

PROGETTO DEFINITIVO MARINA DI MARSALA FUTURO PIANO REGOLATORE PORTUALE



Tav.

Stato Progetto **DEFINITIVO**

Rev.

Data **Apr. 2014**

Scala

MM

Descrizione

**Studio della circolazione e del ricambio idrico
(configurazione di progetto)**

R.04

Committente

M.Y.R. Marsala Yachting Resort S.r.l.
Via Favara 452/c bis- T. +39 0923 722319

myR
Marsala Yachting Resort

Capo Progetto e Marina Designer

Ing. Massimo Ombra

Ordine degli Ing. della Provincia di Trapani n°1046

Timbro e Firma



Progettisti

Coordinamento gruppo di progettazione:

Ing. Francesco Di Noto

Progettazione Architettonica:

Arch. Stefania Bacci

Progettazione Architettonica:

Itineralab Srl - Architetti Nuzzo

Ingegneria marittima / civile e studi ambientali:

Ing. Antonio D'Arrigo

Collaborazioni

Opere marittime:

Ing. Agostino La Rosa

Analisi strutturali e geotecniche:

Ing. Nicola Rustica

Impianti idrici:

Ing. Giovanni Berbiglia

Impianti elettrici e di illuminazione:

Ing. Pietro Inferrera / Ing. Massimo Brancatelli

Aspetti ambientali:

Ing. Domenico Mangano

Studi geologici e geotecnici:

Dott. Piero Merk Ricordi

REGIONE SICILIANA



COMUNE DI MARSALA

Provincia di Trapani



**PROGETTO DEFINITIVO MARINA DI MARSALA
FUTURO PIANO REGOLATORE PORTUALE**

Committente: M.Y.R. Marsala Yachting Resort S.r.l

**STUDIO DELLA CIRCOLAZIONE E DEL RICAMBIO IDRICO –
CONFIGURAZIONE PROGETTO MARINA**

INDICE

1. GENERALITÀ	1
1.1. PREMESSA	1
2. STUDIO DEL RICAMBIO IDRICO	2
2.1. APPROCCIO METODOLOGICO.....	2
2.2. DESCRIZIONE DEI CODICI DI CALCOLO	3
2.3. ANALISI DELLE FORZANTI, VENTO E MAREA	4
2.4. ESTENSIONE DEL MODELLO E BATIMETRIA	6
2.5. PERIODO DI SIMULAZIONI E CONDIZIONI INIZIALI.....	8
2.6. CONDIZIONI AL CONTORNO	9
2.7. RISULTATI.....	9
2.7.1. CONDIZIONE DI PROGETTO.....	9
2.7.2. CONDIZIONE DI PROGETTO CON L'AUSILIO DI UN MECCANISMO DI POMPAGGIO PRIMO TENTATIVO	10
2.7.3. CONDIZIONE DI PROGETTO CON L'AUSILIO DI UN MECCANISMO DI POMPAGGIO SECONDO TENTATIVO	11
3. CONCLUSIONI.....	20

1. GENERALITÀ

1.1. PREMESSA

La presente relazione si riferisce allo studio della circolazione e del ricambio idrico nell'ambito del “*Progetto Definitivo Marina di Marsala futuro Piano Regolatore Portuale*”.

In particolare nella presente relazione vengono trattati gli aspetti collegati alla circolazione idrica all'interno dei bacini stessi, infatti, una buona circolazione, indotta dalla marea o da particolari condizioni meteomarine, favorisce il ricambio idrico delle acque, disperdendo rapidamente eventuali inquinanti presenti all'interno del porto e limitando fenomeni di riduzione dell'ossigeno disciolto e/o proliferazione algale.

2. STUDIO DEL RICAMBIO IDRICO

2.1. APPROCCIO METODOLOGICO

La qualità delle acque interne ai bacini portuali è strettamente collegata alla circolazione idrica all'interno dei bacini stessi: una buona circolazione, indotta dalla marea o da particolari condizioni meteomarine, favorisce il ricambio idrico delle acque, disperdendo rapidamente eventuali inquinanti presenti all'interno del porto e limitando fenomeni di riduzione dell'ossigeno disciolto e/o proliferazione algale.

Lo studio, finalizzato a stimare i tempi necessari al ricambio completo e parziale delle acque interne al bacino portuale, è stato effettuato utilizzando in modalità combinata il modulo idrodinamico MIKE 21 HD ed il modulo di trasporto (avvezione/dispersione) MIKE 21 TR del codice di calcolo bidimensionale MIKE 21 del DHI.

L'approccio metodologico utilizzato consiste nell'analizzare la dispersione di un ipotetico inquinante (tracciante) posto inizialmente ad una concentrazione pari al 100% nelle aree interne al porto. Si vuole precisare che nel modello di trasporto (avvezione/dispersione) è stata impostata l'inibizione della dispersione, in modo da simulare effettivamente solo il ricambio della massa d'acqua all'interno del bacino portuale.

Gli studi di circolazione sono fortemente influenzati dalla scelta di quale forzante, in grado di innescare la circolazione, introdurre nel sistema. Le forzanti che svolgono un ruolo rilevante nelle dinamiche di circolazione idrica sono essenzialmente tre:

- azione del vento;
- marea astronomica;
- moto ondoso.

Nel caso specifico si è assunto di considerare a vantaggio di sicurezza soltanto marea e vento, simulando l'andamento di un mese reale, forzando quindi il modello con dati realmente registrati. Le simulazioni sono state condotte, cautelativamente, prendendo a riferimento un mese estivo, non caratterizzato pertanto da fenomeni meteo-marini particolarmente intensi che possano favorire il ricambio delle acque.

Al fine di verificare l'influenza delle differenti condizioni idrodinamiche iniziali sulla stima dei tempi di ricambio, è stato deciso di effettuare un elevato numero di simulazioni (15), ognuna caratterizzata da condizioni iniziali differenti (giorni diversi). I risultati di tutte le simulazioni sono stati quindi processati al fine di fornire una stima unica sui tempi di ricambio totali e parziali.

2.2. DESCRIZIONE DEI CODICI DI CALCOLO

I moduli MIKE 21 HD e HD FM simulano i livelli idrici ed i flussi determinati dai gradienti di *radiation stress*, dal vento, dalla marea o da portate fluviali. I risultati forniti sono rappresentati dalle variazioni spazio-temporali dei livelli idrici e dei campi di velocità.

Il modulo idrodinamico (HD), cuore del codice MIKE 21, simula le variazioni di livello e corrente in risposta alle differenti tipologie di forzanti considerate. MIKE 21 HD FM può essere utilizzato da solo o insieme ad altri moduli che, pur finalizzati alla simulazione di altri fenomeni (es. trasporto di sedimenti) richiedono la risoluzione contestuale degli aspetti idrodinamici.

In particolare, il modulo HD di MIKE 21 permette di tenere in considerazione i seguenti aspetti:

- *flooding and drying*;
- gradienti di densità;
- attrito al fondo;
- forza di *Coriolis*;
- effetto del vento;
- gradienti di pressione;
- coperture di ghiaccio;
- effetto delle maree;
- precipitazioni/evaporazione;
- moto ondoso (attraverso i *radiation stress*);
- apporti puntuali (pozzi e sorgenti).

Il modulo idrodinamico, utilizzato assieme al modulo di trasporto TR, è utilizzato per simulare la dispersione di sostanze disciolte o in sospensione.

Il modulo MIKE 21 TR simula il processo di dispersione a cui è soggetta una sostanza in acqua, sia essa disciolta o in sospensione. La sostanza può essere di vario tipo, conservativo o non conservativo, inorganica od organica (ad esempio sale, calore, coliformi o composti xenobiotici). Le equazioni di avvezione-dispersione sono risolte utilizzando accurati schemi alle differenze finite che assicurano la conservazione della massa. E' possibile includere gli effetti della densità di corrente attivando l'opzione di feedback tra modulo TR e modulo idrodinamico, attraverso la quale i gradienti di densità diventano una forzante del modulo idrodinamico HD. Il modulo TR, infatti, è accoppiato dinamicamente con il modulo HD.

Applicazioni tipiche che prevedono l'utilizzo del modulo TR sono studi di ricircolazione di acqua calda o fredda, simulazioni di traccianti e semplici studi di qualità delle acque.

Il sistema modellistico del modulo TR, legato dinamicamente al modulo idrodinamico HD, è basato sulla soluzione numerica delle equazioni di *Navier-Stokes* valide per fluidi incomprimibili e soggette all'assunzione di *Boussinesq* e alla pressione idrostatica. L'equazione di continuità utilizzata per il calcolo del trasporto di una grandezza scalare è riportata di seguito:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} + \frac{\partial wC}{\partial z} = F_c + \frac{\partial}{\partial z} \left(D_v \frac{\partial C}{\partial z} \right) - k_p C + C_s S \quad [2.1]$$

Il termine di diffusività orizzontale è dato da:

$$F_c = \left[\frac{\partial}{\partial x} \left(D_h \frac{\partial}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_h \frac{\partial}{\partial y} \right) \right] C \quad [2.2]$$

Per le simulazioni 2D, l'equazione di continuità è mediata sulla profondità ed è definita in maniera seguente:

$$\frac{\partial h\bar{C}}{\partial t} + \frac{\partial h\bar{u}\bar{C}}{\partial x} + \frac{\partial h\bar{v}\bar{C}}{\partial y} = hF_c - hk_p\bar{C} + hC_s S \quad [2.3]$$

La soluzione delle equazioni del trasporto è strettamente legata alla soluzione delle condizioni idrodinamiche. La discretizzazione spaziale è effettuata utilizzando metodo ai volumi finiti con valori centrati sul singolo elemento. Il dominio spaziale è discretizzato tramite la suddivisione del continuo in elementi/celle non sovrapposte.

Il dominio di calcolo è discretizzato nelle dimensioni orizzontali attraverso una maglia non strutturata costituita da triangoli. Nel modello 2D gli elementi possono essere triangolari o quadrilateri. L'integrazione temporale è effettuata utilizzando uno schema esplicito.

I dati di input al modello sono relativi ai componenti da simulare, in particolare è necessario specificare: il tipo di componente, la formulazione scelta per il calcolo dei coefficienti di dispersione, la legge di decadimento, le condizioni iniziali e le condizioni al contorno (in termini di concentrazione del componente).

L'output del modello è rappresentato dalla distribuzione nel tempo della concentrazione dei componenti simulati.

2.3. ANALISI DELLE FORZANTI, VENTO E MAREA

I dati anemometrici utilizzati per lo studio sono relativi al mareografo situato al largo di Porto Empedocle funzionante dal Gennaio 1973 al Febbraio 2012.



Figura 1 – Localizzazione mareografo di Porto Empedocle (Long. 13°31'37"E – Lat. 37°17'11"N)

I dati di marea sono stati ottenuti estraendo le oscillazioni di livello contenute nel database CM-93/3 della società norvegese C-MAP, esportabili tramite il modulo MIKE C-MAP del DHI.

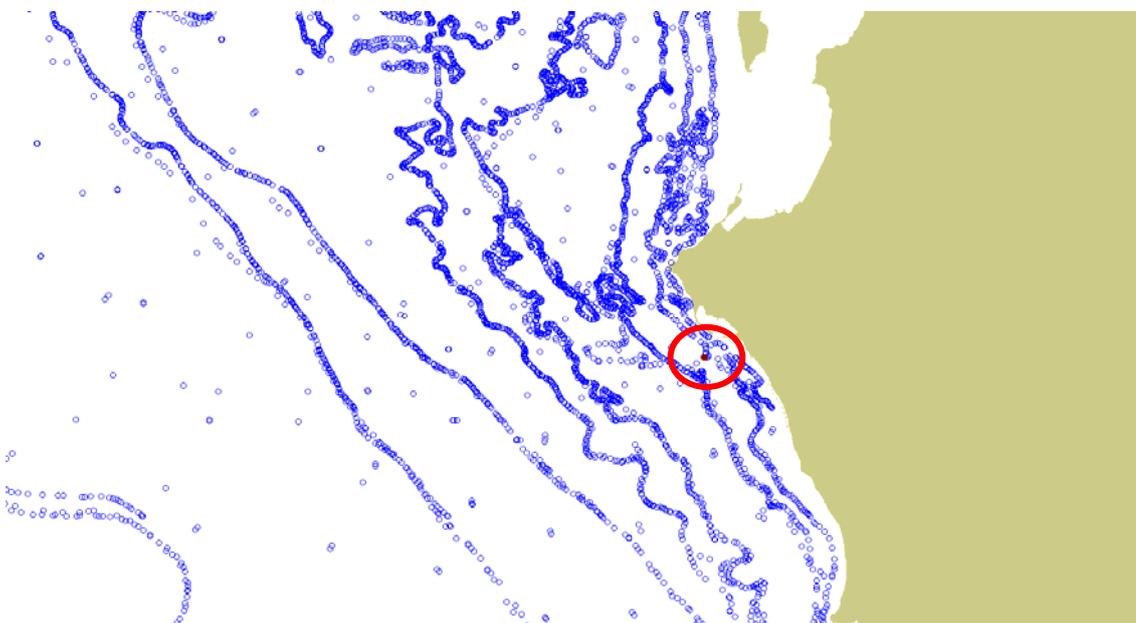


Figura 2 – Localizzazione punto C-Map Marsala (Long. 12°43'33"E – Lat. 37°78'33"N)

Come precisato nel paragrafo 2.1, si è assunto di utilizzare quali forzanti al modello l'azione del vento ed i livelli effettivamente registrati, riferiti ad un mese rappresentativo per il tempo di ricircolo. E' stato scelto, in maniera cautelativa, il mese

di Giugno 2007, poiché non caratterizzato da fenomeni meteo-marini particolarmente intensi.

In particolare, tale periodo risulta caratterizzato da velocità media del vento pari a 3.06 m/s ed oscillazioni di livello comprese tra 5 e 29 cm. La Figura 3 illustra le oscillazioni del livello marino nel mese di riferimento.

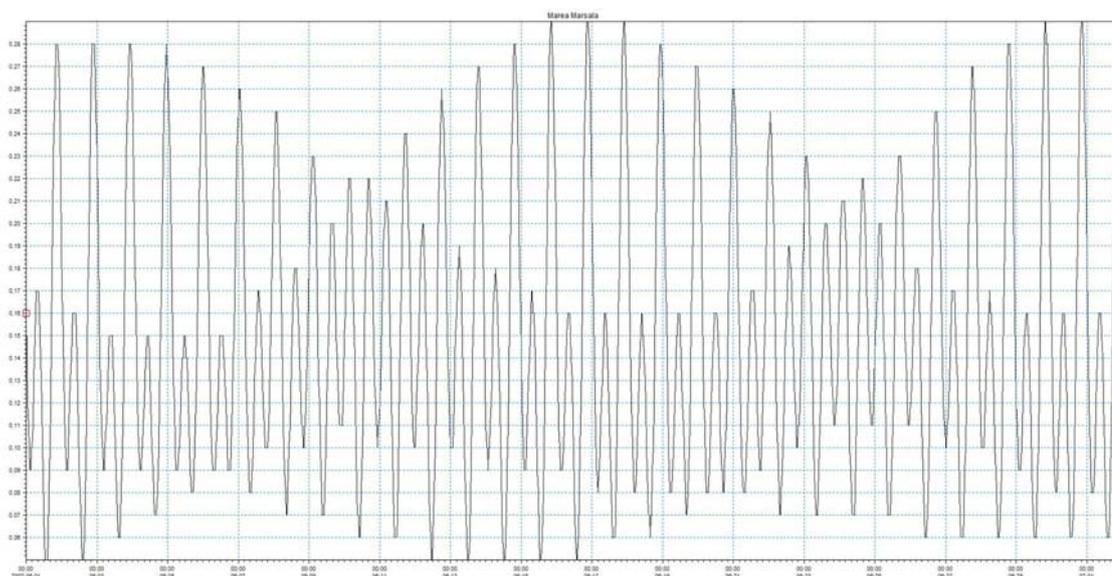


Figura 3 – Livello idrico osservato nel punto C-Map Marsala nel mese di riferimento (Giugno 2007)

2.4. ESTENSIONE DEL MODELLO E BATIMETRIA

Il modello di circolazione è stato implementato su un dominio di calcolo abbastanza esteso, comprende un tratto di litorale, a cavallo del porto di Marsala, lungo circa 3 Km, e si estende al largo per circa 2 Km fino ad una profondità di circa -12m. Il modello risulta limitato da una sola condizione al contorno aperta.

I dati batimetrici utilizzati per la realizzazione della batimetria “*mesh*” di calcolo sono stati ottenuti attraverso un’operazione di integrazione tra le quote provenienti dalle carte nautiche e le quote provenienti da un rilievo di dettaglio effettuato nel 2011 dalla M.Y.R. s.r.l.

Nella Figura 4 è riportata la batimetria adottata per il modello, mentre nella Figura 5 è riportata la mesh di calcolo del modello.

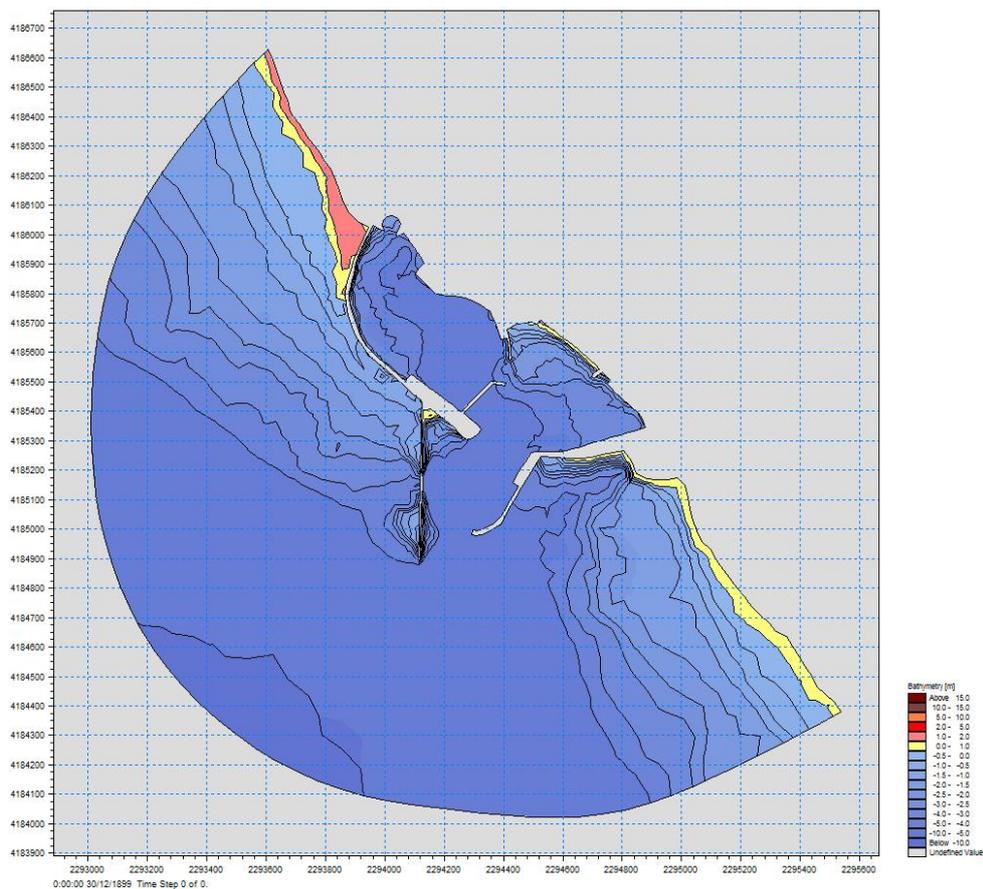


Figura 4 – Batimetria del modello

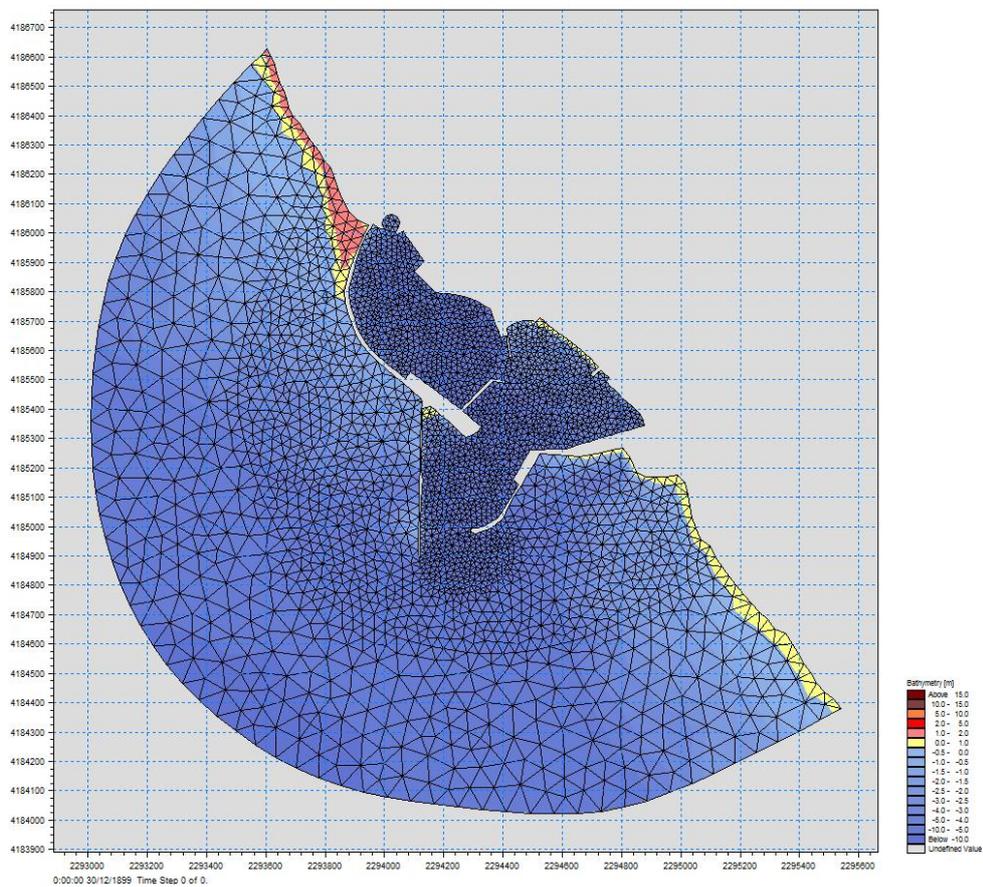


Figura 5 – Griglia di calcolo del modello

2.5. PERIODO DI SIMULAZIONI E CONDIZIONI INIZIALI

Come anticipato nel paragrafo 2.1, sono state preparate 15 simulazioni combinate idrodinamiche-trasporto (avvezione/dispersione) ognuna per la durata di 15 gg. Il mese di riferimento è Giugno 2007. Al fine di limitare al massimo l'influenza delle condizioni idrodinamiche iniziali, è stato deciso di effettuare 15 simulazioni differenti, aventi come start time ognuna un giorno diverso (Figura 6).

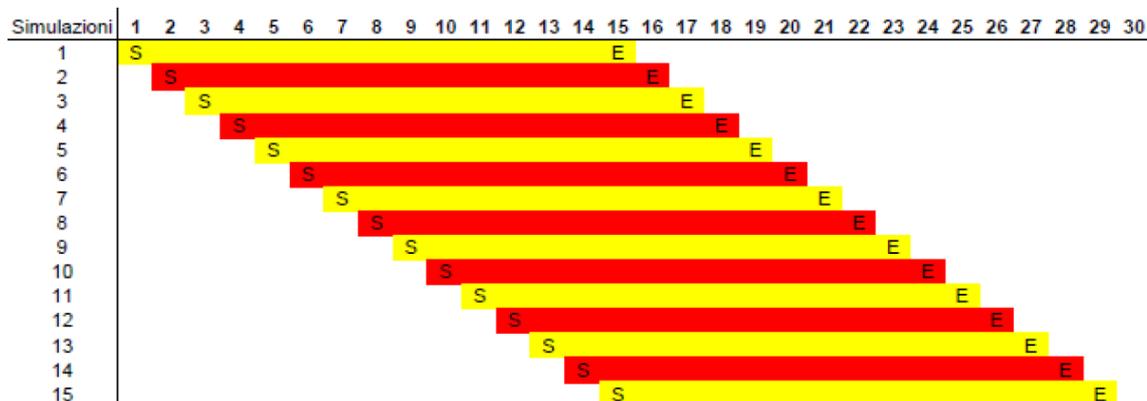


Figura 6 – Durata, inizio e fine delle 15 simulazioni effettuate – Giugno 2007.

Per il modello di trasporto, ognuna delle 15 simulazioni è caratterizzata dalla medesima condizione iniziale (Figura 7) in termini di concentrazione di un ipotetico inquinante (tracciante), nelle aree interne al porto, posta pari al 100%.

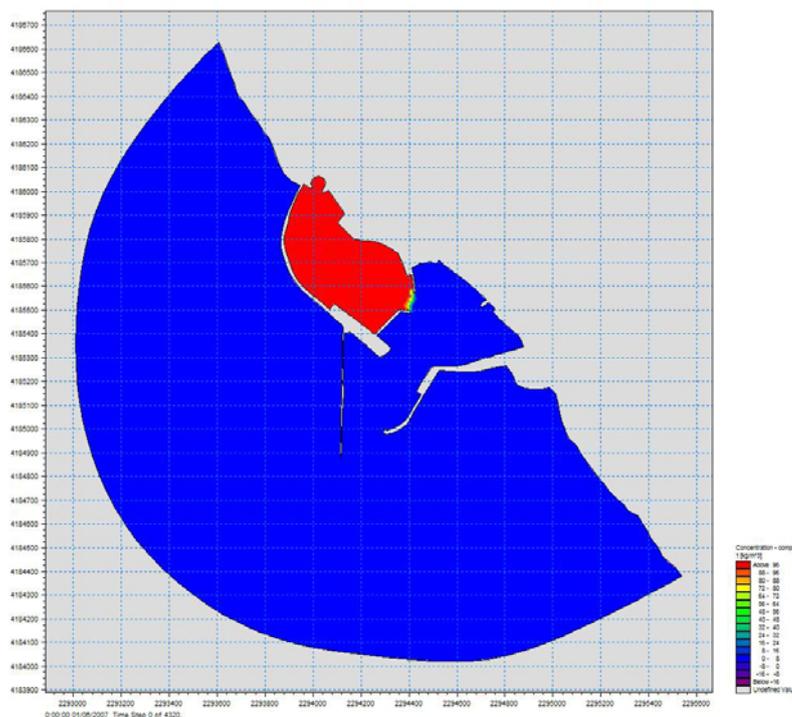


Figura 7 – Condizione iniziale al modello di trasporto in termini di concentrazione del tracciante. Le aree in rosso corrispondono ad una concentrazione di tracciante del 100%, le aree in blu corrispondono ad una concentrazione di tracciante nulla.

2.6. CONDIZIONI AL CONTORNO

La condizione al contorno idrodinamica è stata impostata in termini di livelli della superficie marina, ipotizzando che lungo tutto il contorno si verificassero contemporaneamente le stesse oscillazione di livello, poste pari a quelle registrate alla boa.

La condizione al contorno del modello di avvezione/dispersione è stata impostata in modo da assegnare un gradiente di concentrazione nullo attraverso la *boundary*.

2.7. RISULTATI

2.7.1. CONDIZIONE DI PROGETTO

I risultati delle 15 simulazioni effettuate sono stati processati al fine di fornire delle indicazioni sui tempi di ricambio totali e parziali della massa d'acqua interna al bacino del nuovo porto turistico di Marsala. Si vuole precisare che non esiste al livello nazionale una normativa di riferimento che regoli tali aspetti.

In particolare, per ognuna delle 15 simulazioni è stato effettuato il calcolo della concentrazione media di inquinante in tutta l'area interna al bacino portuale, ad intervalli regolari di 5 minuti. Il grafico di Figura 8, illustra, per ognuna delle simulazioni la percentuale di abbattimento della concentrazione iniziale di tracciante nel tempo. Il risultato medio viene riportato nella curva di colore rosso.

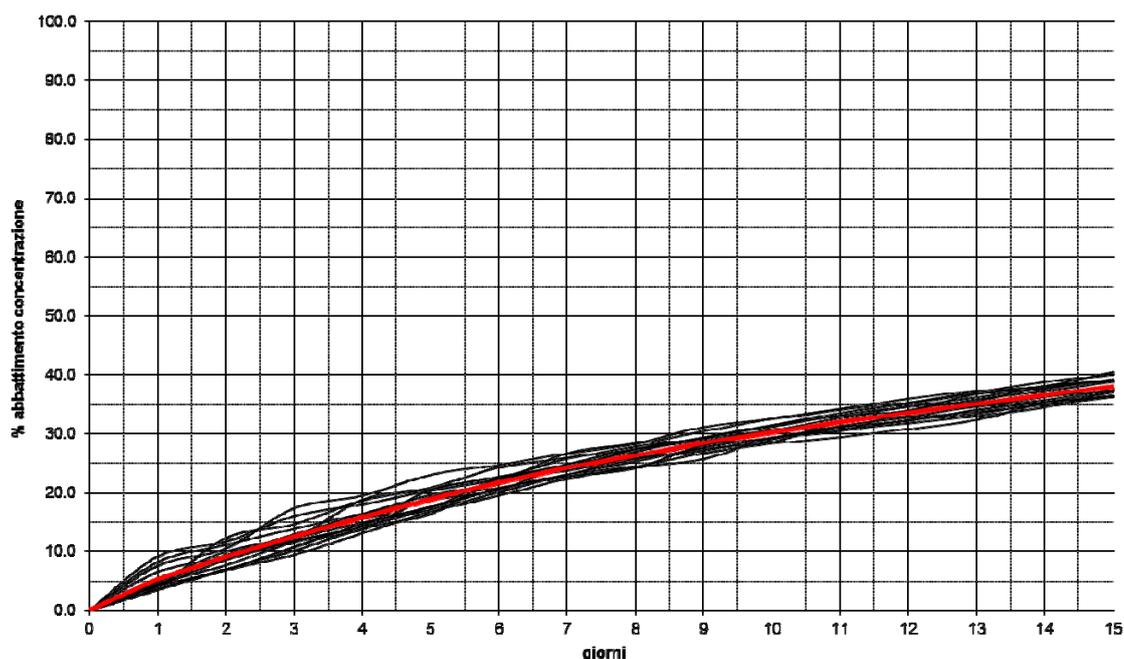


Figura 8 – Abbattimento della concentrazione di tracciante nel tempo – Mese Giugno 2007

Il grafico mostra che, che in un mese caratterizzato da condizioni particolarmente sfavorevoli, il bacino portuale ha una scarsa tendenza al ricircolo. Si può osservare che dopo 7 giorni si ottiene un abbattimento di circa il 25% della concentrazione iniziale di tracciante, mentre dopo 15 giorni il valore della concentrazione di tracciante abbattuta si attesta al 40%. Tale condizione risulta poco accettabile ai fini del ricircolo delle acque portuali, e per tale motivo di seguito si è studiato un meccanismo di pompaggio ausiliario.

2.7.2. CONDIZIONE DI PROGETTO CON L'AUSILIO DI UN MECCANISMO DI POMPAGGIO PRIMO TENTATIVO

Alla luce dei risultati conseguiti nel paragrafo precedente si è ritenuto necessario inserire nella modellazione idrodinamica e di trasporto un meccanismo di pompaggio (pompa con portata da 500 l/s) simulato da una *source* avente una portata di 0,5 mc/s.

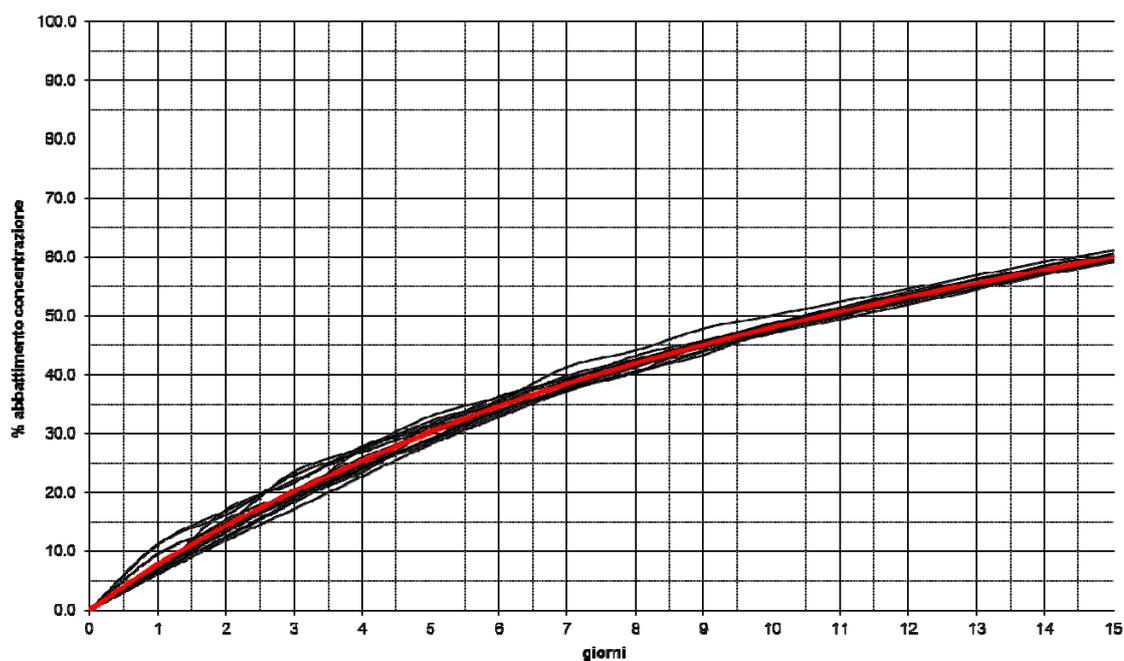


Figura 9 – Abbattimento della concentrazione di tracciante nel tempo – Mese Giugno 2007 – source da 0,5 mc/s.

Il grafico mostra che il bacino portuale ha una sufficiente tendenza al ricircolo. Si può osservare che dopo 7 giorni si ottiene un abbattimento di circa il 40% della concentrazione iniziale di tracciante, mentre dopo 15 giorni il valore della concentrazione di tracciante abbattuta si attesta al 60%.

CONDIZIONE DI PROGETTO CON L'AUSILIO DI UN MECCANISMO DI POMPAGGIO
SECONDO TENTATIVO

Non accontentandosi dei risultati conseguiti nel paragrafo precedente si è ritenuto necessario inserire nella modellazione idrodinamica e di trasporto un meccanismo di pompaggio più potente simulato da una *source* avente una portata di 2,0 mc/s.

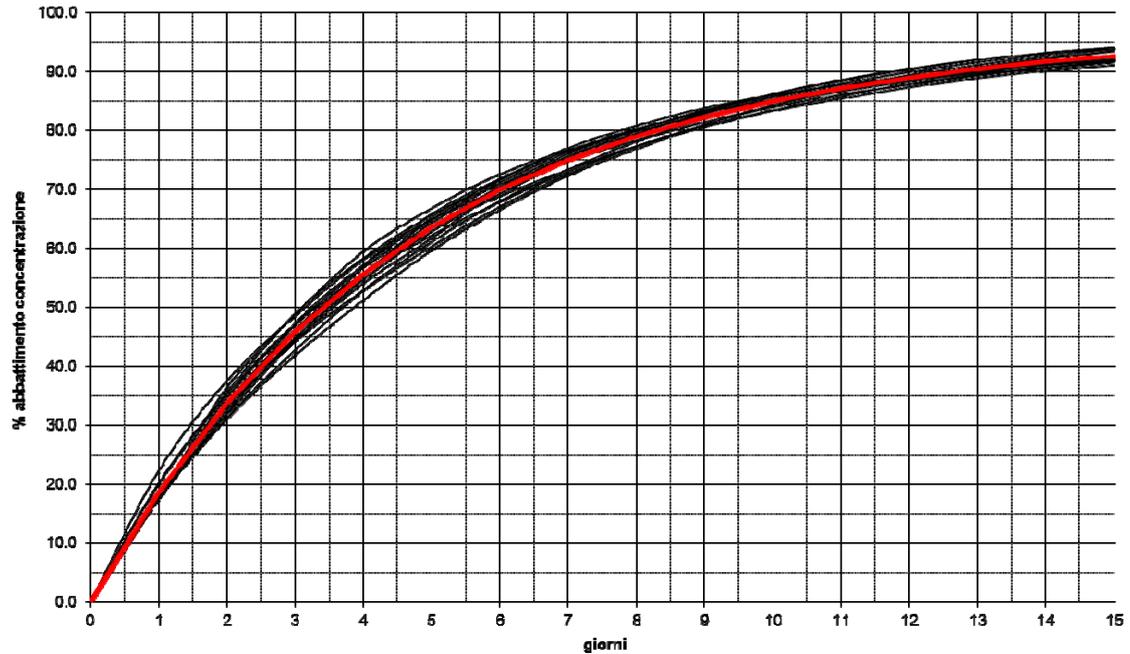


Figura 10 – Abbattimento della concentrazione di tracciante nel tempo – Mese Giugno 2007 – source da 2,0 mc/s.

Il grafico mostra che, che in un mese caratterizzato da condizioni particolarmente sfavorevoli, il bacino portuale ha un'ottima tendenza al ricircolo. Si può osservare che dopo 7 giorni si ottiene un abbattimento di circa il 75% della concentrazione iniziale di tracciante, mentre dopo 15 giorni il valore della concentrazione di tracciante abbattuta si attesta al 95%. Questa condizione risulta ottima ai fini del ricambio idrico delle acque, e per tale motivo verrà utilizzata per il ricambio idrico del Marina di Marsala. Nelle Fig. 11-26 a titolo di esempio viene riportato l'andamento della concentrazione di tracciante nel tempo per una delle quindici simulazioni. Ogni immagine è estratta a distanza di un giorno l'una dall'altra.

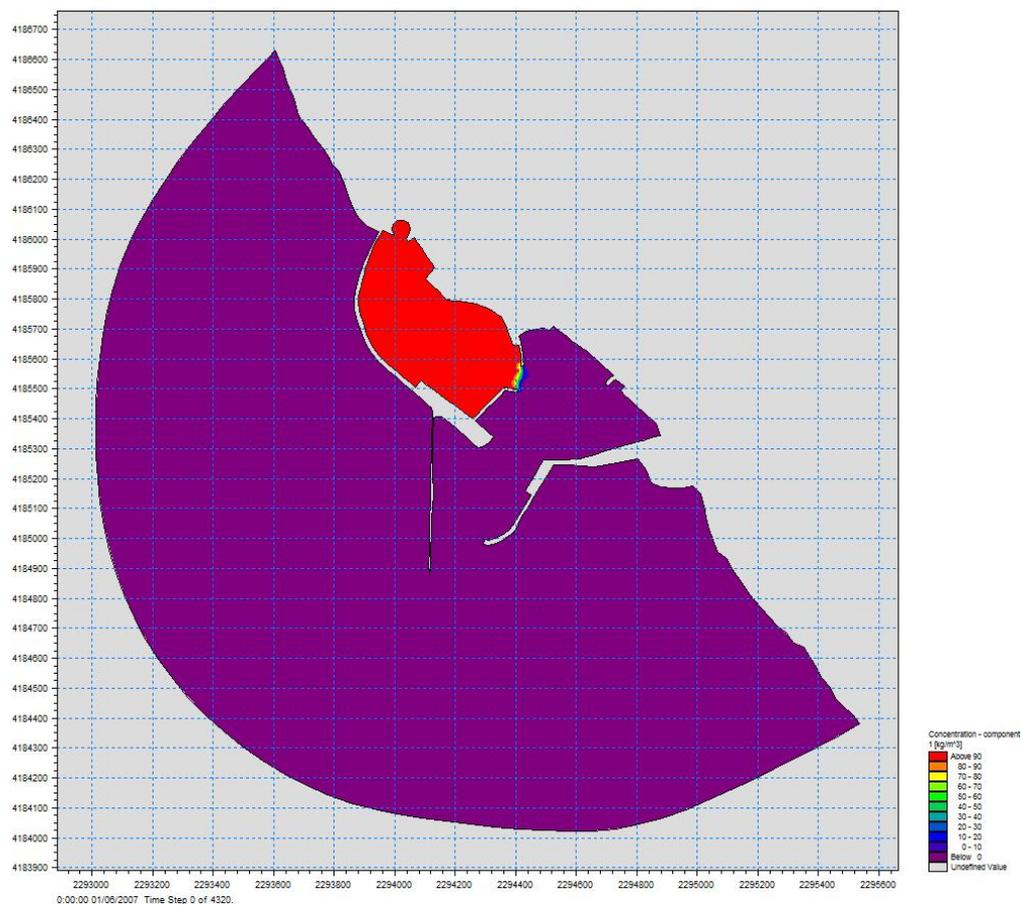


Figura 11– Distribuzione della concentrazione di traccianti – giorno 0

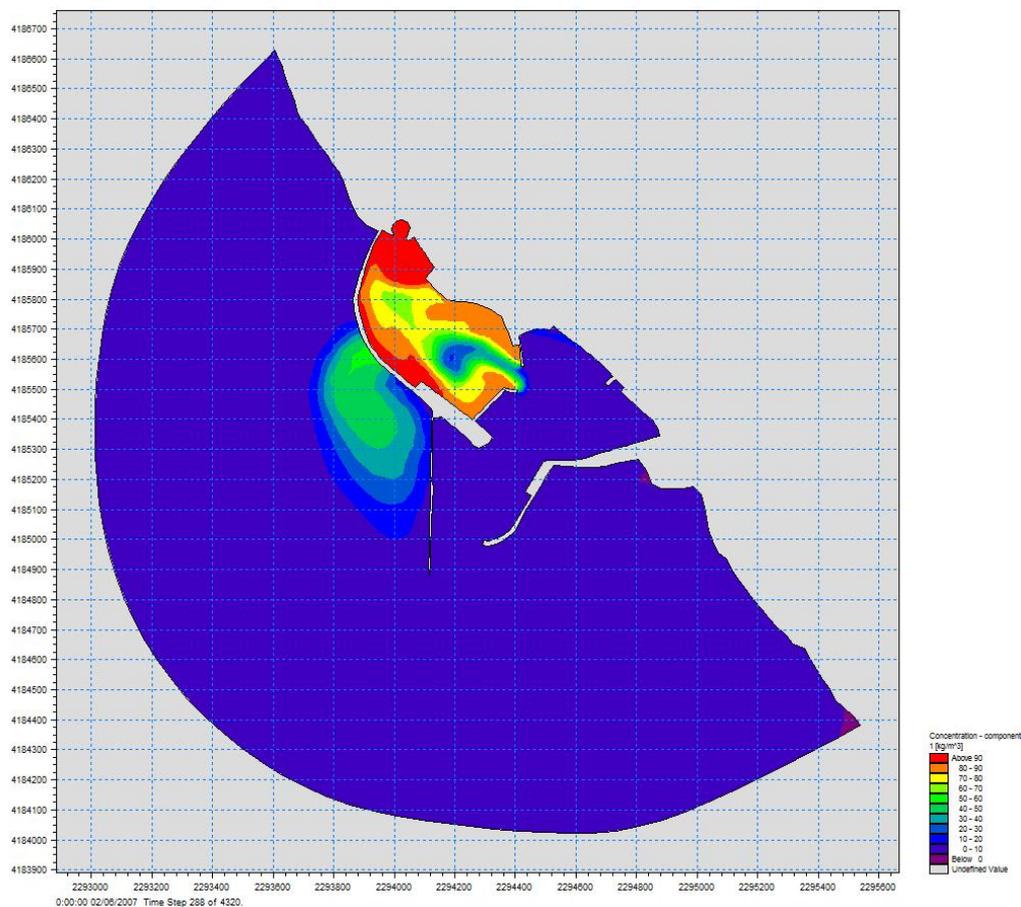


Figura 12 – Distribuzione della concentrazione di traccianti – giorno 1

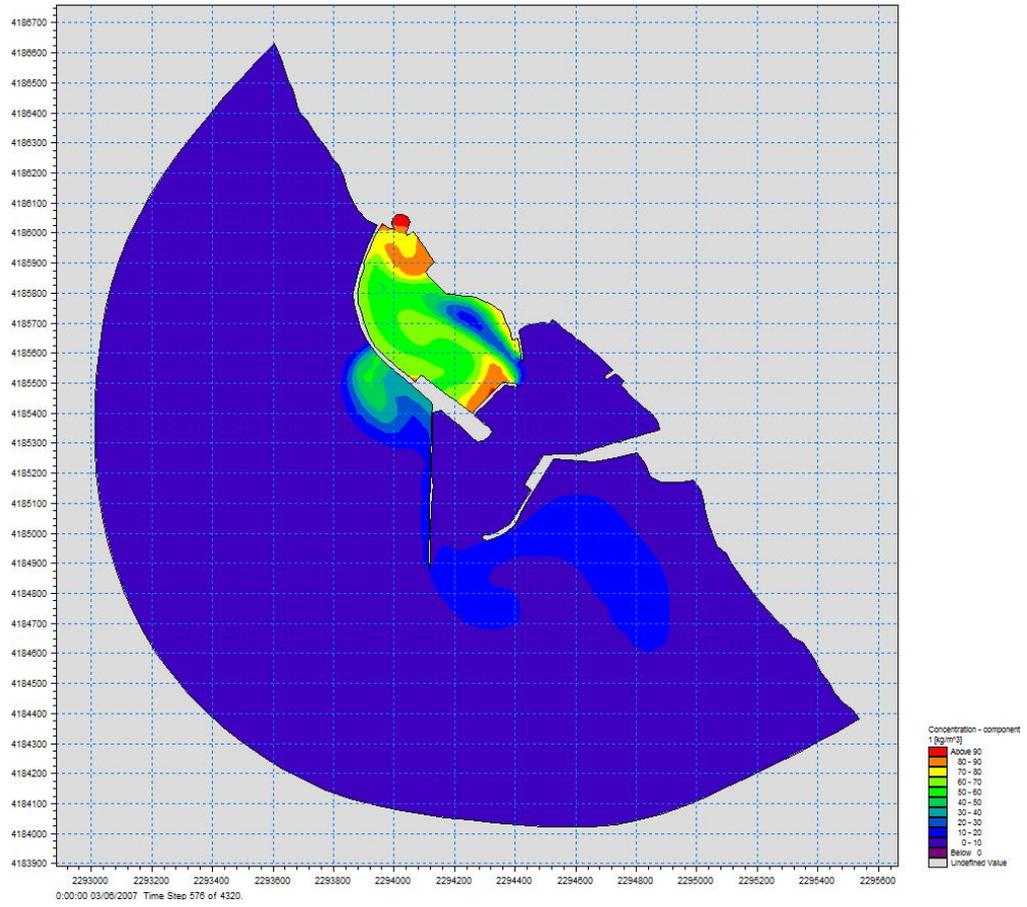


Figura 13 – Distribuzione della concentrazione di tracciante – giorno 2

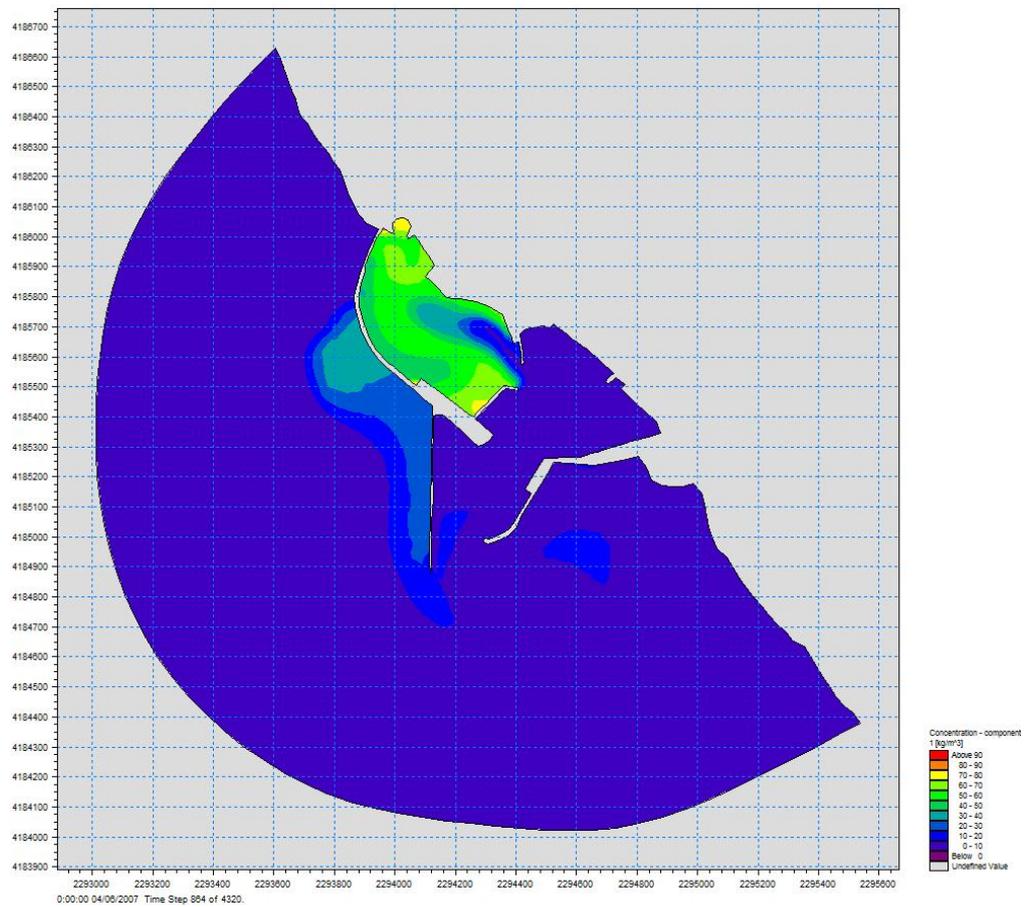


Figura 14 – Distribuzione della concentrazione di tracciante – giorno 3

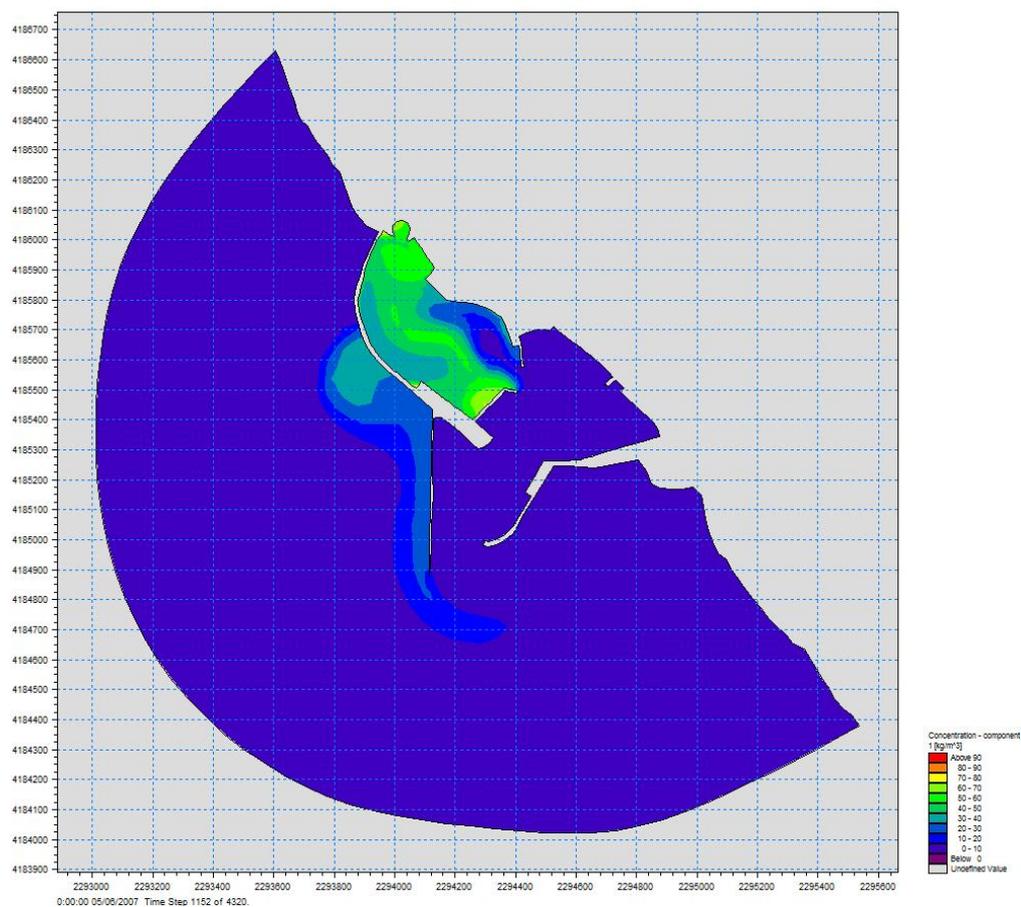


Figura 15– Distribuzione della concentrazione di traccianti – giorno 4

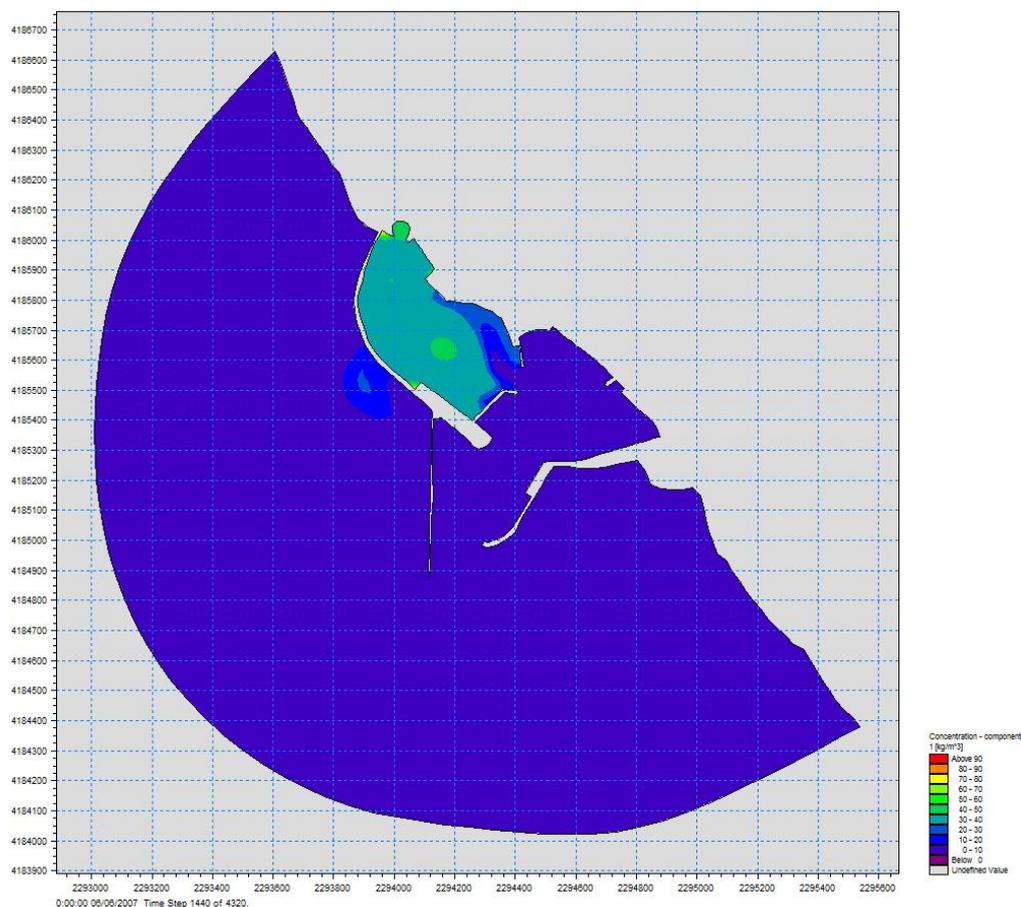


Figura 16– Distribuzione della concentrazione di traccianti – giorno 5

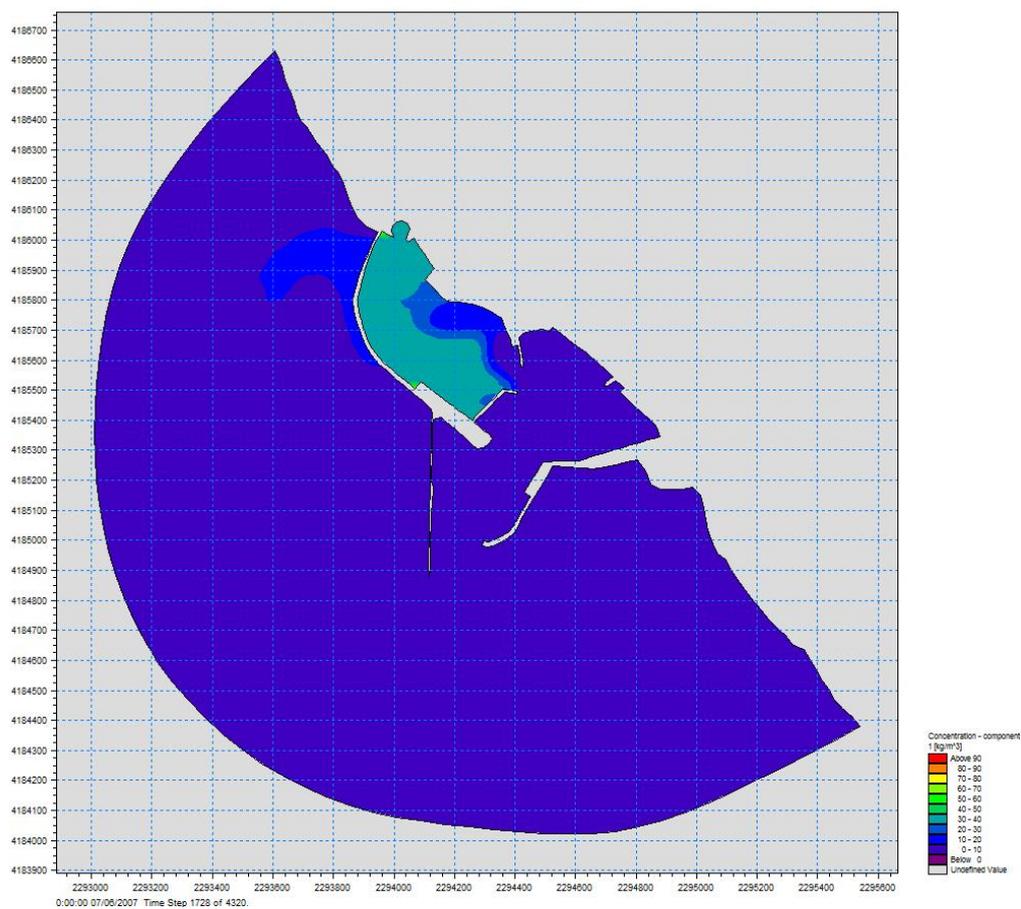


Figura 17 – Distribuzione della concentrazione di tracciante – giorno 6

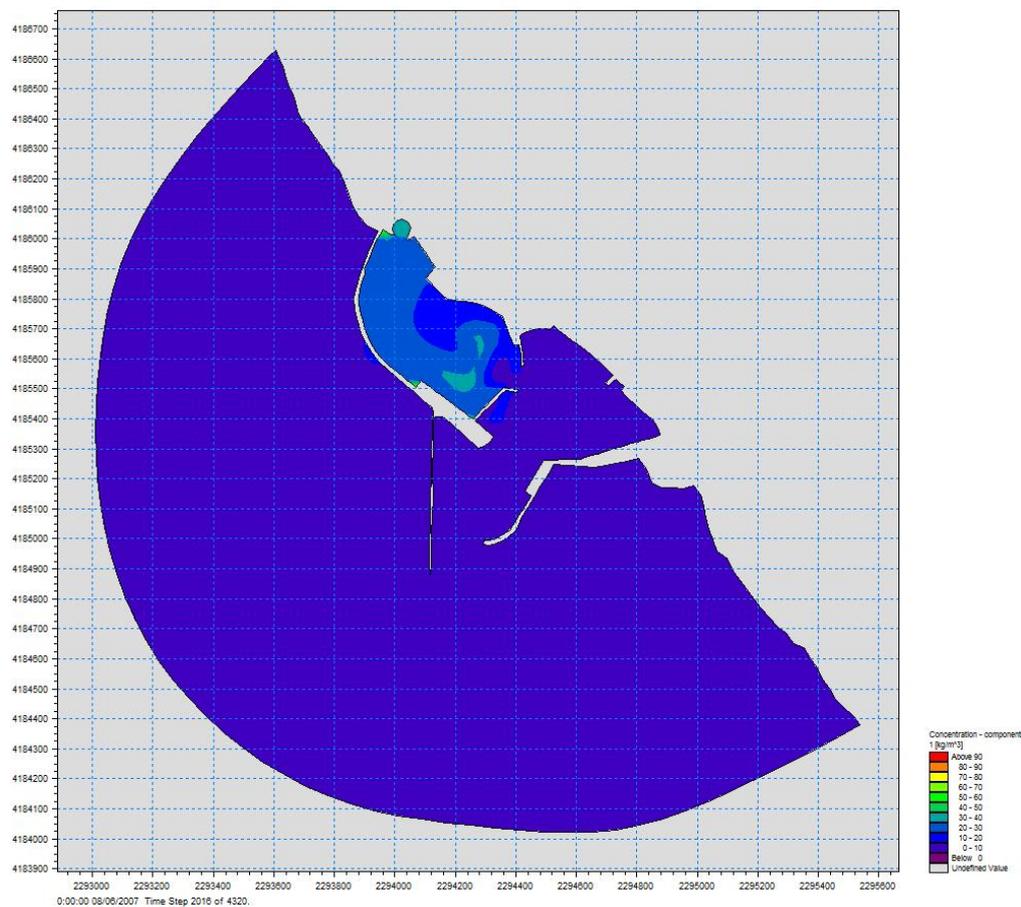


Figura 18– Distribuzione della concentrazione di tracciante – giorno 7

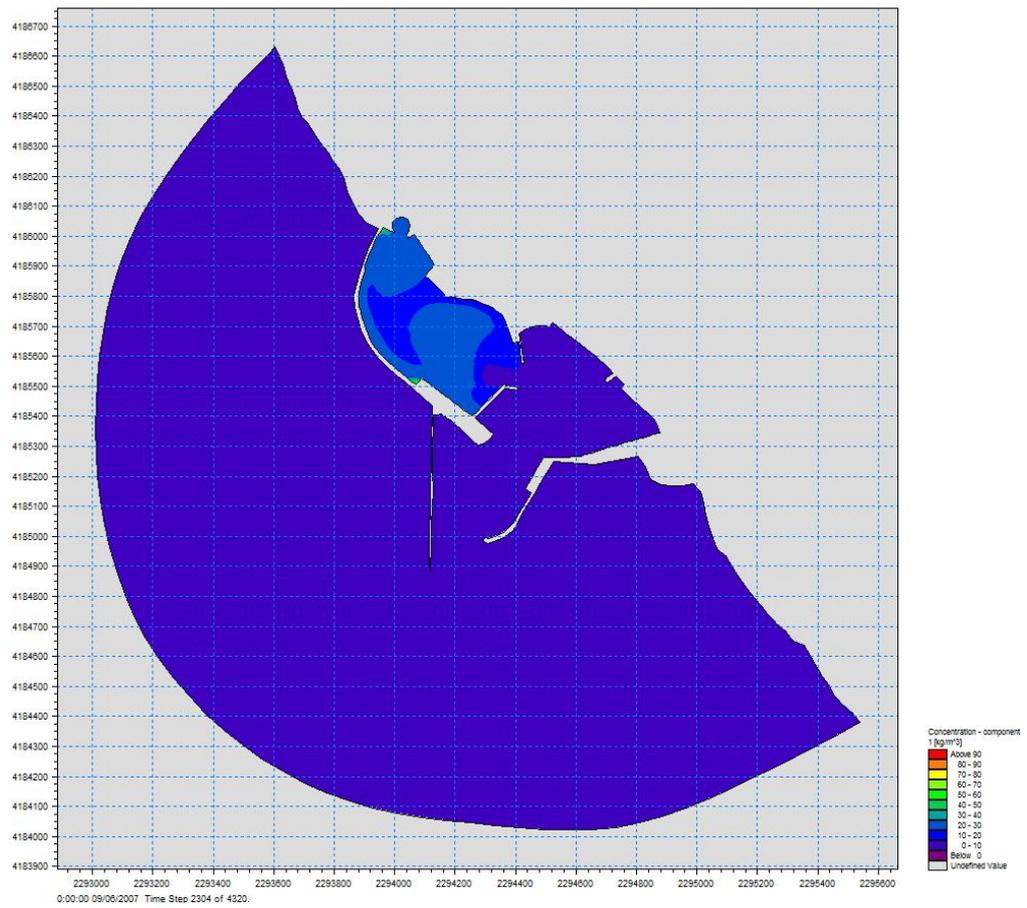


Figura 19 – Distribuzione della concentrazione di tracciante – giorno 8

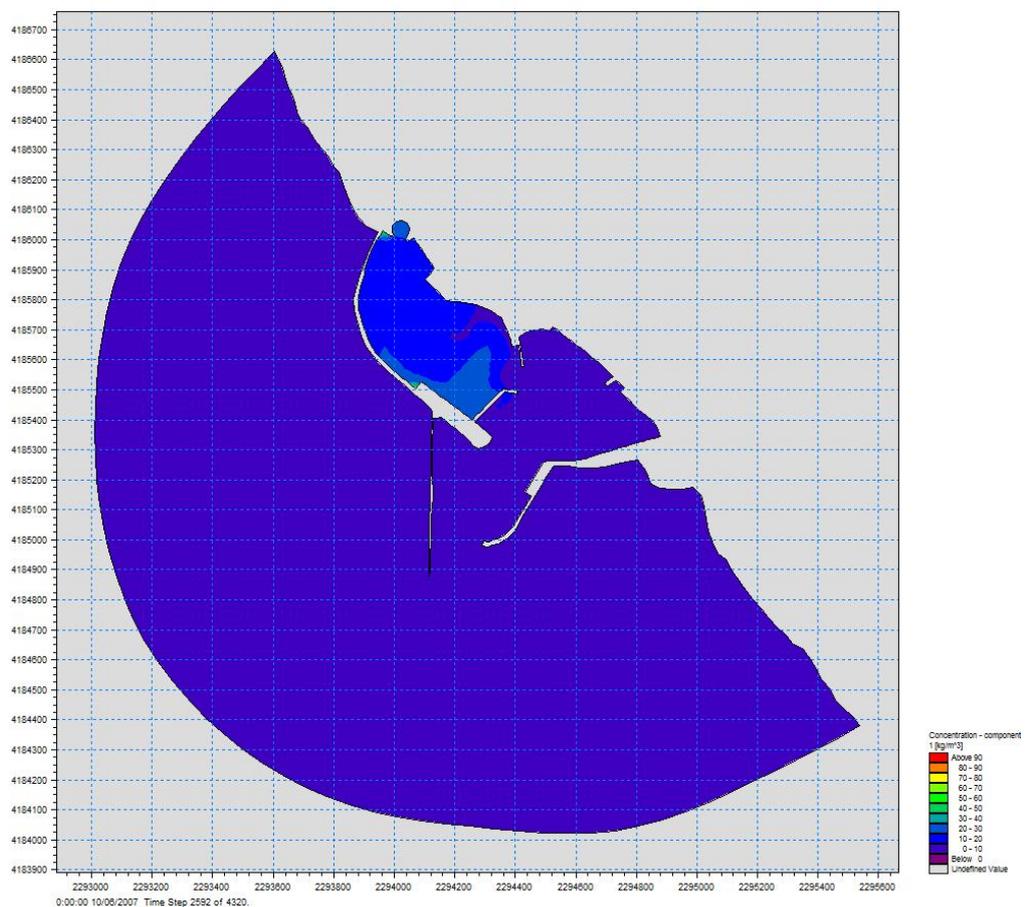


Figura 20 – Distribuzione della concentrazione di tracciante – giorno 9

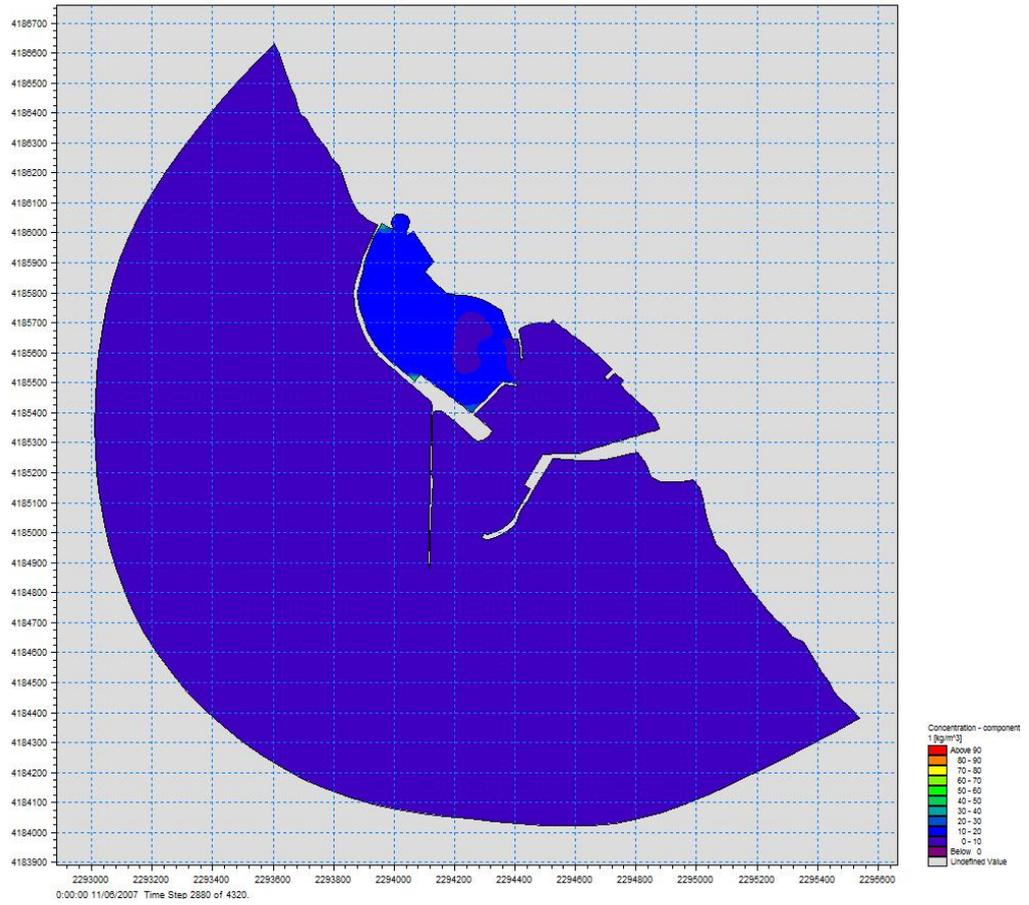


Figura 21 – Distribuzione della concentrazione di traccianti – giorno 10

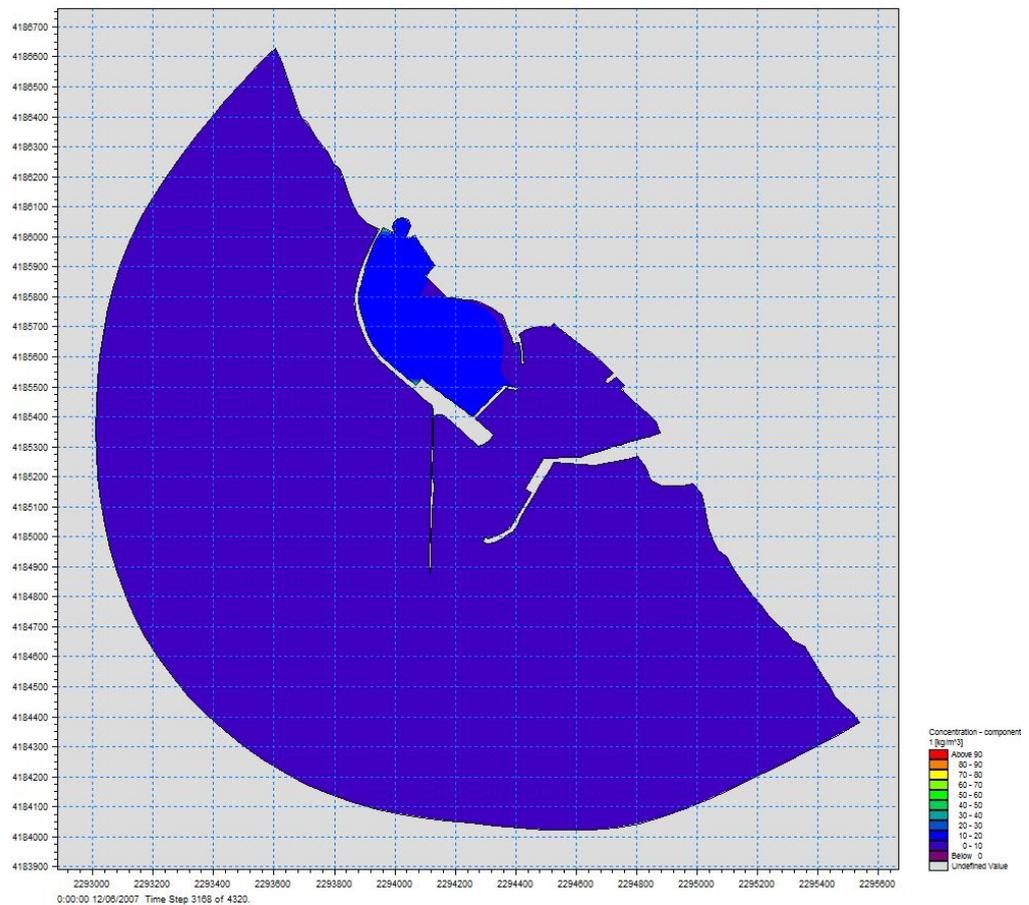


Figura 22– Distribuzione della concentrazione di traccianti – giorno 11

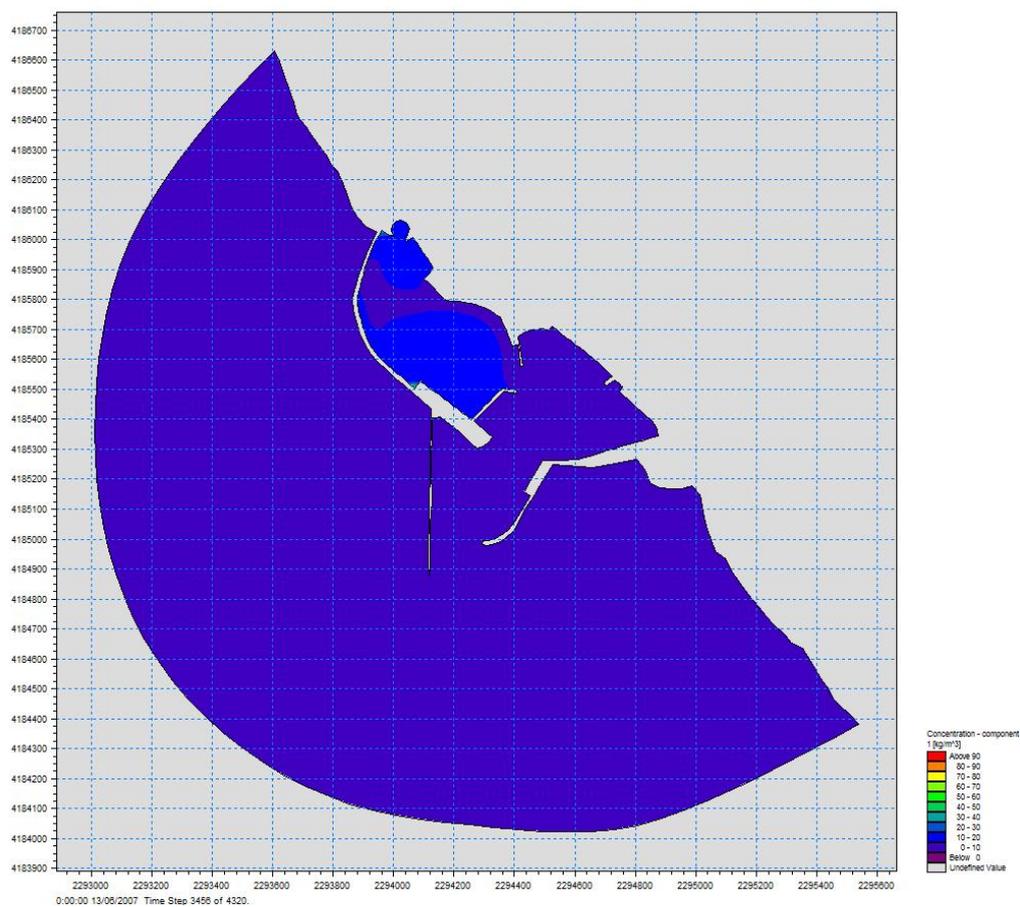


Figura 23 – Distribuzione della concentrazione di traccianti – giorno 12

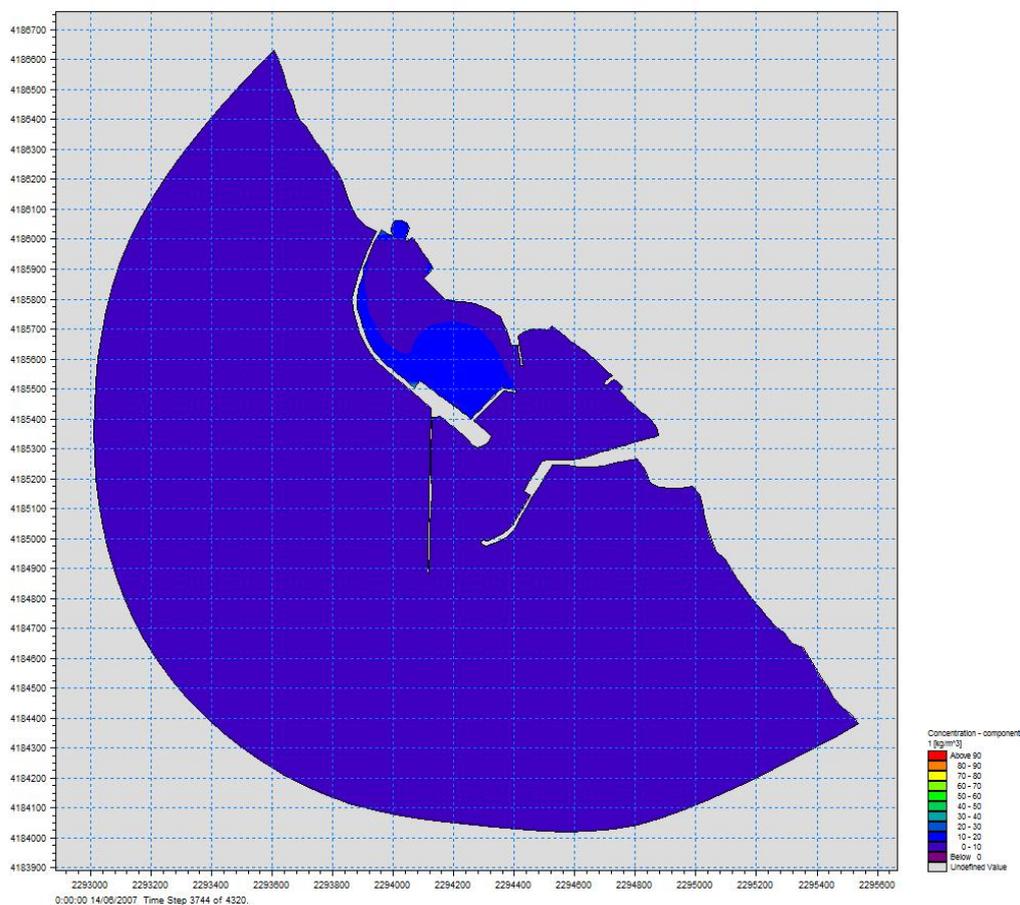


Figura 24 – Distribuzione della concentrazione di traccianti – giorno 13

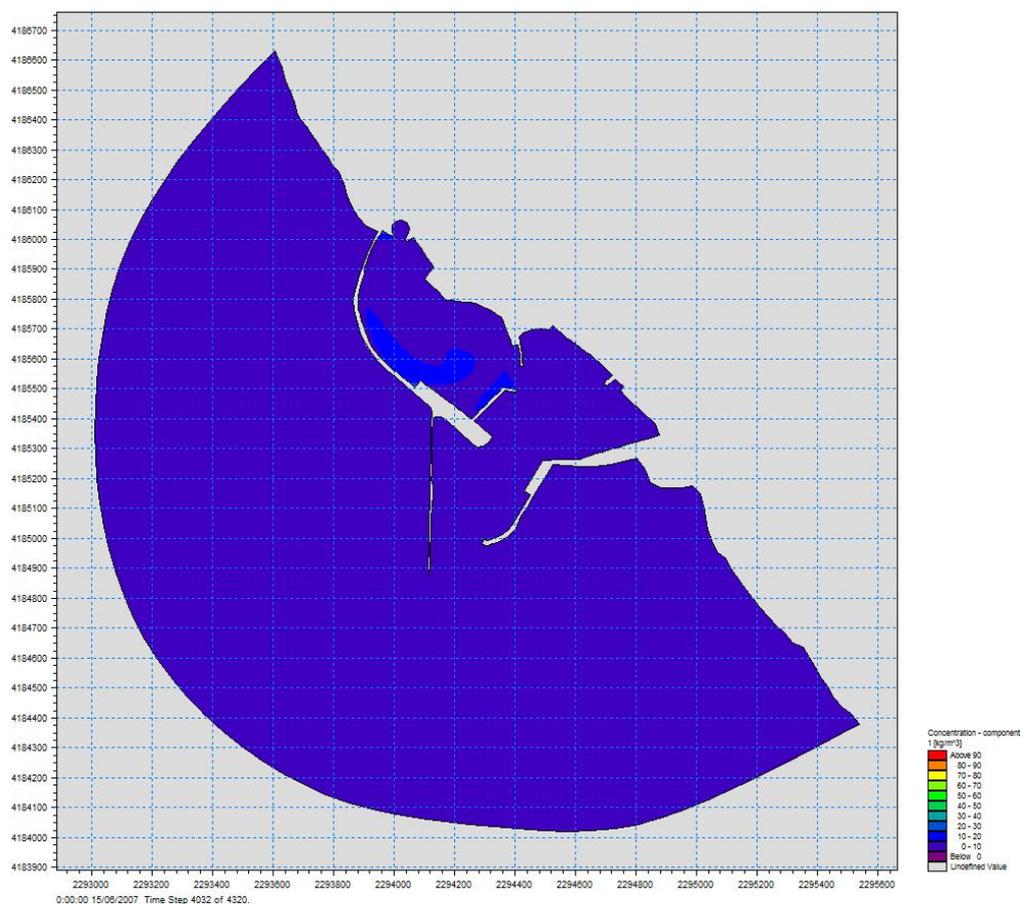


Figura 25 – Distribuzione della concentrazione di traccianti – giorno 14

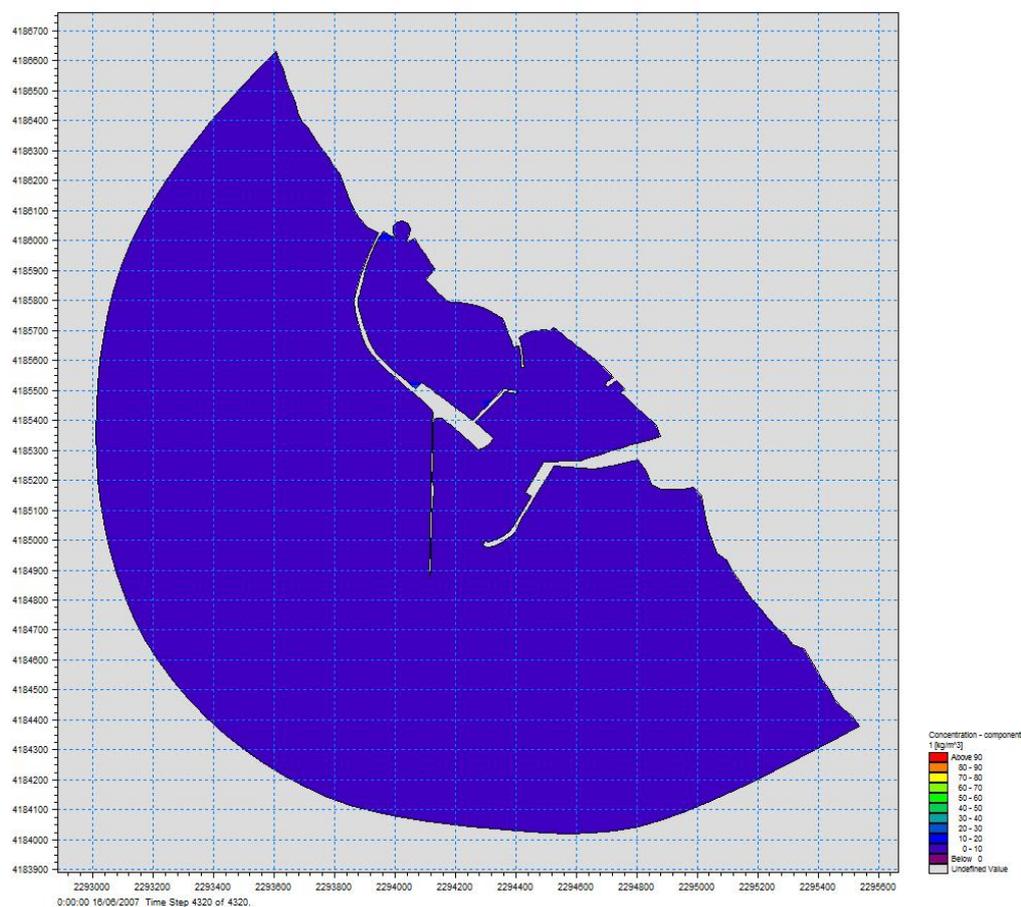


Figura 26 – Distribuzione della concentrazione di traccianti – giorno 15

3. CONCLUSIONI

La metodologia esposta nei capitoli precedenti, ha lo scopo di determinare il tempo necessario per il ricambio idrico del bacino portuale del Marina. Tale metodologia presuppone di inserire un tracciante all'interno del volume di controllo, e di valutare il suo abbattimento percentuale in funzione dei giorni. Lo studio è stato fatto analizzando i dati di vento degli ultimi cinque anni che spirano nella zona in esame ottenuti dal mareografo di Porto Empedocle, e prendendo il mese meno ventoso e quindi maggiormente cautelativo ai fini del ricambio. Al mese scelto, che risulta Giugno 2007, si è associato l'andamento della marea nel mese stesso. Tali elementi sono le uniche forzanti del modello. Si è valutato che in queste condizioni dopo 7 giorni l'abbattimento del tracciante è del 25%, valore che risulta alquanto basso. Per ottenere un maggiore ricambio idrico si sono rifatte le elaborazioni immettendo una pompa aspirante in prossimità della radice del molo Colombo. Le elaborazioni sono state effettuate con una pompa da 500 l/s e una da 2000 l/s. Con la prima il tracciante si abbatte del 40% dopo una settimana, mentre con la seconda pompa il tracciante si abbatte del 75% dopo una settimana di funzionamento e del 95% dopo 15 giorni. Per assicurare quindi un ottimo ricambio delle acque del Marina si è scelta la soluzione con l'ausilio di una pompa da 2000 l/s.