centrale) e il bacino idrografico dei fiumi Fissaro-Tartaro-Canalbiano in cui è sito l'impianto (in quanto "bacino drenante all'area sensibile Mar Adriatico Nord Occidentale e delta del Po"). In tali aree, gli scarichi di tutti gli impianti di trattamento delle acque reflue urbane devono essere adeguati al fine di assicurare una riduzione complessiva del carico in ingresso agli impianti stessi, pari ad almeno il 75% per il fosforo totale ed al 75% per l'azoto totale (art.26 delle Norme Tecniche di attuazione del PTUA).



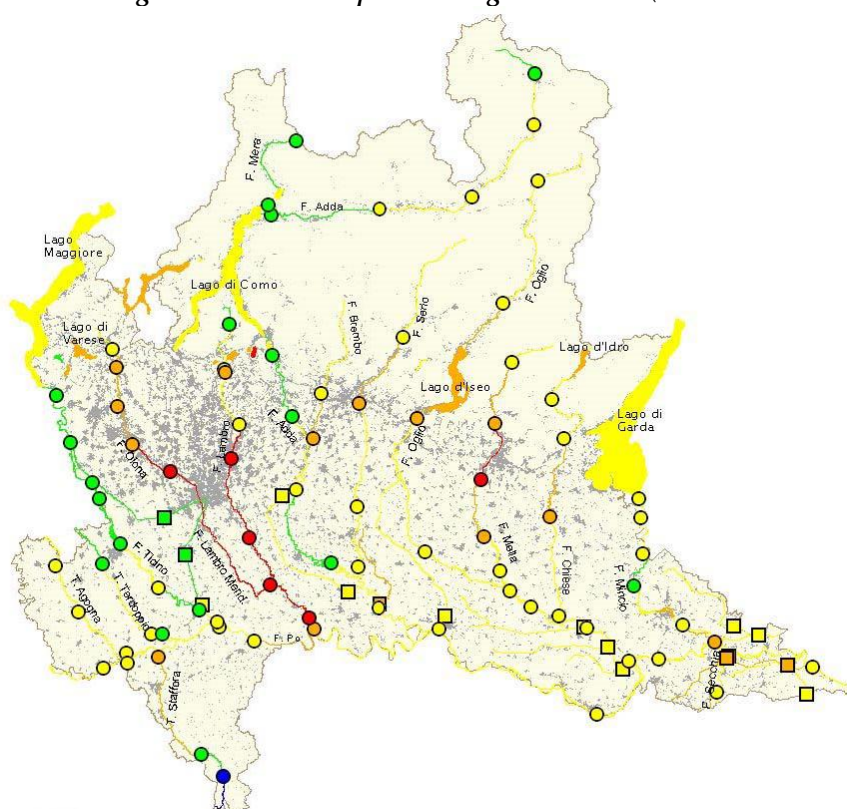
Si fa presente che per la Centrale di Ostiglia le acque reflue di Centrale assimilabili alle urbane, comprese quelle provenienti dall'area mensa e foresteria, vengono smaltite attraverso il sistema fognario comunale.

3.3 OBIETTIVI DI QUALITÀ

Complessivamente per i corsi d'acqua lombardi si rileva, sia pure entro un arco di tempo ristretto (gli anni 2000-2003 per i quali si dispone dei dati del monitoraggio ARPA), un peggioramento della situazione complessiva della loro qualità.

In *Figura 1* è rappresentato lo Stato Ecologico dei corsi d'acqua e dei laghi lombardi aggiornato al 2003, nonché l'ubicazione e la classificazione delle stazioni di monitoraggio.

Figura 1 - Stato Ecologico dei corsi d'acqua e dei laghi lombardi (da Relazione Generale PTUA 2006)



LEGENDA

Corpi idrici significativi ai sensi del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152 e succ. modif. e integr.

Stato Ecologico dei Corsi d'Acqua (SECA)

- Classe 1 - Ottimo
- Classe 2 - Buono
- Classe 3 - Sufficiente
- Classe 4 - Scadente
- Classe 5 - Pessimo

Stato Ecologico dei laghi secondo la nuova metodologia IRSA-CNR

- Classe 1 - Ottimo
- Classe 2 - Buono
- Classe 3 - Sufficiente
- Classe 4 - Scadente
- Classe 5 - Pessimo

Misura dello Stato Ecologico dei Corsi d'Acqua (SECA) alle stazioni di monitoraggio qualitativo ARPA

Stazioni dei corsi d'acqua naturali

- Classe 1 - Ottimo
- Classe 2 - Buono
- Classe 3 - Sufficiente
- Classe 4 - Scadente
- Classe 5 - Pessimo

Stazioni dei canali artificiali

- Classe 1 - Ottimo
- Classe 2 - Buono
- Classe 3 - Sufficiente
- Classe 4 - Scadente
- Classe 5 - Pessimo

Altre informazioni rappresentate

- Urbanizzato



Localmente tuttavia, come si evince dalla lettura della *Tabella 2* nella quale sono mostrati i valori dei parametri macrodescrittori delle stazioni di monitoraggio ARPA più prossime all'impianto, si rileva una sostanziale invariabilità della qualità delle acque negli anni considerati. Infine nella *Tabella 3* viene riportata, per le stazioni di cui alla *Tabella 1*, la classificazione delle acque campionate.

Tabella.2: Valori dei parametri macrodescrittori nelle stazioni di monitoraggio ARPA considerate (database PTUA 2006)

Ubicazione Stazione	Codice Stazione ARPA	Data	100-OD 75% (% sat.)	BOD5 75% (O ₂ mg/l)	COD 75% (O ₂ mg/l)	E. coli 75% (UFC/100 ml)	NH4 75% (N mg/l)	NO3 75% (N mg/l)	P tot. 75% (mg/l)
Po - Borgoforte	POROCA1	2000/2001	29	3,1	28	700	0,84	8,5	0,265
	POROCA1	2001/2002	26	3,75	27,5	850	1,025	11,5	0,27
	POROCA1	2003	27	3,4	17,75	250	0,8	9,75	0,2375
Po - Sermide	POCN8	2000/2001	18	2,15	14,9	275	0,21	2,575	0,17
	POCN8	2001/2002	16	2	14,3	500	0,2	2,55	0,18
	POCN8	2003	15	3,225	18	300	0,175	2,75	0,1425
Secchia - Moglia	POSECN1	2000/2001	16	3,45	21,8	500	0,68	2,175	0,425
	POSECN1	2001/2002	17	3,125	22,25	900	0,535	2,23	0,31
	POSECN1	2003	19	3,025	23,5	550	0,3075	1,425	0,1275
Mincio - Mantova	POMI5CN1	2000/2001	16	4,25	20,35	65	0,195	1,55	0,145
	POMI5CN1	2001/2002	10	4,05	21,65	125	0,13	1,7	0,14
	POMI5CN1	2003	6	3,6	16,25	300	0,16	2,025	0,12
Mincio - Roncoferraro	POMI5CN2	2000/2001	13	2,75	15,475	0	0,2	1,6	0,12
	POMI5CN2	2001/2002	15	3	16,5	200	0,19	2	0,12
	POMI5CN2	2003	12	2,575	19,5	200	0,175	1,875	0,1225



Tabella 3 - Classificazione dei corsi d'acqua nelle stazioni più prossime all'impianto (dati monitoraggio 2003 - da Relazione Generale PTUA 2006)

Corso d'acqua	Rilevanza del corpo idrico	Tipo	Punti di monitoraggio	LIM classe valore	IBE classe valore	SECA classe	SACA
Fiume Po	Significativo	Naturale	Borgoforte	3	III	3	Sufficiente
				190	6		
Fiume Po	Significativo	Naturale	Sermide	3	III	3	Sufficiente
				210	7		
Fiume Secchia	Significativo	Naturale	Moglia	3	III	3	n.d.
				230	6		
Fiume Mincio	Significativo	Naturale	Mantova	2	III	3	Sufficiente
				250	6		
Fiume Mincio	Significativo	Naturale	Roncoferraro	3	IV	4	Scadente
				210	5		

Dai dati a disposizione si desume che la qualità delle acque locali risulta per tutte le stazioni riportate "sufficiente": ciò significa, ai sensi del D. Lgs. 152/2006, che "i valori degli elementi di qualità biologica si discostano moderatamente da quelli di norma associati al tipo di corpo idrico superficiale inalterato. I valori presentano segni moderati di distorsione dovuti all'attività umana e alterazioni significativamente maggiori rispetto alle condizioni dello stato buono". A questo andamento fa solo eccezione il Fiume Mincio a Roncoferraro, classificato "scadente", che si trova a monte della Centrale di Ostiglia.

Considerato che, ai sensi del medesimo decreto, al fine di assicurare entro il 22 dicembre 2015 il raggiungimento dell'obiettivo di qualità ambientale corrispondente allo stato di "buono", entro il 31 dicembre 2008 ogni corpo idrico superficiale classificato o tratto di esso deve conseguire almeno i requisiti dello stato di "sufficiente", lo stato attuale dei corsi d'acqua considerati risulta in linea con gli standard previsti dalla legge.

4 DESCRIZIONE DEL SISTEMA DI GESTIONE DELLE ACQUE

4.1 APPROVVIGIONAMENTI IDRICI

4.1.1 Fabbisogni di acqua

L'approvvigionamento idrico della centrale è differenziato in base all'uso previsto: le acque destinate ad usi industriali (sia di processo che di raffreddamento) sono prelevate direttamente dal Fiume Po, mentre le acque per uso sanitario vengono prelevate dall'acquedotto comunale di Ostiglia, gestito dalla società TEA di Mantova.

Delle acque derivate dal fiume, una quota rilevante è utilizzata, previo un semplice trattamento di filtrazione meccanica, per il raffreddamento dei condensatori e restituita senza subire alterazioni chimiche, mentre una quota molto più limitata è utilizzata per i diversi usi industriali e successivamente scaricata, dopo idonei trattamenti chimico-fisici per renderla compatibile con il corso d'acqua ricettore.

Nella configurazione futura, con la dismissione della sezione 4 e la realizzazione delle due turbine a gas da circa 100 MW, le fonti di approvvigionamento idrico saranno le medesime



utilizzate nell'assetto attuale di impianto, mentre i consumi di acqua industriale si prevedono ridotti di circa il 20% rispetto alla situazione attuale. Nel seguito di riportano i fabbisogni idrici stimati per la configurazione futura, alla capacità produttiva di Centrale:

- acqua di fiume per raffreddamento condensatori circa 1.198×10^6 m³/anno;
- acqua di fiume per uso industriale circa 1.401×10^3 m³/anno;
- acqua potabile da acquedotto circa 70 x 10³ m³/anno.

Si evidenzia che il consumo di acqua per usi civili può variare grandemente in funzione della presenza del personale all'interno dell'impianto ed il dato sopra riportato fa riferimento ai consumi massimi misurati, relativi al 2003, in occasione della presenza di un cantiere. Si stima che un valore medio di consumo giornaliero possa essere pari a circa 30 m³/giorno.

4.1.2 Acque di raffreddamento

Sulla sponda sinistra del fiume Po è stata realizzata una opera di presa nella quale sono ubicate le griglie fisse, quelle rotanti e le pompe che prelevano l'acqua necessaria al funzionamento della centrale.

In particolare, le acque di raffreddamento sono quelle utilizzate nei sistemi: Acqua Condensatrice (AC) e Acqua Raffreddamento (AR); esse sono convogliate attraverso condotte e tubazioni di diametro adeguato dall'opera di presa agli scambiatori di calore (rispettivamente ai condensatori delle unità di produzione energia ed ai refrigeranti dei sistemi di raffreddamento in ciclo chiuso dei macchinari) e da questi all'opera di scarico.

4.1.3 Acque industriali di processo

Tutte le altre acque utilizzate nell'impianto sono ottenute sottoponendo ad un trattamento primario di chiariflocculazione le acque filtrate (dai due sistemi citati di griglie) per ottenere l'Acqua Servizi e, per una limitata quantità, ad un successivo trattamento di demineralizzazione (con un sistema di resine a scambio ionico) per ottenere l'Acqua Demineralizzata.

4.1.4 Acque potabili

Le acque potabili per l'alimentazione di servizi igienici, docce e beverini sono prelevate dall'acquedotto cittadino utilizzando i collegamenti già esistenti.

4.2 SCARICHI IDRICI

La Centrale di Ostiglia possiede i seguenti scarichi idrici finali:

- SF1: scarico nel fiume Po delle acque di raffreddamento dei condensatori (AR) e delle acque trattate dall'ITAR (AI);
- SF2: scarico nel fiume Po delle acque di lavaggio griglie opera di presa;
- SF3: scarico saltuario nel canale Dugale delle acque di raffreddamento dei condensatori;
- SF5: scarico nel collettore comunale delle acque sanitarie.



Allo scarico parziale AR e agli scarichi finali SF2 e SF3 confluiscono le acque prelevate dal fiume, attraverso un sistema di filtrazione meccanica posto nel manufatto dell'opera di presa, e restituite senza aver subito alcuna contaminazione chimica.

Lo scarico SF3 nel Canale Dugale è effettuato su esplicita richiesta del Consorzio S.Stefano. Il canale è alimentato attraverso due tubazioni in acciaio del diametro di 400 mm, (una per i gruppi 1-2, e una per i gruppi 3-4, con presa valvolata su singola condotta) che scaricano per gravità tramite un pozzetto accessibile dall'interno della Centrale. L'apporto al canale è costituito esclusivamente da acqua di fiume a temperatura leggermente superiore, senza alterazione delle sue caratteristiche chimiche originarie.

Allo scarico parziale AI, dotato di sistema di monitoraggio in continuo delle principali caratteristiche chimico-fisiche dei reflui, confluiscono, dopo i necessari trattamenti, tutte le acque che potrebbero risultare chimicamente inquinate.

Per quanto riguarda i quantitativi scaricati si prevede che rimangano simili ad eccezione delle acque reflue trattate dall'ITAR (AI) che subiranno un decremento di circa il 20% in relazione alla dismissione d'uso dell'OCD.

Si stimano quindi i seguenti quantitativi allo scarico:

- SF1: circa 1.011×10^6 m³/anno, costituiti da circa 1.009×10^6 m³/anno di acque di raffreddamento dei condensatori (AR) e da circa 2.102×10^3 m³/anno di acque trattate dall'ITAR (AI);
- SF2: 1.314.000 m³/anno delle acque di lavaggio griglie opera di presa;
- SF3: non quantificabile poiché saltuario;
- SF5: non quantificabile ed ipotizzabile, in prima battuta, di poco inferiore al consumo di acque da acquedotto.

La Centrale è dotata di un sistema di gestione separata delle acque, raccolte e convogliate ai rispettivi trattamenti da reti separate, in funzione della natura degli inquinanti che potrebbero contenere, sono costituite da:

- acque acide o alcaline ;
- acque oleose;
- acque meteoriche;
- acque sanitarie.

Nella configurazione futura di Centrale l'opera di presa/scarico non sarà modificata. Saranno realizzate nuove reti di raccolta delle acque presso le aree occupate dai nuovi impianti.

Nella configurazione futura l'impianto di trattamento delle acque reflue non subirà modifiche e garantirà la stessa qualità delle acque in uscita al collettore di scarico rispetto alla situazione attuale, in conformità ai limiti normativi indicati dalla Tabella 3 dell'Allegato 5 alla Parte III del D.Lgs 152/06 per lo scarico in acque superficiali.

Tutte le acque di scarico industriali e meteoriche sono convogliate in una vasca finale munita di un doppio sistema di pompe: due pompe da 400 m³/h cad. (PBC) e, separate da uno stramazzone, due pompe da 1.250 m³/h cad. (PSAC). Tutte le pompe inviano le acque allo scarico finale SF1; inoltre con le due pompe a portata minore (PBC) è possibile rimandare tutti i reflui



all'impianto di trattamento o stocarli nei serbatoi di accumulo, quando le caratteristiche delle acque non rispettano i limiti previsti allo scarico.

Allo scopo di controllare la qualità delle acque scaricate è installato un sistema di monitoraggio in continuo delle acque presenti nella vasca finale che controlla le seguenti caratteristiche chimico-fisiche: pH, conducibilità, torbidità, temperatura e contenuto di oli.

Per tutti tali parametri sono previsti set di valori programmabili per dare segnalazioni di allarme alla sala controllo dell'impianto trattamento acque ed, eventualmente, mandare in blocco le pompe di mandata al fiume.

Il personale addetto alla conduzione degli impianti di trattamento e scarico delle acque è personale specializzato che, operando in turni continui ed avvicendati, garantisce, quindi, continuità di presenza e di sorveglianza sugli impianti gestiti.

Con frequenza settimanale sono inoltre effettuate analisi complete delle acque scaricate per verificare il corretto funzionamento dell'impianto ed il rispetto dei limiti; il campionamento delle acque viene effettuato nel punto di prelievo fiscale, ubicato sulla tubazione di scarico. La completa gestione delle operazioni di verifica e controllo viene effettuata attraverso apposite procedure:

- procedura operativa PO/03 - "Gestione dell'impianto di trattamento acque reflue" che definisce le modalità di gestione dell'impianto di trattamento degli scarichi;
- procedura PO/12 "Procedure di analisi, taratura strumenti e loro manutenzione" che definisce i criteri di gestione adottati dal Laboratorio Chimico e Ambientale per assicurare che le attività eseguite siano conformi alla normativa e alle metodiche analitiche applicabili.

Nella seguente *Figura 1* si riporta uno schema indicativo delle acque reflue di Centrale.

4.2.1 Acque oleose

Pervengono a questa rete le acque che potrebbero essere contaminate da oli minerali e/o combustibili sia della centrale che del deposito combustibili di Borgo S. Giovanni.

In particolare le acque raccolte in centrale sono:

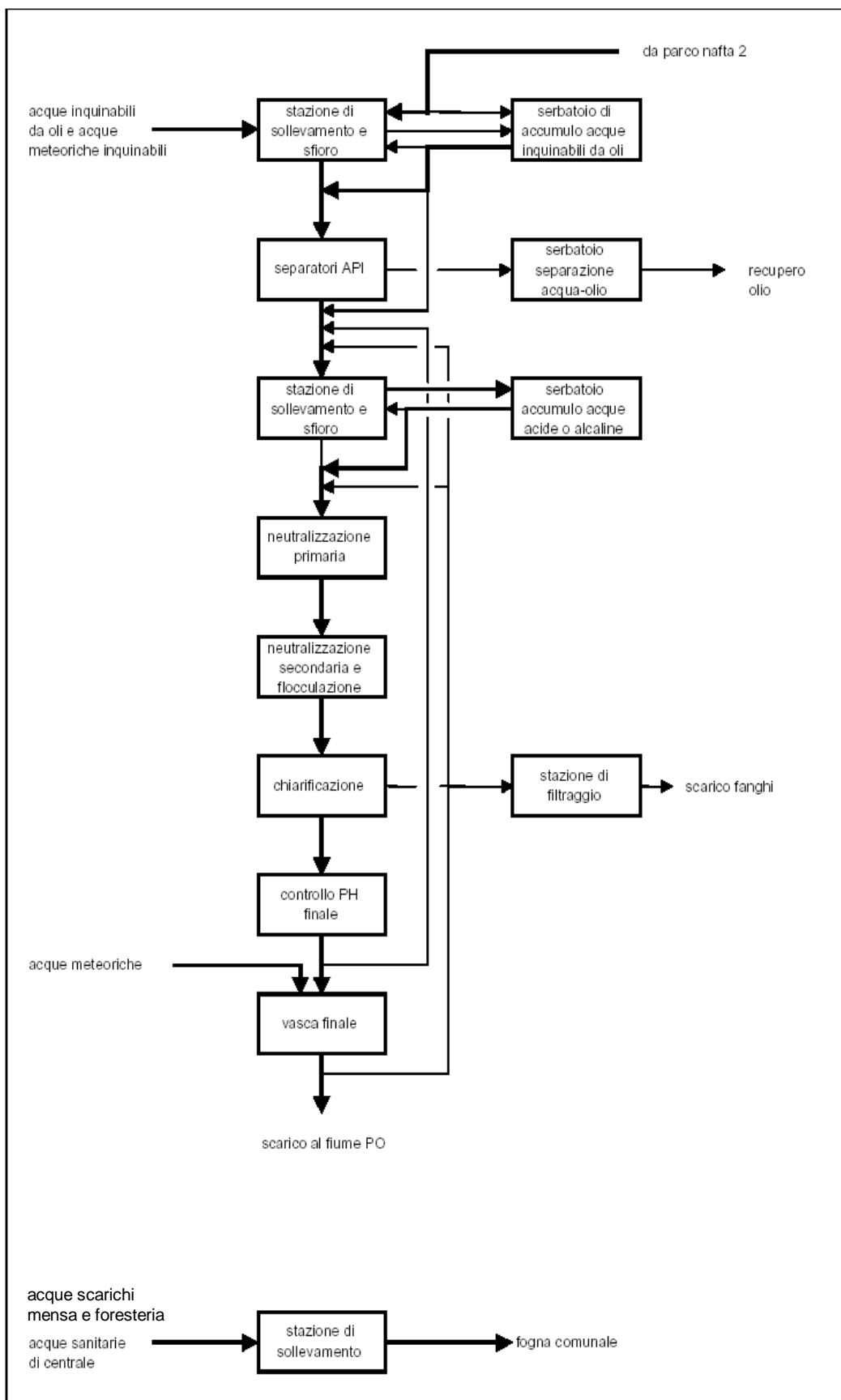
- acque di lavaggio di aree coperte;
- acque piovane provenienti da aree scoperte potenzialmente inquinabili da oli (ad esempio aree dei serbatoi di gasolio, aree dei trasformatori, ecc);
- acque provenienti dalla fogna calda (condense a basso contenuto salino).

A scopo cautelativo, infatti, sono convogliate nella rete delle acque oleose sia le acque di lavaggio di superfici pavimentate in aree coperte per la possibile presenza di residui oleosi, sia la fogna calda alimentata dagli spurghi di condense a basso contenuto salino che non sono recuperate nel ciclo termico per la possibile contaminazione con sostanze oleose (Riscaldatori Nafta a vapore).

Tutte le acque del deposito combustibili di Borgo S. Giovanni sono raccolte in un serbatoio di stoccaggio da 1.000 m³ e trasferite a mezzo pompe in centrale.

Figura 1 – Schema indicativo della rete delle acque reflue della Centrale di Ostiglia





Attualmente le acque oleose sono trattate in una vasca API e poi sono successivamente inviate all'impianto ITAR dove confluiscono anche le altre acque reflue da trattare. Nella configurazione futura, rimane questo schema di collegamento ma la vasca API sarà rilocata poiché attualmente sorge nell'area che sarà destinata alle due nuove turbine a gas. Si veda la planimetria in *Allegato C10*.

L'apporto di tali reflui diminuirà con la configurazione futura in seguito alla dismissione di della sezione 4 alimentata a gas e olio combustibile. Il quantitativo d'acqua che alimenterà la suddetta rete è stato valutato come segue:

- la superficie totale della Centrale è di circa 17 ha;
- alla superficie totale vanno sottratte le seguenti aree:
 - aree coperte di circa 2,6 ha;
 - aree verdi di circa 2,9 ha;
 - altre aree coperte quali parcheggi, depositi di materiale vasche e serbatoi non inquinabili da oli per circa 4,0 ha.

Per la restante area (pari a circa 7,5 ha) è stata considerata la piovosità media di 600 mm ricavata dai dati storici dalla stazione idrologica di centrale.

Il contributo medio dovuto alle acque piovane è quindi pari a 22,5 m³/h.

A queste vanno sommati gli altri contributi per un totale di circa 30 m³/h continui.

Per tener conto di possibili eventi di piovosità eccezionale, il nuovo impianto di trattamento è stato dimensionato per una portata continua di 100 m³/h.

4.2.2 Acque acido o alcaline

Questa rete viene alimentata principalmente dalle acque di rigenerazione degli impianti utilizzati per il trattamento dell'acqua e da quelle dei lavaggi chimici saltuari dei componenti di impianto. In essa confluiscono in particolare:

a) Scarichi dell'impianto di pretrattamento - demineralizzazione

Tale impianto, unico per tutte le sezioni della Centrale, è costituito da un chiariflocculatore a latte di calce e cloruro ferrico, con quattro filtri a sabbia e quattro linee di demineralizzazione. Ciascuna linea, avente la capacità di trattare 48 m³/h di acqua, è costituita da due scambiatori di cationi, uno scambiatore di anioni debole, un decarbonatore, uno scambiatore di anioni forte ed uno scambiatore a letto misto.

Il suo scopo è quello di ottenere acqua priva di sali con cui integrare le perdite del ciclo acqua - vapore dei generatori di vapore. L'impianto tratta acqua del fiume Po facendola passare prima attraverso il chiariflocculatore e successivamente percolare attraverso letti di resine scambiatrici di ioni, che trattengono i sali disciolti. Per ripristinare la capacità di demineralizzazione delle resine occorre rigenerarle periodicamente con acido e soda. Le rigenerazioni vengono effettuate con acido cloridrico al 6% e con soda caustica al 4%, con una frequenza di c.a 2 giorni per le rigenerazioni anioniche e quattro giorni per quelle cationiche.

I liquidi di rigenerazione, contenenti l'eccesso di acido o soda (nonché i sali asportati dalle resine) sono valutabili all'incirca pari a 100 m³ per ciascuna rigenerazione.

I reflui contengono essenzialmente i sali derivanti dal trattamento dell'acqua di fiume e l'eccesso di acido cloridrico e idrossido di sodio utilizzati per la loro rigenerazione. Tali reflui, strettamente legati al quantitativo di acqua prodotta, sono destinati ad una progressiva



diminuzione in quanto i nuovi generatori di vapore GVR necessitano di minori reintegri rispetto alle tradizionali caldaie a corpo cilindrico.

I fanghi asportati dal chiariflocculatore, contenenti carbonato di calcio, magnesio ed idrato ferrico, vengono estratti con frequenze diverse in funzione della portata di acqua trattata.

b) Scarichi degli impianti filtrazione condensato

Tali impianti, uno per sezione, sono costituiti ciascuno da due filtri a candele di polipropilene ricopribili con resine polverizzate. Lo scopo degli impianti è di fermare le particelle in sospensione (ossidi metallici e prodotti estranei in genere) prima che possano giungere nel generatore di vapore. La frequenza della pulizia dei filtri è all'incirca quindicinale (un filtro ogni settimana). Per il lavaggio vengono utilizzati circa 200 m³ di acqua demineralizzata. L'apporto di tali reflui è destinato a diminuire nel tempo date le minori esigenze di purezza chimica delle acque di processo dei GVR rispetto alle tradizionali caldaie che operano a pressioni più elevate.

g) Spurgo continuo dei Generatori di Vapore delle sezioni 1, 2, 3

Sono le acque provenienti dallo spurgo dei corpi cilindrici dei GVR delle tre sezioni a ciclo combinato: si evidenzia che le due nuove turbine faranno impiego dei GVR delle sezioni 2 e 3 a ciclo combinato.

Tali acque, con un bassissimo contenuto di sali minerali ed inquinanti, sono comunque inviate all'impianto trattamento chimico – fisico; il volume di acqua scaricata è complessivamente di circa 20-25 m³/giorno.

Le tipologie di acque sopra elencate sono fatte confluire all'impianto ITAR per i trattamenti di neutralizzazione primaria, neutralizzazione secondaria, chiarificazione e controllo finale di pH. Le acque trattate sono quindi inviate alla vasca finale, dove confluiscono anche le acque meteoriche chiare, da cui vengono inviate allo scarico finale per mezzo di un idoneo sistema di pompaggio.

4.2.3 Acque meteoriche chiare

Confluiscono in questa rete le acque piovane provenienti dai pluviali delle zone coperte e dai piazzali non inquinabili; pertanto tali acque normalmente non contengono alcuna traccia di sostanze inquinanti.

Le acque meteoriche provenienti dai pluviali delle zone coperte, da strade e dai piazzali non inquinabili dell'isola produttiva, vengono collettate in una rete di fognature separate ed inviate alla vasca finale, dalla quale vengono inviate allo scarico finale per mezzo di un idoneo sistema di pompaggio.

4.2.4 Acque sanitarie

Tali acque hanno una produzione correlata al consumo di acqua potabile (l'utilizzo prevalente è quello dei servizi igienici) con un carico inquinante tipico di deiezione umana e con carico di detersivi tipico degli usi civili, dovuto all'utilizzo di lavelli e docce.

Anche le acque reflue provenienti dalla mensa e dalla foresteria sono collettate e si ricongiungono alla rete di acque sanitarie di Centrale, prima dello scarico finale in fognatura.



5 VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI DOVUTI AI PRELIEVI IDRICI

Come riportato in precedenza, le esigenze di acqua per usi industriali della Centrale sono soddisfatte dall'emungimento di acqua dal fiume Po.

Il volume annuo massimo di acqua prelevabile dal Fiume Po corrisponde a 1.200.000.000 m³ (400 moduli X 3.000.000 m³/anno) come da autorizzazioni – *Allegati A18_01 e A18_02*. In tale condizione di massimo approvvigionamento non si evidenziano pertanto sfruttamenti della risorsa idrica.

6 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELLO SCARICO TERMICO NEL CORSO D'ACQUA

6.1 PREMESSA

L'obiettivo dello studio è quello di valutare, mediante simulazione numerica, la dispersione termica del pennacchio caldo costituito dalle acque di raffreddamento, provenienti dai condensatori, rilasciate mediante l'opera di scarico nella configurazione futura di Centrale.

Le simulazioni permetteranno quindi la verifica del rispetto del limite di legge nel tratto del Fiume Po compreso tra l'opera di presa ed un tratto a valle dell'opera di scarico, sufficiente a determinare la diluizione del pennacchio.

A tale proposito, si fa riferimento al D.Lgs. 152/06 che, nell'allegato 5 alla Parte Terza (Limiti di emissione degli scarichi idrici), punto 1 (Scarichi in corpi d'acqua superficiali), tabella 3 (Valori limite di emissione in acque superficiali e in fognatura), parametro 2 (temperatura), nota 1, recita tra l'altro: *"Per i corsi d'acqua la variazione massima tra temperature medie di qualsiasi sezione del corso d'acqua a monte e a valle del punto di immissione non deve superare i 3 °C. Su almeno metà di qualsiasi sezione a valle tale variazione non deve superare 1 °C. omissis Per i canali artificiali, il massimo valore medio della temperatura dell'acqua di qualsiasi sezione non deve superare i 35 °C, la condizione suddetta è subordinata all'assenso del soggetto che gestisce il canale"*.

6.2 METODOLOGIA DI ANALISI E MODELLO DI CALCOLO IMPIEGATO PER LE SIMULAZIONI

La metodologia adottata per la presente valutazione si articola nelle seguenti fasi:

1. *Raccolta di informazioni, rilievo dei dati e valutazione dei parametri significativi per la caratterizzazione dello scarico e del territorio*, che sostanzialmente si è incentrata nei punti:
 - a) raccolta ed analisi dei dati relativi alle opere di scarico e presa della Centrale;
 - b) definizione dei dati di esercizio della Centrale nell'assetto futuro di riferimento;
 - c) raccolta ed analisi dei dati caratterizzanti il Fiume Po, in termini di valori di portata, livello e sezioni batimetriche, per le aree di interesse;
 - d) raccolta ed analisi delle condizioni meteorologiche tipiche della zona.

2. *Definizione del modello di calcolo numerico*, con particolare riferimento ai seguenti punti:
 - a) definizione della batimetria del tratto di Fiume Po interessato dallo studio a partire dai rilievi sperimentali delle sezioni e dai dati topografici;
 - b) definizione del dominio di calcolo. In particolare, la tipologia dello scarico e della presa, la conformazione dell'alveo del Fiume Po, la presenza di secche e di ponti, sono stati considerati con un dettaglio sufficiente agli scopi dello studio, in funzione degli scenari di volta in volta simulati;
 - c) realizzazione del reticolo di calcolo per la simulazione numerica. Il modello bidimensionale utilizzato dal codice SWEETOMP è stato generato a partire dal



dominio di calcolo e prevede la suddivisione del dominio stesso in elementi finiti parabolici triangolari, le cui dimensioni sono ottimizzate per poter analizzare con accuratezza le aree interessate dalla diffusione termica e le zone caratterizzate da bruschi cambiamenti di batimetria.

3. *Esecuzione delle simulazioni numeriche, condotte nelle condizioni ambientali ritenute più critiche e ripetute per i due diversi assetti di funzionamento dell'impianto.*
4. *Analisi dei risultati, con particolare riferimento alla definizione del campo dinamico e di temperatura per la verifica del rispetto dei limiti di legge.*

Per la verifica del rispetto dei limiti di legge si fa riferimento al D.Lgs. 152/06 che, nell'Allegato 5 alla Parte Terza (*Limiti di emissione degli scarichi idrici*), punto 1 (*Scarichi in corpi d'acqua superficiali*), tabella 3 (*Valori limite di emissione in acque superficiali e in fognatura*), parametro 2 (*temperatura*), nota 1, recita tra l'altro:

“Per i corsi d'acqua la variazione massima tra temperature medie di qualsiasi sezione del corso d'acqua a monte e a valle del punto di immissione non deve superare i 3 °C. Su almeno metà di qualsiasi sezione a valle tale variazione non deve superare 1 °C.omissis.....Per i canali artificiali, il massimo valore medio della temperatura dell'acqua di qualsiasi sezione non deve superare i 35 °C, la condizione suddetta è subordinata all'assenso del soggetto che gestisce il canale”.

Ciò significa che in una qualunque sezione fluviale a valle dello scarico della Centrale, nota la distribuzione della temperatura in funzione della profondità h e della distanza x dalla riva, è possibile calcolare la temperatura media T_m secondo l'espressione:

$$T_m = \frac{1}{A} \int T(x, h) dx dh$$

dove A è l'area della sezione e $T(x, h)$ è la funzione distribuzione della temperatura (campo termico). Poiché il modello numerico fornisce i valori di temperatura nei nodi degli elementi costituenti il reticolo di calcolo, si individuano i nodi che caratterizzano una sezione, in numero discreto, e l'espressione precedente viene ad assumere la forma approssimata:

$$T_m = \frac{\sum_i T_i A_i}{\sum_i A_i}$$

essendo T_i i valori di temperatura nei nodi ed A_i le aree della sezione in cui tale valore può essere ritenuto costante. Poiché il modello numerico adottato effettua già una media sulla verticale, di fatto la sezione considerata viene suddivisa in un numero di superfici verticali elementari ciascuna relativa ad uno dei nodi della sezione.

Per calcolare poi il valore di temperatura media sulla semi sezione “più fredda”, oltre che il valore sull'intera sezione, si ordinano le temperature T_i in senso crescente, ciascuna con la superficie elementare associata, e si valutano le quantità:



$$T_m(100\%) = \frac{\sum_{i=1}^N T_i A_i}{\sum_{i=1}^N A_i}$$

$$T_m(50\%) = \frac{\sum_{i=1}^M T_i A_i}{\sum_{i=1}^M A_i}$$

essendo N il numero totale di nodi della sezione ed M il numero di nodi la cui somma delle superfici elementari è pari alla metà dell'area totale della sezione. Gli incrementi termici medi sono poi calcolati come differenza tra i valori medi di temperatura nella sezione a valle dello scarico calcolati secondo le formule sopra riportate e la contemporanea temperatura media calcolata in una sezione imperturbata posta a monte dello scarico stesso.

La legislazione vigente, poi, richiede che la verifica dei limiti di legge avvenga misurando l'incremento termico tra una qualsiasi sezione a monte ed a valle del punto di immissione dello scarico.

Nella presente verifica, per l'analisi dell'incremento termico di legge si è fatto riferimento alle sezioni:

- *sezione imperturbata a monte* (detta anche "sezione fredda") che, in considerazione della assenza di fenomeni di ricircolo, è stata collocata prima della opera di scarico, per la misura della temperatura media naturale (indisturbata) del corpo idrico recettore;
- *sezione a 100 m*, scelta ad una distanza di circa 100 m dallo scarico quale sezione calda più prossima, in cui viene valutato l'incremento termico dovuto allo scarico, sia sull'intera sezione che sulla semi sezione fredda;
- *sezioni a 500 m e a 700 m*, scelte ad una distanza di circa 500 m e 700 m dallo scarico quali sezioni calde in cui, nei vari scenari esaminati, il pennacchio termico raggiunge il suo massimo sviluppo in larghezza e nelle quali è ancora valutato l'incremento termico sia sull'intera sezione che sulla semi sezione fredda;
- *sezione a 1.000 m*, scelta ad una distanza di circa 1.000 m dallo scarico quale sezione calda alla quale il pennacchio termico torna a restringersi; considerata come sezione limite oltre la quale è possibile garantire il mantenimento dei previsti limiti di legge per tutti gli scenari simulati, anche per essa è valutato l'incremento termico sia sull'intera sezione che sulla semi sezione fredda.

6.2.1 *Raccolta di informazioni, rilievo dei dati e valutazione dei parametri significativi per la caratterizzazione dello scarico e del territorio*

Lo scarico dell'acqua calda proveniente dai circuiti di raffreddamento delle centrali termoelettriche è tipicamente condizionato dalla conformazione delle opere di restituzione e dalle condizioni idrauliche del sito oltre che da quelle di esercizio degli impianti. Pertanto, attraverso la raccolta e l'analisi dei dati caratteristici del sito e degli impianti, è necessario individuare le condizioni di simulazione più adatte allo scopo dello studio.

La raccolta e l'analisi dei dati fa dunque riferimento alle seguenti tipologie di:



- dati geometrici di impianto, relativi soprattutto alle opere di scarico e di presa;
- dati relativi alla configurazione dei corpi idrici, alla relativa batimetria ed alle opere presenti lungo il corpo idrico (tipicamente pile di ponti, ecc.);
- dati relativi ai valori di temperatura, portata e livello dei corpi idrici;
- dati relativi ai parametri meteorologici;
- dati di esercizio della Centrale, quali potenza, modalità di esercizio e portata di scarico dei circuiti di raffreddamento.

Nel seguito verranno analizzate in dettaglio le diverse tipologie di dati allo scopo di definire correttamente gli scenari di analisi.

Localizzazione dell'impianto

La Centrale di Ostiglia è collocata nelle immediate adiacenze dell'abitato di Ostiglia, in provincia di Mantova, sulla sponda sinistra del Fiume Po, al chilometro 239 della SS 12 Abetone - Brennero, come illustrato in *Figura 2*. La corografia generale nella quale è inserito l'impianto è mostrata in *Figura 3*.

L'impianto preleva l'acqua di raffreddamento direttamente dal Fiume Po mediante un'opera di presa (*Figura 4*) collocata sull'argine sinistro a circa 1.000 m a monte dell'esistente ponte ferroviario e stradale che collega gli abitati di Revere e Ostiglia (*Figura 5*) e la restituisce a circa 100 m a monte del medesimo ponte mediante un'opera di scarico a pelo libero (*Figura 6*) che scavalca l'argine sinistro stesso.

Per quanto riguarda il tratto di fiume direttamente interessato, dalla presa fino ad almeno 1.000 m a valle dello scarico, esso è principalmente caratterizzato dall'emergenza costituita dall'Isola Boschina (SIC IT20B0007), scollegata dalla sponda sinistra del Fiume Po solo in condizioni di piena. Accanto alla singolarità naturale dell'isola, immediatamente a valle dell'opera di scarico sono inoltre presenti le singolarità artificiali costituite dal sopra citato ponte "Revere - Ostiglia" a cui si sono recentemente aggiunte quelle del nuovo ponte ferroviario, in corso di realizzazione per il raddoppio della linea tra Bologna e Verona lungo la direttrice Bologna Brennero (*Figura 7*). Le singolarità naturali e quelle costituite dalle pile in alveo di entrambe le opere (*Figura 8*) sono state debitamente considerate nella definizione della morfologia dell'alveo utilizzata dal modello numerico.

Figura 2 – Carta stradale della zona comprendente il tratto di fiume tra Quingentole e Sermide

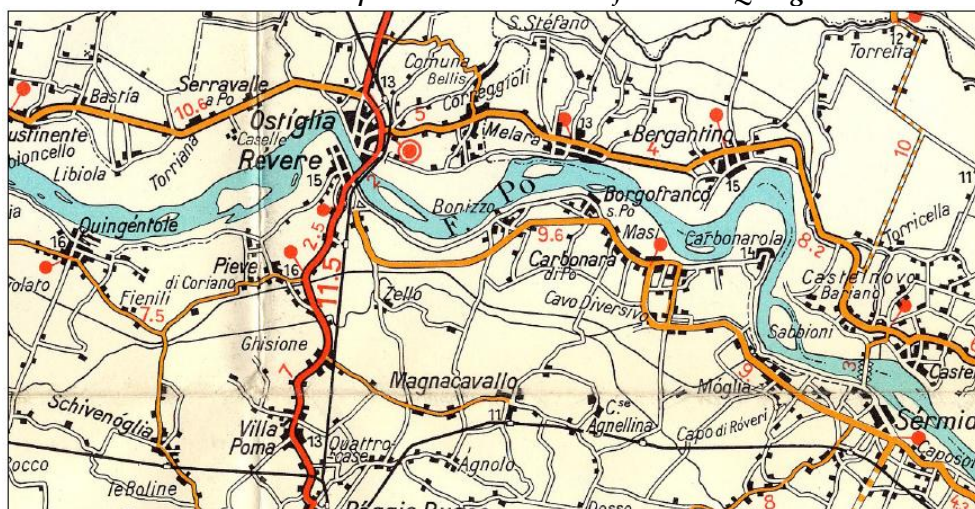


Figura 3 – Corografia generale in cui si inserisce l'impianto con ubicazione delle opere di presa e di scarico

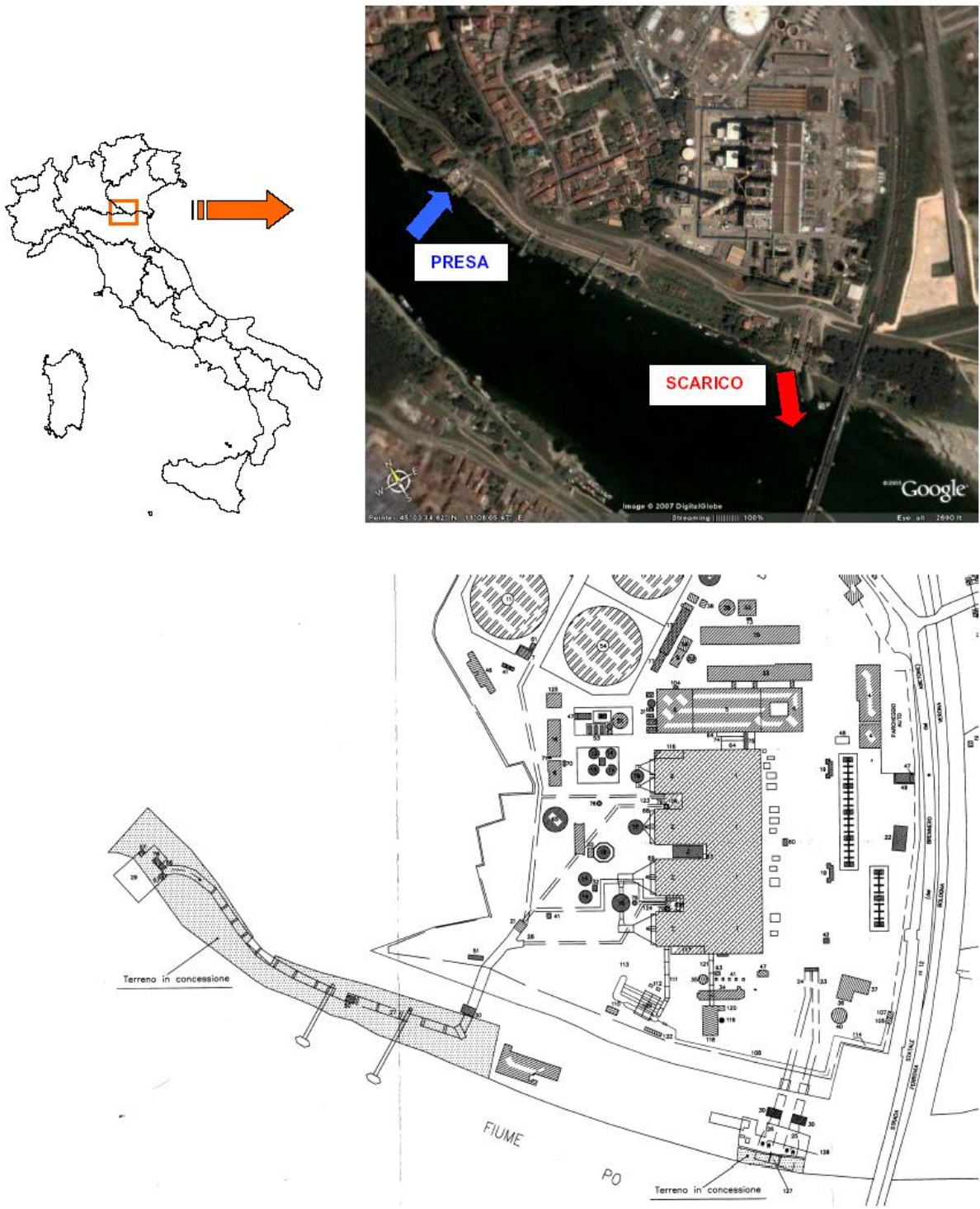


Figura 4 – Opera di presa




 A wide-angle photograph showing a large industrial facility, likely a power plant, situated on the right bank of the Po river. The facility features several tall, red-and-white striped chimneys and various structures. The river flows from the foreground towards the background, and the sky is clear and blue.	Vista dalla sponda destra del Po verso valle
 A photograph taken from the right bank of the Po river, looking upstream. In the foreground, a small boat with a blue canopy is docked. The riverbank is lined with green trees and vegetation. In the background, a large industrial structure is visible on the opposite bank.	Vista dalla sponda destra del Po verso monte
 A close-up photograph of the dam structure. The image shows a concrete wall with a metal railing on top. The river flows past the dam, and the sky is overcast.	Dettaglio opera di presa



Figura 5 – Ponte stradale (SS 12) e ferroviario (Bologna – Verona) tra Revere ed Ostiglia

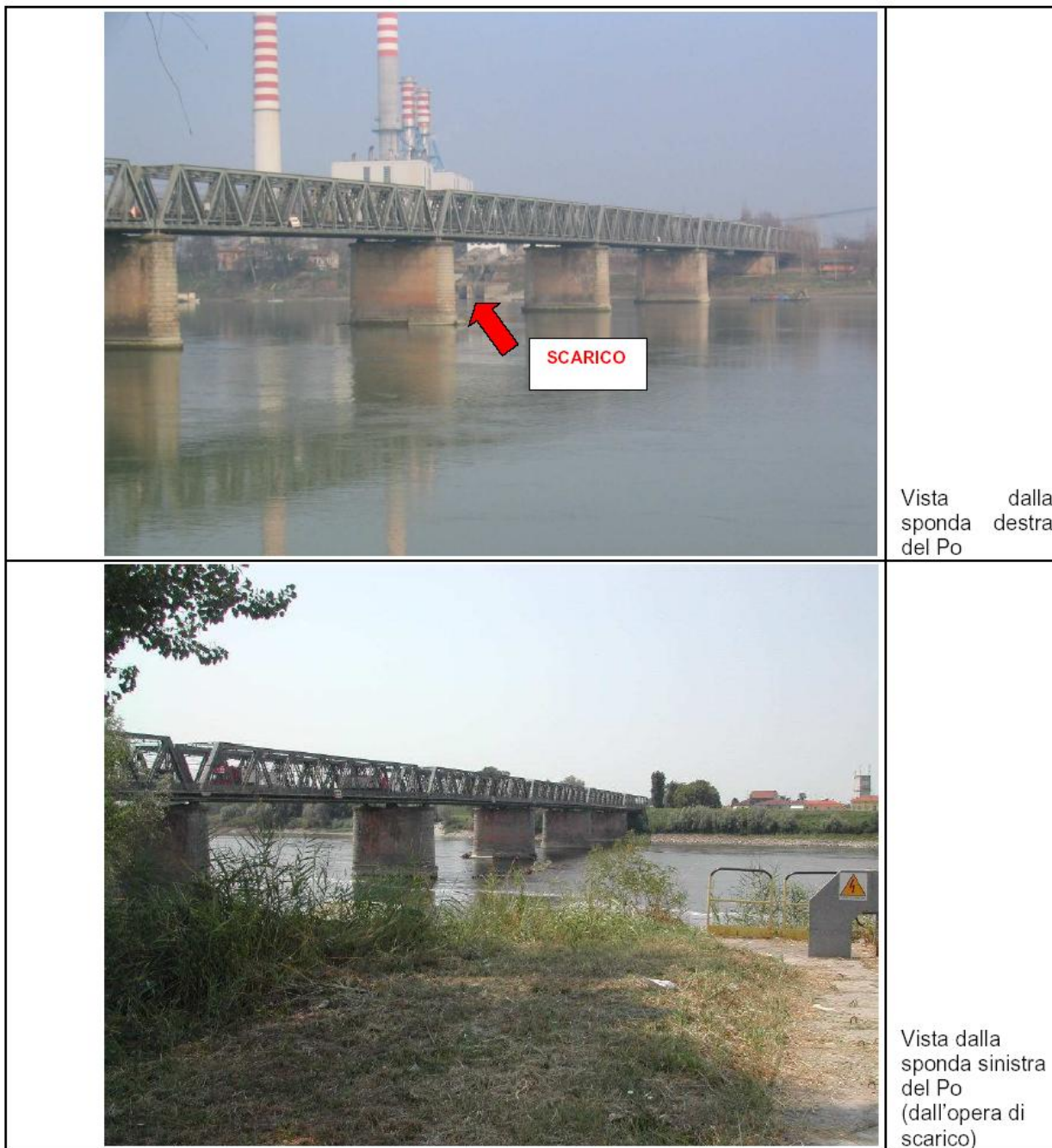


Figura 6 – Opera di scarico



Vista frontale



Vista dall'alto dell'opera verso monte

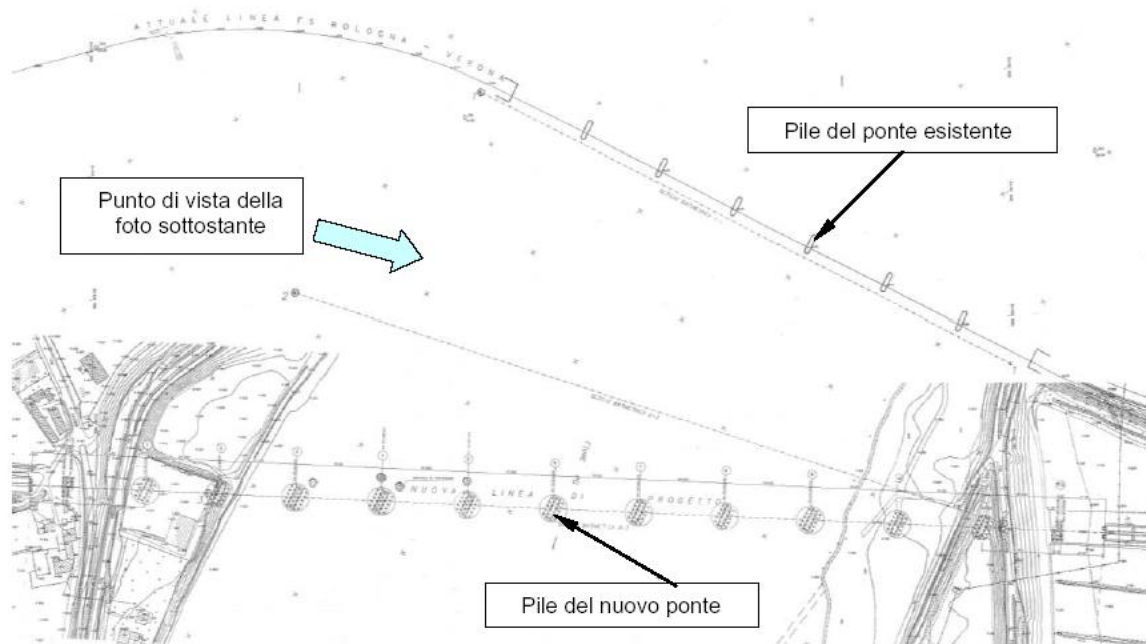


Vista dall'alto dell'opera verso le pile del ponte stradale e ferroviario

Figura 7 – Ponte ferroviario per il raddoppio della linea Bologna - Verona



Figura 8 – Vista d'insieme delle pile dei due ponti a valle dello scarico



Caratteristiche dell'opera di presa

L'opera di presa (*Figure 3 e 4*) si colloca in sponda sinistra sul Fiume Po ad una distanza di circa 1.000 m a monte del ponte stradale e ferroviario tra Revere e Ostiglia. Essa presenta quattro sezioni di aspirazione identiche, di forma rettangolare, aventi una luce di 6,80 m ciascuna ed una altezza compresa tra i 5,50 m s.l.m. del basamento ed i 22 m s.l.m. del piano di calpestio; è inoltre presente un tramezzo di convogliamento di spessore pari ad 1 m per regolare l'afflusso delle acque tra le sezioni afferenti ai diversi moduli.

Nelle *Figure 9 e 10* sono riportati i particolari della sezione longitudinale e della pianta all'imbocco dell'opera di presa, tratte dai disegni di progetto. Si deve tuttavia considerare che le condizioni di scarico termico, e quindi le condizioni di aspirazione, sono legate anche al



livello del fiume, che varia in un ampio intervallo di valori, come sarà meglio descritto nel seguito; ciò determina una diversa altezza di aspirazione e quindi diversi valori di velocità all'imbocco della sezione di presa. L'analisi condotta nel presente studio fa riferimento a tre livelli caratteristici del fiume, corrispondenti rispettivamente al livello di magra, al livello medio (definito d'ora in avanti livello di morbida) ed al livello di piena normale, trascurando le situazioni di piena eccezionale durante le quali le condizioni di scarico e presa sono da considerarsi del tutto anomale e comunque tali da non destare preoccupazioni in merito alla verifica oggetto del presente studio.

Sulla base di indicazioni formulate in merito dagli organi competenti, i valori adottati per i suddetti livelli del Fiume Po si discostano da quelli di progetto (riportati nella sezione longitudinale di **Figura 9** e pari a 17,2 m, 11,2 m e 8,3 m s.l.m.m. rispettivamente per piena, morbida e magra), con la sola eccezione di quello relativo alle condizioni di piena normale che è stato mantenuto pari a 17,2 m s.l.m.m.. In considerazione delle mutate condizioni idrologiche della locale rete idrografica (si veda il paragrafo 2.2) e del Fiume Po in particolare, i livelli di morbida e di magra sono stati invece portati a 9,00 m e 6,80 m s.l.m.m..

In definitiva, l'area efficace di aspirazione della bocca, che è quella che interessa ai fini dello studio, è di 35,36 m² in condizioni di magra, di 95,20 m² in condizioni di morbida e di 318,24 m² in condizioni di piena. La **Tabella 3** che segue riassume le caratteristiche dell'aspirazione in funzione delle condizioni assunte per il Fiume Po.

Tabella 3 – Parametri caratteristici dell'opera di presa in relazione ai livelli del Fiume Po

	Livello Fiume Po		
	MAGRA	MORBIDA	PIENA
Quota sup. battente idrico [m slm]	6,8	9,0	17,2
Sezioni di presa [n°]	4	4	4
Larghezza singola sezione [m]	6,8	6,8	6,8
Quota inf. bocca di presa [m slm]	5,5	5,5	5,5
Altezza battente idrico [m]	1,3	3,5	11,7
Area efficace di aspirazione [m ²]	35,36	95,2	318,24
Portata totale situazione futura [m ³ /s]	20,54	20,54	20,54
Velocità di aspirazione sit. futura [m/s]	0,581	0,216	0,065



Caratteristiche dell'opera di scarico

L'opera di scarico (*Figure 3 e 6*) restituisce le acque di raffreddamento al Fiume Po circa 100 m a monte del ponte ferroviario e stradale esistente tra Revere ed Ostiglia. In particolare, allo scopo di evitare l'indebolimento dell'argine stesso, i condotti di mandata non attraversano l'argine (posto a quota +22 m s.l.m.) ma lo scavalcano (quota estradosso tubi a +24.90 m s.l.m.), convogliando poi le acque in due turbine idrauliche per un parziale recupero dell'energia di caduta. Le acque arrivano infine nel diffusore superficiale che le restituisce direttamente al fiume. Il diffusore è costituito da quattro sezioni di scarico identiche (una per ogni modulo) raggruppate a due a due, per i moduli 1-2 e per i moduli 3-4 rispettivamente. La larghezza di ciascuna camera di scarico è pari a 5 m, mentre l'altezza è compresa tra i 7,50 m s.l.m. del basamento a riva e i 19 m s.l.m. del piano di calpestio. Ciascuna sezione di scarico è dotata di un bypass centrale per consentire lo scarico diretto dell'acqua di quelle sezioni le cui turbine sono eventualmente sottoposte a manutenzione e quindi escluse. Poiché tali situazioni sono da considerarsi saltuarie, e comunque non alterano le caratteristiche di portata e sovrizzo termico alla sezione finale, si suppone che lo scarico avvenga sempre attraverso le due sezioni di scarico (modulo 1+2 e modulo 3+4) tutte contemporaneamente operative.

Nelle *Figure 11 e 12* sono riportati i particolari della sezione longitudinale e della pianta allo sbocco dell'opera di scarico.

Come per l'opera di presa, si deve tuttavia considerare che le condizioni di scarico termico, in particolare per quanto concerne la velocità di scarico, sono dipendenti anche dal livello del fiume, che varia in un ampio intervallo di valori, come sarà meglio descritto nel seguito. L'analisi condotta nel presente studio fa riferimento a tre livelli caratteristici del fiume, corrispondenti rispettivamente al livello di magra, di morbida e di piena normale, trascurando le situazioni di piena eccezionale durante le quali le condizioni di scarico e presa sono da considerarsi del tutto anomale e comunque tali da non destare preoccupazioni in merito alla verifica oggetto del presente studio.

Come già detto nella descrizione delle opere di presa, i valori adottati nelle simulazioni del livello del Fiume Po (9,00 m per la morbida e 6,80 m s.l.m. per la magra) si discostano da quelli di progetto con la sola eccezione di quello relativo alle condizioni di piena normale che è stato mantenuto a 17,2 m s.l.m..

In definitiva, l'area efficace di scarico, che è quella utile ai fini dello studio, è di 30 m² in condizioni di morbida e di 194 m² in condizioni di piena; in condizioni di magra lo scarico avviene invece per sfioro della soglia alla base della bocca di scarico posta a quota 7,50 m s.l.m. e, dunque, ad una quota superiore a quella del pelo libero del fiume. La *Tabella 4* che segue, riassume le caratteristiche dell'aspirazione in funzione delle condizioni assunte per il Fiume Po.



Tabella 4 – Parametri caratteristici dell'opera di scarico in relazione ai livelli del Fiume Po

	Livello Fiume Po		
	MAGRA	MORBIDA	PIENA
Quota sup. battente idrico [m slm]	6,8	9,0	17,2
Sezioni di scarico [n°]	4	4	4
Larghezza singola sezione [m]	5	5	5
Quota inf. bocca di scarico [m slm]	7,5	7,5	7,5
Altezza battente idrico [m]	Scarico per ruscellamento		9,7
Area efficace di scarico [m ²] (*)	-	30	194
Portata totale situazione futura [m ³ /s]	20,54	20,54	20,54
Velocità di scarico sit. futura [m/s]	-	0,685	0,106
Sovralzo termico medio sit. futura [°C]	10,27	10,27	10,27

(*) l'area effettiva di scarico è stata opportunamente definita nella mesh di calcolo in funzione degli andamenti batimetrici locali

Figura 11 – Sezione longitudinale dell'opera di scarico

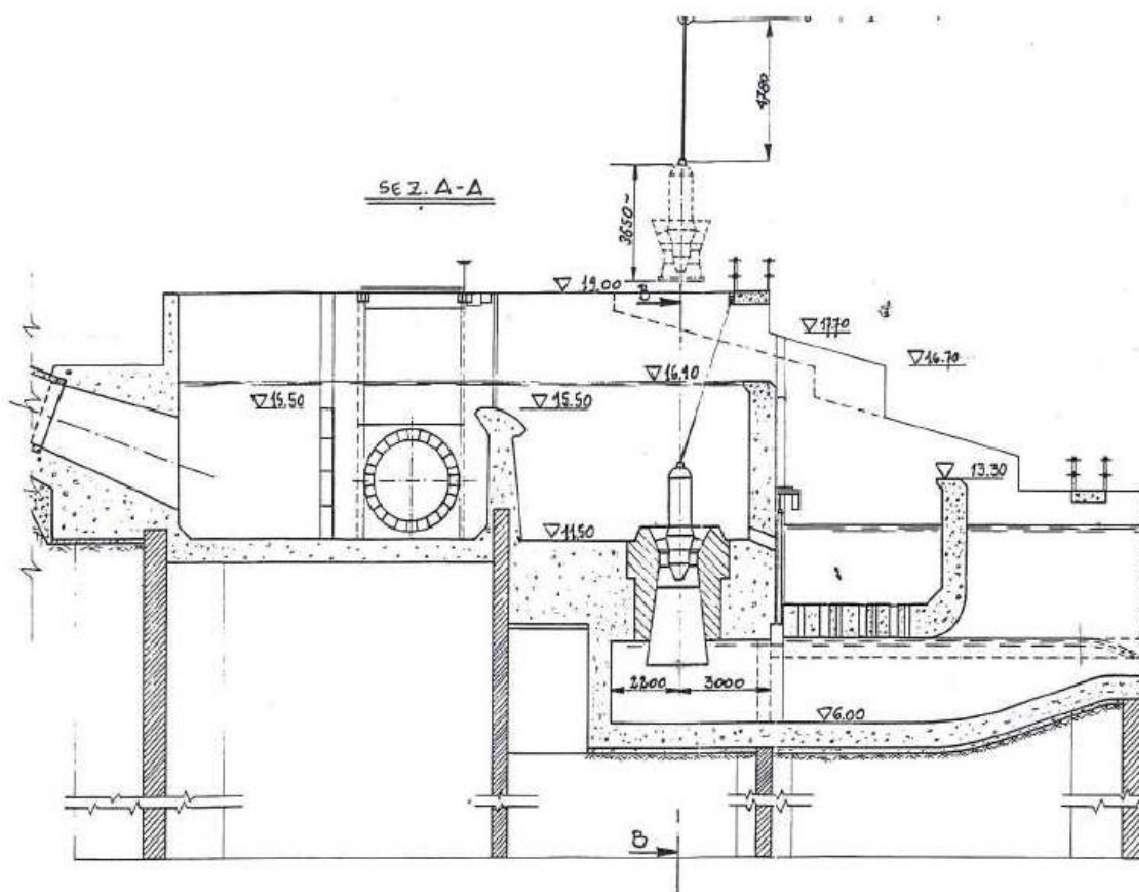
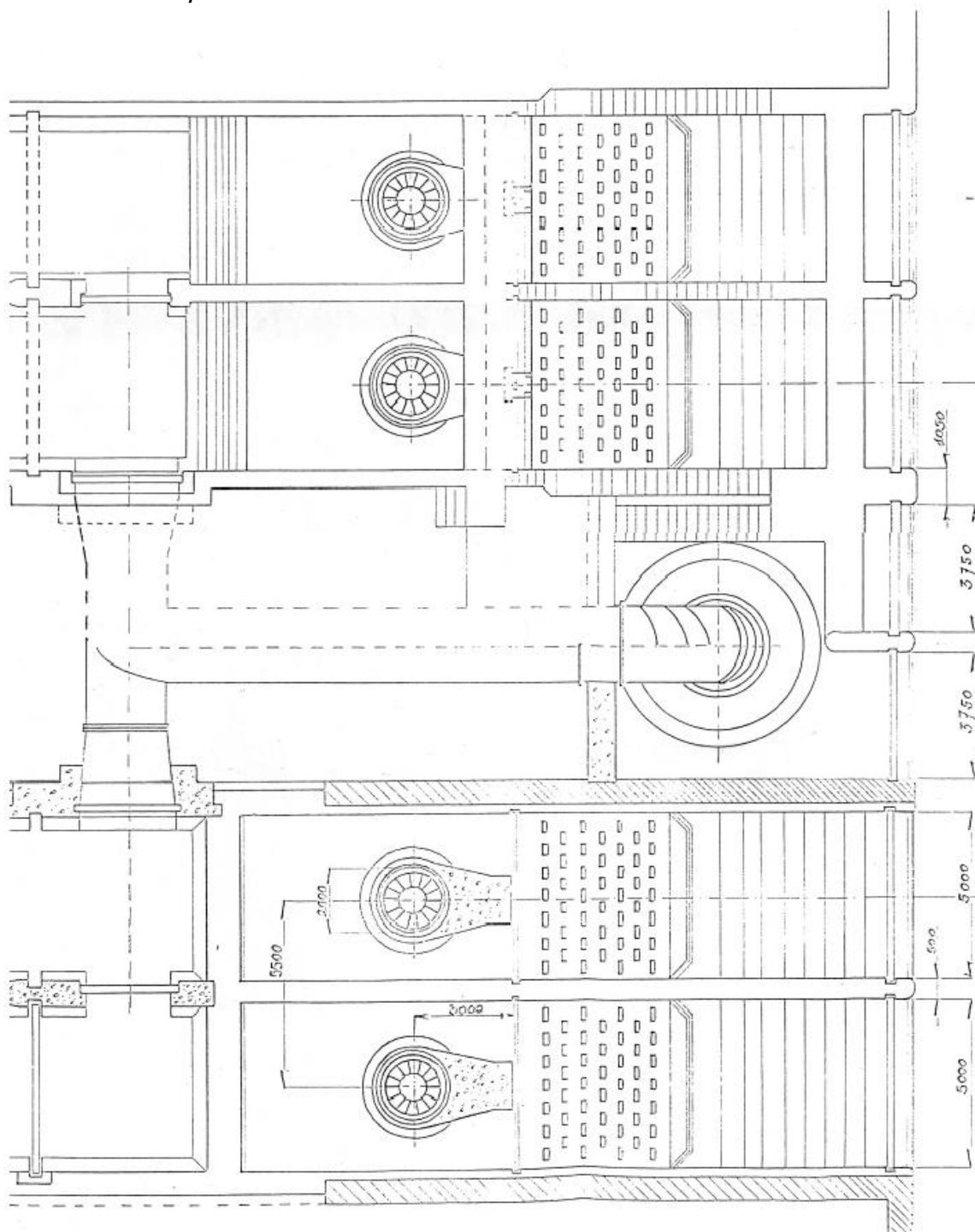


Figura 12 – Pianta dell'opera di scarico



Condizioni di esercizio

Le simulazioni sono state condotte con riferimento all'assetto futuro di Centrale in cui si prevede il funzionamento delle due pompe disponibili per la condotta comune che alimenta i moduli 1-2 e di una sola pompa per la condotta comune che attualmente alimenta i moduli 3-4. Nella **Tabella 5** si riassumono i parametri impiegati nella simulazione riferiti alle condizioni nominali di massimo esercizio. Si sottolinea che nella simulazione della situazione futura si



tiene conto del recupero del 19% di potenza termica sui condensatori dei moduli 2 e 3 durante l'impiego delle due turbine TGG e TGH. Sono invece stati considerati trascurabili i contributi derivanti dallo scarico di altre acque di circolazione (dell'ordine di 0,5 m³/s).

Tabella 5 – Condizioni di esercizio nell'assetto futuro dell'impianto simulate nello studio

	MODULO 1	MODULO 2	MODULO 3	TOTALE
Potenza turbine a vapore [MW elettrici]	132	157	157	446
Portata aspirata [mc/s]	5,97	5,97	8,6	20,54
Portata scaricata [mc/s]	5,97	5,97	8,6	20,54
Incremento termico [°C]	9,5	11,3	10,1	10,27 (*)

(*) media pesata

Caratteristiche ambientali e del territorio

Dal punto di vista della valutazione dei parametri ambientali e territoriali che interessano lo studio in oggetto, sono stati presi in considerazione i seguenti aspetti:

1. morfologia e condizioni del tratto del Fiume Po interessato dallo scarico;
2. caratteristiche del flusso idrico;
3. caratteristiche del fondale;
4. dati relativi alla temperatura del corpo idrico;
5. dati relativi alle condizioni meteorologiche.

Tenendo presente che il modello di simulazione numerica impiegato richiede la conoscenza della planimetria e del profilo idraulico del fiume lungo tutto il tratto considerato, nonché la conoscenza dei valori di portata e livello corrispondenti alle condizioni di valutazione dello scarico termico, sono stati analizzati, per ciascuno dei parametri necessari, tutti i dati disponibili ricavati anche da recenti campagne di misura.

1. Dati relativi alla morfologia dell'alveo

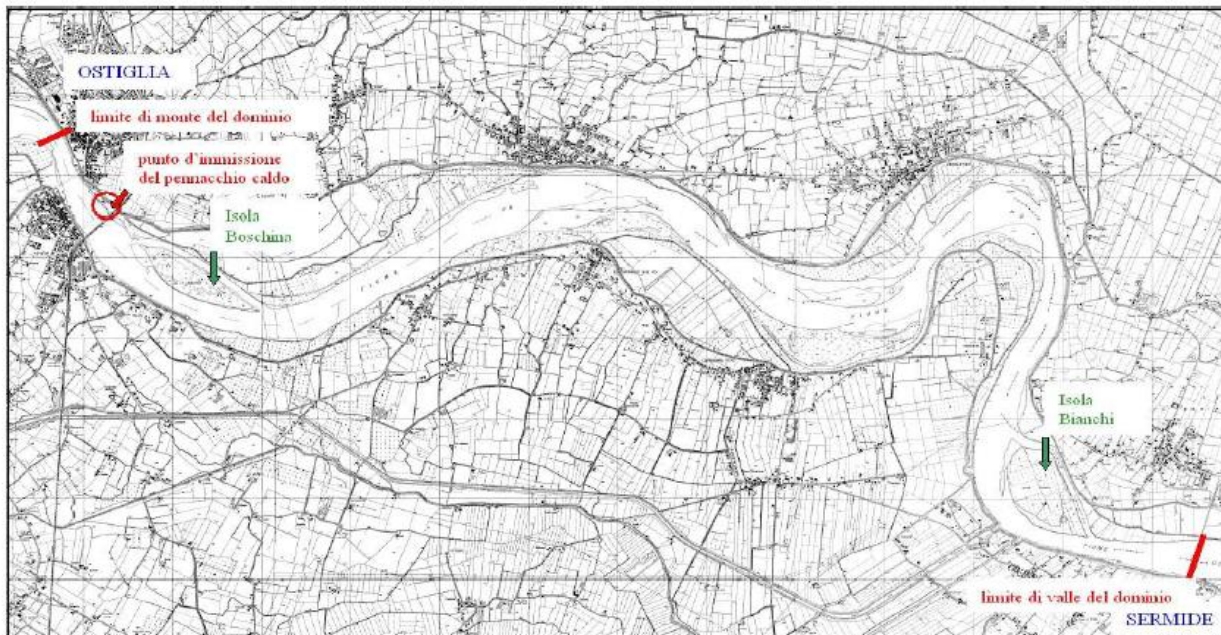
La raccolta dei dati morfologici dell'alveo fluviale riveste un'importanza fondamentale, in quanto da questi si ricavano le informazioni atte a costruire la discretizzazione spaziale per le simulazioni numeriche e l'esatta localizzazione dell'impianto nel dominio di calcolo.

A tale scopo, nell'ambito del presente studio, è stata eseguita nell'Aprile 2007 una campagna per il rilievo della morfologia dell'alveo nel segmento compreso tra l'opera di presa e l'area a valle dell'Isola Boschina. Le batimetrie di dettaglio, unitamente alla considerazione di nuove pile in corso di realizzazione in alveo al Fiume Po per il costruendo ponte stradale a valle dell'esistente, sono state utilizzate per la realizzazione del reticolo di calcolo adottato nel corso della simulazione numerica. In dettaglio, il tratto di fiume interessato dalle simulazioni numeriche (*Figura 13*) è compreso tra la sezione iniziale, posta a circa 400 m a monte della presa in direzione Quingentole (un chilometro a monte dell'opera di scarico), e la sezione finale, coincidente con il ponte di Sermide, per una lunghezza totale di circa 20 km. Le sezioni di monte e di valle del dominio unitamente a quelle di aspirazione e di scarico costituiscono le cosiddette sezioni aperte del dominio, quelle cioè attraversate dal fluido in ingresso (sezione



di monte e sezione di scarico) od in uscita (sezione di valle e sezione di presa) al dominio di calcolo.

Figura 13 – Estensione del dominio di calcolo



L'andamento della batimetria risultante dal recente rilievo è mostrato in **Figura 14**.

I dati batimetrici esaminati provengono principalmente dalla banca dati DATAPO, mantenuta continuamente aggiornata per quello che riguarda le informazioni provenienti da misure riferite alle stazioni in essa contenute.

La **Figura 15** mostra la localizzazione delle sezioni batimetriche derivate dal precedente studio, mentre la **Tabella 6** ne riassume le caratteristiche identificative.

Per le caratteristiche e i dati specifici alle diverse sezioni batimetriche, considerata per la definizione morfologica del tratto fluviale esaminato, si rimanda allo *Studio di Impatto Ambientale "Realizzazione di due turbine a gas per servizio di picco e di due moduli alimentati ad olio vegetale in sostituzione della sezione 4"* (Luglio 2007).

Tabella 6 – Sezioni di misura in DATAPO afferenti il tratto Revere-Sermide

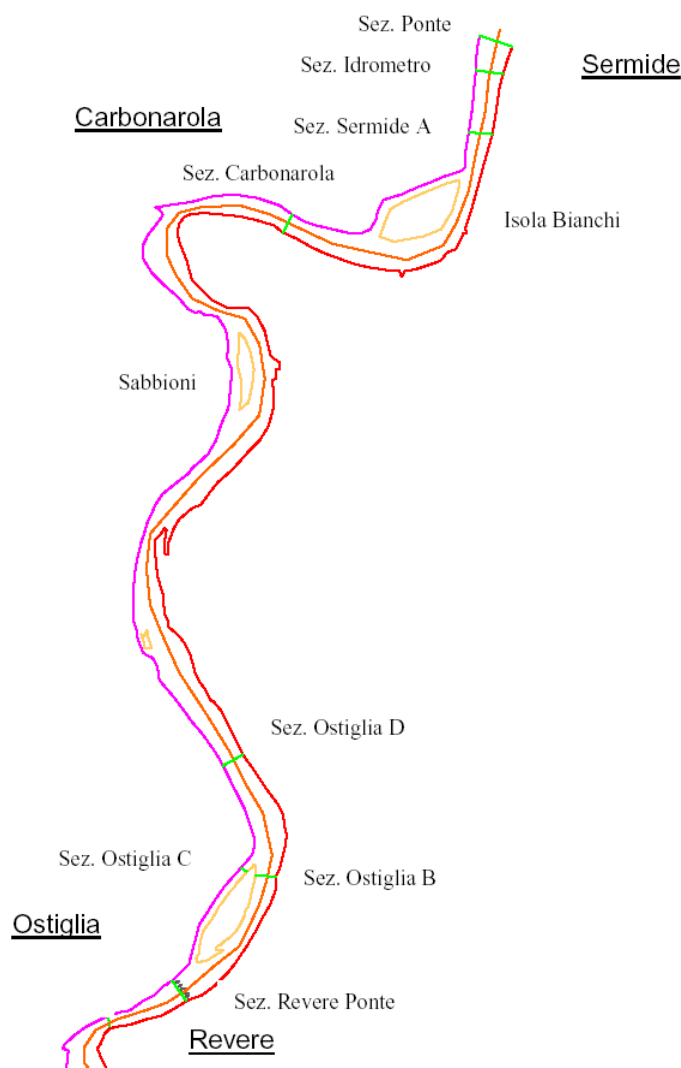
Codice Stazione	Località	Distanza dalla sorgente (km)	Zero idrometrico (m s.l.m.)
	Revere	529,0	
92	Ostiglia B	532,0	9,43
92	Ostiglia C	532,0	9,43
92	Ostiglia D	533,0	9,43
93	Carbonarola	544,5	7,76
94	Sermide A	547,9	5,44
	Sermide	548,0	5,44
	Idrometro		
95	Sermide Ponte	548,2	5,44



Figura 14 – Rilievi batimetrici nel tratto di Fiume Po antistante la Centrale di Ostiglia. Campagna Aprile 2007. Localizzazione delle nuove sezioni di misura (in alto); dettaglio batimetria (in basso)



Figura 15 – Tratto fluviale esaminato estratto dalla cartografia tecnica regionale con il posizionamento delle sezioni batimetriche



2. Dati relativi al flusso idrico

I dati relativi al flusso idrico hanno lo scopo di fornire tutte le informazioni atte a definire il comportamento nel tempo del corpo idrico nel tratto fluviale di competenza dell'impianto; da questi saranno ricavate principalmente le informazioni relative all'andamento del livello medio del fiume per i diversi periodi dell'anno, in relazione alla sua portata e la temperatura del corpo idrico imperturbato, sempre nelle diverse condizioni climatiche.

Partendo dal presupposto di considerare tre livelli caratteristici del fiume quali il livello di magra, il livello di morbida ed il livello di piena normale, trascurando le condizioni di piena eccezionale, si è ipotizzato di prendere in considerazione i livelli definiti in corrispondenza all'opera di scarico della Centrale, pari rispettivamente a 6,80 m, 9,00 m e 17,2 m s.l.m.. Il modello numerico di simulazione, però, richiede l'imposizione di condizioni al contorno, per quanto riguarda la portata ed il livello del fiume, alle due sezioni poste all'estremità del dominio considerato (vedi *Figura 13*), nella fattispecie le sezioni "S6" in *Figura 14* e "Sermide Ponte" in *Figura 15*. In particolare, risulta conveniente fissare il valore del livello del fiume a Sermide ed imporre la portata del fiume alla sezione di ingresso; in questo modo, non essendovi affluenti naturali nel tratto considerato, il moto dell'acqua può svilupparsi



liberamente lungo il corso del fiume, con un livello a monte della sezione finale che viene calcolato dal codice stesso con una pendenza tale da consentire il passaggio della portata imposta attraverso la sezione a livello costante di Sermide. In altre parole, così facendo le condizioni idrodinamiche simulate dal codice si assestano naturalmente, consentendo anche una verifica a posteriori dell'andamento dei livelli ottenuti dal calcolo con la pendenza misurata.

Per poter imporre tali condizioni, è pertanto necessario:

- a) stimare la pendenza del fiume per valutare i valori di livello alla sezione di Sermide tali da fornire i valori desiderati in corrispondenza dell'opera di scarico;
- b) dedurre il valore di portata del fiume corrispondente ai valori di livello assunti;
- c) valutare la frequenza di accadimento delle condizioni relative al flusso idrico scelte per il calcolo.

Per quanto concerne il primo punto, una stima della pendenza del fiume nel tratto considerato è stata ricavata a partire da due quote di campagna prese dalle carte tecniche regionali in prossimità degli abitati di Quingentole e Sermide, distanti tra loro circa 20 km; tali quote differiscono mediamente di 2,6 m, per cui, avendo il fiume una lunghezza nel tratto corrispondente di circa 26,2 km, si può ritenere valida una pendenza dell'ordine dello 0,1 per mille. La correttezza di tale valore è poi confermata dalle misure dell'alveo del fiume riportate in documento edito dal Magistrato del Po di Parma (Ministero dei Lavori Pubblici. Magistrato per il Po, "Studio e Progettazione di Massima delle Sistemazioni Idrauliche dell'Asta Principale del Po, dalle Sorgenti alla Foce, Finalizzate alla Difesa ed alla Conservazione del Suolo ed alla Utilizzazione delle Risorse Idriche" 1980-1983). Assumendo quindi tale pendenza, ed essendo la distanza tra l'opera di scarico della Centrale e la sezione di Sermide, presa come riferimento, pari a 19 km, i valori di livello a Sermide risulteranno inferiori di 1,9 m rispetto a quelli stimati allo scarico.

Stabiliti i valori di livello alla sezione di Sermide, è necessario stimare i relativi valori di portata del fiume. A tale scopo, si sono usati ancora una volta i valori delle grandezze presenti in DATAPO, elaborati dal 1983 al 2001, ricavando la scala di deflusso (curva livello - portata) a Sermide, rappresentata in **Figura 16**. In tale figura sono riportati alcuni dei valori misurati a partire dal 1996 e l'andamento della funzione approssimante, che assume la forma:

$$Q = a(h - b)^n$$

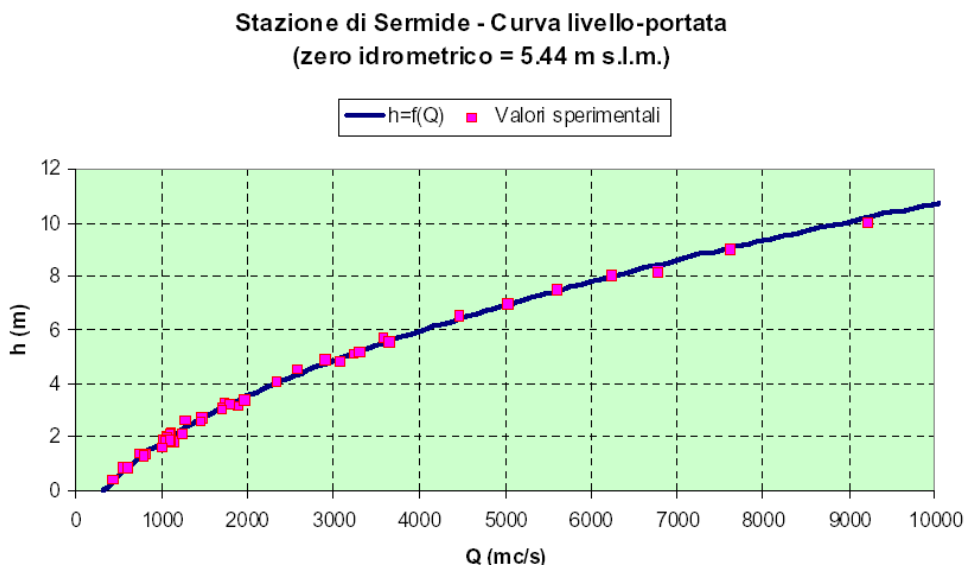
essendo i livelli riportati in figura riferiti allo zero dell'idrometro di Sermide, posto a 5,44 m s.l.m. Va tuttavia osservato a questo punto che il valore di piena definito in progetto è stato raggiunto, in condizioni normali, solo una volta, mentre dalla curva portata - livello si ottiene per il livello di piena a Sermide un valore mediamente atteso di 13,3 m.

Di conseguenza, assumendo per il livello di morbida a Sermide il valore di scarico di Ostiglia ridotto di 1,9 m ed ipotizzando un livello di piena di 13,3 m, le rispettive portate Q assumono i valori:

- condizioni di morbida, con livello (a Sermide) pari a 7,1 m: $Q=930 \text{ m}^3/\text{s}$;
- condizioni di piena normale, con livello (a Sermide) pari a 13,3 m: $Q=6.500 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figura 16 – Scala di deflusso del Fiume Po a Sermide



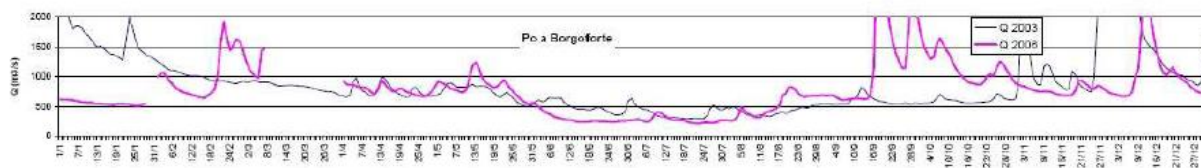
Per quanto riguarda lo scenario di magra, le mutate condizioni idrologiche del Fiume Po hanno imposto di assumere come livello di riferimento il valore di 6,80 m s.l.m. allo scarico della Centrale. Tale valore si collocherebbe nell'area più prossima all'origine della scala di deflusso sopra riportata e, dunque, lontano dai valori validati dalle misure di campo disponibili. In mancanza, all'epoca di elaborazione del presente studio, di specifiche misure capaci di raffinare la curva di deflusso anche nel campo delle basse portate, si è perciò proceduto associando al livello di magra sopra riportato il valore di portata minima ricavabile in corrispondenza del punto iniziale della curva di deflusso disponibile, vale a dire 320 m³/s ("magra ordinaria").

In considerazione delle portate di magra recentemente rilevate nel mese di luglio 2006 alla stazione di Borgoforte (stimabili in 250 m³/s nel grafico di *Figura 17*) e tenendo presente l'apporto del fiume Mincio, la cui foce si colloca tra la suddetta stazione e la sezione iniziale del tratto fluviale riprodotto nel presente studio, si è inoltre deciso di simulare anche uno scenario di magra "estrema" con portata in ingresso al dominio di calcolo pari a 270 m³/s ("magra estrema") associandola al medesimo livello di magra di 6,80 m s.l.m. dello scenario a 320 m³/s. Quest'ultima assunzione è da considerare come conservativa poiché, a fronte di una diminuzione della portata in ingresso sarebbe ragionevole assumere un livello di riferimento inferiore. Il mantenimento del medesimo livello minimo di riferimento comporta, dunque, che nello scenario di magra estrema si generino delle velocità medie nelle sezioni inferiori a quelle reali e ciò significa, in presenza di bassi battenti, una minore turbolenza nell'area di mescolamento in prossimità dello scarico, vale a dire un minore raffreddamento per il corrispondente ridotto apporto di acqua fredda, ed una maggiore diffusione del pennacchio all'esterno dell'area di mescolamento.

I valori di portata così calcolati sono stati imposti alla sezione di ingresso del dominio di calcolo ("S6" in *Figura 14*).



Figura 17 – Portate del Fiume Po a Borgoforte



3. Dati relativi alle caratteristiche del fondale

Per caratterizzare il modello numerico dal punto di vista dell'effetto della natura del fondale, occorre qualificare l'alveo in riferimento alla tipologia di fondo in quanto influente sul campo di moto che si instaura nel corpo idrico. Da fonti bibliografiche si deduce che il fondale nel tratto di fiume considerato nel presente studio è prevalentemente sabbioso, con sabbia spesso a grana grossa e con presenza di ciottoli, mentre non si hanno indicazioni sull'entità dell'eventuale crescita algale e di altra vegetazione, che può alterare la scabrezza del fondo e quindi il moto. Data tuttavia la notevole velocità dell'acqua del fiume, soprattutto nella zona antistante le opere di presa e scarico e nel tratto immediatamente a valle, caratterizzato da sponde abbastanza alte, la presenza di vegetazione sul fondale è da ritenersi comunque scarsa. Il coefficiente di Gauckler-Strickler, che indica il grado di scabrezza dell'alveo, può essere assunto pari a $42 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ secondo quanto riconosciuto (ed indicato in **Tabella 7**) dal modello per tale coefficiente ai diversi tipi di fondali per un fiume od un canale a pelo libero.

Tabella 7 – Coefficienti di Gauckler-Strickler per i diversi tipi di fondale

Tipo di fondale	Coefficiente di Gauckler-Strickler
Cemento perfettamente liscio, canale diritto	100÷90
Cemento perfettamente liscio, canale con curve	90÷85
Cemento non perfettamente liscio o in mattoni regolari	85÷75
Cemento in non perfette condizioni, muratura non regolare	70÷65
Cemento con depositi sul fondo, pietre cementate, terra senza vegetazione	60
Terra abbastanza regolare, muratura in non buone condizioni con depositi di limo sul fondo	50
Terra con erba sul fondo, corsi d'acqua naturali regolari	40
Terra in cattive condizioni, corsi d'acqua naturali con ciottoli e ghiaia	35
Canali in abbandono con grande vegetazione, corsi d'acqua con alveo in ghiaia e movimenti naturali di materiali sul fondo, oppure scavati in roccia con sporgenze	30

4. Dati relativi alle condizioni di temperatura

Le condizioni del fluido sono inoltre caratterizzate dal valore di temperatura; per quanto riguarda il Fiume Po, tale valore presenta una forte caratterizzazione stagionale. Per stimare la temperatura più opportuna da utilizzare nello studio sono state analizzate serie di misure della temperatura provenienti da due distinte fonti:

- le misure di temperatura fornite dalla Centrale all'ingresso dei condensatori per gli anni dal 1998 al 2002, per i moduli 2 e 4, e per gli anni 2006 e 2007 (fino al 17 aprile) per tutti i quattro moduli;
- i valori estratti ancora una volta dalla banca dati DATAPO.



Le statistiche sulle temperature medie (utili al presente studio) eseguite con riferimento al periodo più recente di dati misurati (2001 – 2007) mostrano, rispetto ai valori ricavati per il periodo 1998 – 2002, un aumento di circa 1°C della temperatura per i mesi invernali (da dicembre a marzo) ed una diminuzione di quasi 2°C per i mesi estivi (da giugno a settembre). In sostanza, si passa dai 7,3 °C agli 8,3 C, per quanto riguarda i valori me di invernali, e dai 24,8 °C ai 23,1 °C, per quanto concerne il periodo estivo.

Tali statistiche sono state inoltre confrontate con i valori di temperatura dell'acqua rilevati contestualmente alle misure chimiche inserite in DATAPO che riportano andamenti ciclici stagionali, con un minimo invernale ancora nell'intorno di 7,5 °C ed un massimo estivo mediamente intorno ai 25 – 26 °C.

Va tuttavia considerato, ai fini dello studio in oggetto, che nei fiumi ed in generale in acque basse con moto prevalentemente unidirezionale l'immissione di uno scarico termico, dopo la zona iniziale caratterizzata da forte turbolenza (mixing zone) è governata essenzialmente dal trasporto e dalla diffusione del pennacchio caldo, che risulta essere più critico in condizioni invernali a causa del maggior gradiente di densità tra l'acqua calda immessa e l'acqua fredda del fiume, con conseguente aumento della spinta al galleggiamento del pennacchio stesso. Di conseguenza, si è stabilito di effettuare le simulazioni numeriche in condizioni invernali ad una temperatura pari al valore medio di 7,3 °C preferendo, comunque, i valori medi che si riscontrano nei periodi dell'anno in cui si collocano gli eventi più estremi (di magra e di piena).

Si ricorda, infatti, che il regime delle acque del Fiume Po è considerato composito, con due massimi, primaverile ed autunnale, e due minimi, invernale ed estivo, tra loro pressoché uguali. Appare dunque ragionevole l'adozione, anche per gli scenari di magra, della medesima temperatura invernale assunta per gli scenari di morbida e di piena.

5. Dati relativi alle condizioni meteorologiche

I dati meteorologici presi in considerazione e ritenuti validi per la tipologia di sito in studio fanno riferimento alla direzione e alla velocità del vento, per la sua eventuale correlazione con lo scambio termico con l'atmosfera e lo sforzo superficiale, nelle varie stagioni e condizioni climatiche.

Tali dati sono stati ricavati dalla banca dati "Caratteristiche diffusive dei bassi strati dell'atmosfera", realizzata congiuntamente da Enel e dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (SMAM); in essa sono raccolti i dati di 185 stazioni meteorologiche dell'Aeronautica e di alcune stazioni poste presso alcune centrali Enel. Tale banca dati è organizzata secondo tabelle in grado di fornire opportune medie sulle grandezze di maggior interesse meteorologico, per ciascuna delle stazioni contenute.

Valutando la dislocazione delle varie stazioni di misura tra la regione Lombardia ed Emilia-Romagna, si ritiene che quella in grado di riprodurre condizioni meteorologiche più vicine a quelle del sito di Ostiglia sia la stazione meteorologica di Ferrara (Lat. 44°49', Long. 11°37', Alt. 9 m s.l.m.), in quanto situata a poche decine di chilometri da Ostiglia e caratterizzata da un territorio ed un ambiente pressoché identico a quello circostante il tratto di fiume Po oggetto dello studio. Per tale stazione, quindi, si sono prese in considerazione le seguenti distribuzioni di direzione e velocità del vento:

- frequenze annuali;
- frequenze stagionali (primaverili, estive, autunnali e invernali).



Nella *Tabella 8* sono riportate le frequenze del vento al suolo valutate per Ferrara su base annuale; riprodotte poi in formato grafico in *Figura 18* (1 nodo corrisponde a 0,5144 m/s). L'esame dei dati ivi riprodotti porta a concludere che le condizioni di calma di vento, che per quanto riguarda il fenomeno dello scambio termico riguardano velocità inferiori o pari a 2 m/s (circa 4 nodi), sono assolutamente prevalenti, corrispondendo ad una frequenza annuale del 57,4 %. Se poi si tiene conto che velocità inferiori a 3,5 m/s si verificano l'82,3 % del totale, si vede bene come non siano presenti effetti di vento particolarmente spinti.

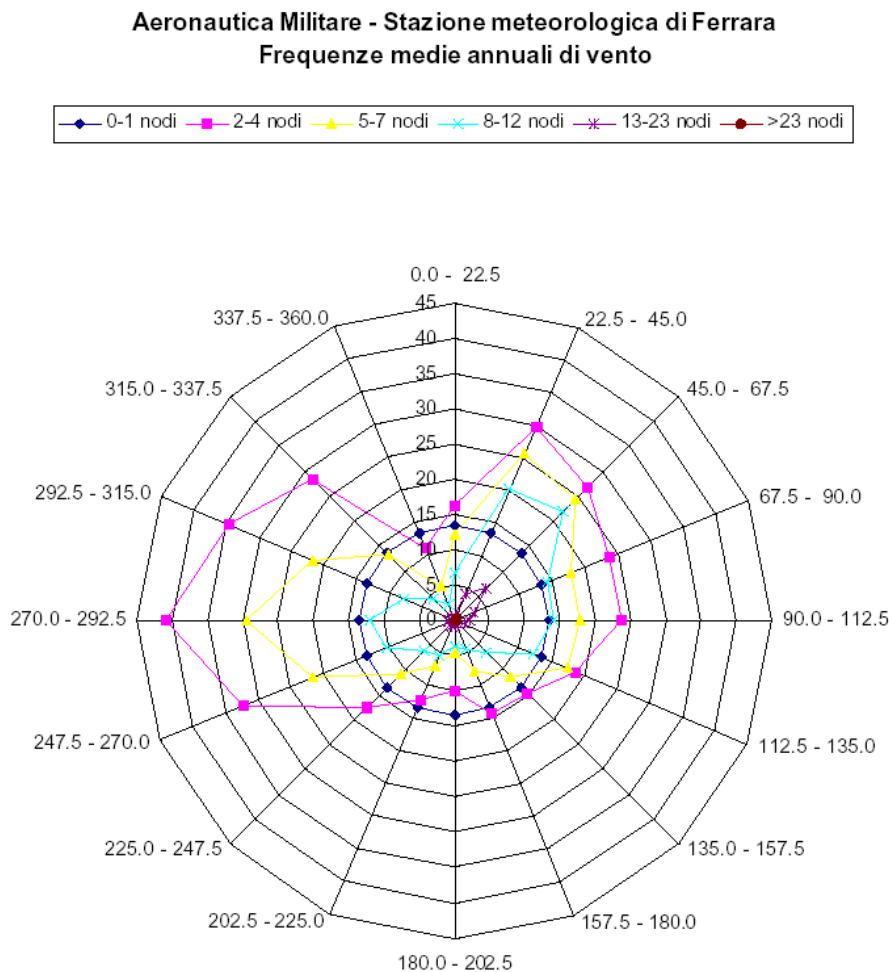
Pertanto, l'unico effetto determinato dal vento è legato allo scambio termico con l'atmosfera, che a sua volta dipende anche dalla temperatura sia dell'aria che dell'acqua in superficie. A questo proposito, però, va ricordato che il modello numerico valuta non tanto lo scambio termico in assoluto, quanto il "raffreddamento" differenziale subito dal pennacchio caldo rispetto al corpo idrico imperturbato, che quindi dipende dalla differenza di temperatura tra pennacchio e fiume imperturbato. Dato che questo valore nel caso della Centrale di Ostiglia non supera gli 11,3 °C e poiché il vento prevalente non supera i 3,5 m/s, si può assumere per il coefficiente di scambio termico con l'atmosfera il valore di 10 W/m² °C.

Tabella 8 – Direzione e velocità del vento (nodi) su base annuale a Ferrara

SETTORE	GRADI	0-1	2-4	5-7	8-12	13 - 23	>= 24	TOTALE
1	0.0 - 22.5	13.5825	16.39	12.24	6.78	0.74	0.01	36.16
2	22.5 - 45.0	13.5825	29.77	25.63	20.32	4.01	0.01	79.74
3	45.0 - 67.5	13.5825	26.8	24.43	21.99	6.56	0.2	79.98
4	67.5 - 90.0	13.5825	23.76	17.91	14.37	3.03	0.03	59.1
5	90.0 - 112.5	13.5825	23.78	17.72	14.08	2.15	0.03	57.76
6	112.5 - 135.0	13.5825	18.61	17.38	12.18	1.26	0.06	49.49
7	135.0 - 157.5	13.5825	14.83	11.57	6.51	0.64	0	33.54
8	157.5 - 180.0	13.5825	14.42	7.89	4.43	0.36	0	27.1
9	180.0 - 202.5	13.5825	10.1	4.62	3.69	0.56	0	18.98
10	202.5 - 225.0	13.5825	12.18	7.15	5.52	0.95	0.03	25.83
11	225.0 - 247.5	13.5825	17.47	10.91	6.17	0.77	0.03	35.35
12	247.5 - 270.0	13.5825	32.47	21.55	10.18	0.83	0.02	65.06
13	270.0 - 292.5	13.5825	40.78	29.63	12.04	0.89	0.01	83.35
14	292.5 - 315.0	13.5825	34.77	21.75	7.85	0.46	0	64.83
15	315.0 - 337.5	13.5825	28.26	13.27	4.4	0.23	0.01	46.17
16	337.5 - 360.0	13.5825	10.99	5.26	2.31	0.29	0	18.86
	variabile	0	1.02	0.23	0.09	0.01	0	1.35
	calma	217.32						217.32
TOTALE		217.32	356.4	249.14	152.93	23.76	0.45	1000



Figura 18 – Rosa dei venti a Ferrara



6.2.2 Modello di calcolo impiegato

Lo studio in oggetto, che analizza, alle condizioni di esercizio ipotizzate, la dispersione termica della Centrale nelle condizioni ambientali caratteristiche del sito e ritenute più a rischio (condizioni di portata e livello del tratto del fiume interessato), è stato condotto, data la tipologia dello scarico e la natura del problema, con il codice bidimensionale idrostatico SWEETOMP, usualmente impiegato per analisi di questo tipo.

Tale codice nella versione 4.01:

- utilizza un reticolo di calcolo ad elementi finiti triangolari del secondo ordine per la generazione del quale occorre assegnare i profili planimetrici dei corpi idrici interessati;
- utilizza per la considerazione della dimensione verticale i valori di profondità (batimetria) valutati in ciascun punto del reticolo a partire dai profili delle sezioni assegnate;
- simula la dispersione termica in base a condizioni iniziali assegnate e a condizioni al contorno assegnate spazialmente e temporalmente, le quali definiscono lo scenario di analisi.



La simulazione viene condotta tenendo conto anche dei fattori ambientali che possono influenzare la dispersione termica, quali ad esempio lo scambio termico con l'atmosfera o l'effetto dovuto alla tipologia del fondo (presenza di erba, ghiaia, manufatti cementizi, ecc.). I risultati ottenuti nelle diverse simulazioni numeriche sono poi esaminati attraverso l'interfaccia grafico di SWEET ed evidenziati allo scopo di determinare l'andamento del campo di velocità e del campo termico nell'intero dominio di calcolo.

Scopo principale della simulazione è la verifica del rispetto dei limiti di legge nelle condizioni supposte più critiche in relazione all'assetto della Centrale. In particolare, il modello di simulazione numerica adottato si basa sulla previsione dell'insieme dei fenomeni che influiscono sullo scarico termico e consente, a differenza di un semplice modello di bilancio, di poter quantificare con buona approssimazione anche i limiti imposti sulla sezione semifredda, in cui il valore di incremento termico è strettamente legato ai complessi meccanismi di diffusione dipendenti dalla direzione ed intensità locali della corrente, dalla densità dell'acqua, e dalla geometria dello scarico, oltre che dai parametri di carico e di rapporto di portata da cui principalmente dipende l'incremento sull'intera sezione.

Per quanto riguarda la geometria dello scarico, essa influenza fortemente il comportamento del pennacchio a brevi distanze (e quindi nelle sezioni più critiche), mentre più a valle sono le condizioni idrodinamiche del fiume determinate dalla sua morfologia e dalle condizioni di flusso idrico quelle che governano il fenomeno della diffusione termica.

Nel seguito si illustrano i passaggi che hanno condotto alla definizione del modello di simulazione numerica e degli scenari di analisi.

Condizioni di analisi e scenari considerati

Come già anticipato, l'analisi dell'impatto che il sistema di prelievo e di restituzione delle acque di raffreddamento della Centrale di Ostiglia ha sul tratto di Fiume Po a cui è connesso è caratterizzato dai seguenti parametri:

1. condizioni di esercizio che influenzano l'incremento termico in Po, che si traducono nella definizione delle condizioni di scarico e di presa in termini di portata e sovrizzo termico;
2. condizioni imperturbate dei corpi idrici, in termini di portate, livelli e valori di temperatura dell'acqua del fiume.

Per quanto riguarda il primo punto, sono state prese a riferimento le condizioni nominali di massimo esercizio, i cui dati sono riportati in *Tabella 5*. Si ricorda che l'assetto relativo alla situazione futura, in particolare, tiene conto del recupero del 19% di potenza termica sui condensatori dei moduli 2 e 3, in concomitanza all'impiego delle nuove turbine a gas.

Per quanto concerne il secondo punto sono state individuate tre distinte condizioni, corrispondenti ai livelli di magra e magra estrema, di morbida e di piena del fiume precedentemente discussi, mentre sono state mantenute invariate le condizioni ambientali di vento e temperatura naturale imperturbata, scelte conservativamente tra le più critiche.

L'insieme delle considerazioni sopra esposte ha portato a definire i seguenti scenari:

- scenario 1 – livello di magra ordinaria;



- scenario 2 – livello di magra estrema;
- scenario 3 – livello di morbida;
- scenario 4 – livello di piena.

Definizione del reticolo di calcolo

La considerazione di tre livelli idrici per le simulazioni numeriche porta a dover definire tre diversi reticoli di calcolo per tenere conto della differente configurazione dell'alveo bagnato nelle tre situazioni di flusso. In particolare:

- il reticolo di calcolo relativo alle condizioni di magra ordinaria e di magra estrema, generato con il generatore FEMAP, è illustrato in *Figura 19*, e comprende 39502 elementi, formati da 81041 nodi. La *Figura 22* presenta il dettaglio del reticolo di calcolo in corrispondenza dell'opera di scarico, in cui sono evidenziate anche le pile dei ponti tra Revere ed Ostiglia;
- il reticolo di calcolo relativo alle condizioni di morbida, generato con il generatore FEMAP, è illustrato in *Figura 20*, e comprende 52015 elementi, formati da 106394 nodi. La *Figura 23* presenta il dettaglio del reticolo di calcolo in corrispondenza dell'opera di scarico, in cui sono evidenziate anche le pile dei ponti tra Revere ed Ostiglia;
- il reticolo di calcolo relativo alle condizioni di piena, generato con il generatore FEMAP, è illustrato in *Figura 21*, e comprende 64032 elementi, formati da 130310 nodi. La *Figura 24* presenta il dettaglio del reticolo di calcolo in corrispondenza dell'opera di scarico, in cui sono evidenziate anche le pile dei ponti tra Revere ed Ostiglia.

Dall'esame delle figure sopra citate si rileva chiaramente la variazione subita dall'alveo bagnato al variare del livello e la conseguente diversa collocazione relativa della sezione efficace di scarico; più precisamente, in condizioni di magra l'opera di scarico è pressoché interamente scoperta e la sezione efficace di scarico è lievemente arretrata rispetto alla linea bagnata in riva sinistra, in condizioni di morbida essa si trova a filo del ramo principale della corrente, ma già all'interno dell'alveo fluviale, mentre in condizioni di piena l'opera di scarico è parzialmente sommersa e la sezione efficace di scarico è anch'essa ben entro l'alveo.



Figura 19 – Reticolo di calcolo per il codice SWEET nelle condizioni di magra (ordinaria ed estrema)

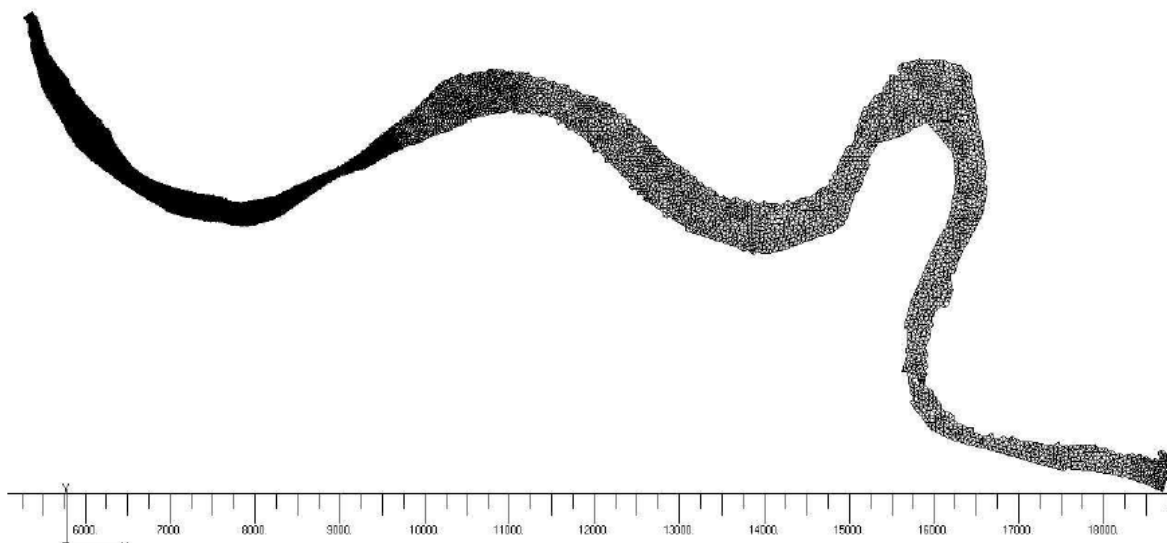


Figura 20 – Reticolo di calcolo per il codice SWEET nelle condizioni di morbida

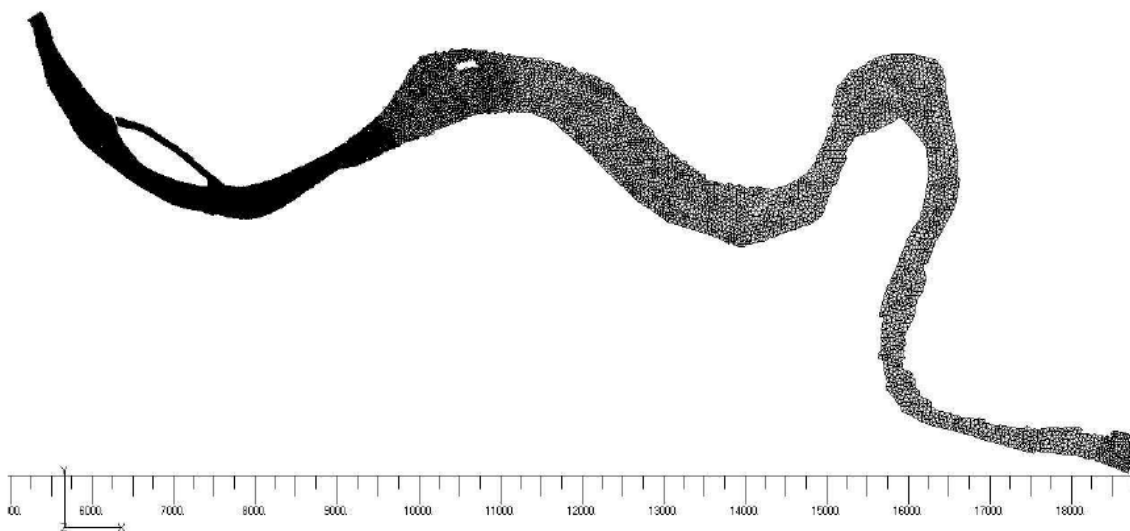


Figura 21 – Reticolo di calcolo per il codice SWEET nelle condizioni di piena

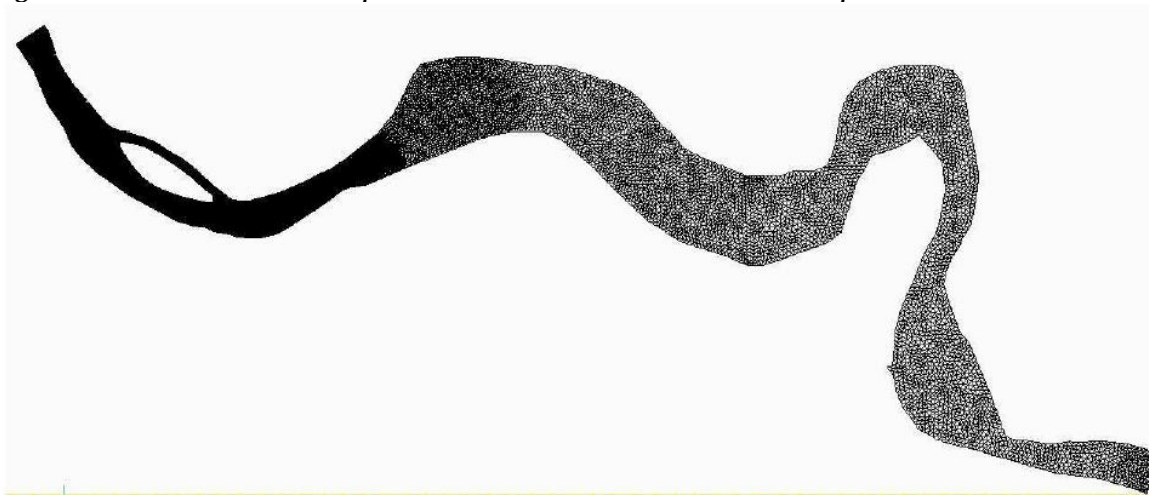


Figura 22 – Reticolo di calcolo per il codice SWEET nelle condizioni di magra (ordinaria ed estrema); particolare nella zona di scarico

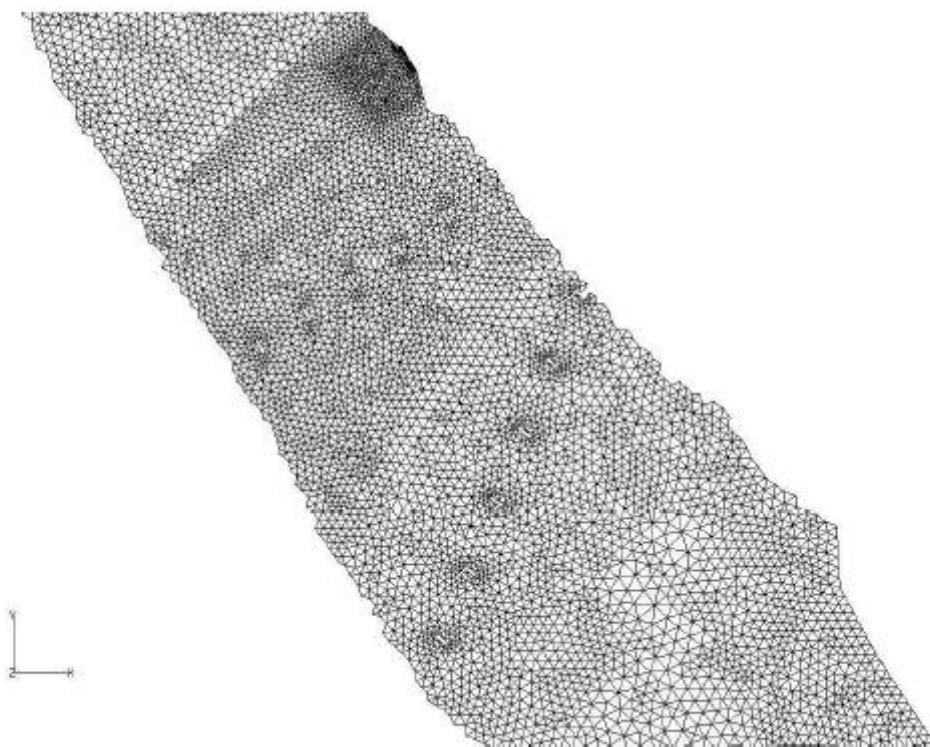


Figura 23 – Reticolo di calcolo per il codice SWEET nelle condizioni di morbida; particolare nella zona di scarico

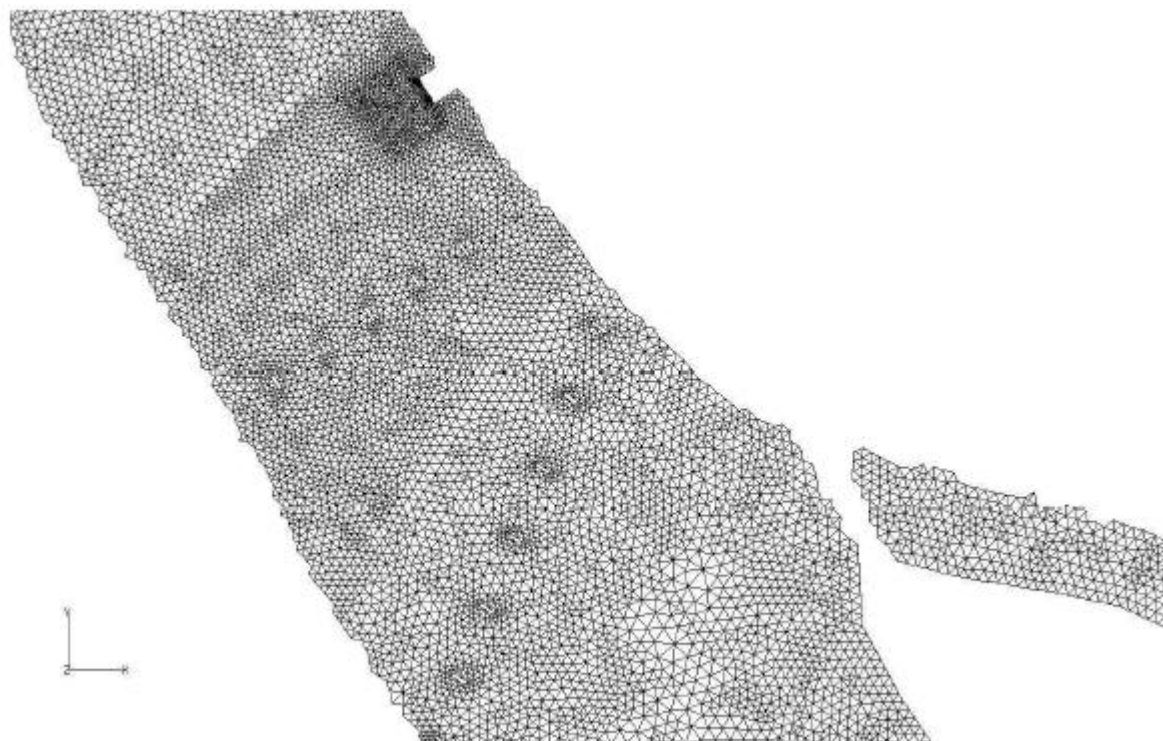
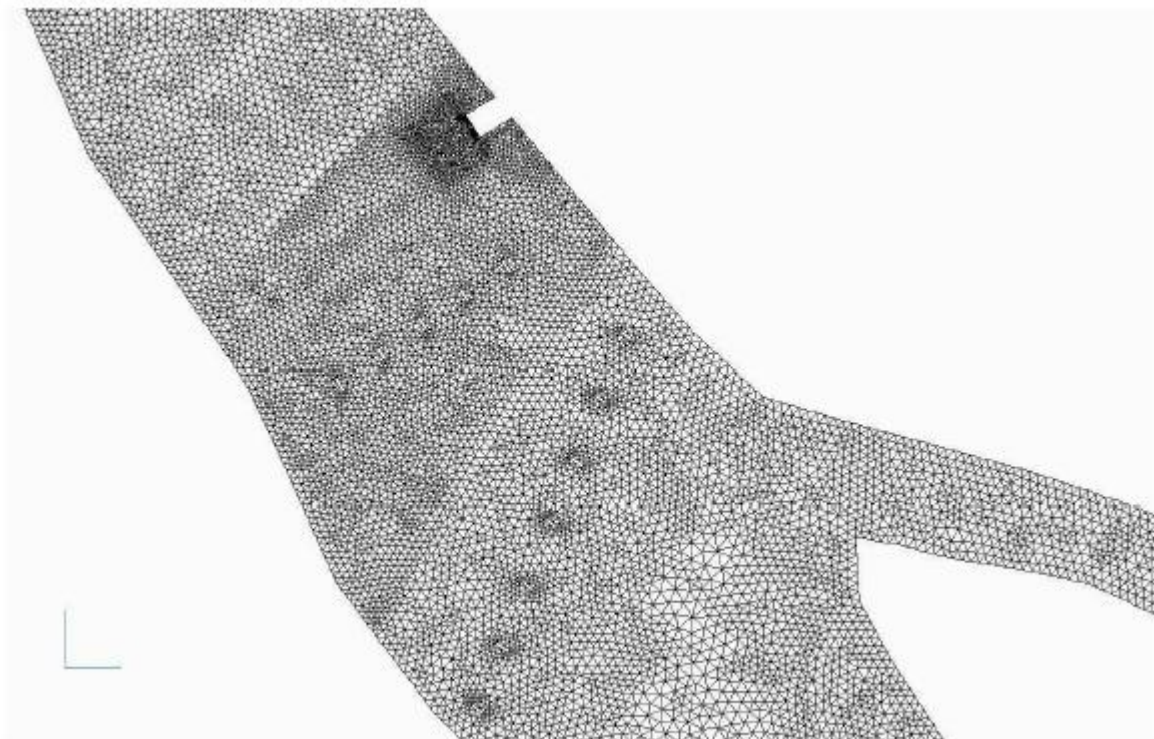


Figura 24 – Reticolo di calcolo per il codice SWEET nelle condizioni di piena; particolare nella zona di scarico



Condizioni iniziali e condizioni al contorno

Occorre infine definire le condizioni iniziali e le condizioni al contorno da adottare nelle simulazioni numeriche. Per quanto riguarda le condizioni iniziali, che cioè definiscono la situazione imperturbata rispetto alla quale viene effettuata la simulazione, sono stati adottati i seguenti criteri:

- velocità della corrente in tutto il dominio posta inizialmente uguale a 0,0 m/s. Ciò in pratica significa che si suppone inizialmente il corpo idrico fermo e la sua distribuzione di velocità viene calcolata come stato stazionario raggiunto al termine del transitorio causato dalla imposizione delle condizioni di portata e livello al contorno (sezioni di ingresso - a monte della presa - e di uscita - a Sermide - rispettivamente);
- temperatura dell'acqua in tutto il dominio pari al valore medio imperturbato in condizioni invernali. Anche in questo caso, il campo di temperatura sarà determinato dal calcolo della situazione di equilibrio dovuta alle condizioni al contorno.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno, esse sono imposte in modo da garantire la convergenza numerica del calcolo ed il rispetto delle condizioni fisiche del problema. In particolare si impongono le seguenti condizioni:

- valore di portata alla sezione di ingresso del Fiume Po variabile in funzione dello scenario simulato;
- temperatura dell'acqua all'ingresso del fiume Po a monte dell'opera di presa;
- livello del Fiume Po alla sezione di uscita (idrometro di Sermide), variabile in funzione del caso simulato;



- portata di aspirazione alla presa variabile in funzione dell'assetto di funzionamento della Centrale;
- portata di scarico in corrispondenza alla sezione efficace di scarico, variabile in funzione dell'assetto di funzionamento della Centrale
- temperatura di scarico in corrispondenza alla sezione efficace di scarico, in funzione dell'assetto di funzionamento della Centrale.

Ulteriori condizioni valide per l'intero dominio sono:

- considerazione di un coefficiente di scambio termico con l'atmosfera pari a $10 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$, che corrisponde ad una situazione di temperatura media dell'acqua inferiore ai $15 \text{ } ^\circ\text{C}$ ed una condizione media di calma di vento;
- considerazione di un coefficiente di attrito sul fondo secondo Strickler pari a $42 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$, corrispondente al fondo naturale di un fiume o di un canale artificiale non cementato.

6.3 ANALISI DEI RISULTATI

Sono stati simulati i quattro distinti scenari definiti precedentemente e riportati nella seguente tabella.

L'analisi dell'incremento termico è stata condotta nelle quattro sezioni calde a 100 m, 500 m, 700 m e 1.000 m dallo scarico secondo la procedura stabilita dalla normativa vigente.

Tabella 9 – Incrementi termici a valle dello scarico per i diversi scenari simulati

SCENARIO	INCREMENTO della TEMPERATURA [°C] sull'INTERA SEZIONE (*) distante dallo scarico:				INCREMENTO della TEMPERATURA [°C] sulla SEMISEZIONE FREDDA (**) distante dallo scarico:			
	100 m	500 m	700 m	1.000 m	100 m	500 m	700 m	1.000 m
Magra (ordinaria)	0,70	1,30	1,49	1,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Magra (estrema)	0,83	1,59	1,76	1,16	0,00	0,00	0,00	0,00
Morbida	0,94	0,43	0,38	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
Piena	0,16	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

(*) limite di legge: +3 °C

(**) limite di legge: +1 °C

Le *Figure da 25 a 27* mostrano la posizione delle suddette sezioni di verifica dei limiti di legge rispettivamente per le condizioni di magra (ordinaria ed estrema), morbida e piena.



Figura 25 – Sezioni adottate per la verifica dei limiti di legge: condizioni di magra ordinaria ed estrema

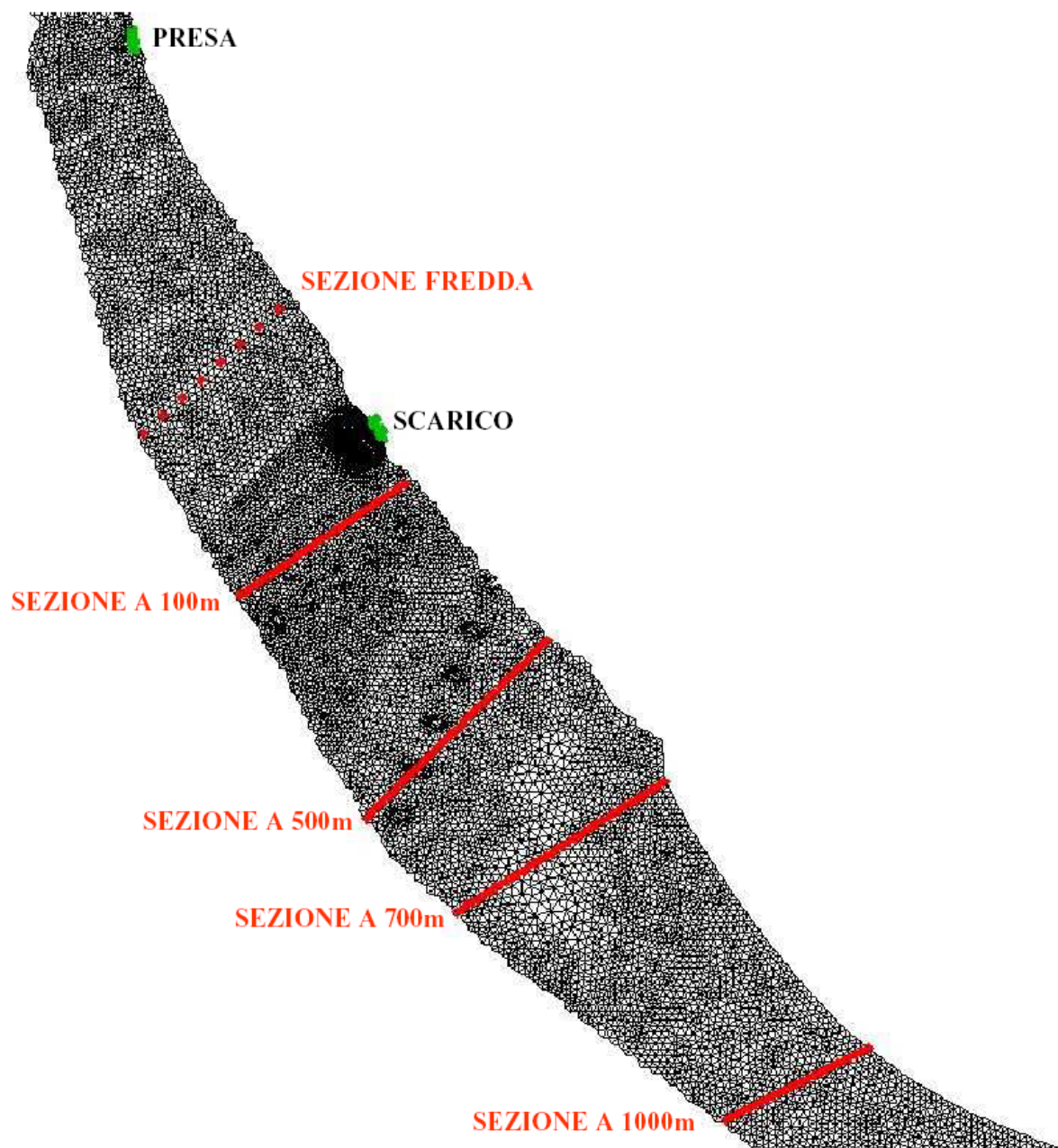


Figura 26 – Sezioni adottate per la verifica dei limiti di legge: condizioni di morbida

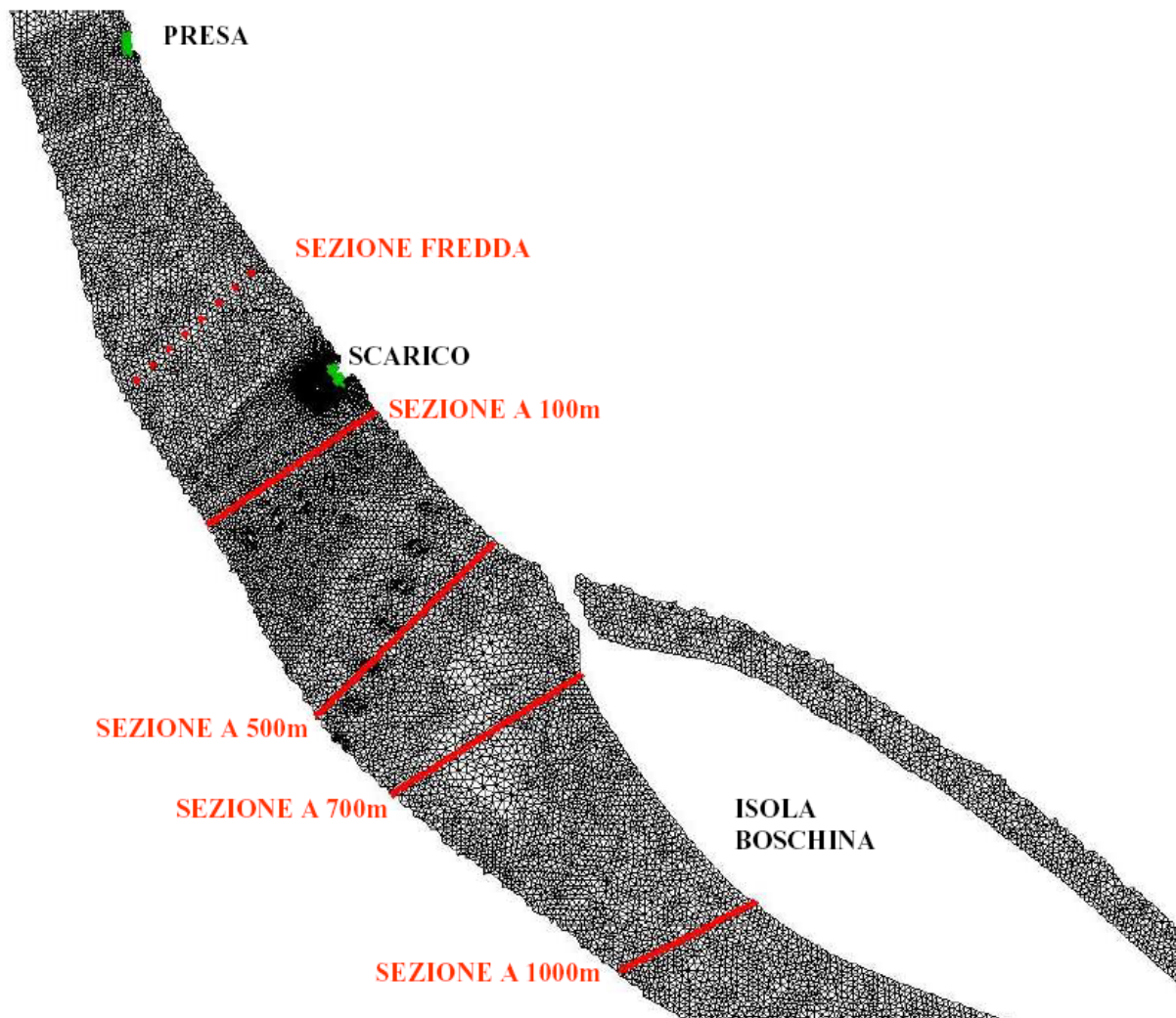
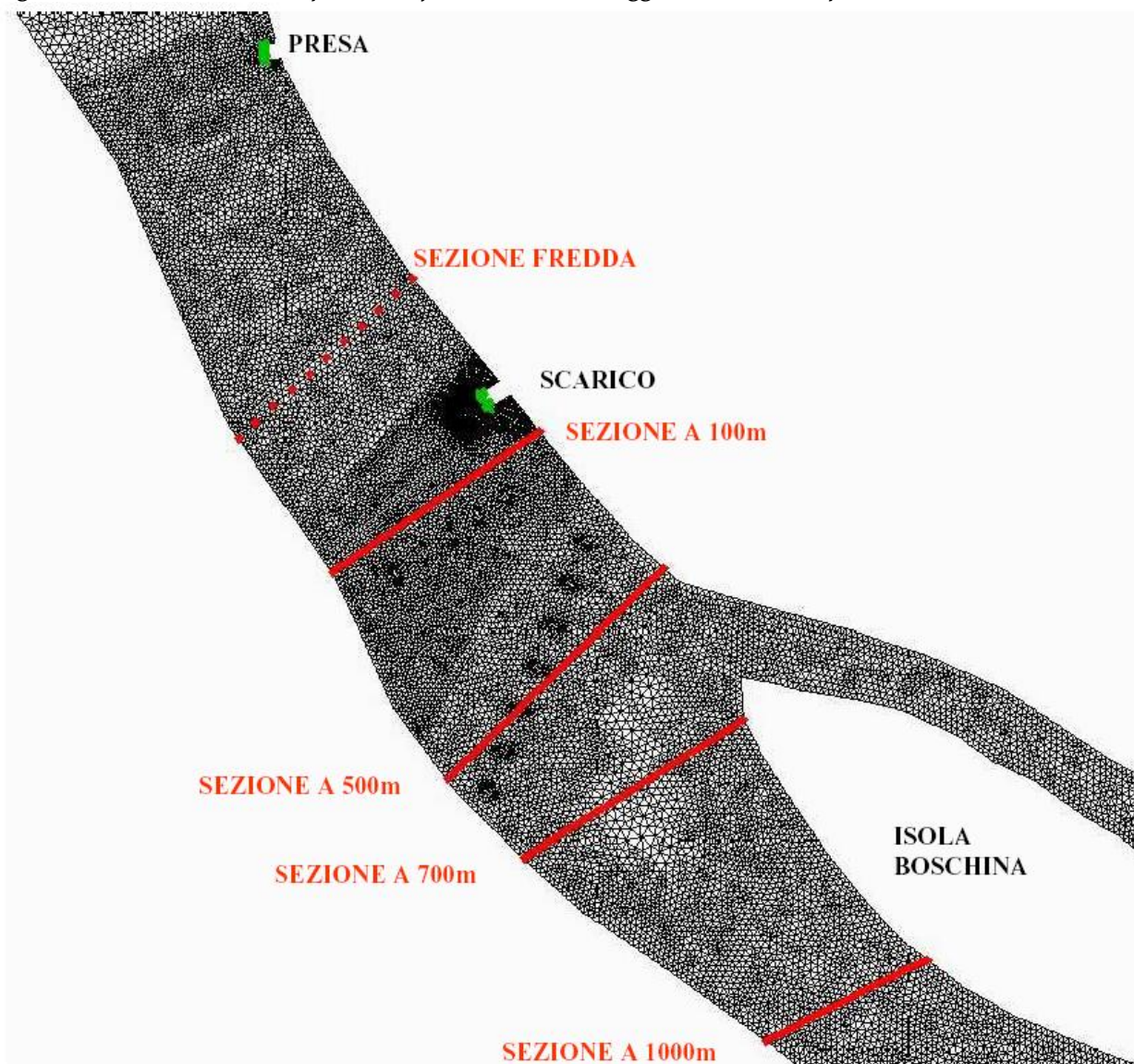


Figura 27 – Sezioni adottate per la verifica dei limiti di legge: condizioni di piena



6.3.1 Scenario 1 – livello di magra ordinaria

La valutazione dell'incremento termico in condizioni di magra ordinaria del Fiume Po fa riferimento alla situazione in cui il livello allo scarico è pari a 6,8 m s.l.m., con una portata di 320 m³/s. Il calcolo, eseguito sempre in condizioni conservative di temperatura media invernale e calma di vento, fa riferimento al reticolo di *Figura 19*.

L'analisi del campo termico e del campo di velocità risultante nelle varie sezioni del dominio di calcolo conduce alle considerazioni di seguito riportate.

- L'analisi è stata condotta ipotizzando l'apertura degli scarichi al tempo iniziale e simulando quindi il transitorio conseguente per un periodo di cinque giorni. Le condizioni ottenute al termine della simulazione sono risultate stazionarie.
- L'andamento del livello calcolato lungo il tratto di fiume rispetto al valore di riferimento all'idrometro di Sermide è riportato in *Figura 28*. Si nota l'andamento regolare dell'incremento di livello risalendo il corso del fiume, con una pendenza più



accentuata là dove il fiume subisce dei restringimenti con sponde alte e batimetria profonda. Il valore massimo in corrispondenza della sezione di ingresso a monte dell'opera di presa è pari a 0,31 m.

- L'andamento del campo termico ottenuto dalla simulazione numerica è riportato in *Figura 29* con riferimento all'intero tratto del Po considerato. Appare evidente come il pennacchio caldo pieghi immediatamente verso valle, senza risentire dell'aspirazione della presa, peraltro posta a monte a diverse centinaia di metri di distanza. Per meglio analizzarne il comportamento, il tratto di fiume interessato dal pennacchio stesso è mostrato in *Figura 30*, con l'indicazione delle diverse isoterme indicanti un sovrizzo termico di 1° C ciascuna a partire dalla temperatura di fondo scala di 7° C a fronte di una temperatura indisturbata pari a 7,3° C; infine in *Figura 31* è mostrato il particolare del campo termico in prossimità della zona di scarico con una scala cromatica di maggiore dettaglio. Dall'esame delle figure citate si nota che il risentimento del pennacchio si esaurisce ad una distanza di circa 10 km dal punto di emissione, con una canalizzazione che si mantiene marcata verso la sponda sinistra a partire dal primo ponte tra Revere ed Ostiglia, attraversato dal pennacchio principalmente in corrispondenza della prima arcata, e dal secondo ponte, interessato dal pennacchio in corrispondenza delle prime due arcate in sponda sinistra. Si nota altresì che il pennacchio passa tutto a destra dell'isola Boschina a causa dello sbarramento creato, nelle presenti condizioni di magra, dalla emergenza del fondale presente tra la sponda sinistra del Fiume Po e l'isola. Dal confronto tra l'andamento del pennacchio e quello della batimetria a valle dello scarico è immediato constatare che, all'esterno dell'area di massima turbolenza che si crea in corrispondenza delle bocche di scarico, le aree maggiormente interessate dal flusso più caldo sono quelle meno profonde collocate proprio a ridosso della sponda sinistra; in tali zone, infatti, il pennacchio caldo va ad interessare l'intero (limitato) battente idrico disponibile.
- Il gradiente di velocità del flusso idrico risultante nella zona immediatamente a valle dello scarico è mostrato in *Figura 32* e, sovrapposto al campo di moto, *Figura 33*. Esso risulta particolarmente interessante per comprendere lo sviluppo del pennacchio caldo a valle dello scarico. In particolare, è chiaramente visibile la forte turbolenza che caratterizza l'immissione in Po delle acque di raffreddamento con la formazione di vortici immediatamente a monte dello scarico; essa si smorza una volta usciti dalla cosiddetta mixing zone, sia per effetto del basso fondale allo scarico sia per l'incontro con la corrente del fiume, con direzione trasversale rispetto allo scarico stesso e con velocità massime dell'ordine di 1 m/s. Nuovamente si osserva che l'espandersi del pennacchio nella zona a ridosso della sponda sinistra, corrisponde alla presenza, in tali aree, di una minore velocità della corrente fluviale che assume invece i suoi valori massimi avvicinandosi alla sponda destra ove sono presenti i maggiori battenti idrici caratterizzati da temperature che si mantengono di fatto indisturbate.
- L'analisi dell'incremento termico è stata condotta nelle quattro sezioni calde a 100 m, 500 m, 700 m e 1000 m dallo scarico secondo la procedura stabilita dalla legislazione vigente. Nella precedente Tabella 9 sono riportati i valori degli incrementi termici calcolati a valle dello scarico evidenziando che la sezione più critica con riferimento alla verifica in oggetto, è quella posta a circa 700 m dallo scarico. In ogni caso, tutti i valori di incremento rientrano nei requisiti di legge.



L'insieme delle considerazioni sopra esposte porta a concludere che la situazione simulata, che presenta una serie di aspetti di tipo conservativo (bassa portata del fiume, condizioni invernali di temperatura, calma di vento) e che fa riferimento alla situazione futura in condizioni di magra ordinaria, porta ad una condizione di scarico che rispetta i limiti di legge imposti sul valore di incremento termico medio, sia per l'intera sezione che per la semi sezione fredda.

Figura 28 – Scenario 1 – Condizioni di magra ordinaria: andamento del livello del Fiume Po rispetto al livello di riferimento (idrometro di Sermide)

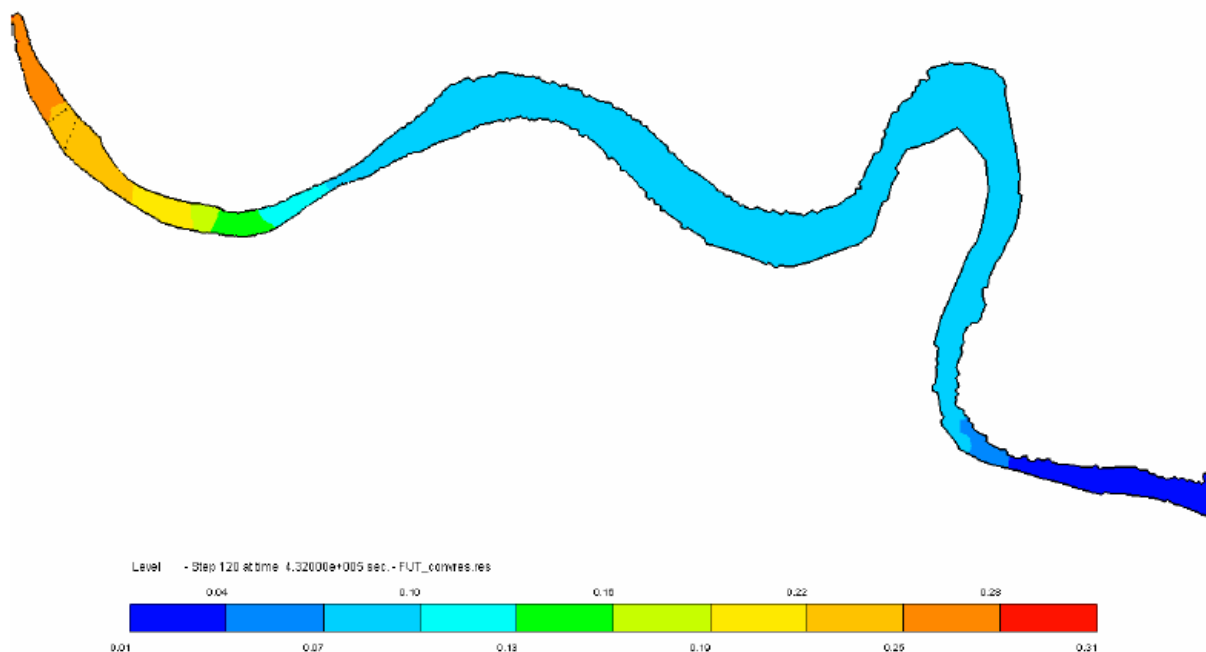


Figura 29 – Scenario 1 – Condizioni di magra ordinaria: andamento del campo termico nel Fiume Po

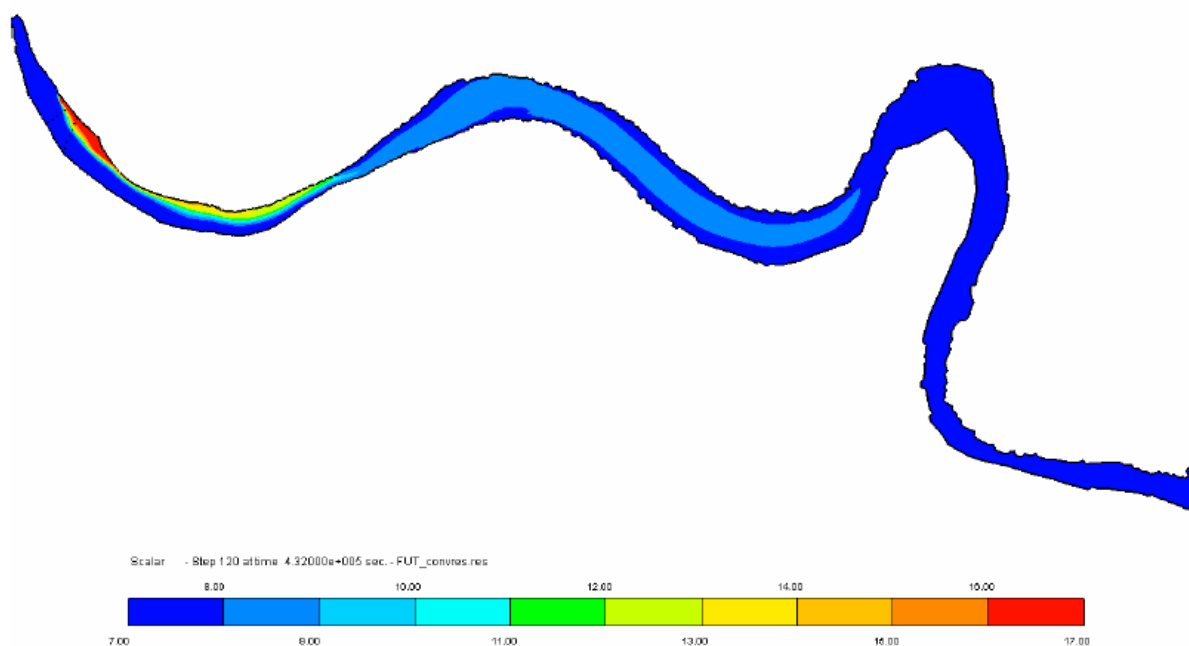


Figura 30 – Scenario 1 – Condizioni di magra ordinaria: andamento del campo termico nel tratto perturbato dallo scarico

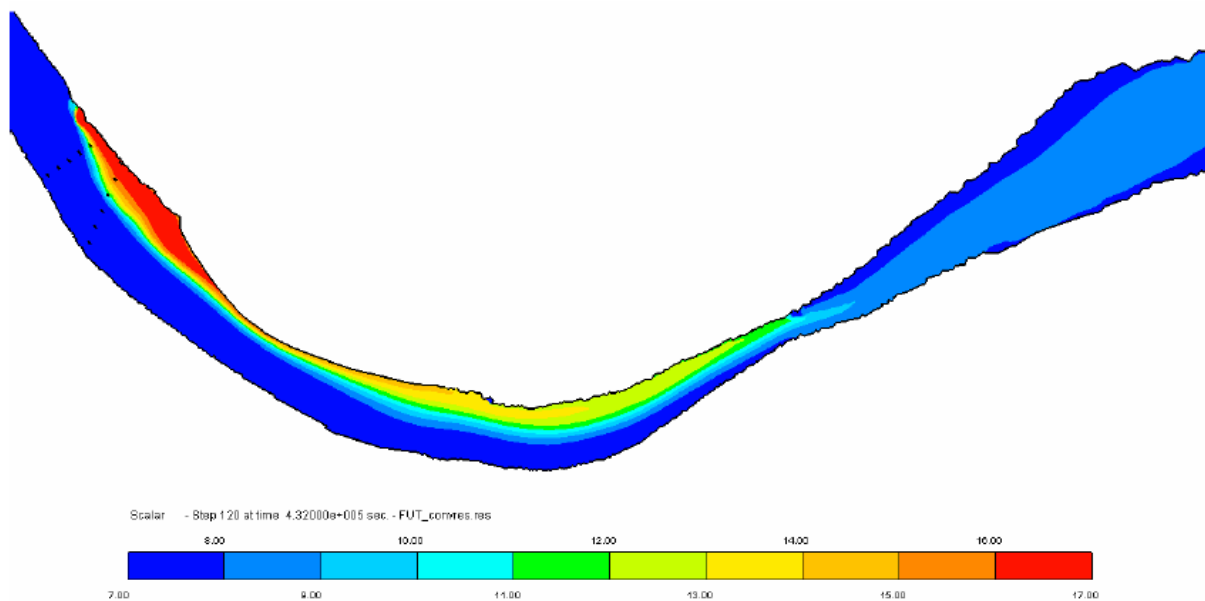


Figura 31 – Scenario 1 – Condizioni di magra ordinaria: andamento del campo termico in prossimità dello scarico

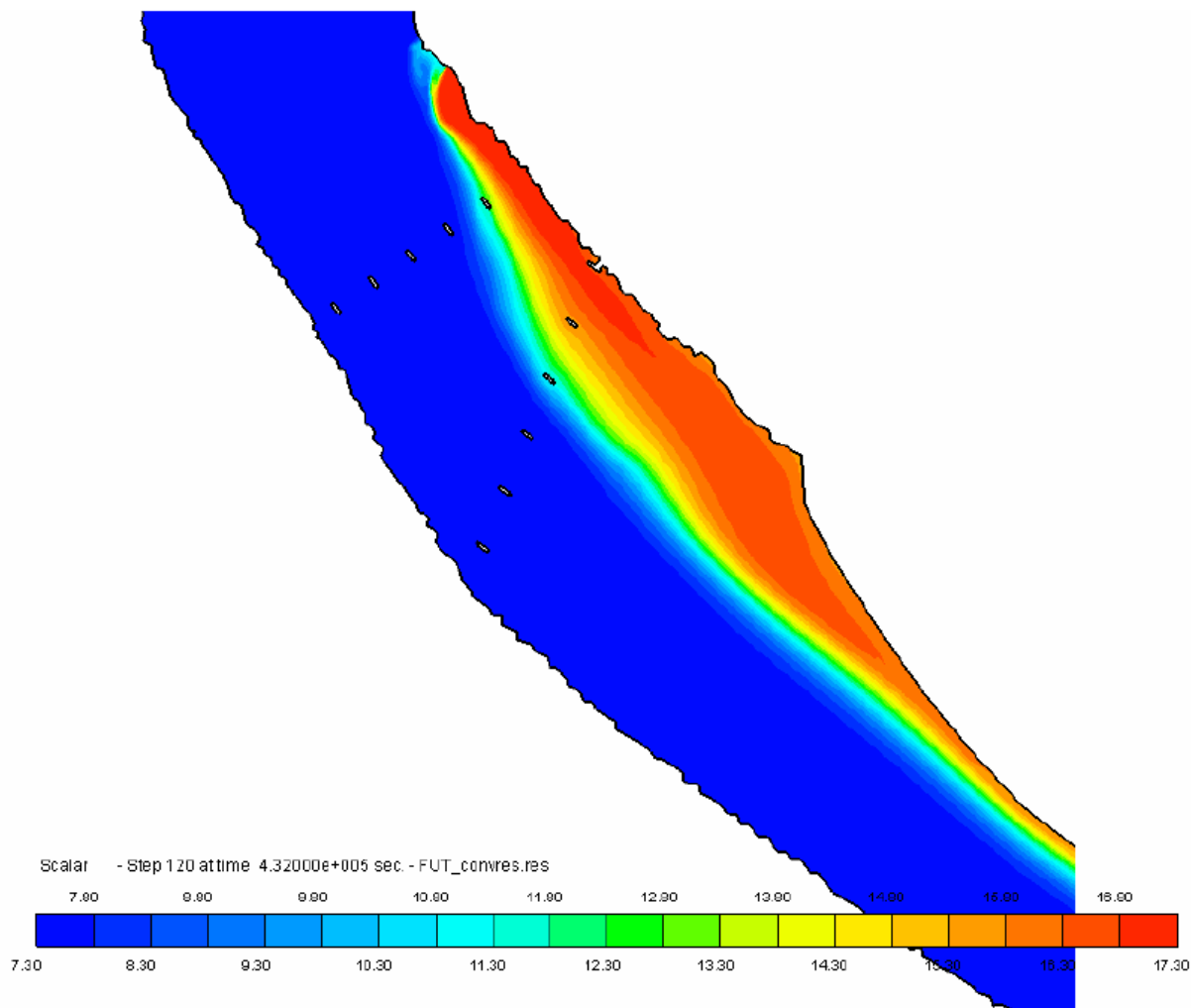


Figura 32 – Scenario 1 – Condizioni di magra ordinaria: andamento del gradiente di velocità in prossimità dello scarico

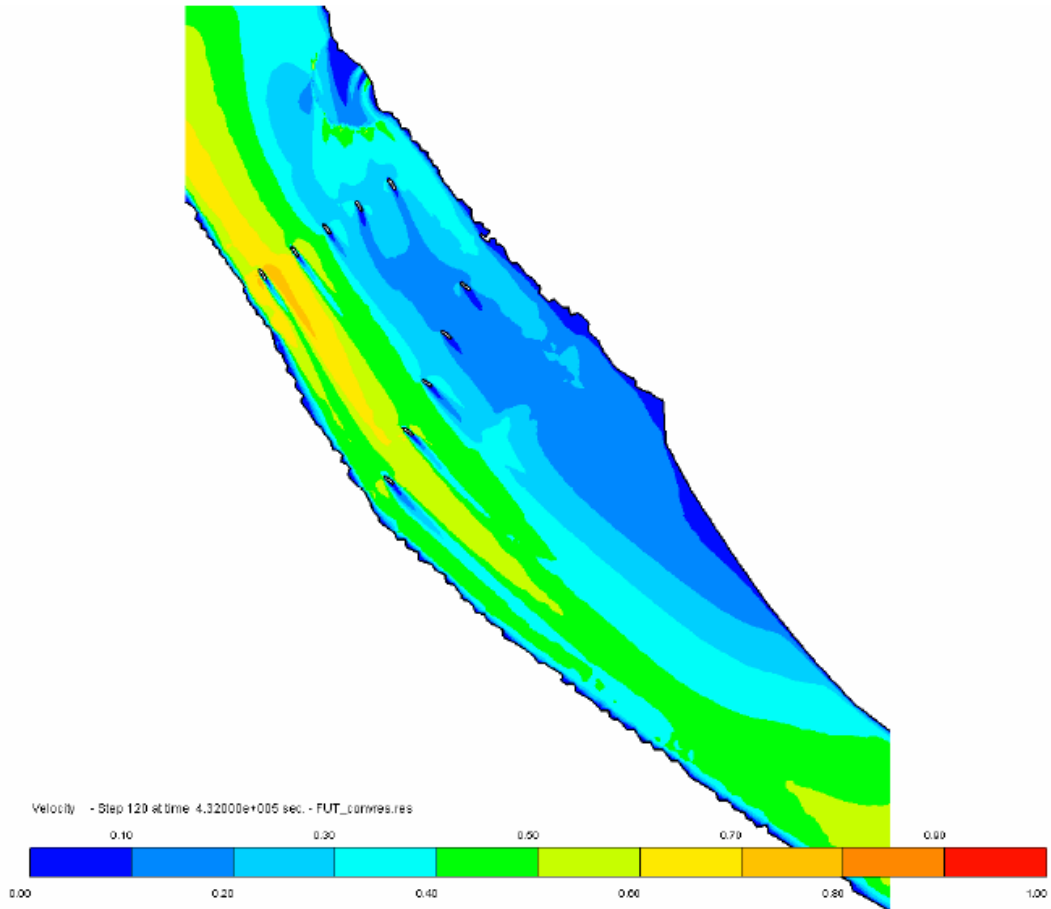
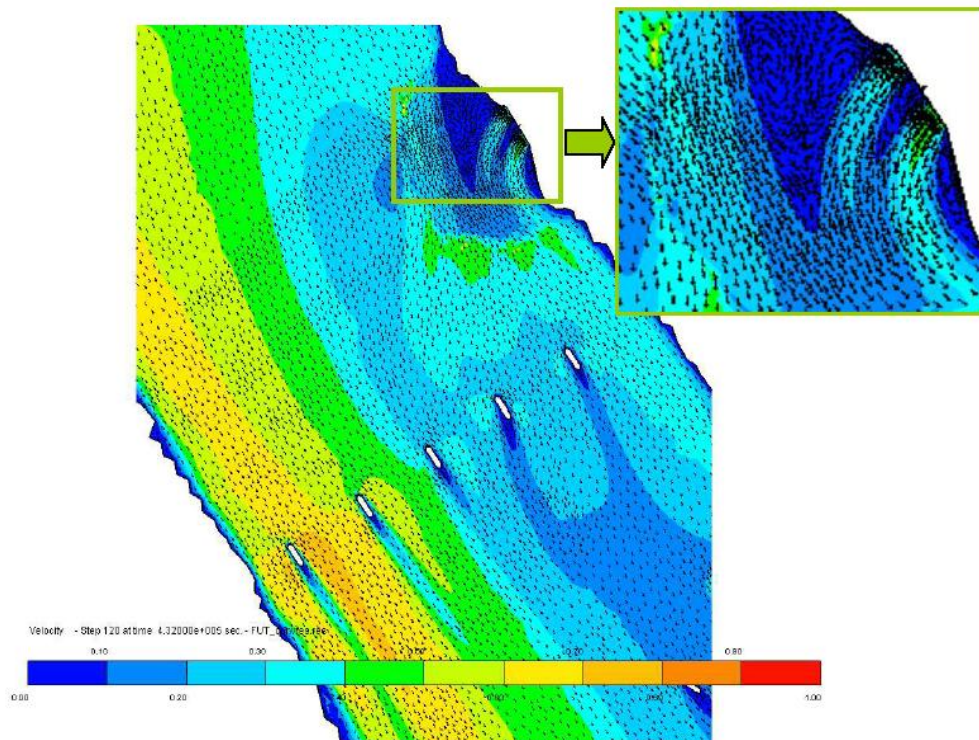


Figura 33 – Scenario 1 – Condizioni di magra ordinaria: andamento del gradiente di velocità e del campo di moto in prossimità dello scarico



6.3.2 Scenario 2 – livello di magra estrema

La valutazione dell'incremento termico in condizioni di magra ordinaria del Fiume Po fa riferimento alla situazione in cui il livello allo scarico è pari a 6,8 m s.l.m., con una portata di 270 m³/s. Il calcolo, eseguito sempre in condizioni conservative di temperatura media invernale, calma di vento e livello allo scarico più alto di quello ipotizzabile per la portata simulata, fa riferimento al reticolo di *Figura 19*.

L'analisi del campo termico e del campo di velocità risultante nelle varie sezioni del dominio di calcolo conduce alle considerazioni di seguito riportate.

- L'analisi è stata condotta ipotizzando l'apertura degli scarichi al tempo iniziale e simulando quindi il transitorio conseguente per un periodo di cinque giorni. Le condizioni ottenute al termine della simulazione sono risultate stazionarie.
- L'andamento del livello calcolato lungo il tratto di fiume rispetto al valore di riferimento all'idrometro di Sermide è riportato in *Figura 34*. Si nota l'andamento regolare dell'incremento di livello risalendo il corso del fiume, con una pendenza più accentuata là dove il fiume subisce dei restringimenti con sponde alte e batimetria profonda. Il valore massimo in corrispondenza della sezione di ingresso a monte dell'opera di presa è pari a 0,23 m.
- L'andamento del campo termico ottenuto dalla simulazione numerica è riportato in *Figura 35* con riferimento all'intero tratto del Fiume Po considerato. Appare evidente come il pennacchio caldo pieghi immediatamente verso valle, senza risentire dell'aspirazione della presa, peraltro posta a monte a diverse centinaia di metri di distanza. Per meglio analizzarne il comportamento, il tratto di fiume interessato dal pennacchio stesso è mostrato in *Figura 36*, con l'indicazione delle diverse isoterme indicanti un sovrizzo termico di 1 °C ciascuna a partire dalla temperatura di fondo scala di 7 °C a fronte di una temperatura indisturbata pari a 7.3° C; infine in *Figura 37* è mostrato il particolare del campo termico in prossimità della zona di scarico con una scala cromatica di maggiore dettaglio. Dall'esame delle figure citate si nota che il risentimento del pennacchio si esaurisce ad una distanza di circa 10 km dal punto di emissione, con una canalizzazione che si mantiene marcata verso la sponda sinistra a partire dal primo ponte tra Revere ed Ostiglia, attraversato dal pennacchio in corrispondenza delle prime due arcate, e dal secondo ponte, interessato dal pennacchio in corrispondenza delle prime tre arcate in sponda sinistra. Si nota altresì che il pennacchio passa tutto a destra dell'Isola Boschina a causa dello sbarramento creato, nelle presenti condizioni di magra estrema, dalla emergenza del fondale presente tra la sponda sinistra del Fiume Po e l'isola. Dal confronto tra l'andamento del pennacchio e quello della batimetria a valle dello scarico è immediato constatare che, all'esterno dell'area di massima turbolenza che si crea in corrispondenza delle bocche di scarico, le aree maggiormente interessate dal flusso più caldo sono quelle meno profonde collocate proprio a ridosso della sponda sinistra; in tali zone, infatti, il pennacchio caldo va ad interessare l'intero (limitato) battente idrico disponibile.
- Il confronto del presente scenario 2 con lo scenario 1, corrispondente all'assetto della situazione futura della Centrale caratterizzato da condizioni di magra ordinaria, evidenzia la maggiore criticità dell'impatto termico indotto dalla Centrale in condizioni di magra estrema; l'analisi comparata della *Figura 31* per lo scenario 1, e



della *Figura 37* per lo scenario corrente, mostra chiaramente in quest'ultimo scenario una maggiore larghezza del nucleo più caldo che interessa quasi per intero anche la seconda campata del costruendo ponte tra Revere ed Ostiglia. Ciò si traduce in un aumento degli incrementi termici registrato nelle sezioni di controllo prescelte come successivamente descritto.

- Il gradiente di velocità del flusso idrico risultante nella zona immediatamente a valle dello scarico è mostrato in *Figura 38* e, sovrapposto al campo di moto, in *Figura 39*. Esso risulta particolarmente interessante per comprendere lo sviluppo del pennacchio caldo a valle dello scarico. In particolare, è chiaramente visibile la forte turbolenza che caratterizza l'immissione in Po delle acque di raffreddamento con la formazione di vortici immediatamente a monte dello scarico; essa si smorza una volta usciti dalla cosiddetta mixing zone, sia per effetto del basso fondale allo scarico sia per l'incontro con la corrente del fiume, con direzione trasversale rispetto allo scarico stesso e con velocità massime dell'ordine di 1 m/s. Nuovamente si osserva che l'espandersi del pennacchio nella zona a ridosso della sponda sinistra, corrisponde alla presenza, in tali aree, di una minore velocità della corrente fluviale che assume invece i suoi valori massimi avvicinandosi alla sponda destra ove sono presenti i maggiori battenti idrici caratterizzati da temperature che si mantengono di fatto indisturbate.
- L'analisi dell'incremento termico è stata condotta nelle quattro sezioni calde a 100 m, 500 m, 700 m e 1000 m dallo scarico secondo la procedura stabilita dalla legislazione vigente. La precedente *Tabella 9* riporta i valori degli incrementi termici calcolati a valle dello scarico evidenziando che, analogamente al precedente scenario 1, la sezione più critica con riferimento alla verifica in oggetto, è quella posta a circa 700 m dallo scarico. Inoltre, come precedentemente osservato al punto d), rispetto alla corrispondente situazione di magra ordinaria (scenario 1), il presente scenario mostra un aumento medio del 18% degli incrementi termici con riferimento a tutte le sezioni intere di controllo adottate a 100, 500, 700 e 1000 m. In ogni caso, i valori di incremento rientrano nei requisiti di legge anche nel presente caso di magra estrema.

L'insieme delle considerazioni sopra esposte porta a concludere che la situazione simulata, che presenta una serie di aspetti di tipo conservativo (minima portata del fiume, livello allo scarico più alto di quello ipotizzabile per la portata di magra estrema simulata, condizioni invernali di temperatura, calma di vento) e che fa riferimento alla situazione futura in condizioni di magra estrema, porta ad una condizione di scarico che rispetta i limiti di legge imposti sul valore di incremento termico medio, sia per l'intera sezione che per la semi sezione fredda.



Figura 34 – Scenario 2 – Condizioni di magra estrema: andamento del livello del Fiume Po rispetto al livello di riferimento (idrometro di Sermide)

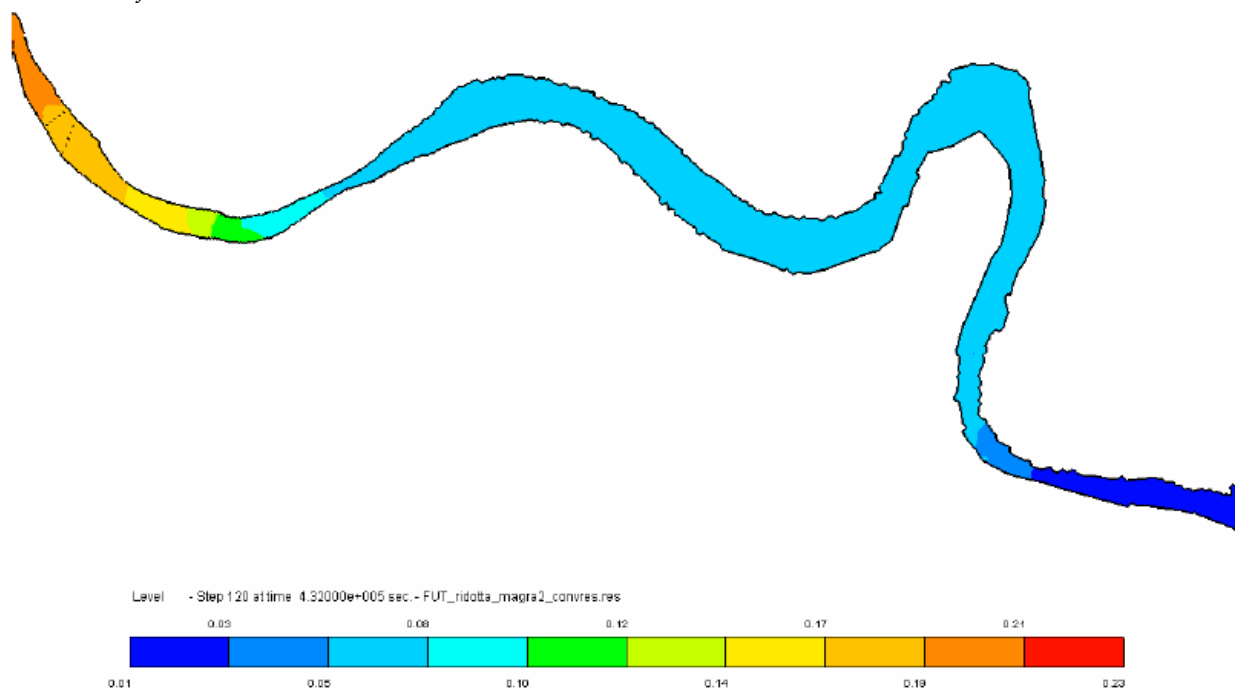


Figura 35 – Scenario 2 – Condizioni di magra estrema: andamento del campo termico nel Fiume Po

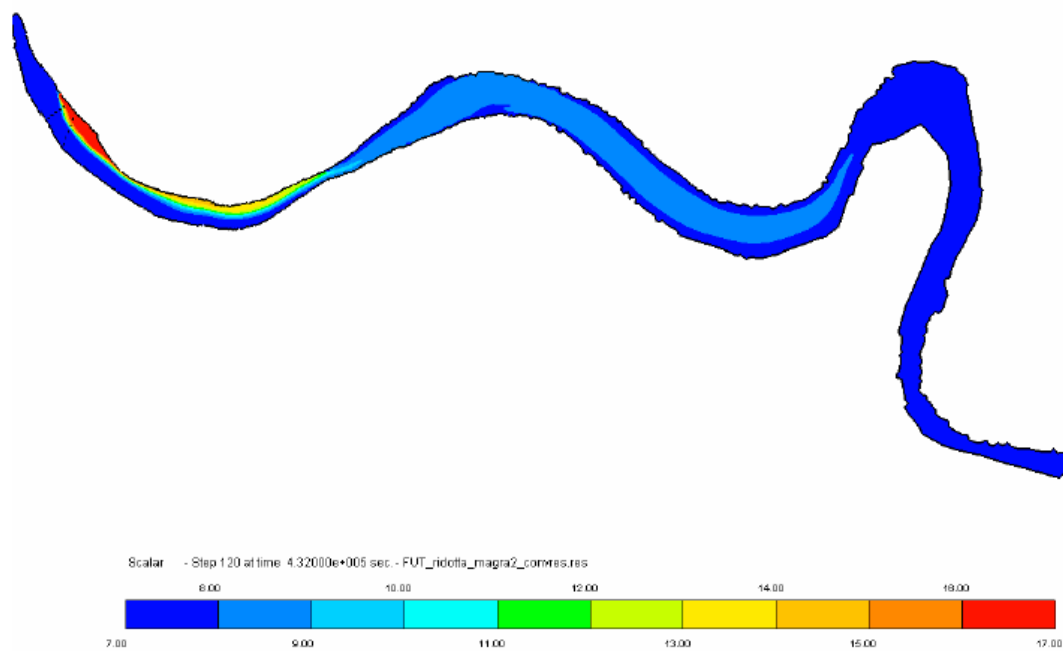


Figura 36 – Scenario 2 – Condizioni di magra estrema: andamento del campo termico nel tratto perturbato dallo scarico

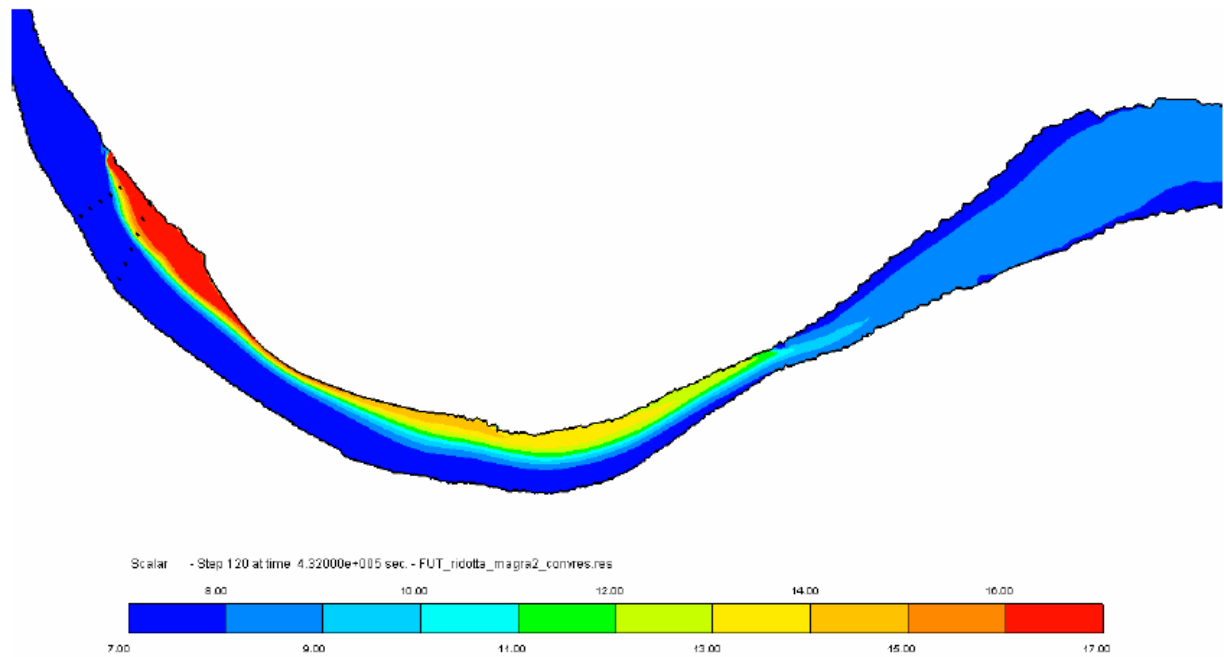


Figura 37 – Scenario 2 – Condizioni di magra estrema: andamento del campo termico in prossimità dello scarico

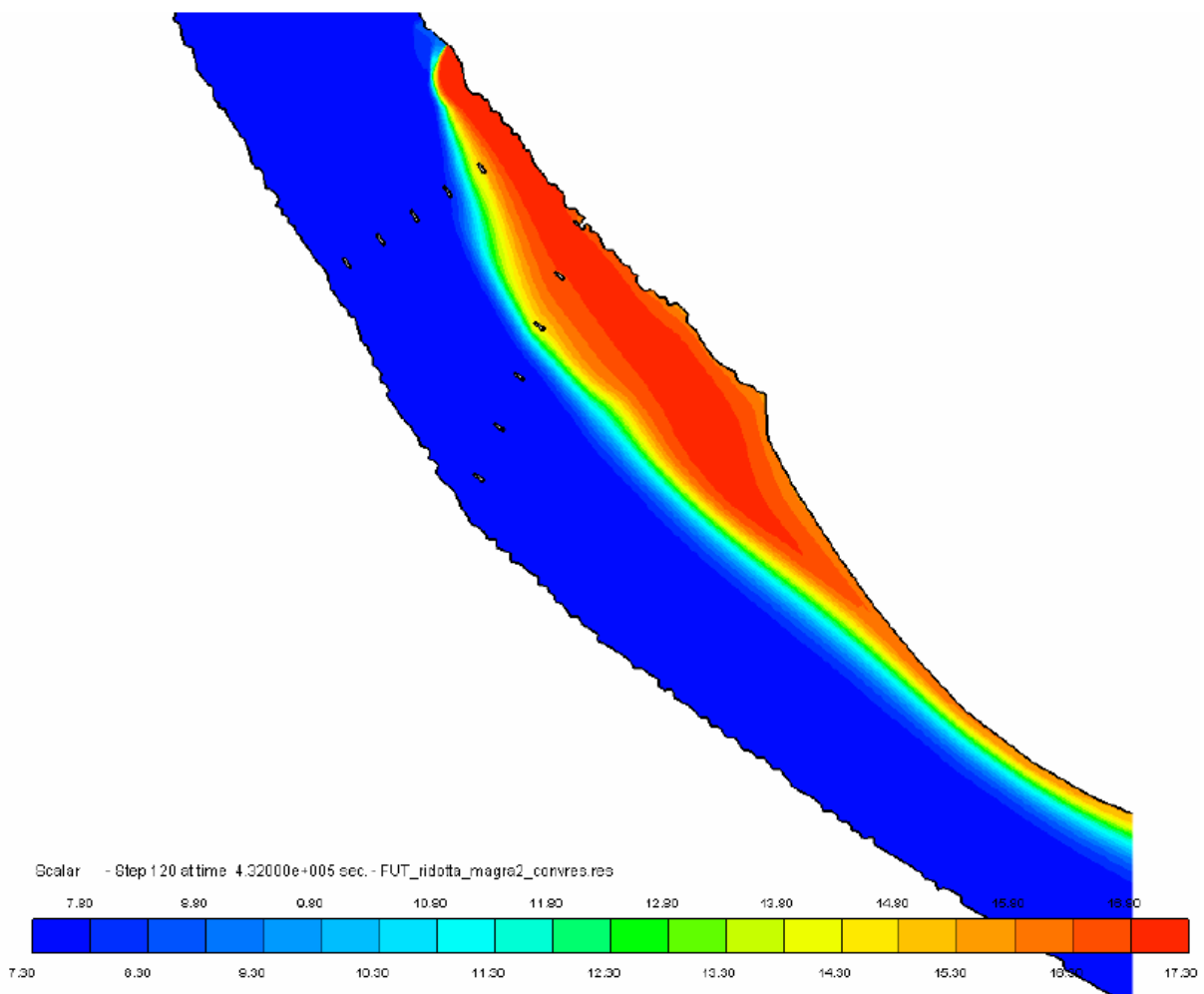


Figura 38 – Scenario 2 – Condizioni di magra estrema: andamento del gradiente di velocità in prossimità dello scarico

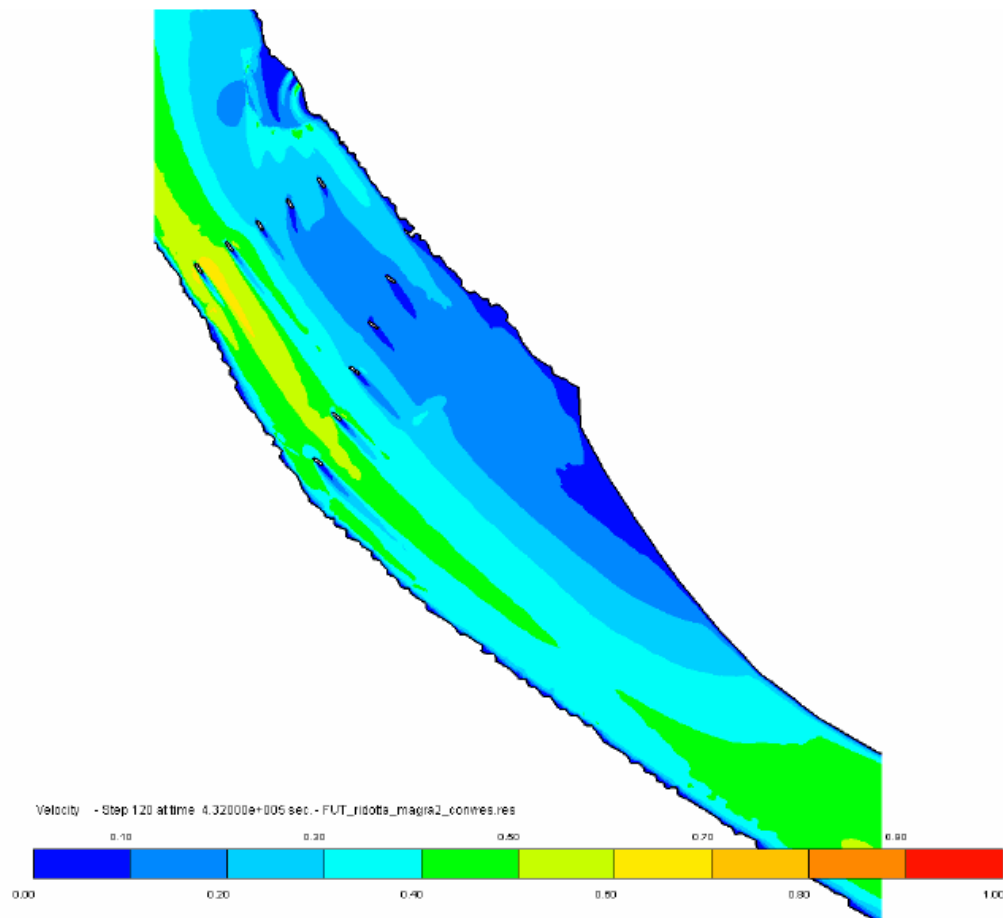
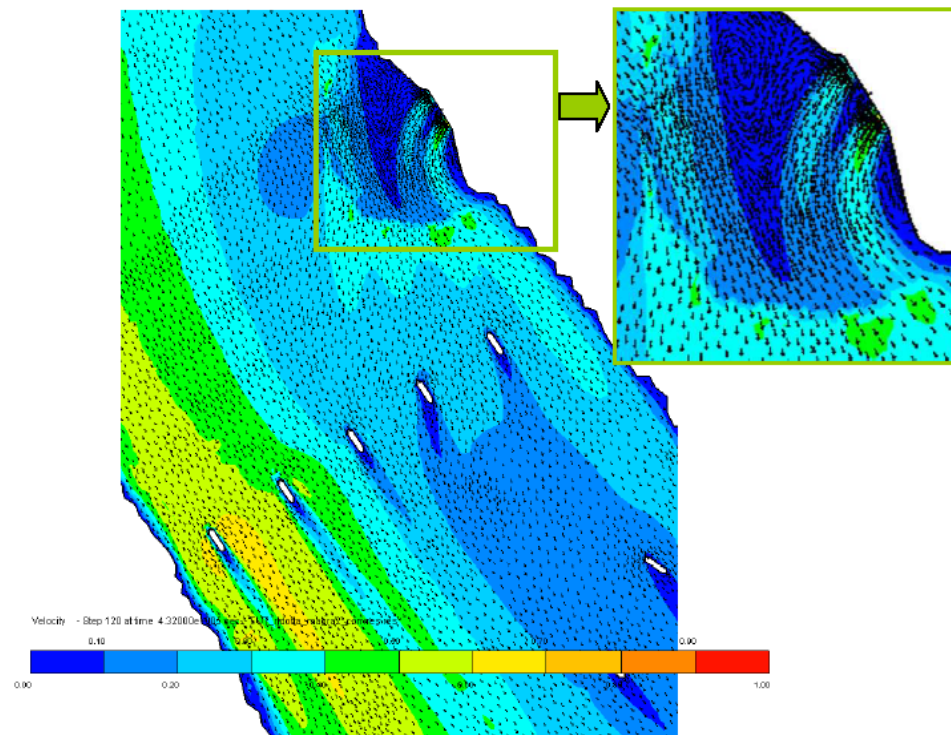


Figura 39 – Scenario 2 – Condizioni di magra estrema: andamento del gradiente di velocità e del campo di moto in prossimità dello scarico



6.3.3 Scenario 3 – livello di morbida

La valutazione dell'incremento termico in condizioni di morbida del fiume fa riferimento alla situazione in cui il livello allo scarico è pari a 9,0 m s.l.m., con una portata di 930 m³/s. Il calcolo, eseguito sempre in condizioni conservative di temperatura media invernale e calma di vento, fa riferimento al reticolo di *Figura 20*.

L'analisi del campo termico e del campo di velocità risultante nelle varie sezioni del dominio di calcolo conduce alle considerazioni di seguito riportate.

- L'analisi è stata condotta ipotizzando l'apertura degli scarichi al tempo iniziale e simulando quindi il transitorio conseguente per un periodo di cinque giorni. Le condizioni ottenute al termine della simulazione sono risultate stazionarie.
- L'andamento del livello calcolato lungo il tratto di fiume rispetto al valore di riferimento all'idrometro di Sermide è riportato in *Figura 40*. Si nota l'andamento regolare dell'incremento di livello risalendo il corso del fiume, con una pendenza più accentuata là dove il fiume subisce dei restringimenti con sponde alte e batimetria profonda. Il valore massimo in corrispondenza della sezione di ingresso a monte dell'opera di presa è pari a 0,60 m.
- L'andamento del campo termico ottenuto dalla simulazione numerica è riportato in *Figura 41*, con riferimento all'intero tratto del Fiume Po considerato. Appare evidente come il pennacchio caldo pieghi immediatamente verso valle, senza risentire dell'aspirazione della presa, peraltro posta a monte a diverse centinaia di metri di distanza. Per meglio analizzarne il comportamento, il tratto di fiume interessato dal pennacchio stesso è mostrato in *Figura 42*, con l'indicazione delle diverse isoterme indicanti un sovrizzo termico di 1 °C ciascuna a partire dalla temperatura di fondo scala di 7 °C a fronte di una temperatura indisturbata pari a 7,3 °C; infine in *Figura 43* è mostrato il dettaglio del campo termico in prossimità della zona di scarico. Dall'esame delle figure citate si nota che il risentimento del pennacchio si esaurisce ad una distanza di circa 7,5 km dal punto di emissione, con una canalizzazione che si mantiene marcata verso la sponda sinistra a partire dal primo ponte tra Revere ed Ostiglia, attraversato dal pennacchio in corrispondenza della prima luce, e dal secondo ponte, interessato dal pennacchio in corrispondenza della prima luce e, solo parzialmente, della seconda. Si nota altresì che il pennacchio continua a passare tutto a destra dell'isola Boschina poiché anche in condizioni di morbida si mantiene lo sbarramento creato, all'estremo nord dell'isola, dall'emergenza del fondale presente tra la sponda sinistra del Fiume Po e l'isola. Si osserva anche una minima risalita del flusso più caldo, peraltro già diluito e raffreddato, dall'estremo sud dell'isola.
- Il gradiente di velocità del flusso idrico risultante nella zona immediatamente a valle dello scarico è mostrato in *Figura 44* e, sovrapposto al campo di moto, in *Figura 45*. Esso risulta particolarmente interessante per comprendere lo sviluppo del pennacchio caldo a valle dello scarico. In particolare, è chiaramente visibile la forte turbolenza che caratterizza l'immissione in Po delle acque di raffreddamento con la formazione di vortici immediatamente a valle dello scarico che ora assume una conformazione "aggettante" nell'alveo di morbida del Po; essa si smorza una volta usciti dalla cosiddetta mixing zone, principalmente per effetto dell'incontro con la corrente del fiume, con direzione trasversale rispetto allo scarico stesso. Nuovamente si osserva che



l'espandersi del pennacchio nella zona a ridosso della sponda sinistra, corrisponde alla presenza, in tali aree, di una minore velocità della corrente fluviale che assume invece i suoi valori massimi avvicinandosi alla sponda destra ove sono presenti i maggiori battenti idrici caratterizzati (oltre che da velocità che superano gli 1.5 m/s) da temperature che si mantengono di fatto indisturbate.

- L'analisi dell'incremento termico è stata condotta nelle quattro sezioni calde a 100 m, 500 m, 700 m e 1000 m dallo scarico secondo la procedura stabilita dalla legislazione vigente. La precedente **Tabella 9** riporta i valori degli incrementi termici calcolati a valle dello scarico evidenziando che la sezione più critica con riferimento alla verifica in oggetto, è quella posta a circa 100 m dallo scarico. Peraltro, si conferma che, già a valle del primo ponte tra Revere ed Ostiglia si rileva una consistente diminuzione del risentimento termico (come già osservato qualitativamente ai punti precedenti). In particolare, rispetto alla corrispondente situazione di magra ordinaria (scenario 1), il presente scenario mostra, superata l'area di forte turbolenza all'immissione in Po (vale a dire oltre la sezione di controllo più vicina posta a 100 m dallo scarico) una diminuzione media del 69% degli incrementi termici con riferimento alle sezioni intere di controllo adottate a 500, 700 e 1000 m. La diminuzione sale al 74% nel caso di confronto con la situazione corrispondente in assetto futuro di magra estrema (scenario 2). I valori di incremento rientrano dunque nei requisiti di legge.

L'insieme delle considerazioni sopra esposte porta a concludere che la situazione simulata, che presenta alcuni aspetti di tipo conservativo (condizioni invernali di temperatura e calma di vento) e che fa riferimento alla situazione futura in condizioni di morbida, porta ad una condizione di scarico che rispetta i limiti di legge imposti sul valore di incremento termico medio, sia per l'intera sezione che per la semi sezione fredda.

Figura 40 – Scenario 3 – Condizioni di morbida: andamento del livello del Fiume Po rispetto al livello di riferimento (idrometro di Sermide)

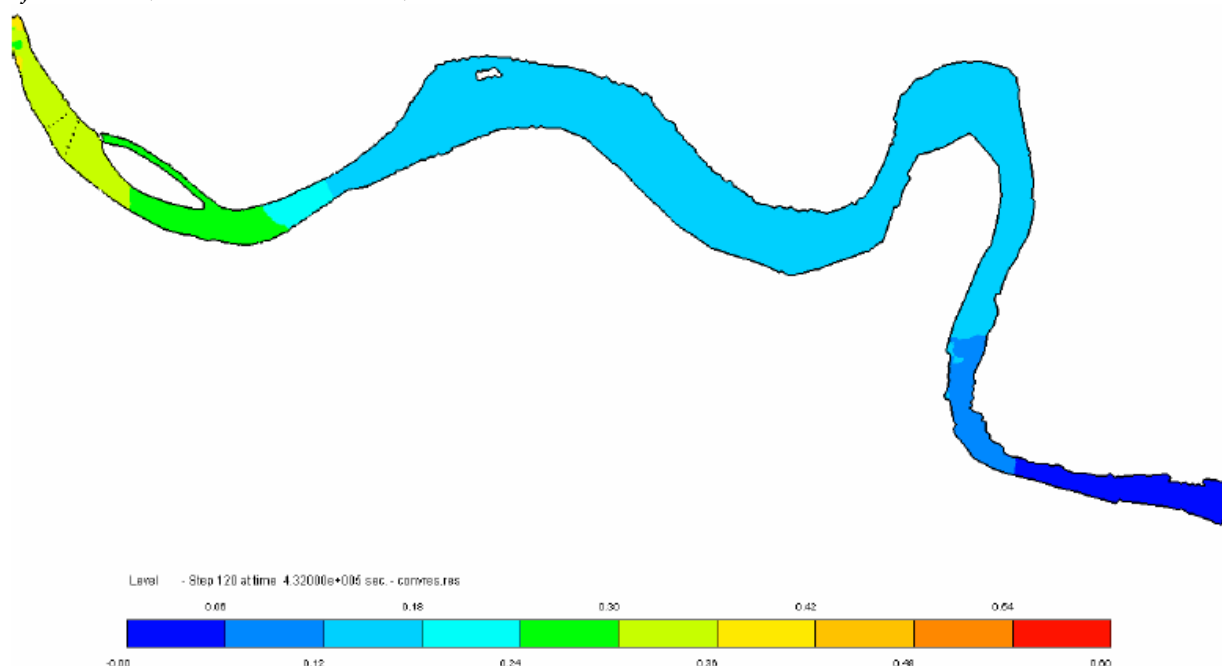


Figura 41 – Scenario 3 – Condizioni di morbida: andamento del campo termico nel Fiume Po

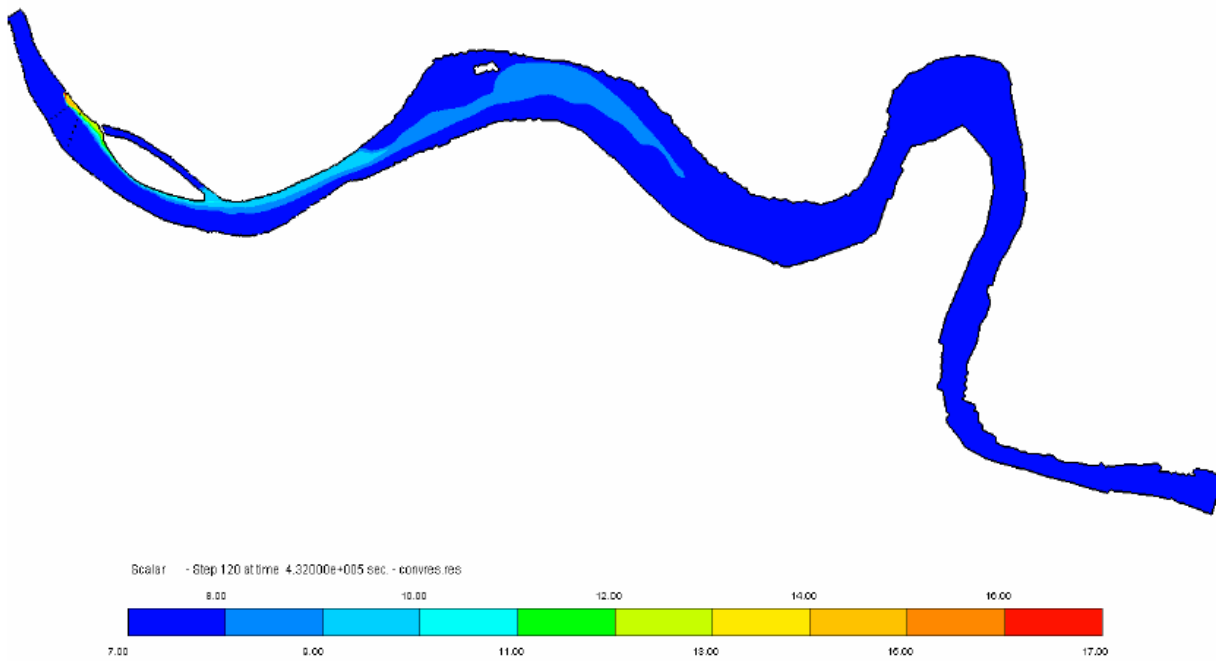


Figura 42 – Scenario 3 – Condizioni di morbida: andamento del campo termico nel tratto perturbato dallo scarico

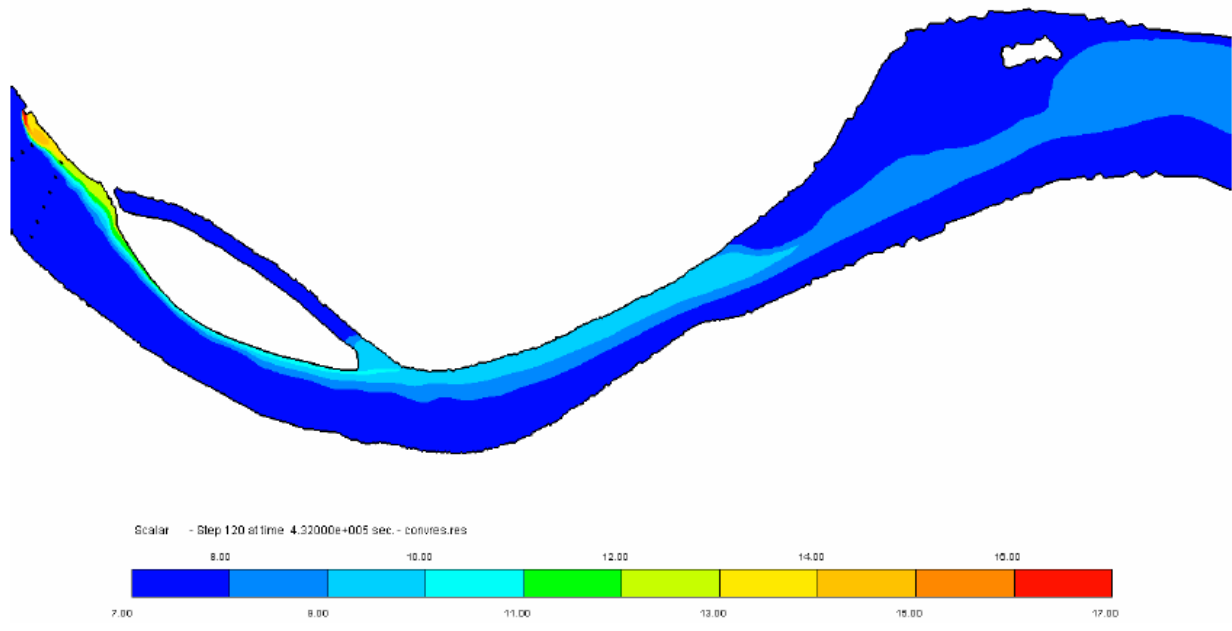


Figura 43 – Scenario 3 – Condizioni di morbida: andamento del campo termico in prossimità dello scarico

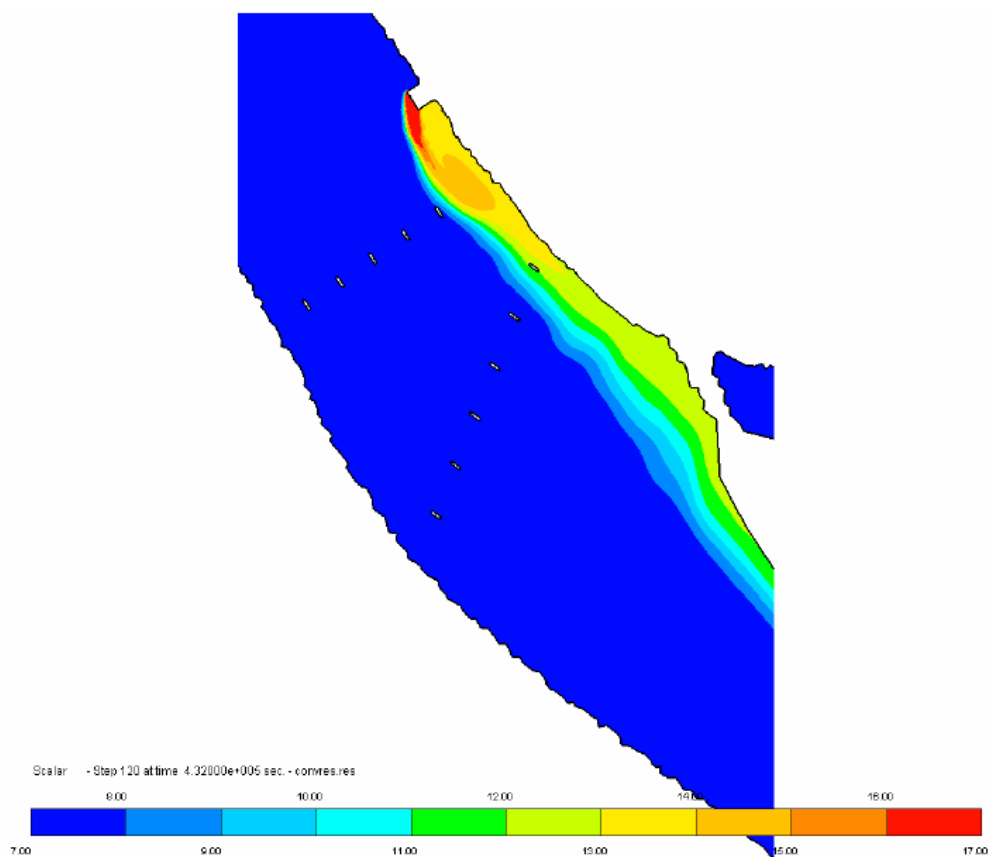


Figura 44 – Scenario 3 – Condizioni di morbida: andamento del gradiente di velocità in prossimità dello scarico

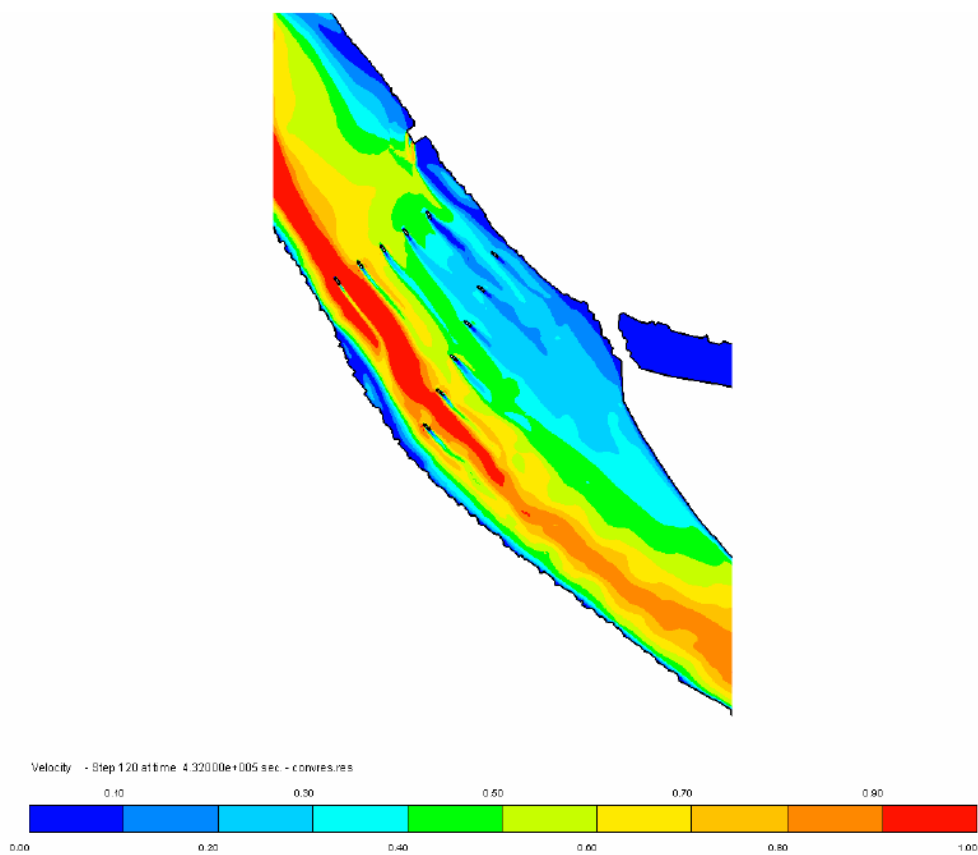
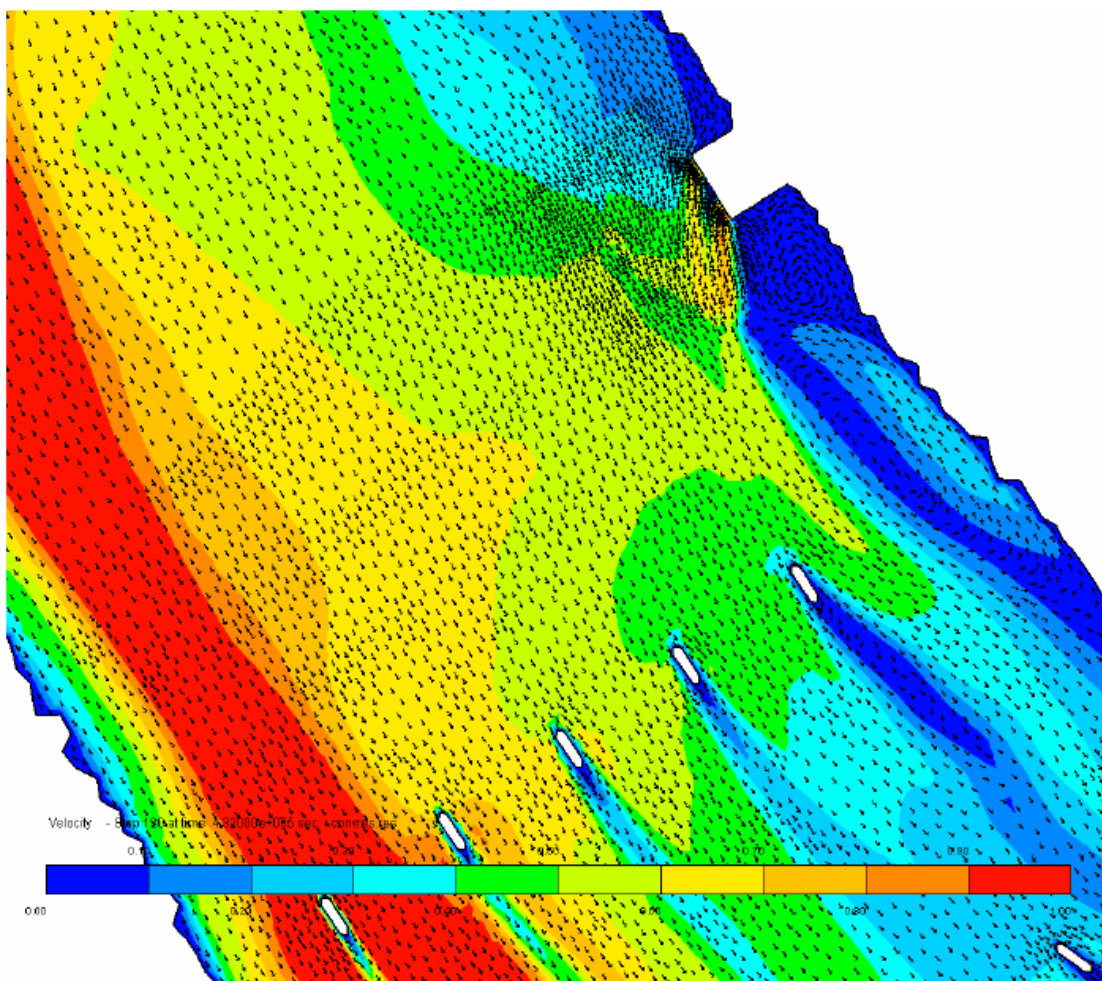


Figura 45 – Scenario 3 – Condizioni di morbida: andamento del gradiente di velocità e del campo di moto in prossimità dello scarico



6.3.4 Scenario 4 – livello di piena

La valutazione dell'incremento termico in condizioni di morbida del fiume fa riferimento alla situazione in cui il livello allo scarico è pari a 13,3 m s.l.m., con una portata di 6.500 m³/s. Il calcolo, eseguito sempre in condizioni conservative di temperatura media invernale e calma di vento, fa riferimento al reticolo di *Figura 21*.

L'analisi del campo termico e del campo di velocità risultante nelle varie sezioni del dominio di calcolo conduce alle considerazioni di seguito riportate.

- L'analisi è stata condotta ipotizzando l'apertura degli scarichi al tempo iniziale e simulando quindi il transitorio conseguente per un periodo di cinque giorni. Le condizioni ottenute al termine della simulazione sono risultate stazionarie.
- L'andamento del livello calcolato lungo il tratto di fiume rispetto al valore di riferimento all'idrometro di Sermide è riportato in *Figura 46*. Si nota l'andamento regolare dell'incremento di livello risalendo il corso del fiume, con una pendenza più accentuata là dove il fiume subisce dei restringimenti con sponde alte e batimetria profonda. Il valore massimo in corrispondenza della sezione di ingresso a monte dell'opera di presa è pari a 1,94 m.



- L'andamento del campo termico ottenuto dalla simulazione numerica è riportato in *Figura 47*, con riferimento all'intero tratto del Fiume Po considerato. Appare evidente come il pennacchio caldo pieghi immediatamente verso valle raffreddandosi ed assottigliandosi molto rapidamente. Per meglio analizzarne il comportamento, il tratto di fiume interessato dal pennacchio stesso è mostrato in *Figura 48*, con l'indicazione delle diverse isoterme indicanti un soprizzo termico di 1° C ciascuna a partire dalla temperatura di fondo scala di 7° C a fronte di una temperatura indisturbata pari a 7,3° C; infine in *Figura 49* è mostrato il dettaglio del campo termico in prossimità della zona di scarico. Dall'esame delle figure citate si nota come, in analogia al precedente scenario, il risentimento del pennacchio si esaurisce completamente ad una distanza di circa 600 m dal punto di immissione, mantenendosi confinato a ridosso della sponda sinistra come già rilevato per tutti i precedenti scenari. Non si rileva alcun trascinarsi nel ramo di Po posto a sinistra dell'Isola Boschina, nel quale, con i livelli di piena simulati nel presente scenario, è ora consentito il transito della corrente che sommerge completamente lo sbarramento presente.
- Confrontando il pennacchio caldo ottenuto nel presente scenario con tutti quelli di magra e di morbida precedentemente discussi, a parità di condizioni di scarico, è evidente la minore estensione delle isoterme più calde. Ciò è attribuibile sia al maggior mescolamento che ora subisce il pennacchio nel tratto iniziale d'immissione nella considerevole portata di piena del corpo idrico ricevente, sia al fatto che nel presente scenario l'opera di scarico è sommersa ed il rilascio avviene perciò ad una quota inferiore del pelo libero dell'acqua.
- Il gradiente di velocità del flusso idrico risultante nella zona immediatamente a valle dello scarico è mostrato in *Figura 50* e, sovrapposto al campo di moto, in *Figura 51*. Esso giustifica quanto già descritto al punto precedente, ed in generale mostra una maggior velocità del flusso idrico in ogni sezione dell'alveo (più di 3 m/s in prossimità della sponda destra) con l'unica eccezione delle parti "interferite" dalla struttura "aggettante" dello scarico. In questo modo, il pennacchio subisce una più marcata azione di mescolamento turbolento ed un maggior incanalamento, che riduce la sezione calda rispetto all'intera sezione del fiume. Si mantengono i vortici nella "zona d'ombra" a valle dello scarico e, nuovamente, si osserva che l'espandersi del pennacchio nella zona a ridosso della sponda sinistra, corrisponde alla presenza, in tali aree, di una minore velocità della corrente fluviale.
- L'analisi dell'incremento termico è stata condotta nelle quattro sezioni calde a 100 m, 500 m, 700 m e 1000 m dallo scarico secondo la procedura stabilita dalla legislazione vigente. La precedente *Tabella 9* riporta i valori degli incrementi termici calcolati a valle dello scarico evidenziando che la sezione più critica, con riferimento alla verifica in oggetto, è quella posta a circa 100 m dallo scarico, ove peraltro si rileva un incremento termico irrisorio. I valori di incremento rientrano ampiamente nei requisiti di legge.

L'insieme delle considerazioni sopra esposte porta a concludere che la situazione simulata, che presenta alcuni aspetti di tipo conservativo (condizioni invernali di temperatura e calma di vento) e che fa riferimento alla situazione futura in condizioni di piena, porta comunque ad una condizione di scarico che rispetta ampiamente i limiti di legge imposti sul valore di incremento termico medio, sia per l'intera sezione che per la semi sezione fredda.



Figura 46 – Scenario 4 – Condizioni di piena: andamento del livello del Fiume Po rispetto al livello di riferimento (idrometro di Sermide)

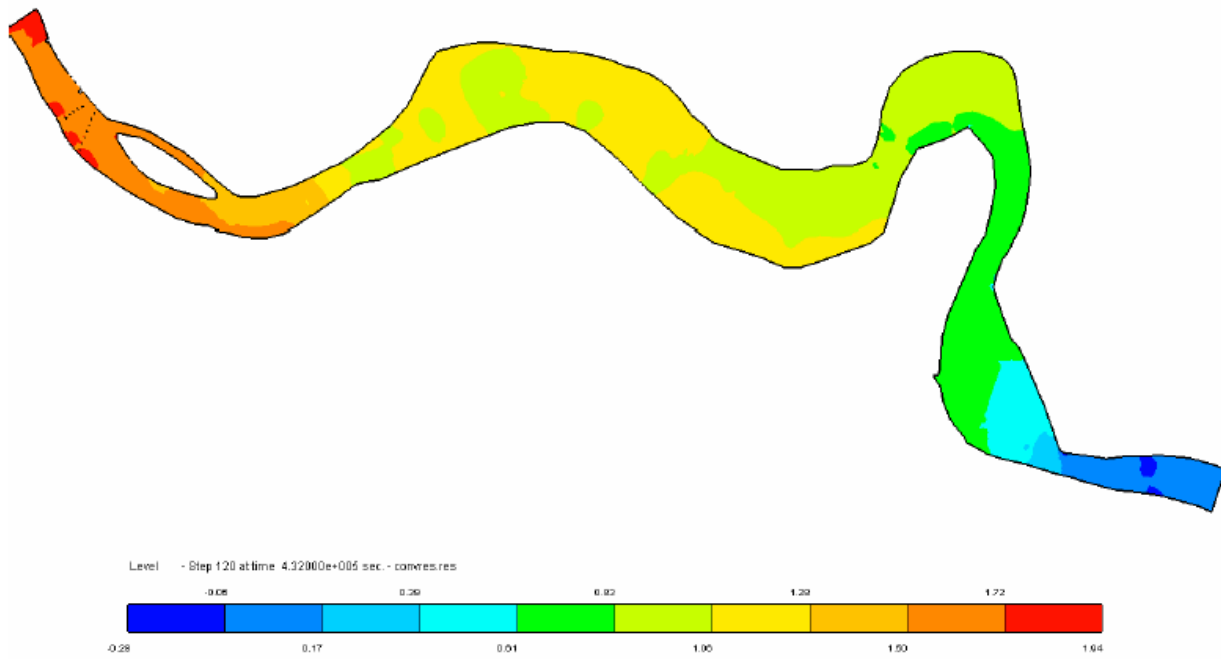


Figura 47 – Scenario 4 – Condizioni di piena: andamento del campo termico nel Fiume Po

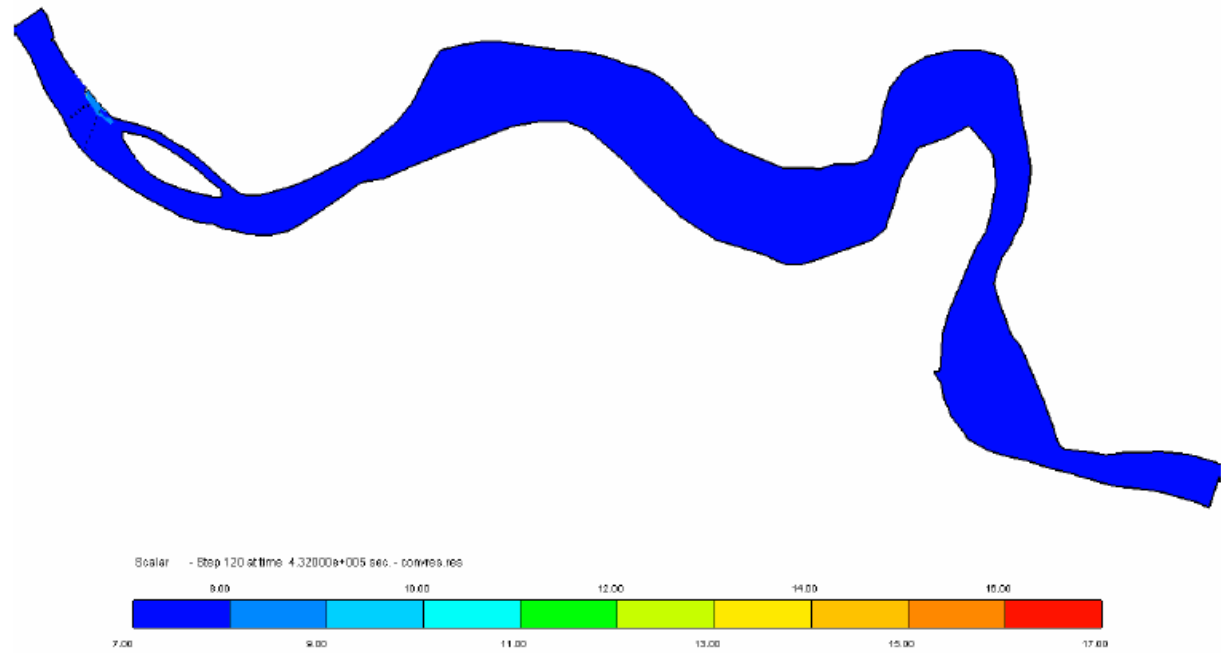


Figura 48 – Scenario 4 – Condizioni di piena: andamento del campo termico nel tratto perturbato dallo scarico

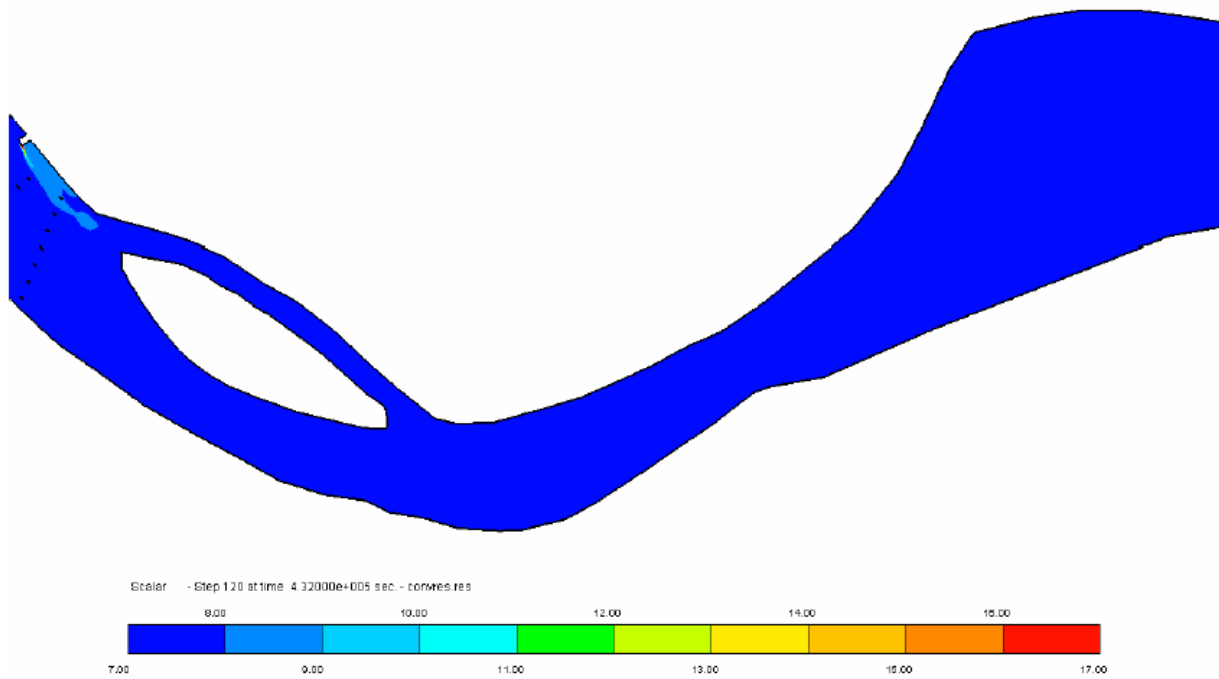


Figura 49 – Scenario 4 – Condizioni di piena: andamento del campo termico in prossimità dello scarico

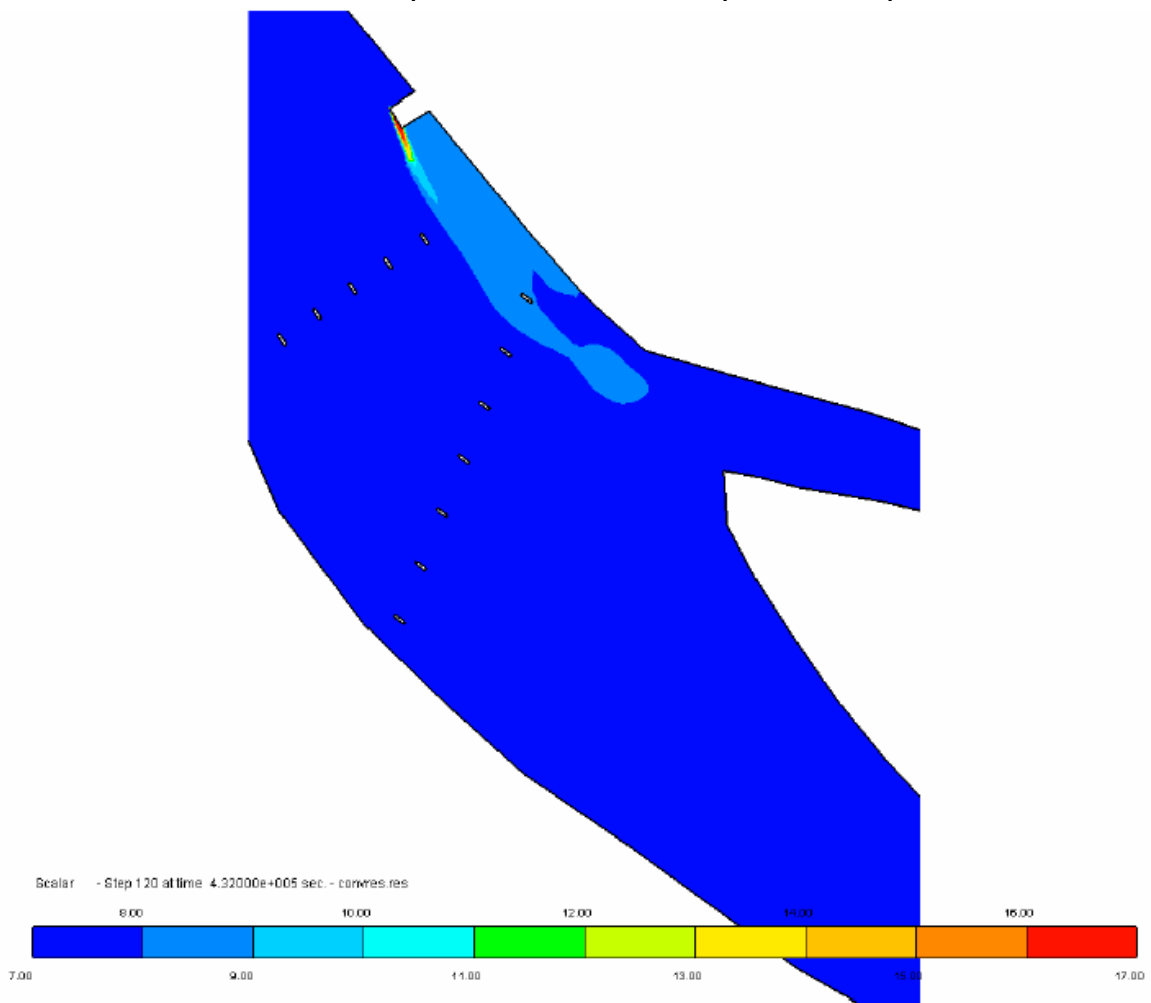


Figura 50 – Scenario 4 – Condizioni di piena: andamento del gradiente di velocità in prossimità dello scarico

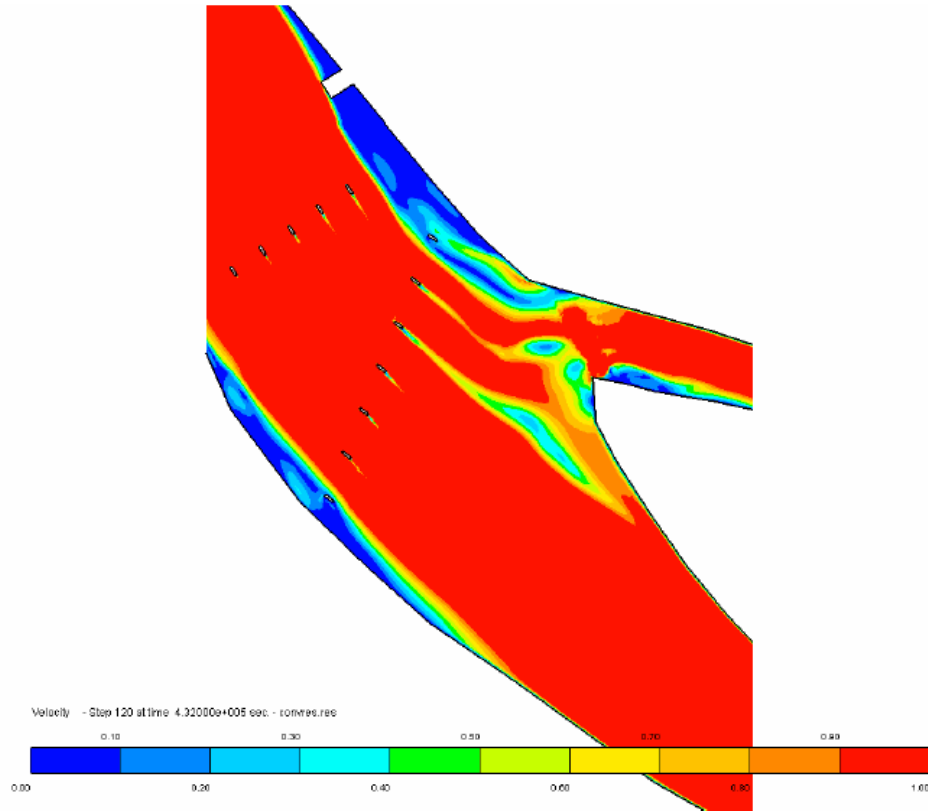
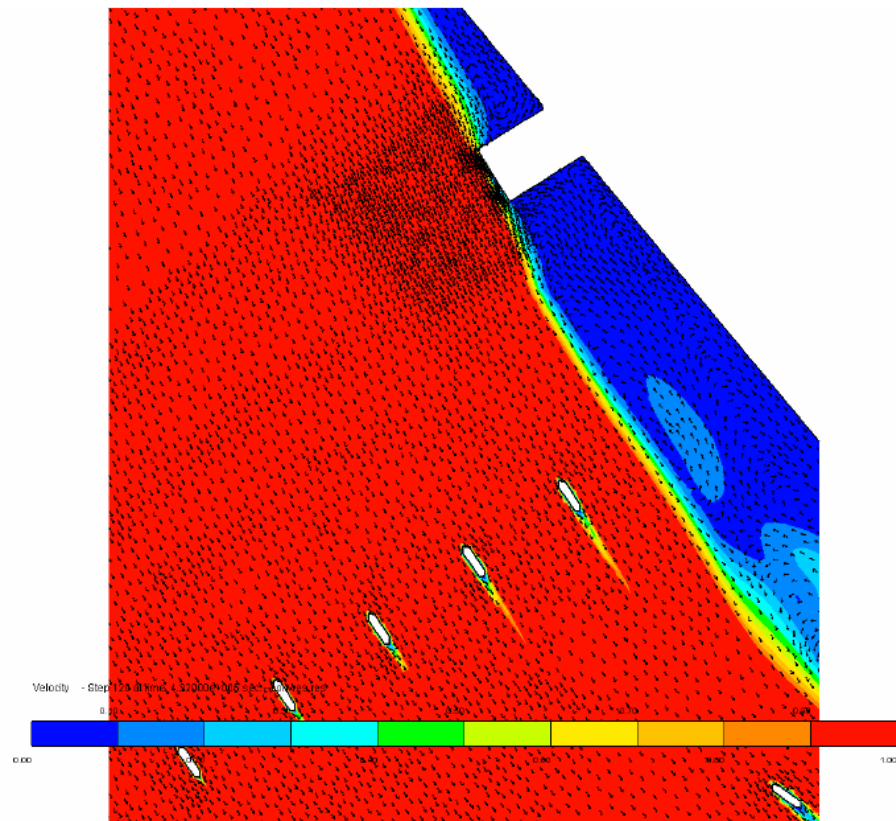


Figura 51 – Scenario 4 – Condizioni di piena: andamento del gradiente di velocità e del campo di moto in prossimità dello scarico



6.3.5 Conclusioni

In sintesi, lo studio di simulazione numerica della dispersione termica condotto nelle quattro diverse condizioni idrauliche del corpo idrico ricevente (magra ordinaria, magra estrema, morbida e piena normale), assumendo condizioni ambientali di riferimento conservative per quanto riguarda la temperatura imperturbata del Fiume Po e le condizioni meteorologiche, porta a concludere che l'incremento termico, valutato secondo i criteri previsti dalla legge nelle sezioni significative a valle dello scarico è sempre lontano dai limiti fissati e non si riscontrano situazioni potenzialmente critiche.

7 VALUTAZIONE DEI POTENZIALI IMPATTI SULLA QUALITÀ DELLE ACQUE SUPERFICIALI DOVUTI AGLI SCARICHI IDRICI

Oltre alle acque di raffreddamento, di cui si è ampiamente parlato precedentemente, la Centrale produce acque industriali, acque igienico-sanitarie e acque meteoriche inquinate (oleose). Le acque industriali, le acque oleose e le acque igienico-sanitarie, dopo essere state convogliate all'Impianto di Trattamento Acque Reflue (ITAR) vengono scaricate nel Fiume Po. Le acque meteoriche non inquinate sono inviate nella vasca finale di raccolta e poi scaricate direttamente nel Fiume Po senza la necessità di un trattamento dedicato.

Come già evidenziato, l'impianto di trattamento delle acque reflue non subirà modifiche e garantirà la stessa qualità delle acque in uscita al collettore di scarico rispetto alla situazione attuale, in conformità ai limiti normativi indicati dalla Tabella 3 dell'Allegato 5 alla Parte III del D.Lgs 152/06 per lo scarico in acque superficiali.

8 VALUTAZIONE DEL POTENZIALE IMPATTO SULLE COMPONENTI VEGETAZIONE, FLORA, FAUNA ED ECOSISTEMI DOVUTO ALLO SCARICO DELL'ACQUA DI RAFFREDDAMENTO

Il presente paragrafo valuta gli impatti sulle componenti vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi del Fiume Po ed in particolare dell'Isola Boschina dovuti allo scarico dell'acqua di raffreddamento nella nuova configurazione futura di Centrale. Il pennacchio termico, infatti, può potenzialmente causare degli effetti di disturbo sulla fauna e la vegetazione acquatica del fiume che verrà direttamente interessato dagli scarichi liquidi di Centrale e quindi anche sulla fauna e la vegetazione dell'Isola Boschina, quale ambiente di particolare pregio ed interesse naturalistico situato immediatamente a valle dello scarico.

Nel seguito si riportano:

- le caratteristiche ecologiche dell'area di studio;
- una valutazione delle interferenze ambientali degli impatti sulle componenti vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi dovuta allo scarico delle acque di raffreddamento.

La dispersione termica nel Fiume Po del pennacchio caldo costituito dalle acque di raffreddamento è stata ampiamente trattata nel capitolo 6 al quale si rimanda. Si ricorda che



sono state condotte differenti valutazioni nelle condizioni di funzionamento più sfavorevoli e quindi più cautelative possibili (condizioni di portata e livello del tratto di fiume interessato).

8.1 VEGETAZIONE, FLORA, FAUNA ED ECOSISTEMI DELL'ISOLA BOSCHINA

L'isola Boschina, istituita Riserva Naturale con LR 86/83, è situata nell'alveo del fiume Po, compresa amministrativamente nel comune di Ostiglia (MN).

La forma attuale dell'isola, dedotta dalla cartografia ufficiale, è quella di un'amigdala asimmetrica allungata in direzione NNW-SSE.

L'isola ha una superficie di circa 39 ettari e si sviluppa longitudinalmente per oltre 1500 metri con una larghezza massima di 400 metri; la distanza che la separa dalla sponda sinistra è compresa tra i 60 e i 100 m, mentre per la sponda destra varia tra i 250 e i 300 m.

Nel 1980 l'Isola Boschina è stata dichiarata biotopo ai sensi della LR 27 luglio 1977 n. 33. Con il provvedimento della Giunta Regionale, successivamente confermato dal Consiglio con Deliberazione n. 471 del 3 dicembre 1981, entravano in vigore divieti e limiti alle attività antropiche tali da consentire il mantenimento della situazione in atto, in attesa che fossero state assunte le opportune determinazioni in ordine alla gestione attiva dell'ambiente tutelato. Queste sono state rese possibili dall'emanazione della LR 30 novembre 1983, n. 86, istitutiva delle aree protette, che ha dichiarato il biotopo "Isola Boschina" "Riserva Naturale Regionale". Con successiva Deliberazione del Consiglio Regionale del 6 marzo 1985, n. 3/1966, è stato stabilito il regime definitivo della Riserva. In particolare, la stessa è classificata "Parziale di interesse forestale", è stata affidata in gestione dell'Azienda Regionale delle Foreste, è tutelata con specifici divieti e limiti alle attività antropiche, in relazione alle finalità istitutive.

L'Isola Boschina è stata proposta quale Sito di Importanza Comunitario per la formazione della rete ecologica europea Natura 2000 (Decreto del Ministero dell'Ambientale 3 aprile 2000 "Elenco dei siti di importanza comunitarie e delle zone di protezione speciale individuate ai sensi delle Direttive 94/43/CEE e 79/409/CEE).

Sull'isola sono inoltre presenti dei fabbricati sottoposti a vincolo architettonico.

8.1.1 La vegetazione e la flora

Gli habitat di interesse comunitario individuati sull'isola sono: la "Foresta mista di quercia, olmo e frassino" (codice 91F0), le "Gallerie di salice bianco e pioppo bianco" (codice 92.A0) e le "Foreste alluvionali residuali di ontano".

Il primo habitat rappresenta la tipologia forestale che originariamente ricopriva la pianura padana: insieme ai componenti principali *Quercus robur*, *Fraxinus angustifolia* e *Ulmus minor* lo strato arboreo è costituito dal pioppo bianco e nero (*Populus alba*, *Populus nigra*), dall'acero campestre (*Acer campestre*) e dalla robinia (*Robinia pseudoacacia*) ormai naturalizzata in tutte le formazioni planiziali. Lo strato arbustivo è invece formato da sambuco (*Sambucus nigra*), sanguinello (*Cornus sanguinea*) e ligustro (*Ligustrum vulgare*) a cui si aggiungono i biancospini (*Craetugus monogyna* e *C. mollis*) ed il mirabolano (*Prunus cerasifera*), che insieme al gelso (*Morus alba* e *Morus nigra*) rappresentano le testimonianze di antiche coltivazioni oggi dismesse. Numerosi anche i rampicanti: oltre alla sempreverde edera (*Hedera helix*) è frequente anche la lianosa vitalba (*Clematis vitalba*), il profumato caprifoglio (*Lonicera caprifolium*) ed il luppolo (*Humulus lupulus*) ospitato ai margini delle radure. Nel sottobosco fioriscono alla fine dell'inverno la viola mammola (*Viola odorata*) e la viola bianca (*Viola arvensis*), a cui si



susseguono la parietaria (*Parietaria officinalis*), il ranuncolo (*Ranunculus repens*) e l'attaccaveste (*Galium aparine*).

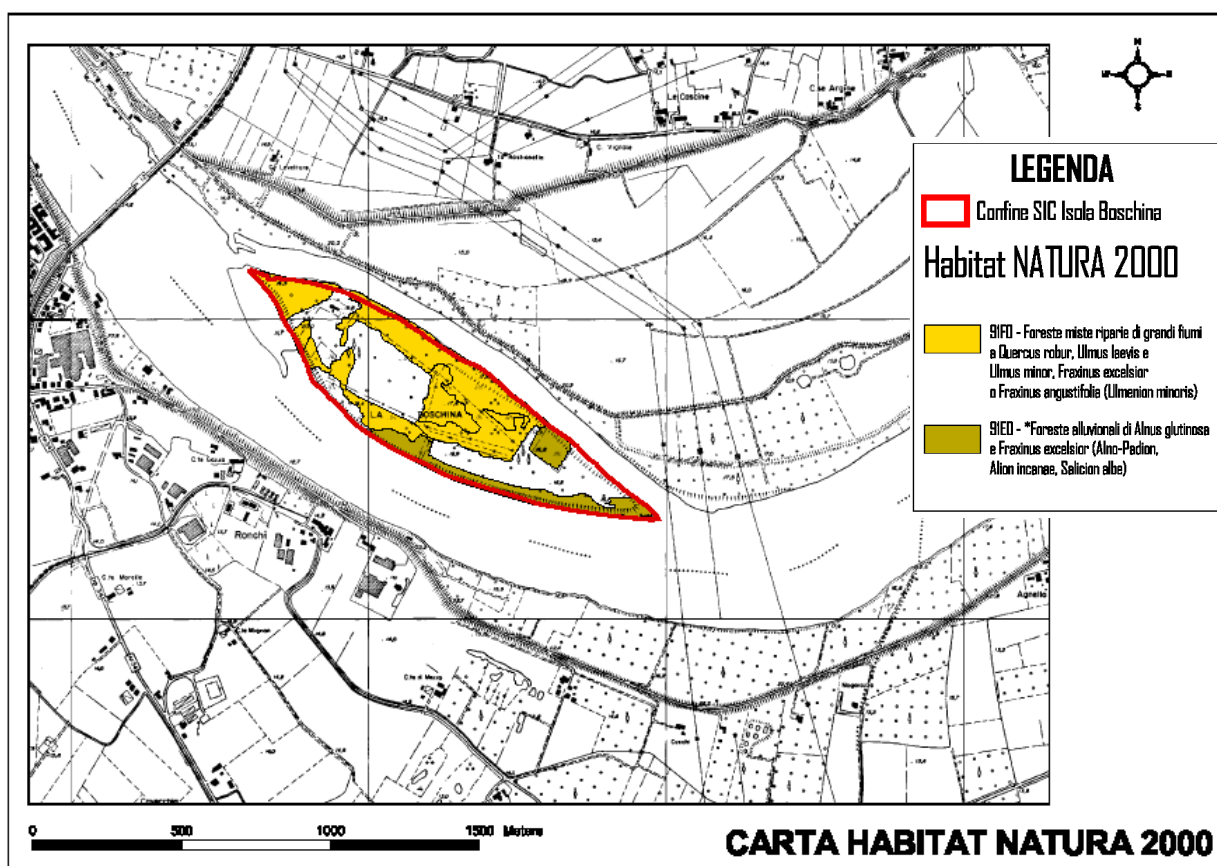
Il secondo habitat è costituito dalla formazione forestale che caratterizza una stretta fascia lungo il margine dell'isola dove le specie principali sono il salice bianco (*Salix alba*) ed il pioppo bianco (*Populus alba*).

L'ultimo habitat è presente sull'isola in forma frammentaria e su una superficie molto ridotta.

Sull'isola Boschina sono segnalati tre monumenti naturali, ossia alberi di particolare pregio estetico, culturale e biogenetico: oltre a due pioppi bianchi di notevole dimensione è conservato nei pressi della villa un esemplare di *Populus deltoides*, considerato uno dei primi individui di pioppo nordamericano introdotti in Italia ai primordi della pioppicoltura.

Nella seguente figura si riporta la Carta degli habitat secondo la rete ecologica Natura 2000.

Figura 52 – Carta degli habitat dell'Isola Boschina, secondo la rete ecologica Natura 2000



8.1.2 La fauna

L'isola Boschina, anche in considerazione della povertà relativa di habitat naturali nei dintorni, ospita una fauna variegata che trova rifugio ed alimentazione nella complessità dell'ecosistema forestale.



Pochi sono i mammiferi e i rettili, mentre numerose sono le specie di uccelli presenti grazie alla struttura pluristratificata del bosco e la diffusione di piante vecchie, seccaginoso e tronchi morti.

Tra i mammiferi i più diffusi sono il riccio (*Erinaceus europaeus*), la donnola (*Mustela nivalis*) e la faina (*Martes foina*), mentre tra i rettili si evidenzia la presenza del biacco (*Coluber viridiflavus*) e del ramarro (*Lucerta viridis*).

Per quanto riguarda gli uccelli, ai fini dello scopo della presente analisi, si distingue in particolare tra quelli presenti nel bosco e quelli che frequentano invece l'ambiente acquatico nutrendosi di pesci, rane, girini, larve di libellula ed altri insetti acquatici. Infatti, mentre i primi non risentono degli eventuali impatti (diretti e/o indiretti) dovuti alla dispersione termica del pennacchio degli scarichi liquidi di Centrale, i secondi potrebbero essere influenzati da impatti indiretti in relazione all'eventuale modifica dell'habitat acquatico e quindi alla diversa disponibilità di pesci per il proprio nutrimento.

Nel fitto del bosco volano, si riconoscono dal canto, numerose specie di uccelletti silvani: dal comunissimo merlo (*Turdus merula*) alla capinera (*Sylvia atricapilla*), dal lù piccolo (*Phylloscopus collybita*) alle numerose cince (Cinciallegra - *Parus major*, Cinciarella - *Parus caeruleus*, Cincia bigia - *Parus palustris*). Tra gli uccelli si ricordano anche i picchi: il picchio rosso maggiore (*Dendrocopos maior*) il cui tambureggiare sui tronchi dei vetusti pioppi accompagna il visitatore anche meno attento ed il picchio verde (*Picus viridis*) dall'inconfondibile verso che ricorda una squillante risata. Il bosco dell'isola risulta un importante luogo di sosta per tali uccelli migratori durante i periodi di passo, grazie alla fitta vegetazione presente. Inoltre si evidenzia che questi uccelli nidificano sugli alberi e si nutrono di insetti ed anche di semi.

Presso l'ambiente acquatico, invece, da marzo a settembre, ovvero durante il periodo riproduttivo, non è difficile scorgere la nera sagoma di un bel rapace diurno, l'esigente nibbio bruno (*Milvus migrans*) che ha scelto proprio l'Isola Boschina quale sito di nidificazione (unico sito di nidificazione nel Mantovano oltre a Bosco Fontana). Non hanno mostrato una tale preferenza gli ardeidi, che tuttavia frequentano le aree limitrofe la riserva ed in particolare i sabbioni nei pressi del guado e nel ramo mezzano. Non è raro osservare la nitticora (*Nycticorax nycticorax*), l'airone cenerino (*Ardea cinerea*) o la garzetta (*Egretta garzetta*).

Durante l'inverno sono presenti solo l'albanella reale (*Circus cyaneus*), comunemente riscontrata, e raramente l'airone bianco maggiore (*Casmerodius albus*).

Si deve ad ogni modo sottolineare che tutti gli uccelli che frequentano l'ambiente acquatico presentano una popolazione di bassa densità con buona conservazione e non isolata all'interno di una vasta fascia di distribuzione e quindi con indice basso di fragilità.

Sulla base delle ricerche bibliografiche condotte non è presente una mappatura dei siti di nidificazione/svernamento degli uccelli.

8.2 VALUTAZIONI DELLE INTERFERENZE AMBIENTALI

Si evidenzia che l'Isola Boschina risulta scollegata dalla sponda sinistra del Fiume Po solo in condizioni di piena. Infatti, nelle condizioni di morbida e di magra, la sponda sinistra del Po e l'estremità settentrionale dell'Isola Boschina sono collegate da una emergenza in materiale sciolto che diventa, di fatto, uno sbarramento al deflusso della corrente. Tale emergenza risulta invece completamente sommersa dalla corrente nelle condizioni di piena.



Le simulazioni numeriche condotte (si veda il Capitolo 6) hanno mostrato, in ogni scenario considerato, il rispetto dei limiti stabiliti dalla legislazione vigente in materia di scarichi termici. Secondo lo Studio di Impatto Ambientale, la situazione futura di progetto evidenzia un minore impatto termico nel corpo idrico ricevente traducendosi, nello specifico, in una riduzione media del 13% degli incrementi termici (con riferimento alle varie sezioni di controllo sul tratto di fiume simulato ed alla totalità degli scenari esaminati).

Con particolare riferimento all'Isola Boschina le simulazioni numeriche mostrano che:

- nelle condizioni di magra e di morbida il pennacchio termico passa tutto a destra dell'Isola Boschina a causa dello sbarramento creato dalla emergenza del fondale precedentemente descritta;
- nelle condizioni di piena è consentito il transito della corrente nel ramo di Po posto a sinistra dell'Isola Boschina, tuttavia confrontando il pennacchio caldo delle condizioni di piena con quelli di magra e di morbida, a parità di condizioni di scarico, è evidente la minore estensione delle isoterme più calde. Ciò è attribuibile sia al maggior mescolamento che subisce il pennacchio nel tratto iniziale d'immissione nella considerevole portata di piena del corpo idrico ricevente, sia al fatto che nelle condizioni di piena l'opera di scarico è sommersa ed il rilascio avviene perciò ad una quota inferiore del pelo libero dell'acqua.

Stante le valutazioni sopra riportate che mostrano interferenze ambientali trascurabili indotte, nella situazione futura di progetto, dalla dispersione termica degli effluenti liquidi di Centrale sull'ambiente idrico del Fiume Po, sono nel seguito evidenziate alcune osservazioni in relazione all'impatto termico con particolare riferimento all'Isola Boschina.

Dal punto di vista teorico, il pennacchio termico delle acque calde di Centrale scaricate nel Po potrebbe comportare i seguenti potenziali effetti sulle componenti vegetazionali e faunistiche dell'ambiente idrico dell'Isola Boschina:

- impatto diretto dovuto all'incremento termico delle acque e quindi modifica dell'habitat acquatico dell'Isola Boschina;
- impatti diretti e/o indiretti sull'avifauna dell'isola.

Il primo tipo di impatto risulta essere il più significativo poiché la variazione della temperatura dell'acqua può causare una modifica delle specie acquatiche, sia vegetali che faunistiche, ed in particolare una diminuzione delle aree di rifugio per le specie che richiedono, ad esempio, basse temperature e che sono dotate di movimenti autonomi (necton). Infatti, ogni specie animale o vegetale è in grado di occupare un certo ambiente solamente se le condizioni di alimentazione, di riproduzione e di rifugio sono sufficienti per svolgere in parte, o completamente, il proprio ciclo vitale. Mutando le condizioni originarie possono quindi mutare le specie acquatiche che caratterizzano un determinato habitat.

Il secondo tipo di impatto è costituito dagli effetti che la modifica dell'habitat acquatico può comportare sull'avifauna locale. Come analizzato precedentemente non sono presenti specie di uccelli che nidificano in acqua e quindi non sono da riscontrarsi impatti diretti sull'avifauna locale. Possono invece riscontrarsi impatti indiretti su quelle specie di uccelli che



si nutrono di pesci e di altri organismi acquatici poiché questi ultimi a loro volta potrebbero subire una variazione della propria popolazione, come già evidenziato, e quindi creare delle condizioni di scarsa alimentazione per gli uccelli.

Come già precedentemente segnalato, tutti gli uccelli che frequentano l'ambiente acquatico e quindi si nutrono di specie acquatiche presentano una popolazione di bassa densità con buona conservazione e non isolata all'interno di una vasta fascia di distribuzione e quindi con indice basso di fragilità. Tali aspetti sono di grande importanza poiché anche nell'ipotesi in cui si registrassero significative variazioni dell'habitat acquatico (evento non prevedibile secondo le simulazioni condotte nelle condizioni più sfavorevoli), indotte dagli scarichi termici di Centrale, non si riscontrerebbero altrettanto significativi effetti negativi sulla popolazione dell'avifauna in questione.

Al di là delle considerazioni riportate sulla dispersione termica degli scarichi liquidi prevista dal nuovo progetto e sulla tipologia degli impatti sopra evidenziati per l'Isola Boschina, si deve sottolineare quanto segue. E' comunque indubbio che poiché la Centrale risulta esistente sin dagli anni '70 e che quindi le normali ed attuali condizioni di vita del fiume sono il risultato della "convivenza" che, negli ultimi decenni, si è andata solidificando tra la realtà industriale della Centrale (con i prelievi e gli scarichi idrici) e la realtà naturale degli habitat acquatici attualmente esistenti. Nel corso degli anni, infatti, tali habitat acquatici, hanno evidentemente trovato il loro adattamento naturale, attraverso un processo di evoluzione sviluppatosi nel corso degli ultimi anni (se evoluzione si può chiamare dal momento che si protrae da poco meno di 40 anni). Tali condizioni non saranno modificate con il progetto futuro, poiché rimarranno gli incrementi termici dovuti agli scarichi di Centrale sebbene di entità minore rispetto all'assetto attuale.

