

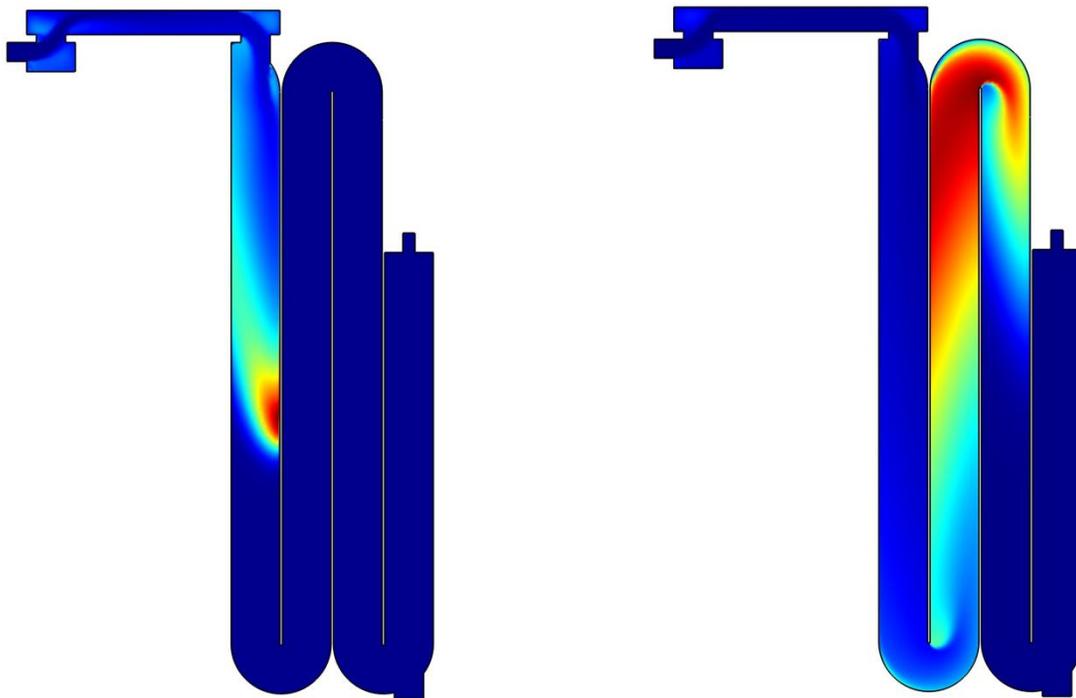


UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI “FEDERICO II”

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA IDRAULICA, GEOTECNICA ED AMBIENTALE

ELABORATO DI TESI IN IDRAULICA AMBIENTALE



Simulazione numerica del campo di moto e di concentrazione della vasca di disinfezione dell'impianto di depurazione dell'Area Nolana

Relatore
Prof. Ing.
CARLO GUALTIERI

Candidato
FELICE SALZANO
matricola 324/198

Anno Accademico 2009 – 2010



Il presente lavoro di Tesi è indirizzato verso la simulazione numerica del campo di moto e del campo di concentrazione della vasca di contatto utilizzata per la fase di disinfezione delle acque reflue civili trattate dall'impianto di depurazione dell'Area Nolana.

Lo scopo dello studio è stato quello di valutare l'efficienza idrodinamica della vasca nella sua configurazione reale e successivamente di proporre delle soluzioni migliorative del reattore stesso.

L'importanza di uno studio sulla circolazione in una vasca di contatto risiede nel fatto che l'efficacia stessa del processo di disinfezione, che prende luogo al suo interno, è strettamente correlata alle caratteristiche idrauliche della vasca, che devono quindi essere studiate in dettaglio, al fine di avvicinare le condizioni ideali di flusso a pistone, riducendo così la formazione delle zone morte e delle zone di ricircolo. Uno studio di questo tipo può essere sviluppato sia mediante un approccio tradizionale, basato sugli studi sperimentali con traccianti, sia tramite l'utilizzo di modelli matematici, che negli ultimi anni sono divenuti il principale strumento per la progettazione e/o la riqualificazione delle vasche di contatto.

Il lavoro è articolato in cinque capitoli.

Il primo capitolo presenta prima le modalità di operazione della fase di disinfezione delle acque reflue civili, poi descrive i processi di trasporto delle sostanze eventualmente contenute nelle acque, come l'advezione e la diffusione turbolenta, illustrando anche le principali equazioni che saranno da noi impiegate per il nostro scopo.

Il secondo capitolo presenta lo stato dell'arte relativo sia agli studi sulla cinetica di decadimento del cloro nelle vasche di contatto, sia all'applicazione dei metodi CFD (*Computational Fluid Dynamics*) per modellare e controllare le condizioni idrodinamiche che si creano nelle vasche. E' da sottolineare che la documentazione bibliografica in materia appare piuttosto limitata, soprattutto per ciò che concerne l'utilizzo di modelli numerici; in ogni caso i precedenti lavori sperimentali mettono in evidenza che i principali parametri fisici utilizzati per valutare le caratteristiche idrodinamiche delle vasche sono gli "indici di efficienza idraulica", come l'indice di corto circuito I_{sc} (T_{16}/T_{50}), il più noto indice di Morrill (T_{90}/T_{10}) e il fattore di dispersione σ .

Nel terzo capitolo, dopo un'esauriente descrizione dell'impianto di trattamento in analisi e della vasca di disinfezione studiata, sono presentati i dati ottenuti da alcune indagini di campo, relative al campo di moto della vasca, i parametri di settaggio e le metodologie per il post-processing dei

risultati delle simulazioni eseguite. In particolare, la vasca viene attualmente utilizzata secondo due schemi di funzionamento, denominati A e B, illustrati in Figura 1. Per lo schema A, è stato possibile, attraverso un'indagine visuale del campo di moto, determinare, seppure in maniera approssimativa, alcuni valori delle velocità all'imbocco del penultimo canale e le dimensioni delle principali zone di ricircolo che si formano nel reattore. Solo per questo schema, dunque, è stato possibile un confronto tra i dati di campo e quelli ottenuti dal software (Comsol Multiphysics 3.5a).

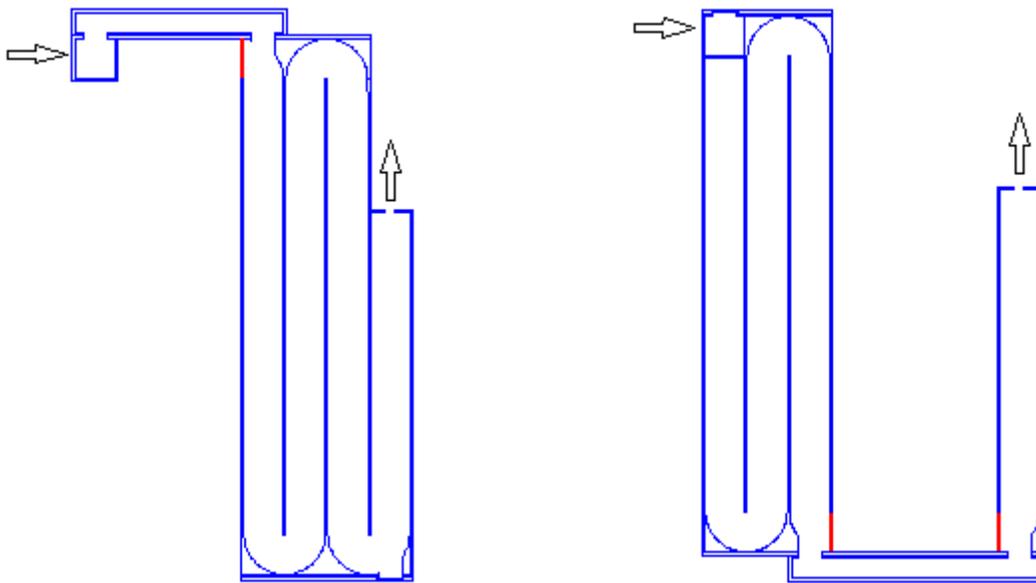


Figura 1. Schemi operativi reali A e B.

Il quarto capitolo presenta i risultati dello studio numerico. In primo luogo, è stato osservato un accettabile accordo fra le dimensioni delle zone di ricircolo a tergo dei setti e le velocità all'imbocco del penultimo canale, ricavati dall'indagine visuale, ed i rispettivi risultati numerici. In secondo luogo, il confronto tra lo schema A e lo schema B (a cui si riferiscono le immagini di Figura 2 e 3) ha mostrato che il primo è caratterizzato da una minore presenza, in percentuale sulla superficie della vasca, di zone di ricircolo e zone morte, come anche confermato dal più basso valore dell'Indice di Morrill, pari a 1.454 contro 1.506 dello schema B. Va ricordato che l'Indice di Morrill, ricavato a partire dai valori nel tempo della concentrazione nella sezione finale della vasca a seguito di un rilascio impulsivo di un soluto conservativo, nel caso ideale di flusso a pistone è pari ad 1, che è, quindi, il valore che si cerca di avere in una vasca di contatto.

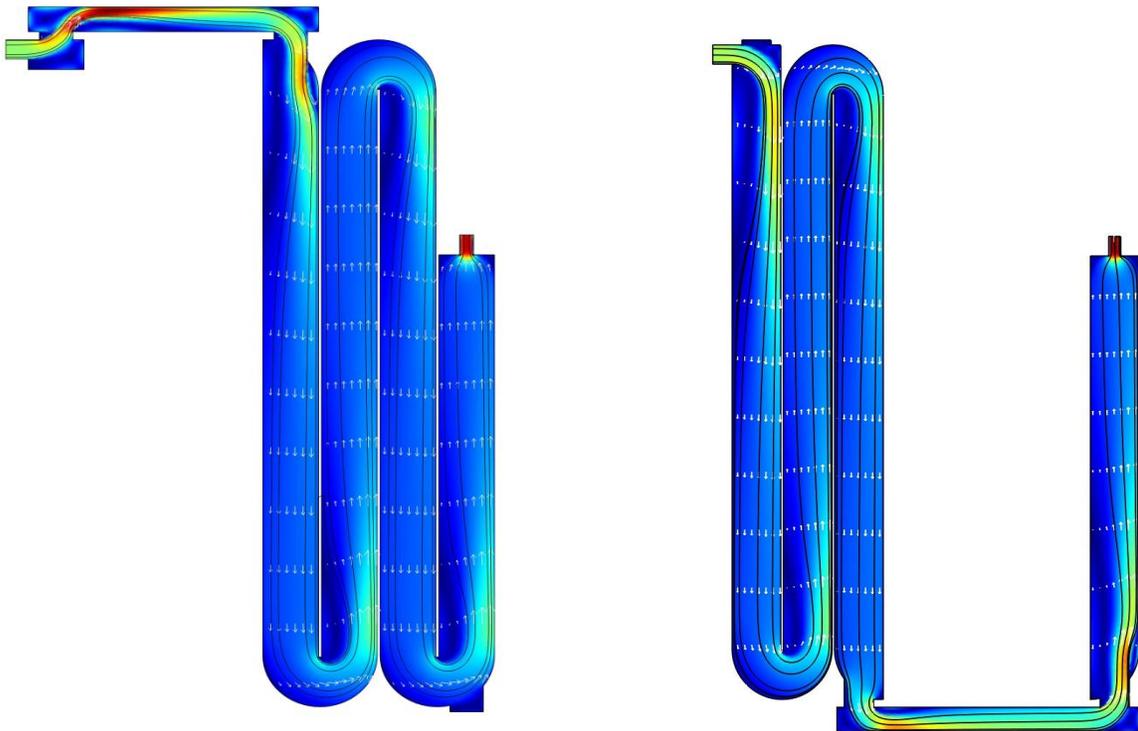


Figura 2. Campo di moto dello schema A e dello schema B.

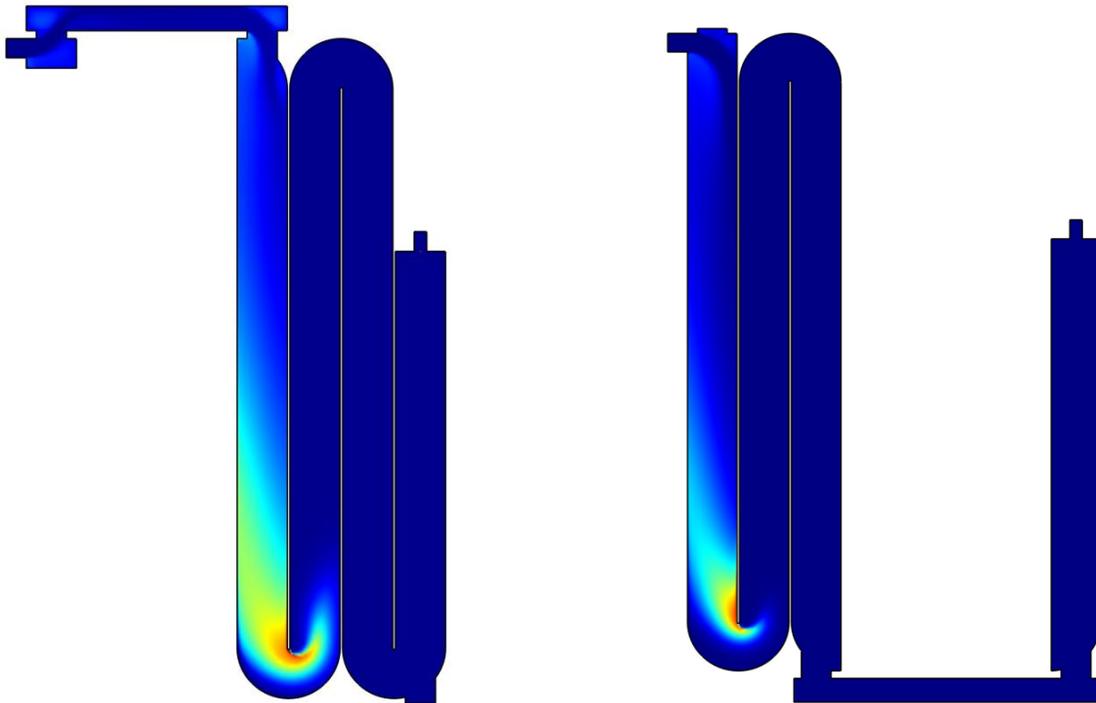


Figura 3. Campo di concentrazione dello schema A ($t=700$ s) e dello schema B ($t=500$ s).



Pertanto, si è pensato di introdurre alcune modifiche nello schema A, rivelatosi il più efficace, allo scopo di migliorarne ulteriormente le prestazioni. Sono stati, quindi, studiati il campo di moto e di concentrazione, di 3 ulteriori schemi, denominati C, D ed E, riportati in Figura 4.

Lo schema C prevede una semplice modifica alla geometria del sistema, cambiando in particolar modo l'ingresso nella vasca (non nel pozzetto iniziale ma in asse al canale di by-pass), in quanto il canale di by-pass iniziale è risultato essere il principale elemento di disturbo alla corrente fluida.

Lo schema D ha considerato l'applicazione aggiuntiva di una parete forata, ovvero di una griglia (0.10*0.10 m con interasse 0.30 m) all'ingresso di ogni canale principale, in quanto studi precedenti mostravano come questa fosse un'efficace soluzione al fine di ridurre la formazione delle classiche zone di separazione a tergo dei setti.

Lo schema E, invece, è stato ottenuto con un'altra modifica alla geometria dello schema originario, mediante la realizzazione di una parete forata (0.25*0.25 m con interasse 0.25 m) all'interno dei setti divisorii tra un canale e l'altro, per una lunghezza complessiva di 5.0 m. Anche in tal caso, l'idea è quella di investire con una parte del flusso l'area che sarebbe invece, in assenza della parete forata, occupata dalle zone di ricircolo.

Per i nuovi schemi ideati, abbiamo eseguito con gli stessi settaggi altre simulazioni sul campo di moto (Figura 5) ed il campo di concentrazione (da cui è possibile ottenere l'andamento temporale della concentrazione nella sezione finale di Figura 6), mettendo poi a confronto i risultati con quelli ottenuti per lo schema A. Delle tre soluzioni previste, però, solamente l'ultima è risultata essere la più efficace per la riduzione delle zone di ricircolo (di quasi il 30 %) e dell'indice di Morrill, migliorando così l'efficienza idrodinamica rispetto alla configurazione iniziale, come si nota dai parametri riassunti dalla Tabella 1. Eventuali studi futuri, mediante diverse simulazioni ottenute modificando le dimensioni e le caratteristiche della parete forata, potrebbero ancora ulteriormente raffinare i buoni risultati raggiunti con l'ultima soluzione.

Infine, l'ultimo capitolo riassume tutto il lavoro svolto, sottolineando che lo scopo ultimo della simulazione numerica sulle condizioni con le quali i flussi idrici si muovono in vasca e di come si propagano i soluti disciolti in acqua, resta di estrema importanza in ottica del miglioramento della fase stessa di disinfezione che avviene nelle vasche di contatto, e che rimane dipendente proprio dalla geometria e dalla idrodinamica del sistema.

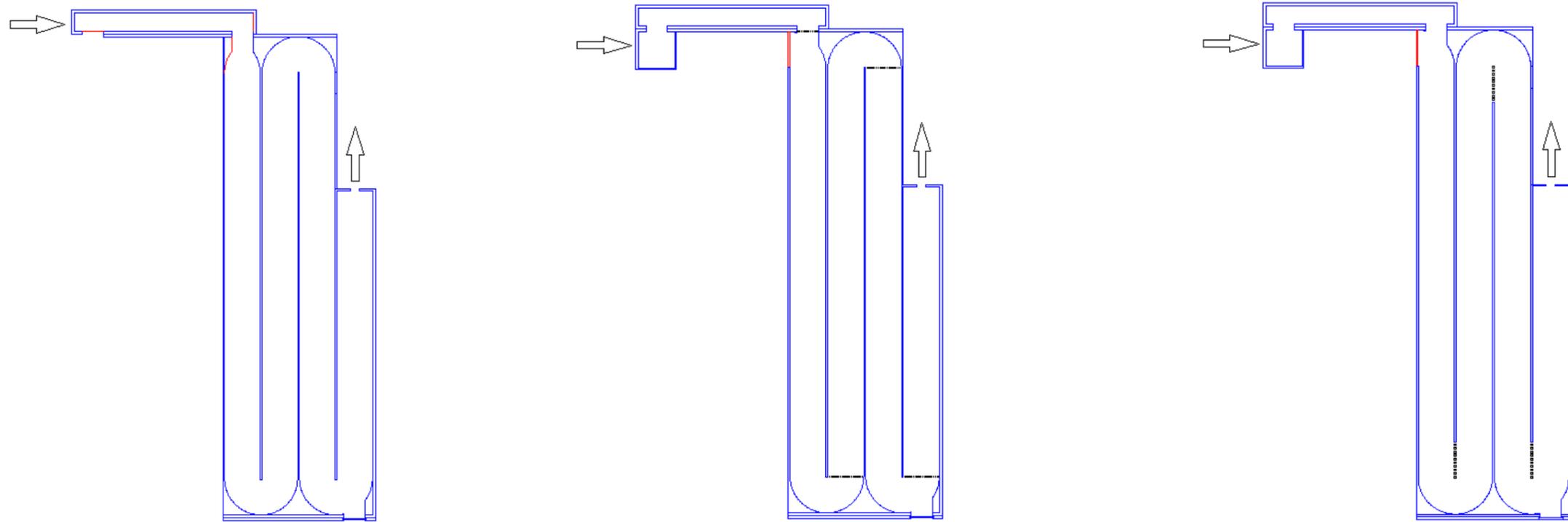


Figura 4. Schemi operativi proposti C, D ed E.

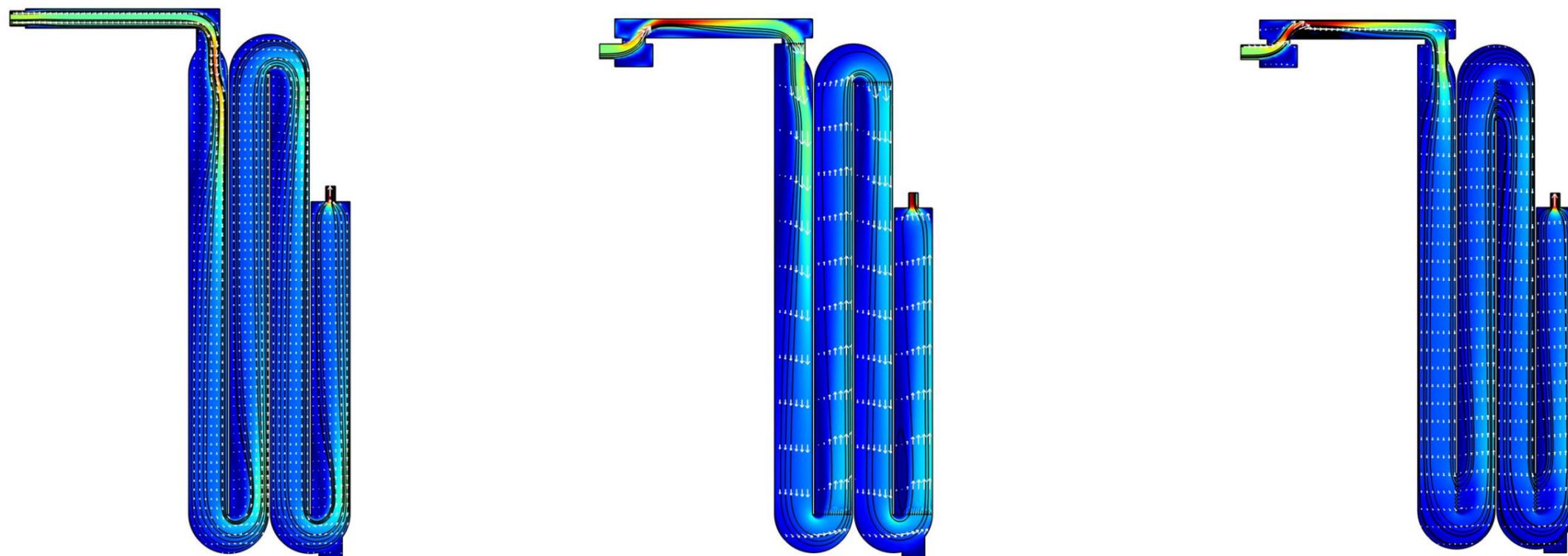


Figura 5. Campo di moto degli schemi C, D ed E.

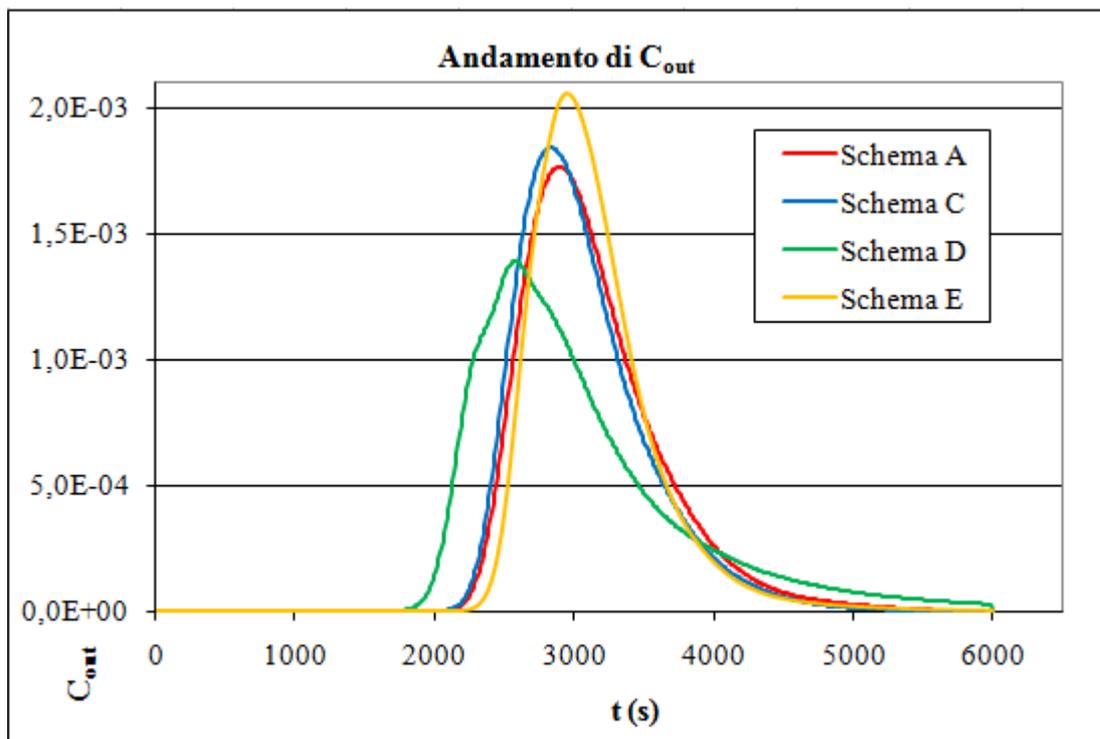


Figura 6. Andamento di C_{out} per i tre schemi proposti a confronto con quella dello schema A.

	SCHEMA A	SCHEMA B	SCHEMA C	SCHEMA D	SCHEMA E
% zone morte	5.5	7.9	5.6	8.8	3.9
θ_{10}	0.844	0.836	0.847	0.743	0.866
θ_{50}	0.987	0.983	0.986	0.922	0.990
θ_{90}	1.227	1.259	1.218	1.314	1.191
MI (θ_{90}/θ_{10})	1.454	1.506	1.438	1.769	1.375
1/MI	0.688	0.664	0.696	0.565	0.728
I_{sc}	0.882	0.877	0.883	0.838	0.898
σ	0.148	0.163	0.144	0.229	0.125

Tabella 1. Valori dei principali parametri usati per la valutazione dell'efficienza idraulica.