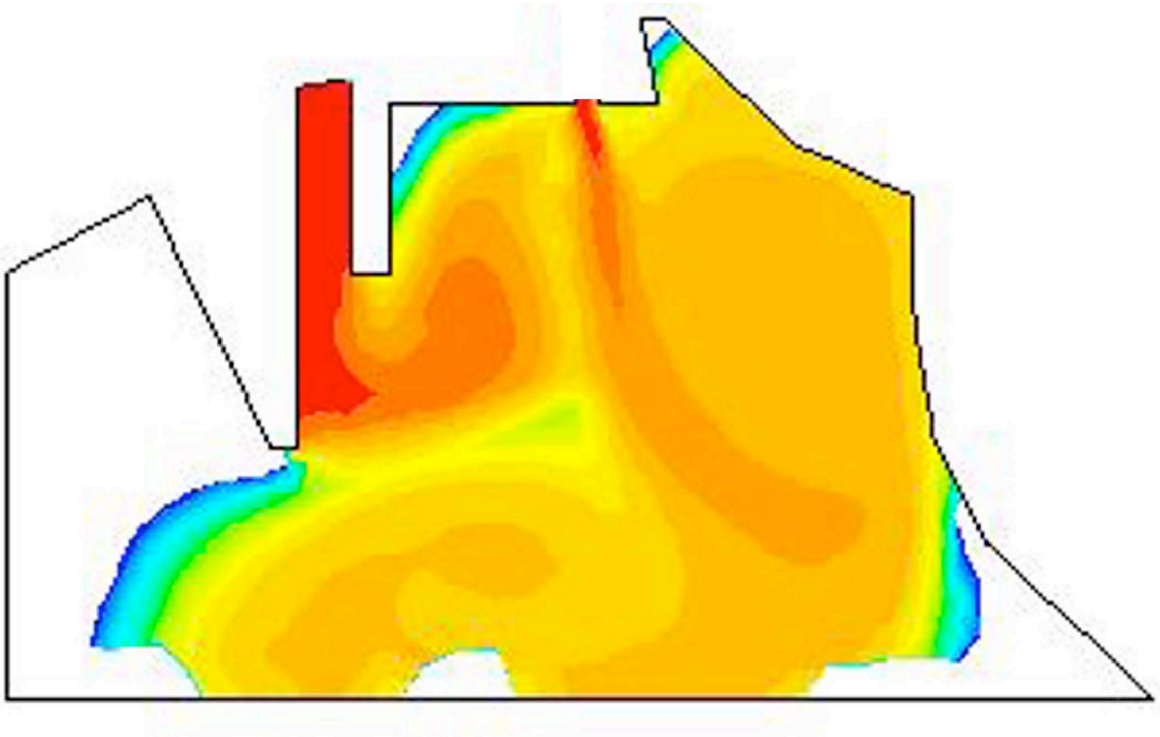
ILVA SPA
CENTRO SIDERURGICO DI TARANTO

STUDIO DELLA DISPERSIONE NEL MAR GRANDE DI TARANTO DEI REFLUI EMESSI DAI CANALI DI SCARICO DELL'ILVA



Bari lì 10/09/2004

Dott. Gianpiero Colonna
(I ricercatore CNR)

1. INTRODUZIONE

La presente relazione ha come obiettivo principale lo studio e le modalità di dispersione nel Golfo di Taranto delle acque provenienti dagli scarichi a mare dello stabilimento ILVA – Taranto. Le acque vengono convogliate in mare tramite due canali superficiali situati a nord ovest di Punta Rondinella, limite ovest, ovvero nel bacino esterno, del porto di Taranto, nel tratto di costa compreso fra Punta Rondinella ed il Fiume Tara. Tali canali scaricano in mare le acque trattate e di refrigerazione dei processi lavorativi dell'ILVA. Questi sono riportati approssimativamente in fig 1.1.

Come primo passo verranno studiate le condizioni meteo-climatiche e morfologiche del sito di scarico per determinare le caratteristiche idrodinamiche tipiche della zona da studiare. In particolare sono di interesse le correnti marine prodotte sia da movimenti mareali sia dai venti.

In seconda battuta verranno discusse le caratteristiche (portate e concentrazioni) delle acque di scarico con i dati forniti dall'ILVA e rilevati dal PMP di Taranto (ARPA Puglia, Dipartimento di Taranto).Questi dati saranno in seguito utilizzati come dati di ingresso per i modelli che studieranno gli effetti degli scarichi in mare.

Lo studio della dispersione in mare degli inquinanti verrà effettuato, sulla base dei dati analizzati nelle fasi iniziali di questa relazione, usando due diversi modelli. In primis, si utilizzerà il modello comunemente usato, detto "a scale di lunghezza" ed implementato nel codice CORMIX, che però non è perfettamente adeguato al sito in questione. Il secondo modello consisterà nello studiare la fluidodinamica del mare e degli scarichi utilizzando l'ambiente di calcolo FLUENT, nella geometria reale del sito di scarico. Il secondo modello è nettamente superiore al primo che considera una geometria semplificata del problema.

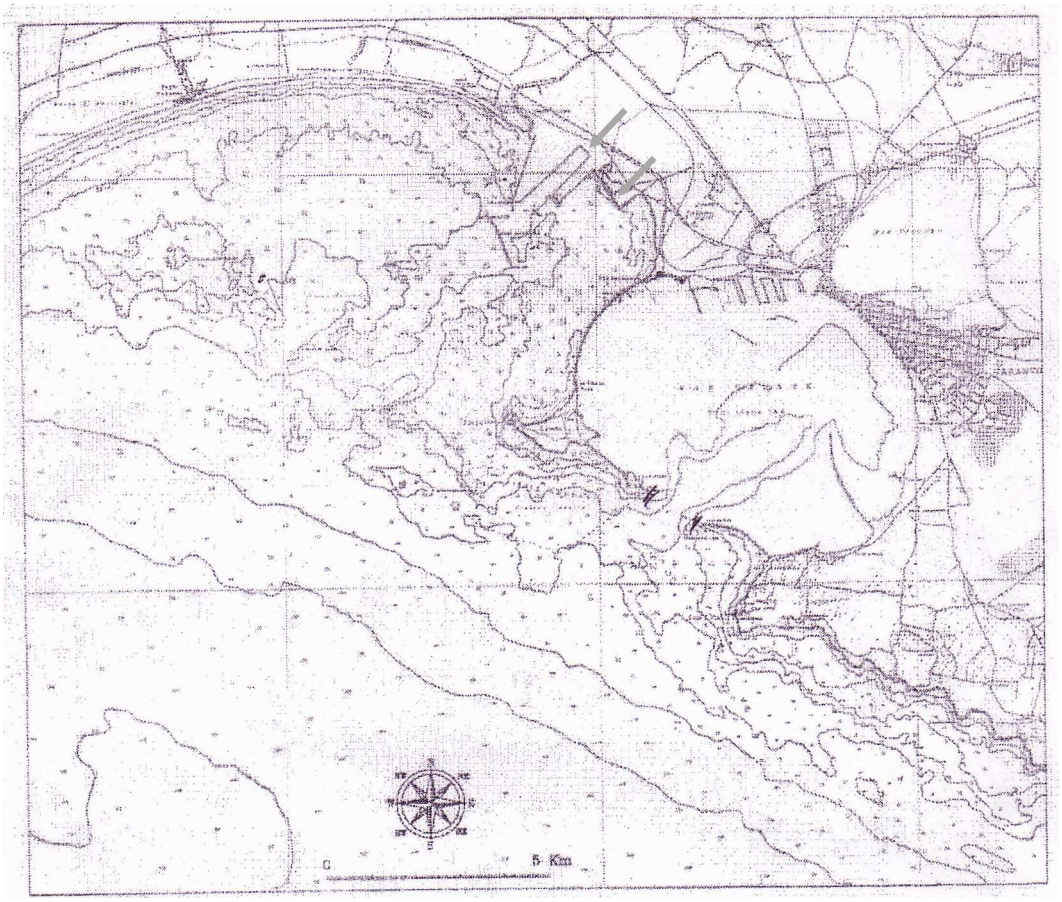


Fig 1.1: Planimetria del porto di Taranto e della zona interessata dagli scarichi ILVA. La posizione approssimativa degli scarichi è indicata con le frecce grigie.

2. INQUADRAMENTO DELL'AREA

Il Golfo di Taranto è morfologicamente caratterizzato dalla presenza di una depressione valliva ("Valle di Taranto") sub-rettilinea orientata NO-SE, conformata come solco mediano con profondità crescenti fino ad oltre 2000 m (vedi Fig 2.1 per la descrizione grafica dei fondali). La testata della valle si allinea al largo con il tratto terminale del fiume Bradano che sfocia in Basilicata. La "Valle di Taranto" determina una suddivisione dei fondali del Golfo di Taranto in due settori distinti che presentano versanti notevolmente diversi tra loro la cui morfologia superficiale risulta influenzata da fattori profondi riconducibili a condizioni geostrutturali.

Pertanto è possibile riconoscere i due settori:

- un *settore orientale* caratterizzato da fondali pressoché uniformi il cui assetto tabulare riproduce quello della penisola salentina, e mantiene i fondali a modesta quota batimetrica ed a debole pendenza; la piattaforma continentale è nettamente delimitata da un ciglio ben definito verso il largo da una scarpata piuttosto uniforme e ripida, ubicata in media a circa 10 Km dalla costa e da una profondità media di 110 m. La piattaforma è articolata in una serie di terrazzi. La scarpata ha una pendenza media compresa fra i 4° ed i 6° ed è sede di fenomeni franosi che coprono più del 30% della superficie totale ed operano il maggior trasporto di materiale, anche grossolano, dal settore pugliese verso la "Valle". Sono anche presenti una serie di canali, in genere di modeste entità, che incidono la scarpata.

- un *settore occidentale* con fondo estremamente irregolare e solcato da profonde incisioni mosso da elevazioni e connotato da grandi estensioni pianeggianti a livello superiore della piattaforma e nelle profondità batiali. Questa piattaforma è determinata dagli apporti terrigeni, fluviali e dalla subsidenza. I fondali presentano una morfologia accidentata con numerosi promontori e valli sommerse che continuano in mare l'andamento dei corsi d'acqua provenienti dalla Basilicata e dalla Calabria settentrionale.

L'esame comparato dell'andamento del profilo e dello sviluppo batimetrico del fondo con la situazione geologica dei bacini scolanti permette di riconoscere per l'area la suddivisione in due domini morfologici e litologici ben distinti, aventi come limite di separazione Punta Rondinella. Il settore posto ad occidente di Punta Rondinella, facente parte di un ampia unità fisiografica lucano-calabrese, si presenta inizialmente roccioso per poi divenire sabbioso con un passaggio da un fondale principalmente bio-detritico-carbonatico ad un fondale detritico alimentato dagli apporti dei fiumi lucani e calabresi.

Il settore orientale è caratterizzato da tavolati calcarei salentini e delle murge. Al tipo morfologico di costa "a terrazzi", corrisponde una piattaforma molto stretta con un profilo che degrada rapidamente a partire dalla batimetrica dei 100 m che si pone a poco meno di 3 Km dalla costa. La superficie della piattaforma si presenta articolata in numerose sommità rocciose separate da depressioni piatte riempite da fanghi biodetritici.

La zona dei Mari di Taranto è riportata in fig 2.2. Il Porto di Taranto, che rappresenta uno dei principali scali marittimi italiani nel meridione è costituito da due bacini comunicanti noti come Mar Grande e Mar Piccolo. Il porto commerciale ed industriale è situato nel Mar

Grande. Questa è un ampia rada posta nella parte nord orientale del golfo di Taranto e si estende da Punta Rondinella a Capo S. Vito. A ovest ed a sud la rada è limitata dalle isole Cheradi, S. Pietro e S. Paolo, congiunte tra loro e collegate a Punta Rondinella tramite sbarramenti artificiali. Il Mar Grande comunica con il Golfo mediante un varco fra l'isola di S. Paolo e Capo S. Vito.

Il Mar Piccolo è costituito da due successivi bacini di forma ellittica, parzialmente separati dalla penisola di Punta Penna. La lunghezza massima del Mar Piccolo, misurata in senso EO da Taranto alla palude Fucarino, è di circa 8 Km. La lunghezza media si mantiene intorno ai 3 Km, tranne che in corrispondenza della penisola di Punta Penna, dove si riduce a poco più di 0,5 Km. Il bacino più esterno bagna la città di Taranto ed è sede del Porto Militare. Esso comunica con il Mar Grande per mezzo di due canali, il Canale di Porta Napoli, largo un centinaio di metri e profondo 3, e quello del Ponte Girevole, largo 45 m ed è navigabile. Il seno interno del Mar Piccolo inizia ad est del canale di Punta Penna mentre le coste interne sfumano in un complesso di paludi e acquitrini.

La profondità media del Mar Piccolo è compresa tra gli 11 m ed i 13 m nella parte centrale del seno esterno e tra i 7 m ed i 10 m nella parte centrale del seno interno. Le massime profondità sono raggiunte nel seno interno in corrispondenza di alcune depressioni imbutiformi, che stando alla carta nautica del Servizio Idrografico della Marina, scendono a profondità variabili fra i 15 m ed i 26 m. Una simile depressione è presente anche nel seno esterno e raggiunge la profondità di 18 m. Generalmente queste depressioni sono situate in corrispondenza di sorgenti sottomarine e sono localmente conosciute con il nome di "citri". I citri svolgono una importante funzione regolatrice nel delicato ecosistema del Mar Piccolo, limitando gli aumenti di salinità e temperatura durante il periodo estivo e rifornendo costantemente il sistema di una non trascurabile massa d'acqua. La portata del citro Galeso

(nel primo seno) è di circa 65000 mc/giorno mentre quella del citro Le Kopre (nel secondo seno) raggiunge gli 8600 mc/giorno.

L'idrografia superficiale è estremamente povera sia per la natura calcareo-carsica dell'entroterra, sia per le condizioni di clima temperato caldo tendente al subtropicale. L'area del Mar Piccolo drena principalmente il canale D'Aiedda (e del suo affluente, Canale Levrano D'Aquino)ed altri affluenti i quali immettono cospicui apporti clastici.

La trasparenza dell'acqua è sempre molto bassa e già sotto l'isobata dei –5 m regnano condizioni di semioscurità. L'ossigeno, abbondante nelle acque superficiali, è carente sotto i 4-5 m di profondità. Nel Mar Piccolo hanno sede una importante base navale della Marina Militare, con relativi pontile carburante, un idroscalo dell'Aeronautica Militare con relativo deposito munizioni, i cantieri navali della Fincantieri, nonché prese d'acqua destinate al raffreddamento degli impianti ILVA. Tale acqua viene scaricata nei canali di interesse per questo lavoro.

La zona in cui sfociano i canali di scarico dell'ILVA è sita fuori dal porto di Taranto nella parte nord-occidentale di Punta Rondinella. (vedi fig 2.2). Lo scarico denominato "scarico 1" è il più vicino a punta Rondinella mentre il secondo scarico, denominato "scarico 2", si trova fra il molo polisettoriale e il V sporgente ILVA. Nei pressi della zona di scarico il mare non è molto profondo ed il dislivello lieve. Per i dati batimetrici si faccia riferimento alla fig. 2.3. La zona, benché limitata dalla presenza del porto di Taranto, è in mare aperto, per cui le correnti sono presenti in maniera maggiore rispetto al Mar Grande.

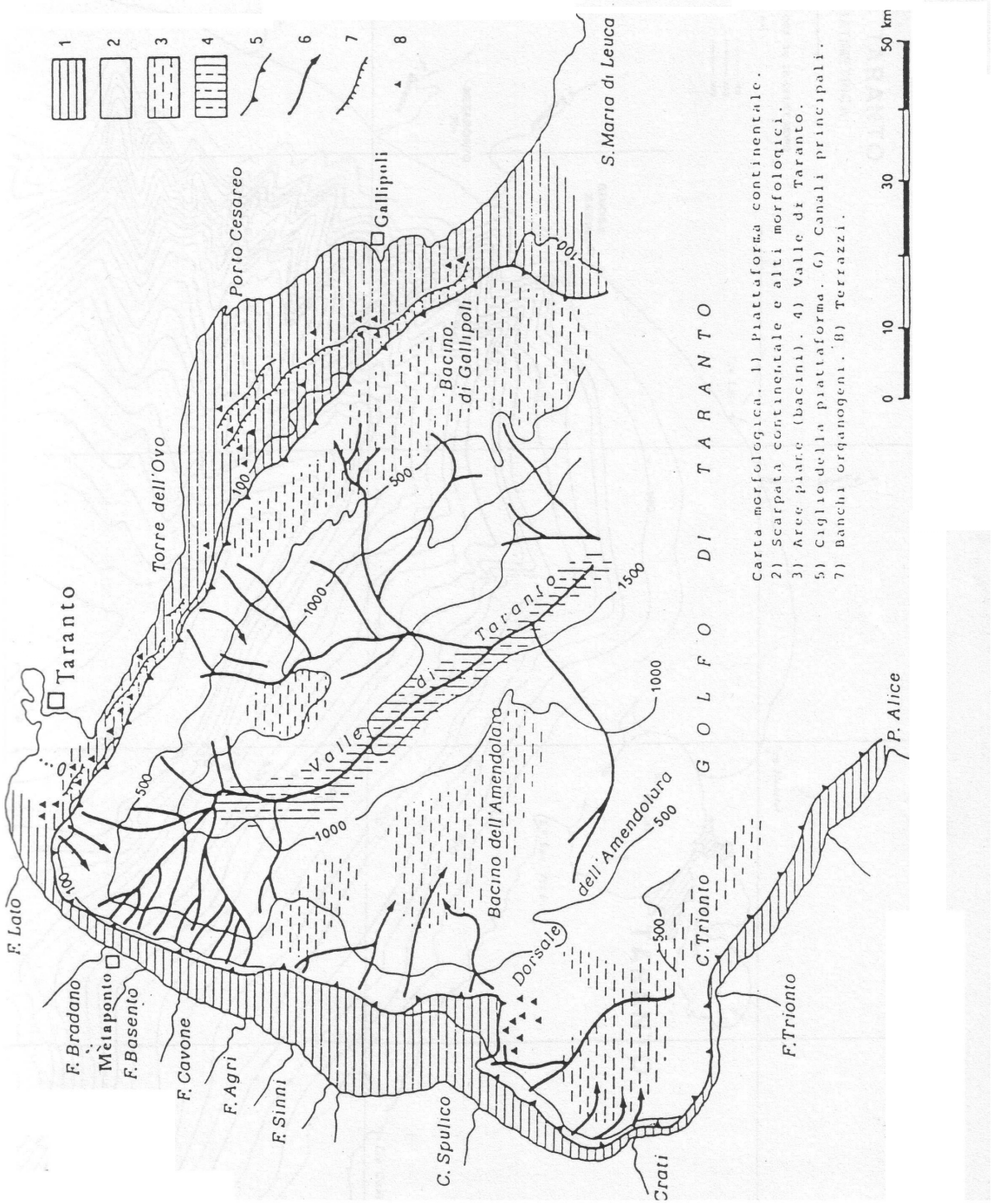


Fig. 2.1: Morfologia dei fondali del golfo di Taranto

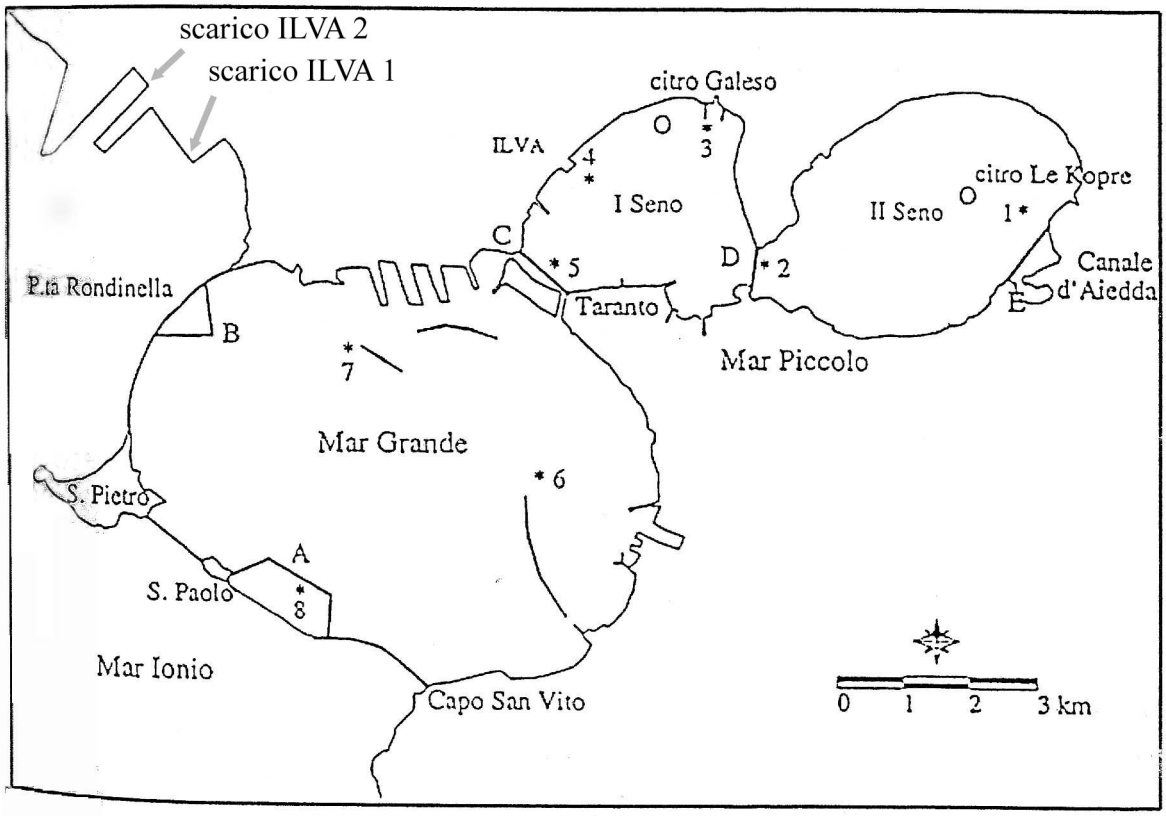


Fig 2.2: Schema dei Mari di Taranto e dalla zona di scarico dell'ILVA.

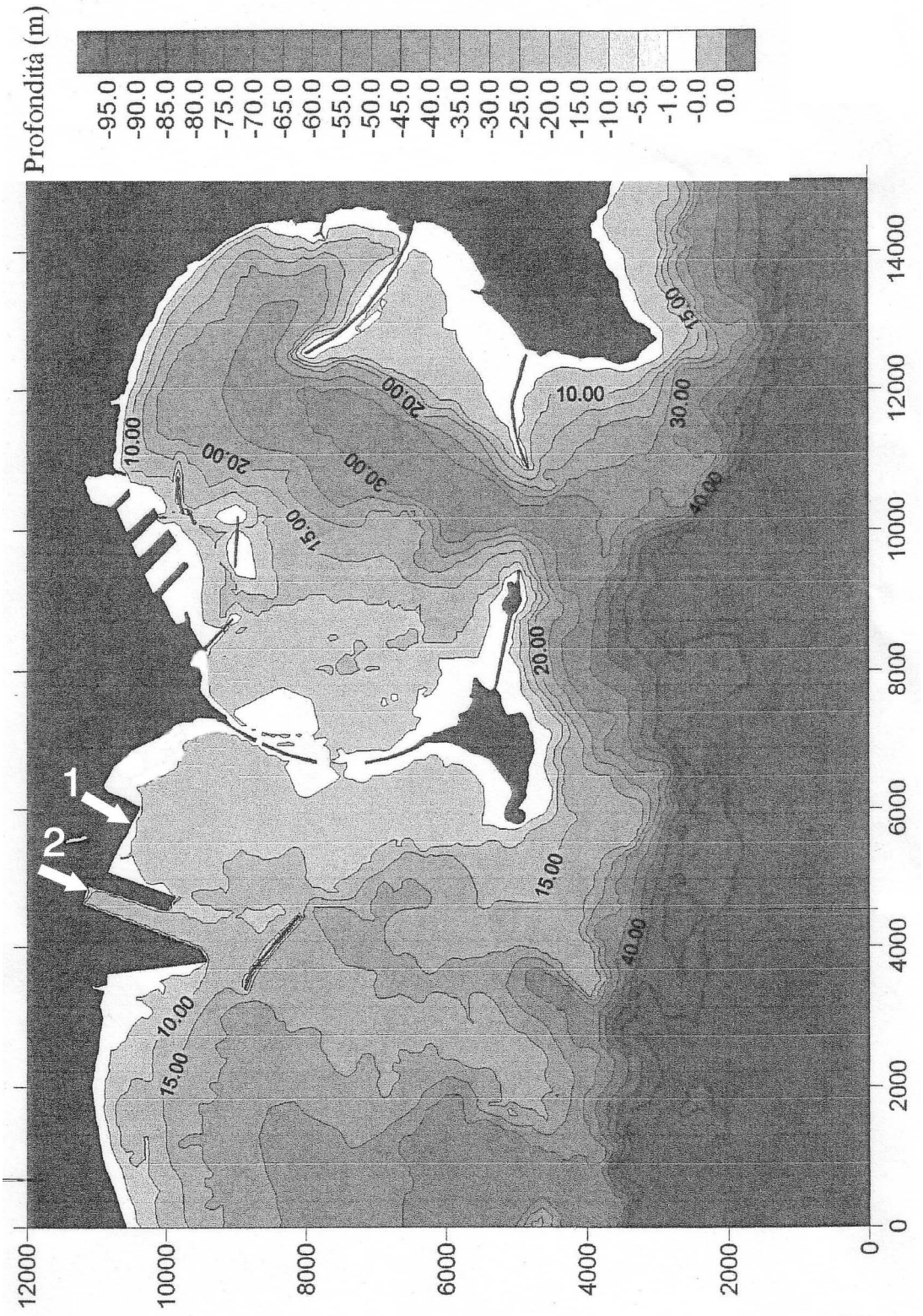


Fig 2.3: Batimetria della zona nei pressi del Porto di Taranto. Gli scarichi ILVA sono indicati dalle frecce bianche

3. DATI METEO-CLIMATICI

3.1 Regime dei venti

La conoscenza delle condizioni anemologiche, cioè della distribuzione di frequenza della velocità e direzione del vento è di grande importanza in quanto influenza in maniera determinante la diffusione in mare delle acque di scarico trattate provenienti dallo stabilimento dell'ILVA. Di seguito saranno presi in considerazione i dati rivelati dalle stazioni meteorologiche più vicine, in particolare la stazione di Taranto dell'Aeronautica Militare (indicativo OMM 16330, Lat 40 ° 28', Long 17° 16' altezza sul livello del mare di 17 m, periodo di osservazione 1951-1967), situata vicino alla costa. I dati sono stati raccolti ogni 3 ore per direzione e velocità del vento, temperatura, umidità relativa, radiazione solare, precipitazioni, nebbia, nuvolosità totale, pressione. Da questa serie di dati vengono estratte le opportune statistiche come ad esempio la distribuzione congiunta di velocità e direzione del vento per le varie stagioni e per le varie classi di stabilità. Nelle figure 3.1-3.5 sono riportate le rose dei venti per la stazione meteorologica di Taranto determinate su base annua e stagionale.

Nella figura 3.6 è riportato l'istogramma relativo alla distribuzione delle frequenze annuali del vento in funzione della direzione e della classe di velocità. Si può notare come le calme siano presenti per oltre 20% dell'anno, la frequenza dei venti sotto i 4 nodi è circa il 24%, mentre la frequenza del vento con intensità superiore ai 13 nodi è poco più del 16%. La direzione più frequente risulta essere il N con il 13% con il SO ed il NW con poco più del 12%. Gli stessi risultati sono riportati in tabella 3.1.

Le distribuzioni delle frequenze stagionali sono riportate nelle figure 3.6, 3.7, da cui si evince che la frequenza di condizioni di calma o di vento debole sono fra il 40% ed il 50% e

quella dei venti >13 nodi sono fra il 13% ed il 22%. Questo dato denota una certa uniformità durante l'anno della velocità del vento.

In inverno la direzione prevalente è NO con il 16,5%. Invece in primavera ed estate predominano le brezze da SO con frequenze rispettivamente del 13,9% e del 16,8%. Infine in autunno la direzione prevalente è da E con il 15% dei casi.

Nelle tabelle 3.4 sono riportati i valori annuali e stagionali della persistenza della direzione del vento, da cui risulta che su base annua la direzione N ha la maggior persistenza (75 ore con 16 nodi di velocità media), il S (69 ore con 13 ore di velocità media) ed E (66 ore con 9 nodi di velocità media). In inverno la persistenza maggiore (60 ore) si ha per i venti da N, con velocità medie di 11,3 nodi, seguita dai venti di direzione NO, con 51 ore e 8,6 nodi. Invece in primavera la persistenza maggiore si ha con i venti da S (60 ore e 11.7 nodi) seguito dai venti di direzione N (54 ore) e relativamente più intensi (14,5 nodi). La massima persistenza estiva è da N con 75 ore e 16 nodi.

Risultati analoghi sono stati osservati nelle stazioni di S. Vito Pugliese (quota 14 msm, periodo di osservazione di 30 anni, vedi tabella 3.3 e di Policoro (quota 28 msm, periodo 1953-1962, vedi tabella 3.2, posta più a SO lungo il litorale metapontino) che comunque risultano leggermente più ventosi di Taranto data la loro posizione geografica.

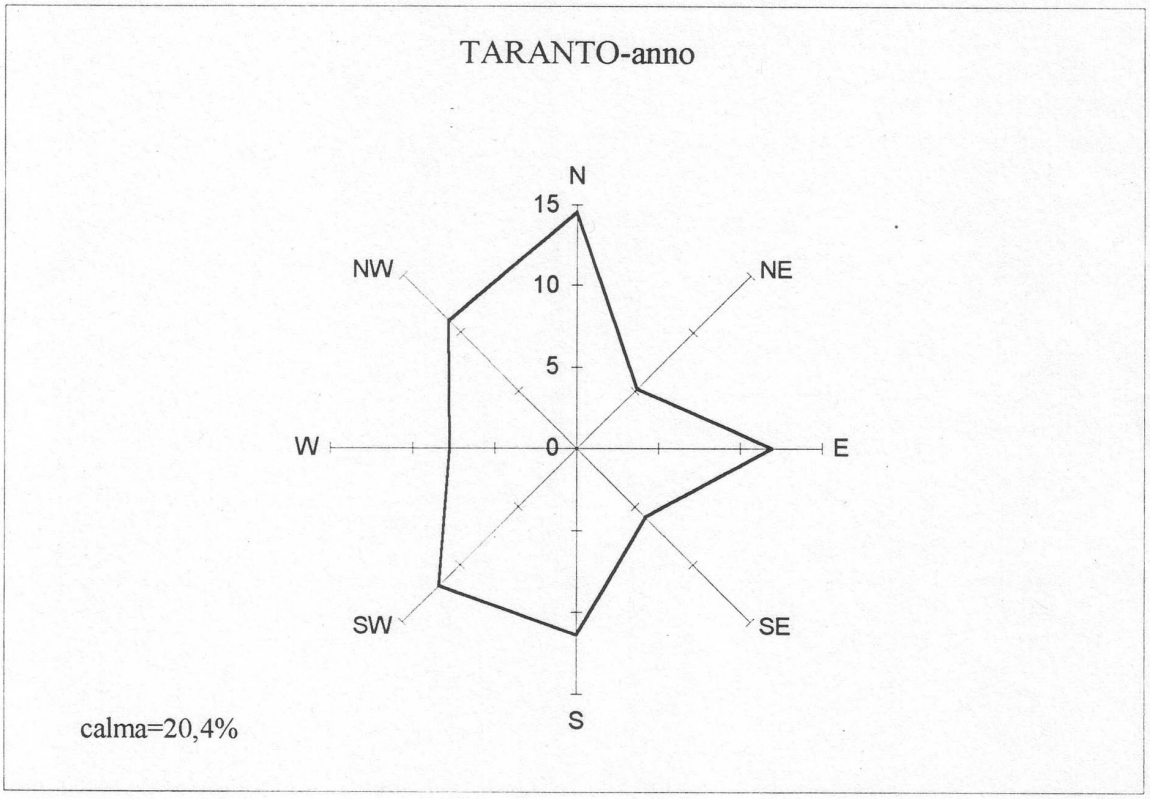


Fig 3.1: Diagramma delle frequenze, su base annua, per le direzioni dei venti considerate. I dati sono stati rilevati dalla stazione di Taranto dell'Aeronautica Militare (indicativo OMM 16330, Lat 40 ° 28', Long 17° 16' altezza sul livello del mare di 17 m, periodo di osservazione 1951-1967).

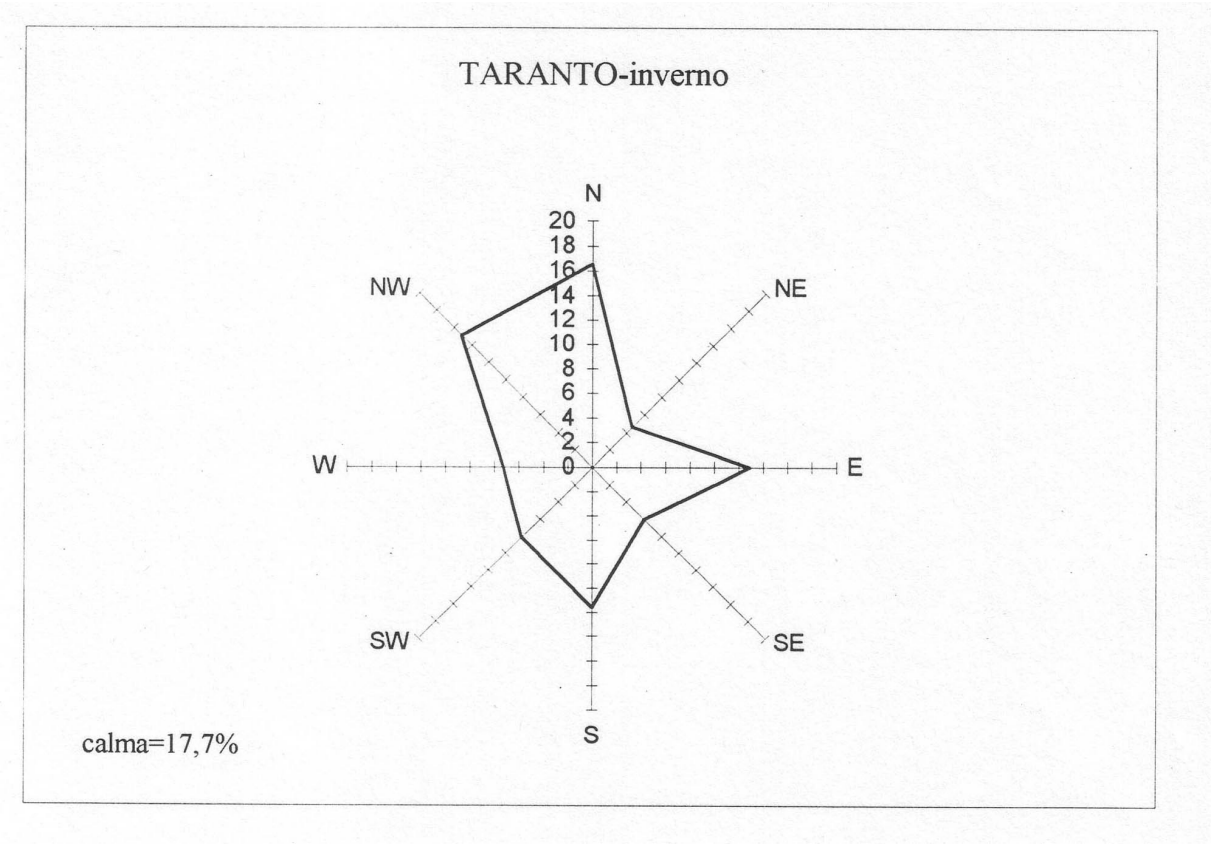


Fig 3.2: Diagramma delle frequenze, per il periodo invernale, della direzione del vento. I dati sono stati rilevati dalla stazione di Taranto dell'Aeronautica Militare (indicativo OMM 16330, Lat 40 ° 28', Long 17° 16' altezza sul livello del mare di 17 m, periodo di osservazione 1951-1967).

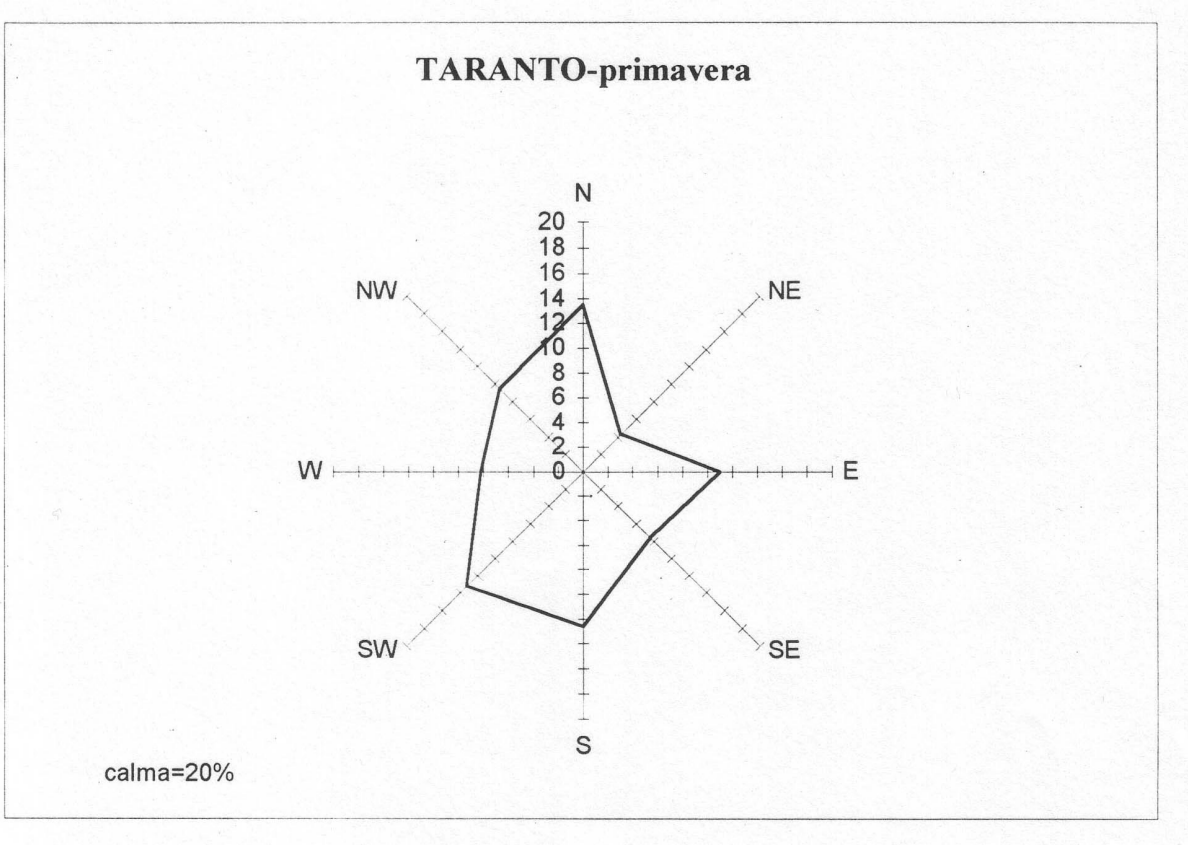


Fig 3.3: Diagramma delle frequenze, per il periodo primaverile, della direzione del vento. I dati sono stati rilevati dalla stazione di Taranto dell'Aeronautica Militare (indicativo OMM 16330, Lat 40 ° 28', Long 17° 16' altezza sul livello del mare di 17 m, periodo di osservazione 1951-1967).

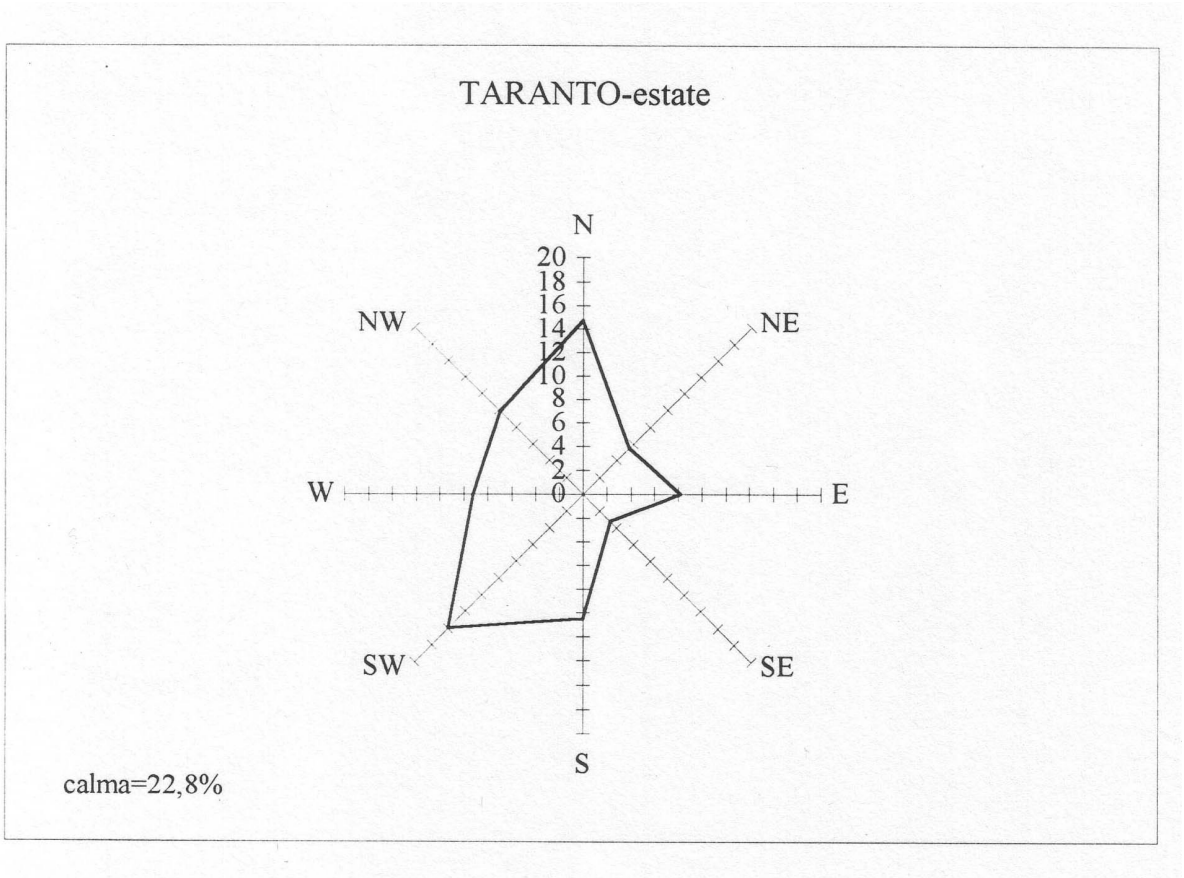


Fig 3.4: Diagramma delle frequenze, per il periodo estivo, della direzione del vento. I dati sono stati rilevati dalla stazione di Taranto dell'Aeronautica Militare (indicativo OMM 16330, Lat 40 ° 28', Long 17° 16' altezza sul livello del mare di 17 m, periodo di osservazione 1951-1967).

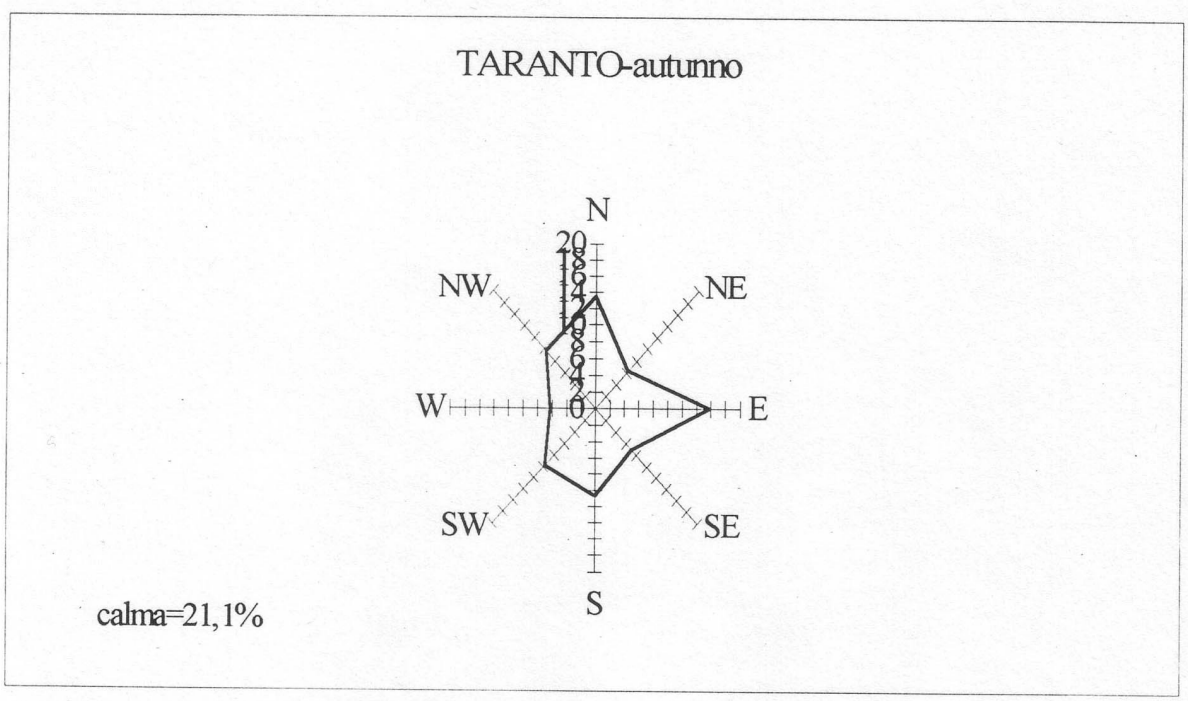


Fig 3.5: Diagramma delle frequenze, per il periodo autunnale, della direzione del vento. I dati sono stati rilevati dalla stazione di Taranto dell'Aeronautica Militare (indicativo OMM 16330, Lat 40 ° 28', Long 17° 16' altezza sul livello del mare di 17 m, periodo di osservazione 1951-1967).

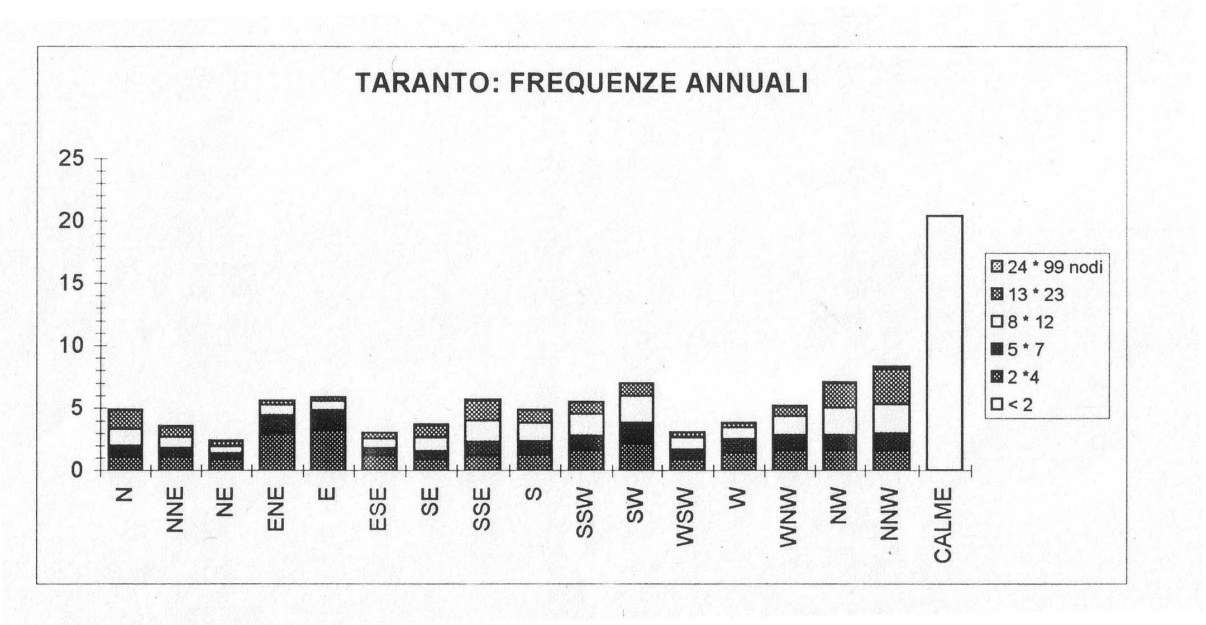
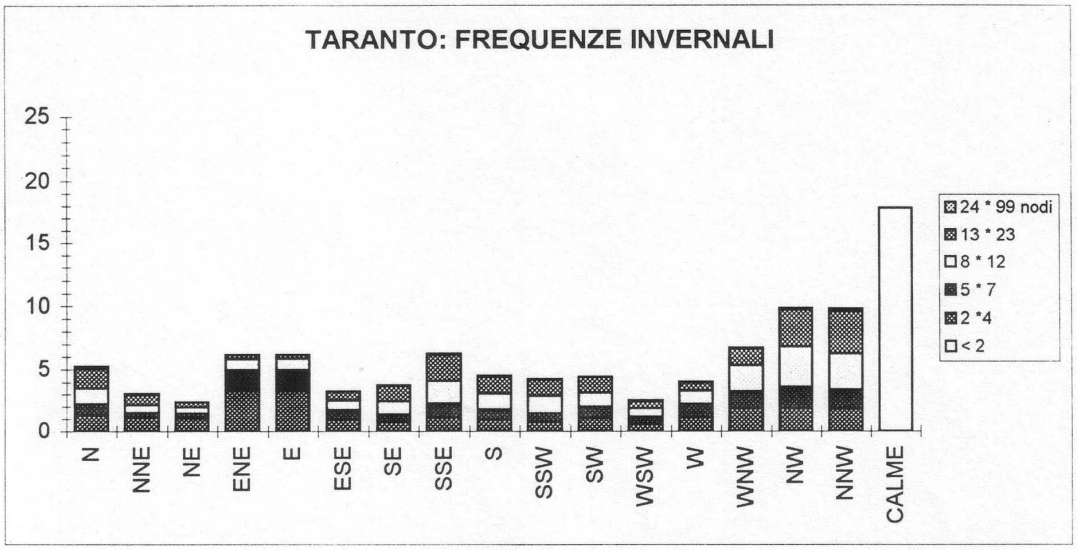


Fig 3.6: Istogramma delle frequenze, su base annua, della direzione del vento e della classe di velocità. I dati sono stati rilevati dalla stazione di Taranto dell'Aeronautica Militare (indicativo OMM 16330, Lat 40 ° 28', Long 17° 16' altezza sul livello del mare di 17 m, periodo di osservazione 1951-1967).



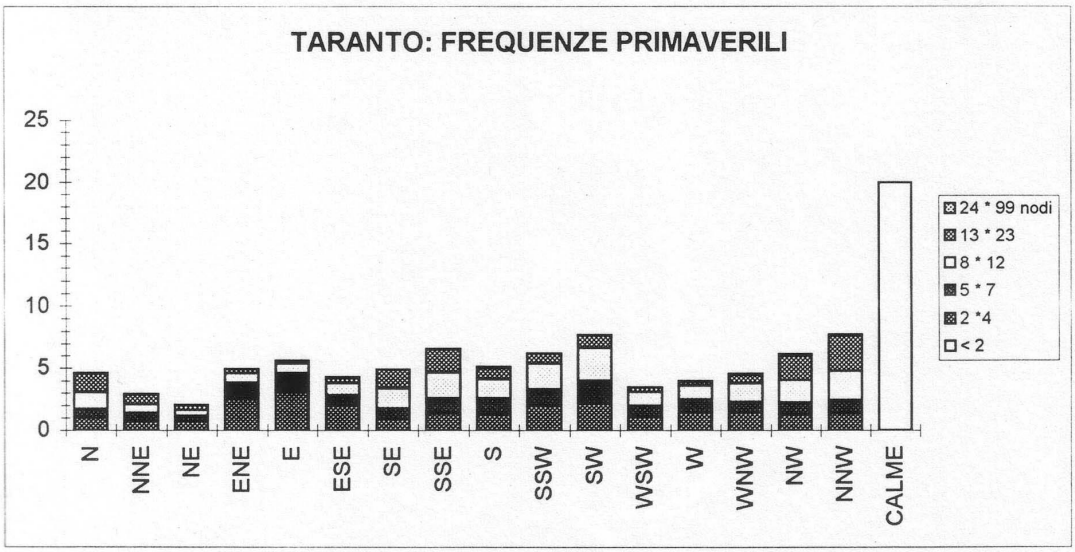
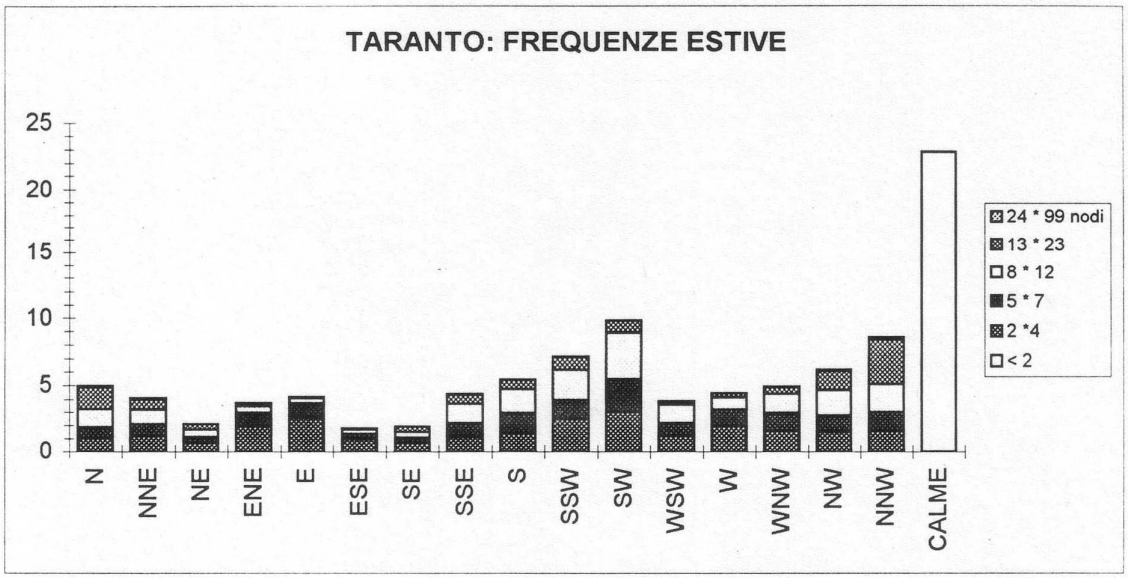


Fig 3.7: Istogrammi delle frequenze, invernale e primaverile, della direzione del vento e della classe di velocità. I dati sono stati rilevati dalla stazione di Taranto dell'Aeronautica Militare (indicativo OMM 16330, Lat 40 ° 28', Long 17° 16' altezza sul livello del mare di 17 m, periodo di osservazione 1951-1967).



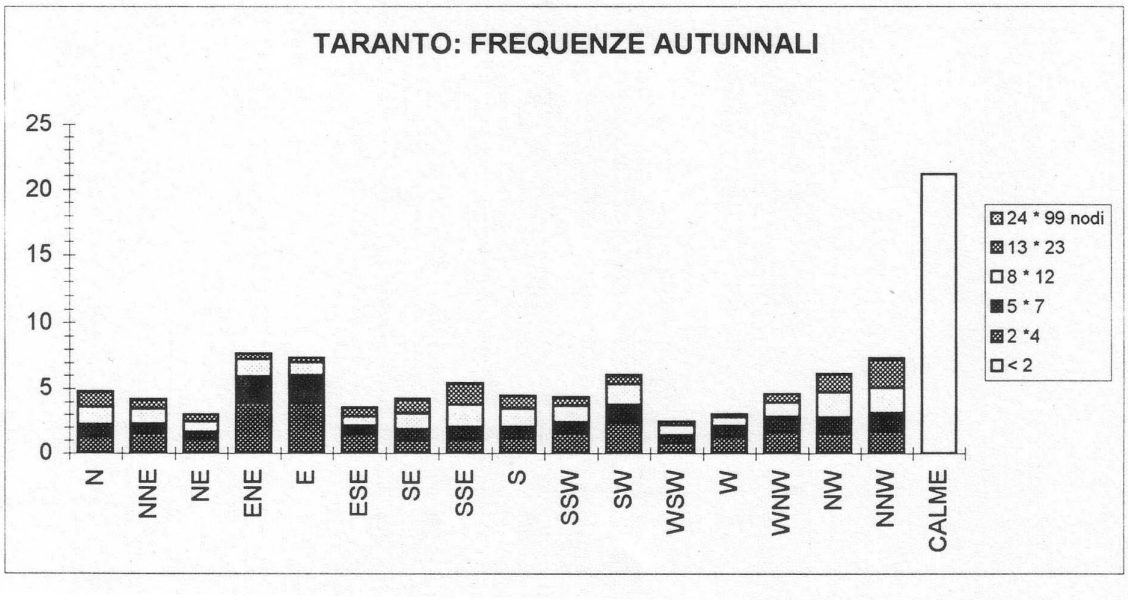


Fig 3.8: Istogramma delle frequenze, estive ed autunnali, della direzione del vento e della classe di velocità. I dati sono stati rilevati dalla stazione di Taranto dell'Aeronautica Militare (indicativo OMM 16330, Lat 40 ° 28', Long 17° 16' altezza sul livello del mare di 17 m, periodo di osservazione 1951-1967).

Tabella 3.1:

Distribuzione millesimale della velocità del vento a 10 m su base annua per direzione di provenienza registrate a Taranto.

Direzione	velocità del vento a 10 m [m s-1]						
	<1,0	1/2,5	2,5/4,0	4,0/6,5	6,5/12,0	<12,0	TOT
0,0-22,5		11,43	8,58	13,38	14,75	0,83	48,97
22,5-45,0		11,46	6,69	8,97	7,91	0,37	35,40
45,0-67,5		8,93	4,47	5,92	4,25	0,10	23,67
67,5-90,0		29,66	14,62	8,55	3,06	0,04	55,93
90,0-112,5		32,23	15,88	7,68	2,43	0,04	58,26
112,5-135,0		11,49	6,86	6,96	4,81	0,21	30,33
135,0-157,5		8,62	6,54	11,04	10,32	0,40	36,92
157,5-180,0		11,63	11,09	17,64	15,77	0,53	56,66
180,0-202,5		11,98	11,42	15,16	9,75	0,37	48,68
202,5-225,0		16,95	11,01	17,24	9,57	0,12	54,89
225,0-247,5		21,67	16,69	21,85	9,50	0,25	69,96
247,5-270,0		9,17	7,63	9,97	3,89	0,13	30,79
270,0-292,5		14,66	10,34	9,47	4,06	0,17	38,70
292,5-315,0		16,16	12,21	15,21	7,94	0,37	51,89
315,0-337,5		15,43	13,03	22,15	19,17	1,16	70,94
337,5-360,0		16,24	13,74	23,24	28,44	1,92	83,58
variabili		0,00	0,04	0,00	0,02	0,00	0,06
totale	204,36	247,71	170,84	214,43	155,64	7,01	1000,00

Fonte; Stazione meteorologica A.M. di Taranto, Lat. 40°28', Long. 17°16', Alt 17 m s.l.m.
(periodo gennaio 1951-dicembre 1977)

Tabella 3.2:

Distribuzione millesimale della velocità del vento a 10 m su base annua per direzione di provenienza registrate a Policoro.

Direzione	velocità del vento a 10 m [nodi (1 nodo=0,514 m s-1)]						
	0/1	2/4	5/7	8/12	13/23	24/99	TOT
0,0-22,5		7,35	13,12	17,94	7,23	0,86	46,50
22,5-45,0		1,50	1,40	3,13	2,12	0,29	8,44
45,0-67,5		14,43	31,50	35,62	4,12	0,14	85,81
67,5-90,0		7,33	12,06	10,45	1,82	0,05	31,71
90,0-112,5		7,29	12,11	10,45	1,82	0,05	31,72
112,5-135,0		1,39	1,29	1,00	0,29	0,10	4,07
135,0-157,5		30,59	48,61	41,42	9,06	1,02	130,70
157,5-180,0		10,40	11,51	5,78	0,60	0,08	28,37
180,0-202,5		10,44	11,54	5,78	0,60	0,04	28,40
202,5-225,0		3,03	3,27	2,44	0,53	0,05	9,32
225,0-247,5		14,86	20,10	14,86	6,67	0,43	56,92
247,5-270,0		7,24	10,61	14,89	6,58	0,58	39,90
270,0-292,5		7,19	10,57	14,84	6,59	0,58	39,77
292,5-315,0		1,73	2,68	8,92	11,22	1,05	25,60
315,0-337,5		27,81	56,62	100,16	40,32	4,03	228,94
337,5-360,0		7,31	13,14	17,94	7,19	0,86	46,44
totale	157,39	159,89	260,13	305,62	106,76	10,21	1000,00

Fonte; Stazione meteorologica A.M. di Policoro, Lat. 40°13', Long. 16°41', Alt 28 m s.l.m. (periodo gennaio 1953-agosto 1962)

Tabella 3.3:

Distribuzione millesimale della velocità del vento a 10 m su base annua per direzione di provenienza registrate a S. Vito Pugliese.

direzione	velocità del vento a 10 m [nodi (1 nodo=0,514 m s-1)]					
	0/1	2/6	7/16	17/27	28/99	TOT
0,0-22,5		29,3	57,8	24,5	3,8	115,4
22,5-67,5		29,8	30,0	4,0	0,8	64,6
67,5-112,5		19,0	16,0	4,5	0,5	40,0
112,5-157,5		30,0	67,5	32,5	9,5	139,5
157,5-202,5		44,0	84,0	27,0	6,0	161,0
202,5-247,5		27,0	37,0	14,5	2,0	80,5
247,5-292,5		32,5	41,4	14,0	3,1	91,0
292,5-337,5		37,5	75,5	45,0	10,0	168,0
totale	140,0	249,1	409,2	166,0	35,7	1000,0

Fonte; Stazione semaforica M.M. di S. Vito Pugliese, Lat. 40°25', Long. 17°12', Alt. 14 m s.l.m. (periodo 1930-1963)

Tab 3.4: Dati sulla persistenza del vento su base annua e quelle stagionali. I dati sono stati rilevati dalla stazione di Taranto dell'Aeronautica Militare (indicativo OMM 16330, Lat 40 ° 28', Long 17° 16' altezza sul livello del mare di 17 m, periodo di osservazione 1951-1967).

ELABORAZIONE DI DATI METEOROLOGICI - COLLABORAZIONE SERVIZIO METEOROLOGICO A.M.-ENEL

STAZIONE METEOROLOGICA A.M. 330 - TARANTO - LAT.40 28 LONG. 17 16 ALT. 17 M.

PERIODO DI OSSERVAZIONE DAL 1/1951 AL 12/1967

PERSISTENZE DELLA DIREZIONE DEL VENTO

FREQUENZE CUMULATE ANNUALI (‰)
VELOCITA' MEDIA DEL VENTO PER CIASCUNA PERSISTENZA (NODI)

ORE DI PERSISTENZA	0 - 1 NODO	SETTORI N 335 - 25	NE 25 - 65	E 65 -115	SE 115 -155	S 155 -205	SW 205 -245	W 245 -295	NW 295 -335
3	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
		7.34	6.85	5.04	6.53	7.52	7.00	6.64	7.13
6	755.44	789.39	531.60	718.40	597.03	731.63	672.24	457.22	668.71
		9.30	8.39	5.04	8.36	8.39	7.47	7.37	8.04
9	561.24	623.46	300.95	484.63	382.25	494.57	341.52	196.26	458.66
		10.33	8.85	5.02	8.72	9.14	7.95	7.77	8.95
12	421.03	478.37	158.77	313.19	275.55	322.48	157.00	90.37	300.56
		11.47	11.30	5.13	9.48	9.43	8.67	9.48	10.02
15	298.95	364.35	90.84	164.02	199.59	220.41	63.60	44.39	191.06
		11.31	8.55	5.41	10.25	10.09	11.58	9.15	10.46
18	167.51	251.60	47.39	99.27	146.06	162.50	33.11	22.99	136.13
		11.66	12.58	7.10	11.59	10.85	12.11	9.60	11.12
21	70.21	194.58	23.70	48.52	114.99	135.36	21.61	10.16	90.32
		11.86	11.23	6.79	13.98	12.52	12.06	5.36	12.77
24	46.94	141.97	9.87	37.64	93.23	99.89	13.07	6.42	68.16
		12.54	14.63	9.11	13.80	13.51	7.63	0.0	10.12
27	34.05	109.06	3.55	27.97	65.61	85.41	11.67	6.42	45.81
		11.96	13.22	11.02	13.38	13.09	14.86	15.11	16.00
30	32.23	78.43	0.0	18.65	37.64	64.24	5.40	4.01	30.73
		13.77	0.0	8.40	0.0	12.25	13.45	0.0	16.83
33	28.20	52.90	0.0	11.74	37.64	49.76	1.92	4.01	25.14
		12.02	0.0	8.24	12.55	13.85	12.36	0.0	12.09
MAGG. 33	25.99	43.54	0.0	6.04	30.04	43.79	0.0	4.01	21.04
		14.14	0.0	8.29	16.11	13.86	0.0	12.13	13.24
MASSIMA PERSISTENZA (ORE-NODI)	69.00	75.00	27.00	66.00	51.00	69.00	33.00	45.00	51.00
		16.36	13.22	9.14	16.03	13.13	12.36	12.13	8.65
N. OSSERV.	9928	7051	2532	5792	2896	5526	5739	3740	5370
FREQUENZE SEMPLICI (‰)	204.38	145.15	52.12	119.23	59.62	113.76	118.14	76.99	110.55

ELABORAZIONE DI DATI METEOROLOGICI - COLLABORAZIONE SERVIZIO METEOROLOGICO A.M.-ENEL

STAZIONE METEOROLOGICA A.M. 330 - TARANTO - LAT.40 28 LONG. 17 16 ALT. 17 M.

PERIODO DI OSSERVAZIONE DAL 1/1951 AL 12/1967

PERSISTENZE DELLA DIREZIONE DEL VENTO

FREQUENZE CUMULATE STAGIONALI ('/..) DIC-GEN-FEB
VELOCITA' MEDIA DEL VENTO PER CIASCUNA PERSISTENZA (NODI)

ORE DI PERSISTENZA	0 - 1 NODO	SETTORI N 335 - 25	NE 25 - 65	E 65 -115	SE 115 -155	S 155 -205	SW 205 -245	W 245 -295	NW 295 -335
3	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
		7.61	6.76	4.98	6.89	7.51	7.37	7.42	7.79
6	745.55	813.98	520.65	771.35	623.47	769.61	625.00	513.86	734.03
		9.97	7.58	4.93	8.59	9.35	9.62	8.70	8.61
9	557.17	649.07	305.21	538.86	427.01	598.43	358.61	264.43	530.29
		10.35	8.84	5.41	11.40	10.01	10.73	9.01	9.97
12	406.75	501.26	170.56	365.45	324.69	478.60	247.95	150.12	389.87
		11.28	11.90	5.59	10.52	11.33	12.48	11.02	9.47
15	322.40	394.67	98.74	216.44	259.21	398.72	149.59	99.31	268.72
		10.19	13.75	4.49	12.71	10.80	13.00	8.12	9.97
18	212.28	281.55	62.84	145.79	197.82	305.99	103.48	70.44	202.64
		11.21	19.92	6.64	12.50	11.11	13.17	10.67	10.19
21	150.42	233.28	41.29	61.01	148.70	241.80	85.04	35.80	146.48
		12.16	10.71	5.05	15.21	12.18	12.97	5.00	12.27
24	120.90	169.93	28.73	47.53	129.60	181.88	49.18	27.71	107.93
		12.22	14.63	10.25	13.79	13.48	0.0	0.0	8.80
27	90.91	137.76	0.0	32.11	64.12	141.94	49.18	27.71	72.69
		11.40	0.0	12.44	11.69	12.49	14.81	15.11	14.61
30	82.47	115.13	0.0	20.55	15.01	109.84	21.52	17.32	42.95
		13.27	0.0	9.60	0.0	14.97	14.90	0.0	14.70
33	68.42	74.91	0.0	14.13	15.01	88.45	11.27	17.32	37.44
		13.23	0.0	8.14	8.91	13.85	12.36	0.0	15.09
MAGG. 33	58.11	63.85	0.0	0.0	0.0	64.91	0.0	17.32	31.39
		14.22	0.0	0.0	0.0	11.88	0.0	12.13	11.53
MASSIMA PERSISTENZA (ORE-NODI)	54.00	60.00	24.00	33.00	33.00	42.00	33.00	45.00	51.00
		11.30	14.63	8.14	8.91	12.89	12.36	12.13	8.65
N. OSSERV.	2134	1989	557	1557	733	1402	976	866	1816
FREQUENZE SEMPLICI ('/..)	177.38	165.32	46.30	129.42	60.93	116.53	81.12	71.98	150.94

ELABORAZIONE DI DATI METEOROLOGICI - COLLABORAZIONE SERVIZIO METEOROLOGICO A.M.-ENEL

STAZIONE METEOROLOGICA A.M. 330 - TARANTO - LAT.40 28 LONG. 17 16 ALT. 17 M.

PERIODO DI OSSERVAZIONE DAL 1/1951 AL 12/1967

PERSISTENZE DELLA DIREZIONE DEL VENTO

FREQUENZE CUMULATE STAGIONALI ('/..) MAR-APR-MAG
VELOCITA' MEDIA DEL VENTO PER CIASCUNA PERSISTENZA (NODI)

ORE DI PERSISTENZA	0 - 1 NODO	SETTORI N 335 - 25	NE 25 - 65	E 65 -115	SE 115 -155	S 155 -205	SW 205 -245	W 245 -295	NW 295 -335
3	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
		7.43	6.95	5.28	6.68	7.68	7.22	6.69	7.45
6	764.85	790.40	534.09	697.99	629.43	734.42	685.84	482.52	654.34
		9.75	8.25	5.04	8.62	8.60	7.46	7.10	8.05
9	564.11	638.52	306.82	465.32	412.46	505.84	365.49	198.80	463.46
		10.59	9.22	5.25	9.08	9.14	7.96	7.80	8.58
12	427.69	494.53	176.14	290.83	309.34	299.35	165.12	78.92	306.10
		12.51	15.35	5.10	8.56	8.39	8.62	8.94	11.09
15	290.04	392.47	100.38	93.96	236.31	182.47	73.59	26.97	175.41
		12.05	6.72	6.72	8.57	8.65	10.83	12.53	13.16
18	152.81	270.96	53.03	34.30	198.71	127.27	36.49	11.99	132.42
		10.42	8.25	8.08	11.27	14.78	9.17	9.83	12.88
21	42.20	219.93	30.30	25.35	166.49	115.58	25.36	0.0	91.14
		12.18	11.71	9.00	14.31	12.77	9.79	0.0	11.14
24	22.12	185.91	17.05	14.91	128.89	79.22	16.70	0.0	67.07
		12.75	0.0	0.0	10.31	14.75	7.63	0.0	12.67
27	18.84	137.30	17.05	14.91	111.71	68.83	11.75	0.0	46.43
		12.05	13.22	9.22	13.64	13.75	15.00	0.0	19.56
30	18.84	88.09	0.0	8.20	73.04	45.45	6.18	0.0	30.95
		13.61	0.0	0.0	0.0	0.0	12.00	0.0	17.90
33	14.75	45.57	0.0	8.20	73.04	45.45	0.0	0.0	13.76
		12.18	0.0	8.45	16.18	0.0	0.0	0.0	0.0
MAGG. 33	14.75	38.88	0.0	0.0	61.22	45.45	0.0	0.0	13.76
		13.94	0.0	0.0	15.14	15.44	0.0	0.0	18.44
MASSIMA PERSISTENZA (ORE-NODI)	69.00	54.00	27.00	33.00	51.00	60.00	30.00	18.00	48.00
		14.50	13.22	8.45	14.41	11.75	12.00	9.83	18.44
N. OSSERV.	2441	1646	528	1341	931	1540	1617	1001	1163
FREQUENZE SEMPLICI ('/..)	199.95	134.83	43.25	109.85	76.26	126.15	132.45	82.00	95.27

ELABORAZIONE DI DATI METEOROLOGICI - COLLABORAZIONE SERVIZIO METEOROLOGICO A.M.-ENEL

STAZIONE METEOROLOGICA A.M. 330 - TARANTO - LAT.40 28 LONG. 17 16 ALT. 17 M.

PERIODO DI OSSERVAZIONE DAL 1/1951 AL 12/1967

PERSISTENZE DELLA DIREZIONE DEL VENTO

FREQUENZE CUMULATE STAGIONALI ('/..) GIU-LUG-AGO
VELOCITA' MEDIA DEL VENTO PER CIASCUNA PERSISTENZA (NODI)

ORE DI PERSISTENZA	0 - 1 NODO	SETTORI N 335 - 25	NE 25 - 65	E 65 -115	SE 115 -155	S 155 -205	SW 205 -245	W 245 -295	NW 295 -335
3	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
		7.55	7.08	5.16	6.11	7.44	6.75	6.31	6.83
6	765.51	777.28	519.23	579.16	447.30	696.12	702.25	409.78	586.63
		9.45	8.75	5.13	6.87	7.98	7.52	6.78	7.95
9	558.98	615.81	288.46	290.58	246.79	365.89	370.28	152.00	342.41
		9.80	9.84	4.05	6.94	8.56	7.15	7.19	8.67
12	425.60	478.84	142.01	98.20	123.39	149.61	137.39	42.67	159.24
		12.37	9.09	4.97	7.61	7.44	7.10	6.36	10.31
15	267.84	340.76	76.92	10.02	51.41	41.09	18.90	17.78	80.03
		11.30	7.22	5.10	6.70	9.07	10.68	8.70	10.85
18	129.80	229.40	17.75	0.0	0.0	17.83	6.13	0.0	47.03
		13.03	10.83	0.0	0.0	7.83	12.42	0.0	12.98
21	28.68	162.58	0.0	0.0	0.0	13.18	0.0	0.0	7.43
		14.10	0.0	0.0	0.0	16.71	0.0	0.0	0.0
24	11.12	115.81	0.0	0.0	0.0	7.75	0.0	0.0	7.43
		12.48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
27	11.12	84.63	0.0	0.0	0.0	7.75	0.0	0.0	7.43
		14.64	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.22
30	11.12	64.59	0.0	0.0	0.0	7.75	0.0	0.0	0.0
		15.43	0.0	0.0	0.0	4.70	0.0	0.0	0.0
33	11.12	47.88	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		13.09	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MAGG. 33	11.12	41.76	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		14.01	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
MASSIMA PERSISTENZA (ORE-NODI)	51.00	75.00	18.00	15.00	15.00	30.00	18.00	15.00	27.00
		16.36	10.83	5.10	6.70	4.70	12.42	8.70	17.22
N. OSSERV.	2789	1796	676	998	389	1290	1958	1125	1212
FREQUENZE SEMPLICI ('/..)	227.97	146.80	55.26	81.58	31.80	105.44	160.05	91.96	99.07

ELABORAZIONE DI DATI METEOROLOGICI - COLLABORAZIONE SERVIZIO METEOROLOGICO A.M.-ENEL

STAZIONE METEOROLOGICA A.M. 330 - TARANTO - LAT.40 28 LONG. 17 16 ALT. 17 M.

PERIODO DI OSSERVAZIONE DAL 1/1951 AL 12/1967

PERSISTENZE DELLA DIREZIONE DEL VENTO

FREQUENZE CUMULATE STAGIONALI ('/..) SET-OTT-NOV
VELOCITA' MEDIA DEL VENTO PER CIASCUNA PERSISTENZA (NODI)

ORE DI PERSISTENZA	0 - 1 NODO	SETTORI N 335 - 25	NE 25 - 65	E 65 -115	SE 115 -155	S 155 -205	SW 205 -245	W 245 -295	NW 295 -335
3	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00	1000.00
		6.75	6.64	4.77	6.34	7.42	6.75	6.30	6.37
6	743.76	771.60	548.64	762.66	607.35	722.57	643.10	429.14	666.67
		8.07	8.69	5.07	8.52	7.96	6.22	7.14	7.27
9	564.35	585.19	304.80	555.91	372.48	496.91	247.47	180.48	463.10
		10.58	7.79	5.09	7.04	9.23	8.29	6.72	8.24
12	421.61	433.33	153.05	399.25	265.72	353.17	103.54	108.29	302.80
		9.44	9.46	4.83	10.33	11.34	8.75	10.48	9.45
15	321.76	324.69	90.79	251.58	175.56	251.16	53.03	44.12	201.02
		12.05	8.32	5.41	10.60	10.92	11.67	8.35	9.39
18	185.26	219.75	58.37	159.28	110.32	193.20	15.15	17.38	128.92
		11.48	11.96	7.43	10.63	8.72	13.78	3.83	9.48
21	75.27	156.79	27.24	80.17	81.85	165.38	0.0	9.36	88.21
		9.55	11.24	7.00	11.93	12.20	0.0	5.71	16.62
24	47.97	91.98	0.0	65.40	65.24	127.51	0.0	0.0	70.40
		12.75	0.0	8.25	17.31	11.25	0.0	0.0	10.84
27	26.13	72.22	0.0	48.52	46.26	121.33	0.0	0.0	43.26
		10.50	0.0	10.67	19.11	13.17	0.0	0.0	0.0
30	26.13	38.89	0.0	34.28	35.59	93.51	0.0	0.0	43.26
		0.0	0.0	8.00	0.0	12.10	0.0	0.0	0.0
33	26.13	38.89	0.0	18.46	35.59	62.60	0.0	0.0	43.26
		10.18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.09
MAGG. 33	26.13	25.31	0.0	18.46	35.59	62.60	0.0	0.0	33.93
		14.44	0.0	8.29	17.97	14.72	0.0	0.0	13.60
MASSIMA PERSISTENZA (ORE-NODI)	45.00	48.00	21.00	66.00	51.00	69.00	18.00	21.00	48.00
		13.63	11.24	9.14	17.65	13.13	13.78	5.71	13.31
N. OSSERV.	2564	1620	771	1896	843	1294	1188	748	1179
FREQUENZE SEMPLICI ('/..)	211.83	133.84	63.70	156.64	69.65	106.91	98.15	61.80	97.41

3.2 Moto ondoso

Uno dei fattori che può influenzare in maniera macroscopica la dispersione degli scarichi in mare è il moto ondoso prodotto dai venti. Bisogna distinguere le due direzioni principali (con la frequenza più alta) da cui proviene il vento nella zona di scarico. Nel caso del sito di interesse, i venti dominanti sono da N-NO (vedi paragrafo precedente) e che si manifestano con forza maggiore. L'effetto di questo vento sul moto ondoso vicino la costa è positivo, perché, provenendo da terra, produce correnti che si allontanano dalla costa favorendo la dispersione degli scarichi.

La seconda direzione dominante è S-SO. Questi venti creano un moto ondoso che si infrange sulla costa e ostacolano la dispersione degli scarichi. Bisogna dire che la velocità tipica di questi venti non è molto alta e la persistenza relativamente bassa, soprattutto per venti forti. Da tali dati si può affermare che nella zona degli scarichi ILVA il moto ondoso ha effetti apprezzabili solo per periodi di tempo molto limitati e quindi può essere trascurato in questo studio.

3.3 Livello marino

Le variazioni statistiche del livello marino sono causate principalmente da effetti di marea. Nel Mar Mediterraneo in generale, e soprattutto nel Golfo di Taranto le escursioni di marea sono di fatto modeste. La componente oscillatoria meglio conosciuta è quella astronomica, prodotta dall'attrazione combinata di Luna (70%) e Sole (30%). Le ampiezze e le frequenze delle maree sono note con estrema precisione. Infatti le maree hanno un periodo di circa 12 ore con due alte maree e due basse maree al giorno di ampiezze diverse. Esiste per altro una periodicità bisettimanale legata alla posizione relativa Luna-Sole. I massimi dislivelli si

verificano nelle fasi di luna piena o nuova. In ogni caso i dislivelli nella zona di Taranto sono intorno ai 10-20 cm.

Le maree meteorologiche possono presentare effetti analoghi poiché per ogni millibar di variazione rispetto alla pressione standard (1013 mBar) il livello del mare cambia di 1 cm. In condizioni estreme può aversi un dislivello dovuto alle maree meteorologiche di 27 cm. Bisogna però notare la stabilità meteorologica della zona, per cui le condizioni estreme sono raramente incontrate.

Anche la variazione del livello marino dovuta al vento è trascurabile essendo di circa 4 cm nelle condizioni peggiori. Altri effetti secondari possono essere dovuti a variazioni di densità (Max 5 cm).

3.4 Correnti

La circolazione del Golfo è prevalentemente ciclonica con valori medi non molto elevati e con alta variabilità (vedi Fig 3.9). La circolazione generale riveste una particolare importanza nei processi di diluizione e dispersione dei materiali fini, sia per lo smistamento delle particelle terrigene sottili, sia dei contaminanti ed anche dei floculati.

Del Golfo di Taranto, che è un bacino semichiuso facente parte del mar Ionio, sono abbastanza conosciute le caratteristiche idrologiche e idrodinamiche, la temperatura, la densità, nonché le caratteristiche della circolazione su scala stagionale. Nel Golfo tende a costituirsi una circolazione chiusa durante il periodo estivo, che poi in inverno tende ad aprirsi per l'apporto delle correnti ioniche ed adriatiche. La velocità della correnti stabili è di circa un nodo. Da ciò si può concludere che le correnti generali, teoricamente, dovrebbero tutelare la qualità delle acque marine del tratto di costa al meridione di Taranto.

Insieme alle correnti generali presenti nel golfo si possono presentare, sotto costa, delle correnti dovute alla presenza del vento. Viste le condizioni tipiche del mare, la presenza di forti venti è poco frequente, riducendo l'importanza delle onde, mentre velocità più basse presentano frequenze più alte. Si ricordi che la condizione di calma presenta la massima percentuale di frequenza (vedi paragrafo 3.1). Questo induce la presenza di deboli correnti, prevalentemente superficiali, approssimativamente nella direzione del vento.

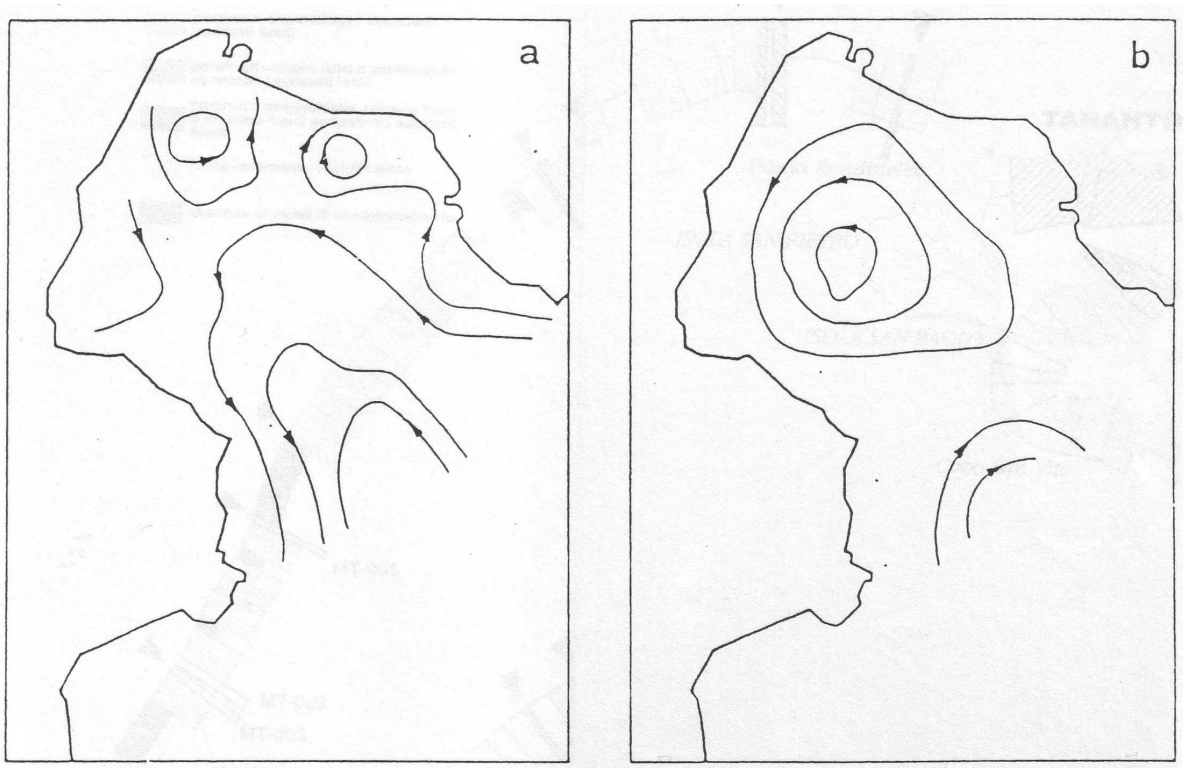


Fig 3.9: Circolazione superficiale relativa ad aprile 1983[a] e settembre 1984[b]

4. CARATTERISTICHE DEGLI SCARICHI

Gli scarichi ILVA sono situati a Nord-Ovest di Punta Rondinella come indicato dalle frecce in alcune cartine riportate nel Cap. 2. Il primo scarico (denominato ILVA 1) si trova a circa 2 Km da Punta Rondinella, mentre il secondo scarico (denominato ILVA 2) si trova fra il Molo Ovest ed il Molo Polisettoriale, adiacente al Molo Ovest. In fig. 4.1 è riportata la planimetria dei due scarichi in scala 1 a 5000, mentre in figg. 4.2, 4.3 sono riportati i dettagli dei singoli scarichi. Le portate degli scarichi sono state stimate rispettivamente in 100000 mc/h per lo scarico ILVA 1 e in 45000 mc/h per lo scarico ILVA 2.

La acque di scarico sono analizzate periodicamente dall'ARPA di Taranto ed i dati ci sono stati forniti dall'ILVA. I risultati delle analisi per i due canali per gli ultimi quattro mesi dell'anno 2003 sono stati riportati nelle tabelle 4.1 e 4.2. Come si può rilevare dai risultati analitici riportati in tabella, le concentrazioni degli inquinanti sono in ogni caso molto inferiori ai valori limiti della tabella 3 dell'allegato 5 del D. LGS. 152/99 previsti per le acque di scarico industriale immesse in un corpo idrico superficiale, riportati nell'ultima colonna delle tabelle 4.1 e 4.2. Si noti che quando i valori analitici in tabella riportano il simbolo "<" è da ritenere che il metodo analitico utilizzato ha una sensibilità data dal valore in tabella, per cui il dato riportato potrebbe essere anche molto inferiore al valore riportato. Si noti che la concentrazione dei solidi sospesi totali è al di sotto del metodo analitico e quindi possono essere considerati assenti a tutti gli effetti. Ciò è importante in quanto non si hanno precipitazioni di tali solidi nel mare.

I metalli pesanti presentano generalmente una concentrazione di 50 – 100 volte inferiore al valore limite. Una diluizione in mare di un fattore 100 porterebbe la concentrazione dei metalli immessi a valori difficilmente determinabili,essendo al di sotto del μg/L.

Tab 4.1: Risultati delle analisi della ARPA Puglia, Dipartimento di Taranto, nel periodo settembre-dicembre 2003 sul canale di scarico ILVA 1, confrontati con i valori limite (VL) di emissione in acque superficiali riportati nella tabella 3 dell'allegato 5 del D. LGS. 152/99.

PARAMETRI ANALIZZATI	Unità misura	2003				
		SET	OTT	NOV	DIC	VL
pH		7,84	7,86	7,68	8,07	5,5 - 9,5
Mat. Sosp. Tot	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	≤ 80
BOD_5	mg/l	2,30	2,70	2,10	3,80	≤ 40
Cianuri (CN)	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	≤ 0,5
Cloro attivo (Cl_2)	mg/l	< 0,05	< 0,05	0,06	< 0,05	≤ 0,2
Fluoruri (F)	mg/l	< 0,05	<	N.D.	1,80	≤ 6
Solfuri (H_2S)	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	≤ 1
Fosforo totale (P)	mg/l	< 0,05	< 0,05	N.D.	< 0,05	≤ 10
Azoto ammoniacale (N)	mg/l	2,80	1,80	2,80	7,02	≤ 15
Azoto nitroso (N)	mg/l	0,18	0,15	0,20	< 0,01	≤ 0,6
Azoto nitrico (N)	mg/l	< 0,05	< 0,05	N.D.	< 0,05	≤ 20
Oli minerali	mg/l	< 0,01	< 0,01	1,10	0,12	≤ 5
Fenoli totali (C_6H_5OH)	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	≤ 0,5
Alluminio	mg/l	0,003	0,009	0,014	0,057	≤ 1
Arsenico	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	≤ 0,5
Bario	mg/l	< 0,001	< 0,001	0,046	0,005	≤ 20
Boro	mg/l	0,009	0,021	0,058	0,225	≤ 2
Cadmio	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	≤ 0,02
Cromo III	mg/l	0,001	< 0,001	0,006	0,018	≤ 2*
Cromo VI	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	≤ 0,2
Ferro	mg/l	0,024	0,035	0,031	0,077	≤ 2
Manganese	mg/l	< 0,001	< 0,001	0,043	0,002	≤ 2
Mercurio	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	≤ 0,005
Nichel	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,004	≤ 2
Piombo	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,063	≤ 0,2
Rame	mg/l	0,002	0,004	0,043	0,053	≤ 0,1
Selenio	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	≤ 0,03
Stagno	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	≤ 10
Zinco	mg/l	0,014	0,038	0,288	0,128	≤ 0,5
Escherichia coli	u.f.c. x ml 110	1,500	320	1,200	1,000	5000
Colonbatteri Totali	N.M.P. x ml 100	4,300	1,500	7,500	4,300	-
Colonbatteri fecali	N.M.P. x ml 100	2,300	930	7,500	1,500	-
Streptococchi fecali	N.M.P. x ml 100	930	230	930	930	-

* Cromo totale

Tab 4.2: Risultati delle analisi della ARPA Puglia, Dipartimento di Taranto, nel periodo settembre-dicembre 2003 sul canale di scarico ILVA 2, confrontati con i valori limite (VL) di emissione in acque superficiali riportati nella tabella 3 dell'allegato 5 del D. LGS. 152/99.

PARAMETRI ANALIZZATI	**Unità misura**	**2003**				
		SET	**OTT**	**NOV**	**DIC**	**VL**
pH		7,90	8,00	7,75	8,30	5,5 - 9,5
Mat. Sosp. Tot	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	≤ 80
BOD_5	mg/l	2,30	0,80	0,50	5,90	≤ 40
Cianuri (CN)	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	≤ 0,5
Cloro attivo (Cl_2)	mg/l	0,05	< 0,05	0,06	< 0,05	≤ 0,2
Fluoruri (F)	mg/l	< 0,05	< 0,05	N.D.	N.D.	≤ 6
Solfuri (H_2S)	mg/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	≤ 1
Fosforo totale (P)	mg/l	< 0,01	< 0,01	N.D.	N.D.	≤ 10
Azoto ammoniacale (N)	mg/l	< 0,05	< 0,05	0,70	3,51	≤ 15
Azoto nitroso (N)	mg/l	0,03	0,02	0,02	N.D.	≤ 0,6
Azoto nitrico (N)	mg/l	< 0,05	< 0,05	N.D.	N.D.	≤ 20
Oli minerali	mg/l	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	≤ 5
Fenoli totali (C_6H_5OH)	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	≤ 0,5
Alluminio	mg/l	0,007	0,009	< 0,001	0,044	≤ 1
Arsenico	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	≤ 0,5
Bario	mg/l	< 0,001	< 0,001	0,036	0,002	≤ 20
Boro	mg/l	0,007	0,022	0,048	0,239	≤ 2
Cadmio	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	≤ 0,02
Cromo III	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,010	≤ 2*
Cromo VI	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	≤ 0,2
Ferro	mg/l	0,023	0,031	0,038	0,082	≤ 2
Manganese	mg/l	0,001	0,003	0,030	0,001	≤ 2
Mercurio	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	≤ 0,005
Nichel	mg/l	< 0,001	< 0,001	0,032	0,002	≤ 2
Piombo	mg/l	0,003	0,002	0,002	0,019	≤ 0,2
Rame	mg/l	0,002	0,005	< 0,001	0,039	≤ 0,1
Selenio	mg/l	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	≤ 0,03
Stagno	mg/l	0,018	0,010	0,010	< 0,001	≤ 10
Zinco	mg/l	0,010	0,027	0,175	0,100	≤ 0,5
Escherichia coli	u.f.c. x ml 110	< 100	< 100	< 100	200	5000
Colonbatteri Totali	N.M.P. x ml 100	90	930	< 23	930	-
Colonbatteri fecali	N.M.P. x ml 100	90	90	< 23	930	-
Streptococchi fecali	N.M.P. x ml 100	40	40	< 23	430	-

* Cromo totale

5. MODELLO A SCALE DI LUNGHEZZA

Il modello comunemente usato per descrivere gli scarichi liquidi si basa su leggi di scala per determinare la dispersione di un liquido in un altro liquido. Questo modello è stato implementato nel programma CORMIX, della Cornell University, Ithaca, New York. Questo programma permette di studiare tre diverse situazioni: un singolo scarico sommerso (sorgente puntiforme, CORMIX1), più scarichi sommersi (sorgente estesa, CORMIX2) e una sorgente estesa superficiale (CORMIX3). Per maggiori chiarimenti si rimanda all'allegato 1 dove è riportato il manuale del codice. Per il caso di interesse bisogna usare il programma CORMIX3. Il programma permette di calcolare la diluizione degli inquinanti nella corrente principale date le caratteristiche geometriche dello scarico (direzione relativa alla corrente principale e distanza dalla costa) e la sua portata e la concentrazione degli inquinanti.

Questo metodo permette solo una analisi qualitativa e presenta diversi limiti per il caso in questione. Il più importante è quello che la corrente principale è considerata omogenea e viene di fatto trattata come un canale. L'altro limite è quello di poter considerare solo configurazioni geometriche semplici che mal si adattano alla zone degli scarichi ILVA, dove la costa è molto frastagliata e sono presenti anche alcuni moli.

6. MODELLO FLUIDODINAMICO OTTIMIZZATO AD HOC

Un metodo alternativo a CORMIX, che permette di studiare la diffusione degli scarichi in condizioni geometriche realistiche, è quello di usare le leggi della fluidodinamica. Questo modello si basa sulla soluzione delle equazioni di Navier-Stokes per un liquido incompressibile. Per la soluzione di questo problema bisogna usare metodi numerici molto sofisticati che sono stati implementati nell'ambiente di calcolo FLUENT.

Il modello è stato applicato ad un area di dimensioni 7 km*3,5 km che va dall'isola di S. Pietro da un lato, ad oltre 1 Km dopo il molo polisettoriale. In tale zona è stata costruita una griglia non strutturata (irregolare) a celle triangolari, come mostrato nelle figure 6.1, dove è riportato il dominio di calcolo con la griglia.

Il modello usato è bidimensionale e quindi non considera la profondità del mare. Questo riduce la diluizione degli inquinanti, perché i volumi coinvolti sono minori di quelli realmente esistenti. I conti sono stati fatti supponendo la profondità media del mare di 15 m.

Oltre la griglia, è necessario determinare le condizioni di corrente che intervengono nella zona di interesse. Questi dati vengono forniti al modello imponendo le condizioni al contorno. Nelle zone costiere o adiacenti ai moli, il bordo si considera chiuso, con la condizione che la velocità perpendicolare sia nulla. All'uscita dei canali di scarico si impongono le velocità e la concentrazione degli inquinanti. Sui lati aperti a sud (LS) ed ad ovest (LO) si impongono le condizioni di corrente. In particolare sul lato sud si impongono le condizioni per avere una corrente di tipo circolare in direzione ovest od est. In particolare detta L=6750 m la lunghezza di LS, e posta l'origine a metà del lato LS, le componenti della velocità sono calcolate come

$$V_x(x)=V_0*\cos(\pi x/kL+f) \qquad 6.1$$

$$V_y(x)=-V_0*\sin(\pi x/kL+f) \qquad 6.2$$

Dove V_0 è il modulo della velocità, k è il un parametro che determina il periodo della sinusoide, nel nostro modello è stato fissato a 2, e f è la fase che determina il senso di rotazione delle correnti, ovvero se f=0 la corrente è verso est, quando f=π la corrente è verso ovest.

Mentre sul lato ovest (LO) si mantengono costanti le condizioni calcolate all'estremo ovest del margine inferiore se la corrente è entrante, in caso contrario si considera il bordo aperto.

Ci sono due aperture ad est fra punta Rondinella e l'isola di S. Pietro, AN quella a nord, larga circa 150 m ed AS quella a sud larga circa 700 m. Le condizioni al contorno sui due canali sono considerate uguali. Similarmente al lato ovest, nei due canali si impone o la condizione di velocità o il limite aperto a seconda della direzione della corrente.

L'acqua che esce dagli scarichi è considerata come una miscela di acqua marina ed un solo inquinante. Per ogni scarico si è supposto che la concentrazione dell'inquinante sia di 1 g/l, molto superiore alle concentrazione degli inquinanti presenti negli scarichi. In realtà, la concentrazione dell'inquinante non è molto importante nel modello, ma quello che conta è il coefficiente di diluizione, ovvero il rapporto fra la concentrazione dell'inquinante presente negli scarichi e quella che si trova in un dato punto del bacino idrico recettore. Questa quantità è indipendente dalla concentrazione reale degli scarichi e dipende solo dal campo di flusso. Quindi, nel modello, piuttosto che parlare di inquinante si potrebbe parlare di tracciante in modo da vedere come una data sostanza uscente dagli scarichi si diluisce e si disperde. Per questo motivo abbiamo supposto che l'inquinante uscente dai due scarichi sia differente, in modo che sia possibile determinare in che modo diffondano gli inquinanti di ciascuno scarico separatamente.

Il modello calcola l'evoluzione temporale degli inquinanti nel mare (frazioni di massa) ed il campo delle velocità in tutta la zona di interesse della simulazione, partendo da una

condizione iniziale (tempo zero) di mare pulito. Il risultato di interesse è la condizione stazionaria, ovvero nel caso limite di tempo infinito. Non è mai possibile raggiungere questa condizione in un modello numerico, ma si può considerare raggiunto lo stato stazionario quando la variazione delle grandezze in tutto il dominio di calcolo diventa trascurabile, ovvero sotto un certo valore limite.

Per considerare l'effetto del vento si è applicata una relazione empirica che permette di calcolare la forza esercitata dal vento sulla superficie del mare. La tensione tangenziale T sulla superficie del mare dovuta ad un vento di velocità W è data da $T=\rho_{aria}*C_d*W^2$, dove ρ_{aria} è la densità dell'aria e C_d è un coefficiente empirico adimensionale detto di "drag" (trascinamento). Il valore di C_d usato nel modello è di 0,0014. Il contributo del vento viene incluso nelle equazioni di Navier-Stokes aggiungendo un termine sorgente di Forza/Volume calcolato come T/profondità. Si è considerato solo l'effetto del vento nelle direzioni dominanti nella zona ed in particolare da nord e da sud. Si sono considerati due casi, uno con il vento di velocità W=3 m/s ed uno con W=6 m/s.

Il modello è stato usato in modo parametrico variando le condizioni di corrente e dei venti presenti nella zona. Le condizioni di calcolo costanti per tutti i casi sono riportate in tabella 6.1, mentre in tabella 6.2 sono riportate le condizioni nelle varie simulazioni.

Tab 6.1: condizioni valide per tutte le simulazioni effettuate

Velocità sul canale ILVA 1	0,19 m/s
Velocità sul canale ILVA 2	0,178 m/s
Densità	999.3789 g/l

Tab 6.2: Condizioni al contorno per i vari casi studiati. Vedi la legenda sotto.

caso	LS		LO	Aperture	vento
	f	V_0(m/s)			W (m/s)
1	0	1	Velocità	Aperto	0
2	Aperto		Aperto	Aperto	0
3	180	1	Velocità	Chiuso	0
4	0	1	Velocità	Chiuso	0
5	0	1	Velocità	Aperto	-3
6	Aperto		Aperto	Aperto	-3
7	Aperto		Aperto	Aperto	3
8	Aperto		Aperto	Aperto	6
9	Aperto		Aperto	Aperto	9
10	180	1	Aperto	Chiuso	6
11	180	1	Aperto	Velocità	0
12	180	0.5	Aperto	Chiuso	0
13	180	2	Aperto	Chiuso	0
14	180	1	Aperto	Chiuso	-6

f	fase (vedi eq. 6.1,2)	V_0	modulo velocità (eq 6.1,2)
Aperto	condizione di limite aperto	Chiuso	Condizione di limite chiuso
W>0	vento da Sud	W<0	vento da Nord

Velocità velocità fissata

per O corrisponde al valore sul limite di LS

per Aperture corrisponde ad un flusso in ingresso di 0,1 m/s

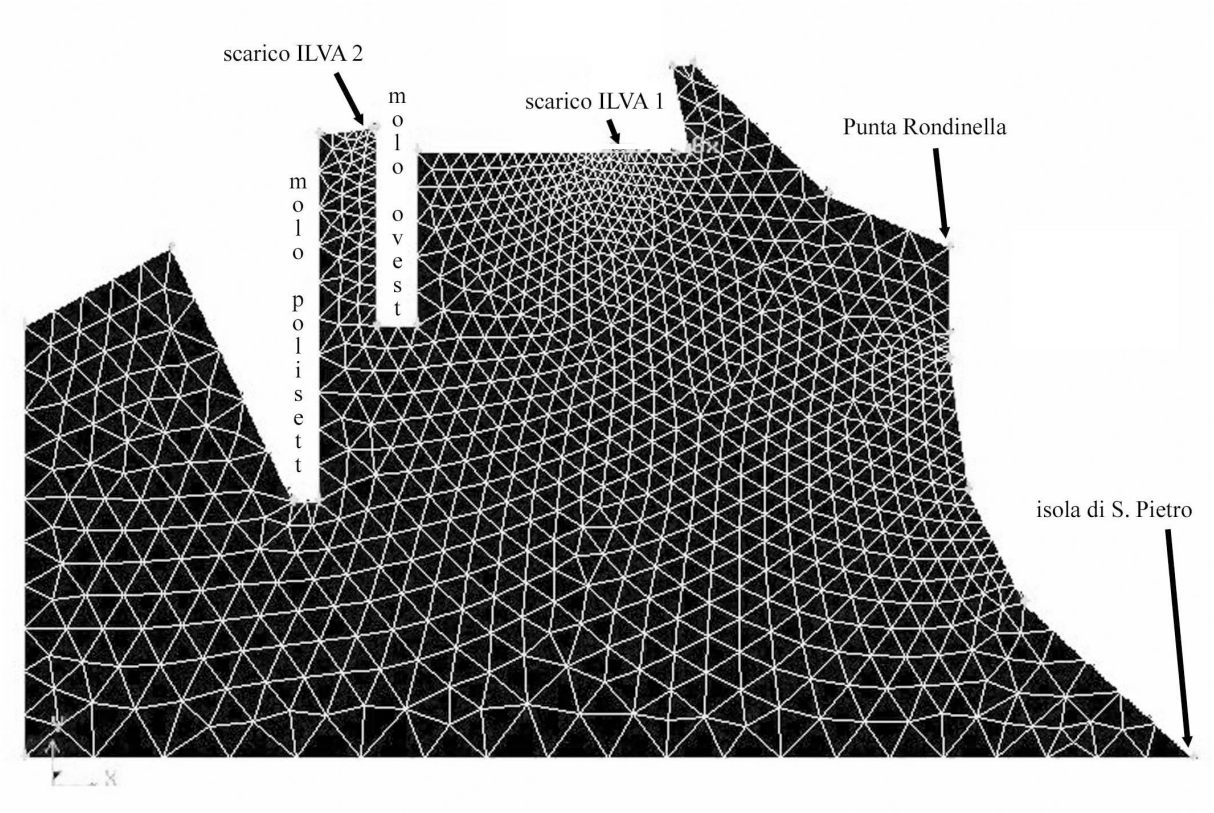


Fig 6.1: Dominio e griglia di calcolo. Nel grafico sono riportati anche i punti di riferimento.

7. RISULTATI

Il modello è stato applicato a tutti i casi riportati in tabella 6.2. Bisogna precisare che alcuni di questi casi sono puramente ipotetici, ed hanno l'obiettivo di evidenziare l'effetto di uno solo dei parametri e degli elementi meteorologici che influiscono nella zona, ma che non sono in realtà presenti.

Per ogni caso di studio si sono riportati i grafici delle seguenti quantità:

- rappresentato a mappe di colore, il campo del logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale $C_i(x,y)$ e quella uscente dal canale di scarico, C_{0i} sia per lo scarico ILVA 1 (detto anche scarico 1) che per lo scarico ILVA 2 (detto anche scarico 2), il flusso relativo degli inquinanti ovvero Log $C_i(x,y)/ C_{0i}$. Questa quantità può essere considerata uguale al logaritmo decimale della diluizione cambiato di segno.
- rappresentato a mappe di colore, il campo del logaritmo del flusso di massa relativo calcolato come il prodotto della velocità e del rapporto delle concentrazioni ovvero Log $V(x,y)* C_i(x,y)/ C_{0i}$.
- rappresentato con frecce colorate, il campo della velocità di flusso per determinare la direzione e l'intensità delle correnti.

L'indice "i" presente per le concentrazioni si riferisce allo scarico considerato (1 o 2).

I casi di maggiore interesse che verranno qui esplicitati sono quelli che si riferiscono a condizioni tipiche del sito di scarico. In particolare la presenza di correnti che persistono nel golfo di Taranto prevalentemente in senso ciclonico. Inoltre i venti dominano da nord e da sud. Quindi i casi che si incontrano con maggior frequenza sono fra quelli riportati in tabella 6.2, ovvero il caso 1 e 3 in cui non ci sono venti ma è presente una corrente circolare da

sinistra a destra (caso 1) o da destra a sinistra (caso 3), ed i casi 5 e 10 in cui con le stesse condizioni di corrente dei casi 1 e 3 si è aggiunto il vento da nord (caso 5) o il vento da sud (caso 10).

Nel caso 1, si può osservare che lo scarico viene diluito molto velocemente appena fuori dal canale e raggiunge all'altezza del molo polisettoriale una diluizione pari a 100 volte quella presente nel canale come si può osservare dalla relativa figura del caso 1. Visto che le acque di scarico all'interno del canale contengono generalmente inquinanti in concentrazioni inferiori di 50-100 volte a quelle riportate in tabella 3 dell'all. 5 del D. LGS. 152/99, risulta che la concentrazione degli inquinanti nel caso in questione risulta circa 10000 volte inferiore ai valori ammessi per gli scarichi industriali in corpi idrici superficiali. Pertanto la rilevazione analitica degli inquinanti in mare risulta molto difficile con le apparecchiature normalmente utilizzate, essendo la concentrazione al di sotto della sensibilità strumentale. L'inquinante emesso dallo scarico 2 risulta diluito di almeno un fattore 10 in più rispetto al primo canale, risultando quindi meno importante.

Dal diagramma del campo di velocità si può spiegare il motivo di una diluizione così repentina. La corrente al largo della costa e circolante in senso orario produce fra punta Rondinella ed il molo ovest una corrente circolare che spinge al largo le acque dello scarico 1.

Nel caso 3, la corrente al largo della costa è in senso antiorario. Come si può osservare dalle figure, anche in questo caso la diluizione dell'inquinante dallo scarico 1 supera il valore di 100 all'altezza del molo polisettoriale. Anche in questo caso la diluizione degli inquinanti dallo scarico 2 supera il valore di 1000. Restano quindi valide le considerazioni fatte per il caso 1. In questo caso, come si può osservare dal campo delle velocità, la corrente esterna alla zona si incanala verso punta Rondinella per poi girare verso il largo.

L’effetto del vento da nord è stato studiato nel caso 5, dove alla corrente esterna circolante al largo si sovrappone un vento di 3 m/s. (circa 6 nodi). Le differenze rispetto al caso 1 sono praticamente trascurabili come si può osservare confrontando i rispettivi diagrammi. Questo risultato era atteso, perché il vento da nord, venendo da terra, è parzialmente schermato.

L’effetto del vento da sud si può osservare nel caso 10. Quello che succede è che l’inquinante dello scarico 1 la diluizione è inferiore a quella che si ottiene nelle condizioni analizzate precedentemente, con dei minimi vicino i moli, mentre risulta sufficientemente alta all’altezza del molo polisettoriale. Simile è il comportamento per lo scarico 2. Come si può osservare dal campo di velocità, la corrente spinge comunque gli scarichi al largo della costa. La diluizione è inferiore perché il vento mantiene confinato lo scarico che viene portato al largo molto più velocemente. Si noti che il vento considerato in questo caso ha una velocità di 6 m/s che è relativamente alta ed ha una frequenza ed una persistenza molto bassa come si può osservare dalle tabelle nel capitolo 3.

CASO 1

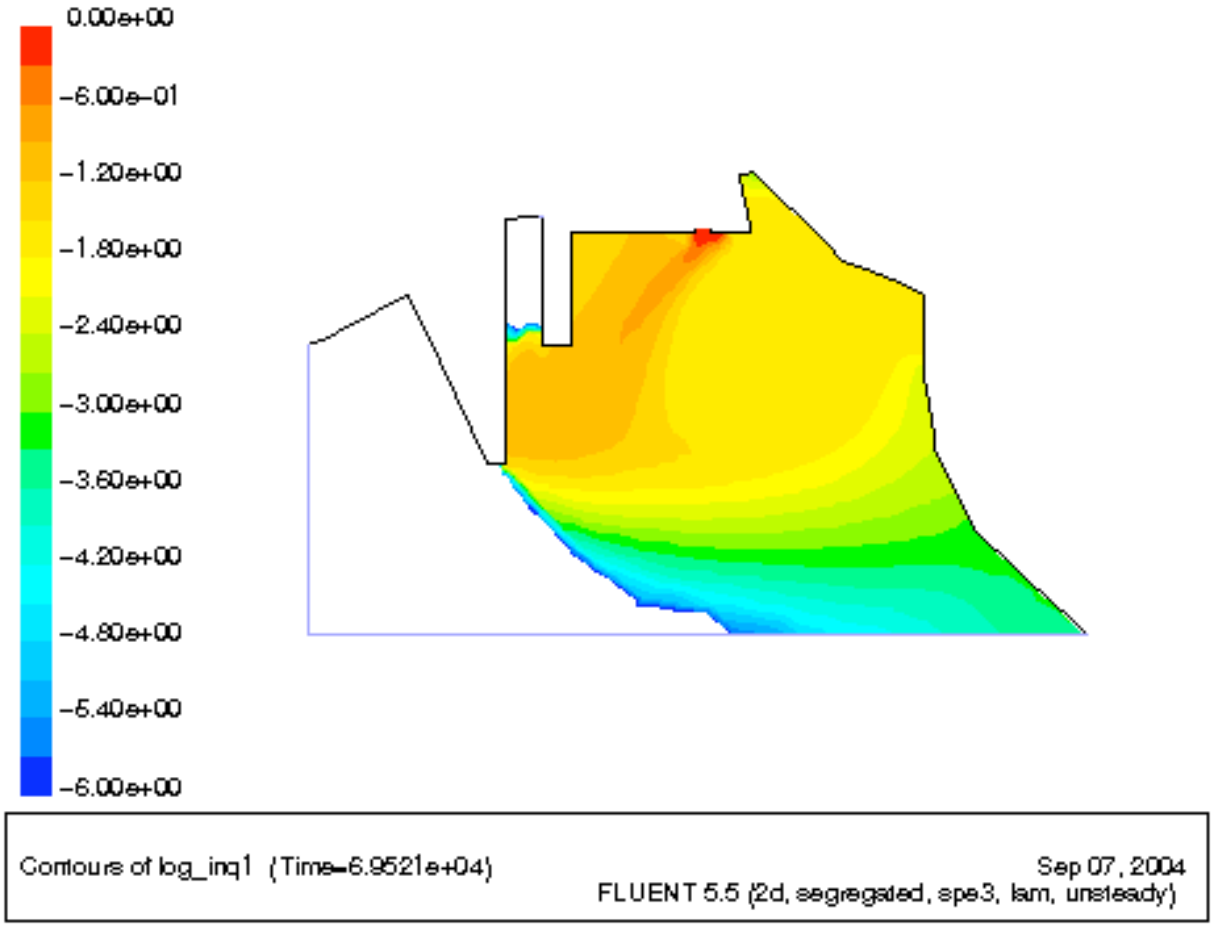


Fig 7.1: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

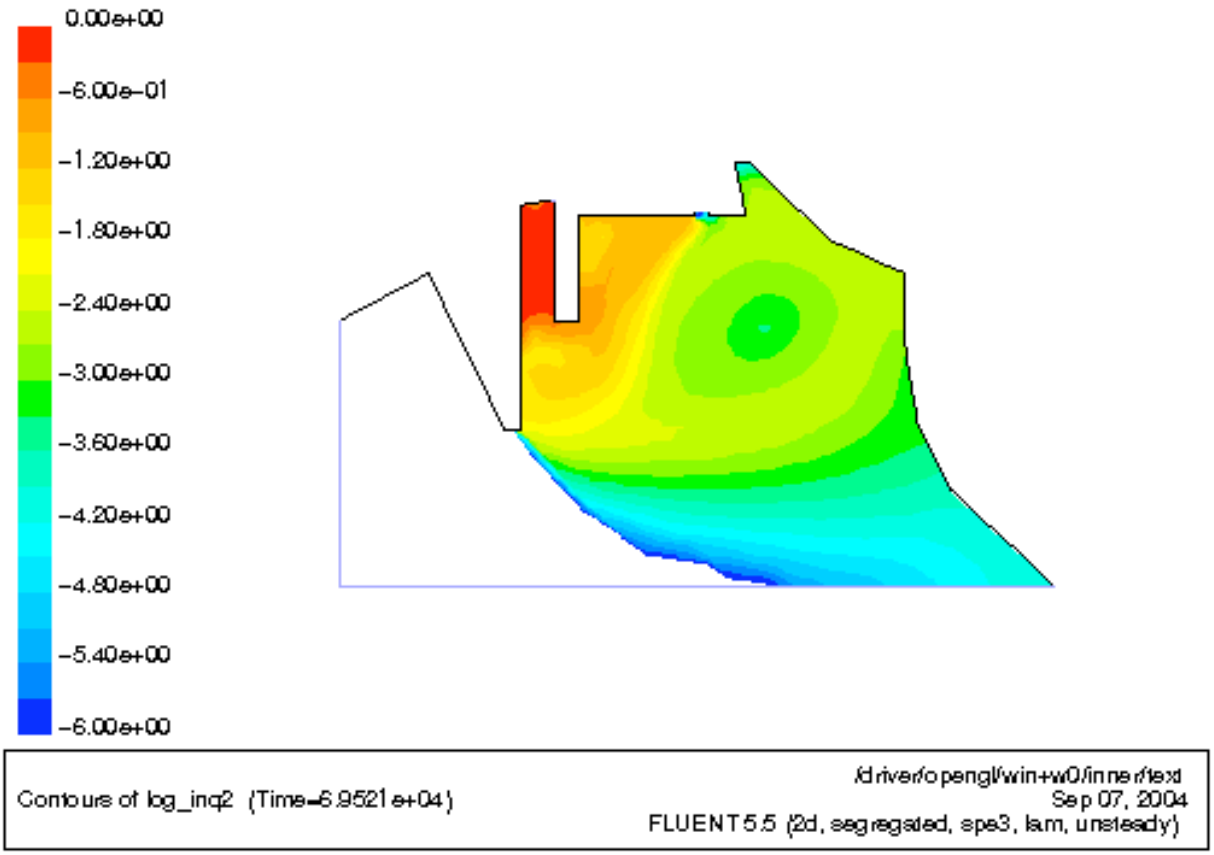


Fig 7.2: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

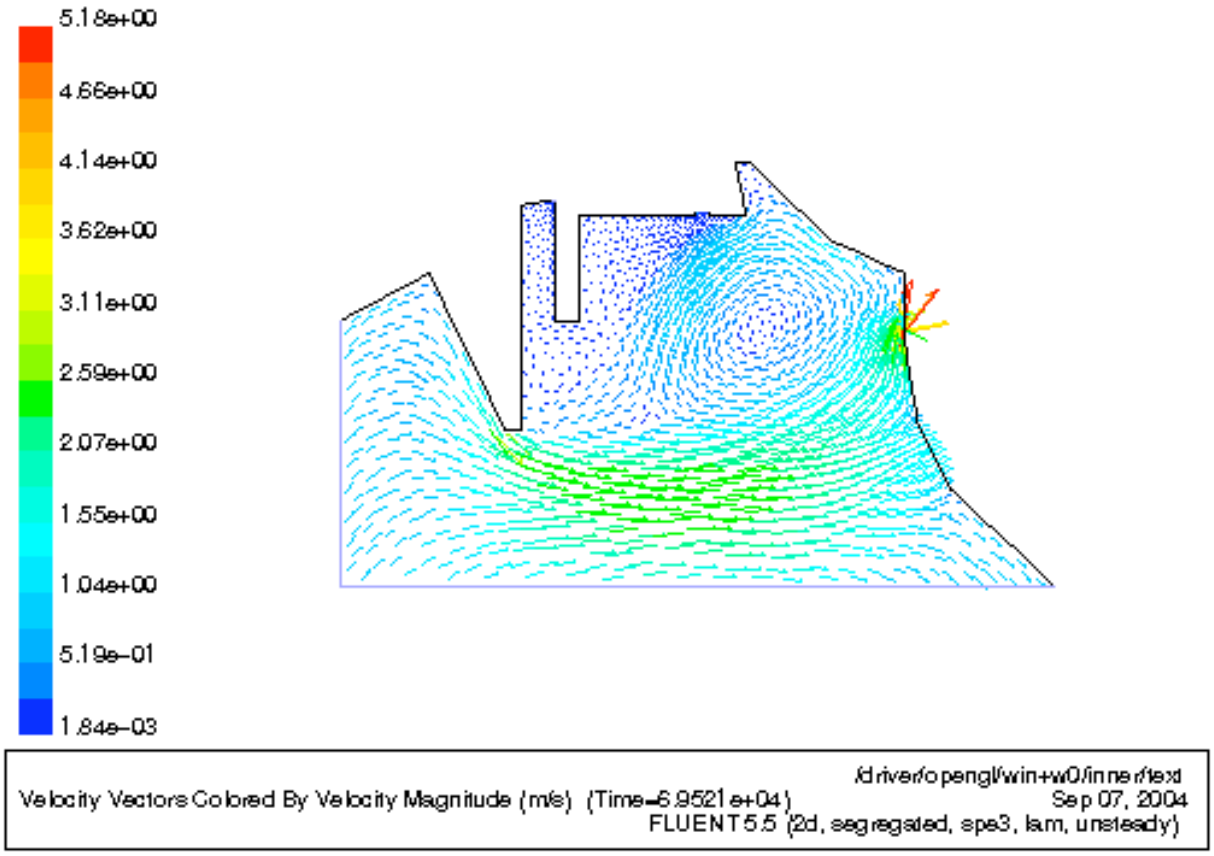


Fig 7.3: Diagramma delle velocità di flusso.

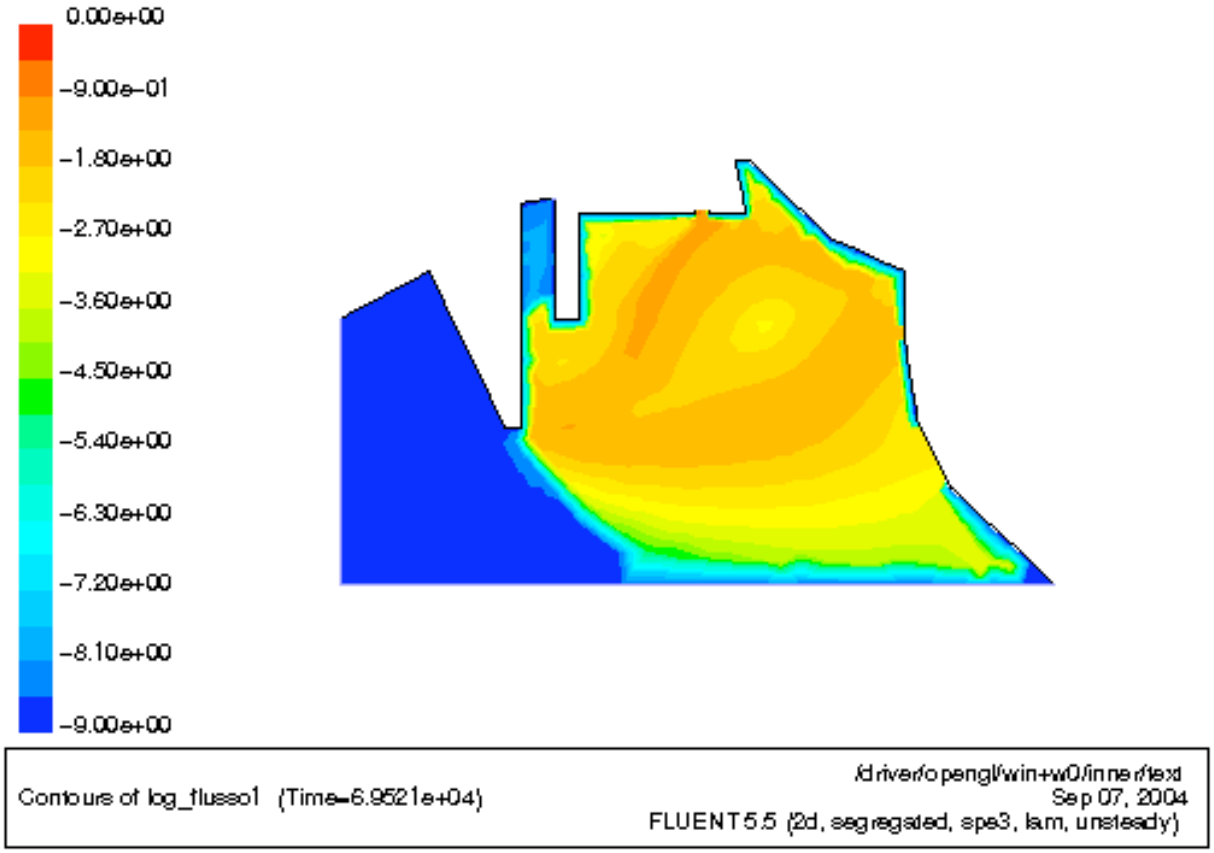


Fig 7.4: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

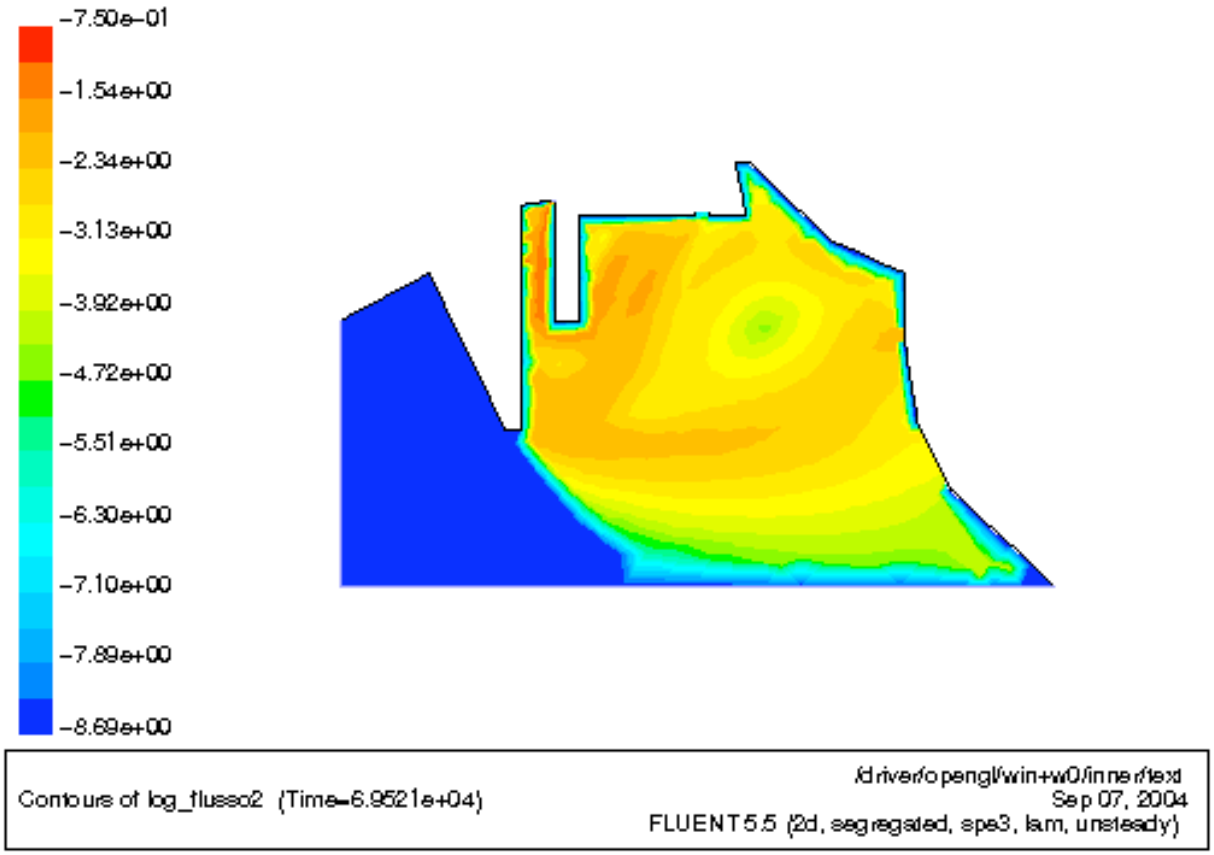


Fig 7.5: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

CASO 2

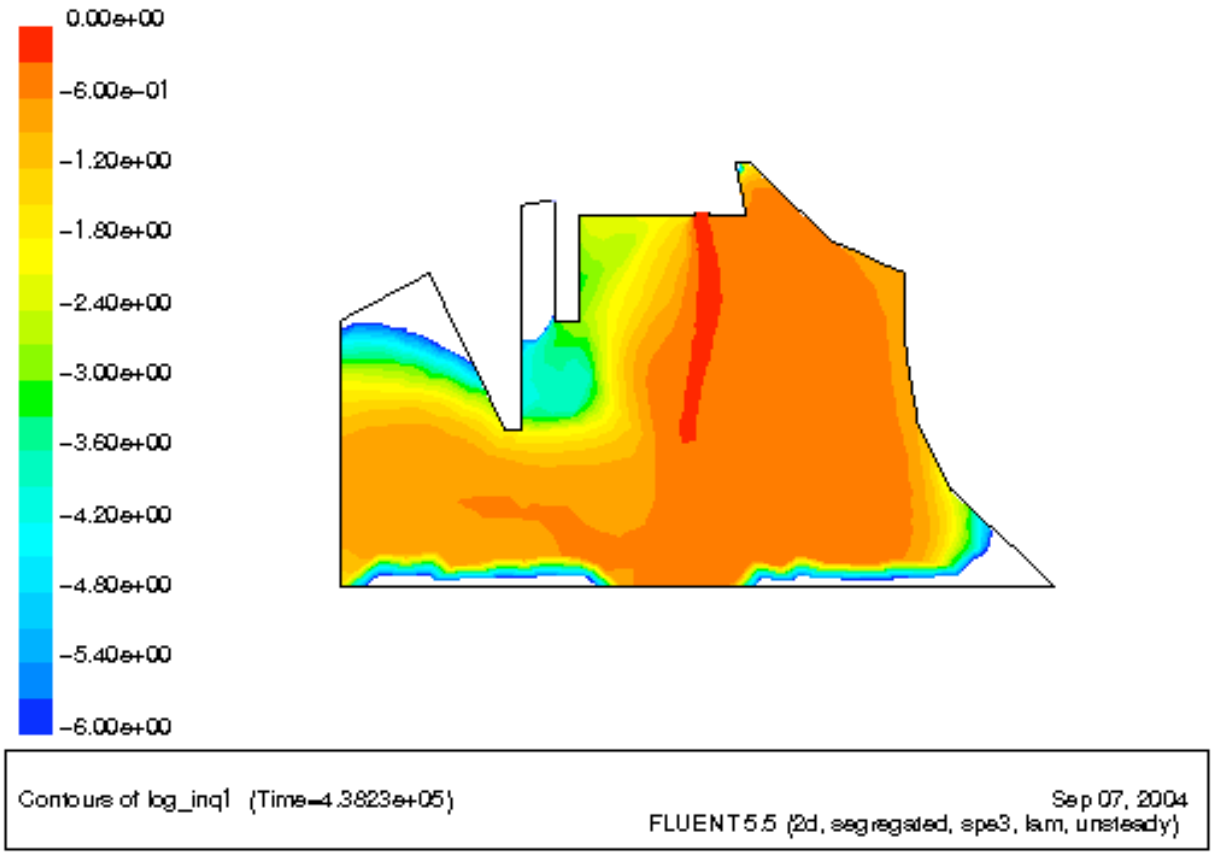


Fig 7.6: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

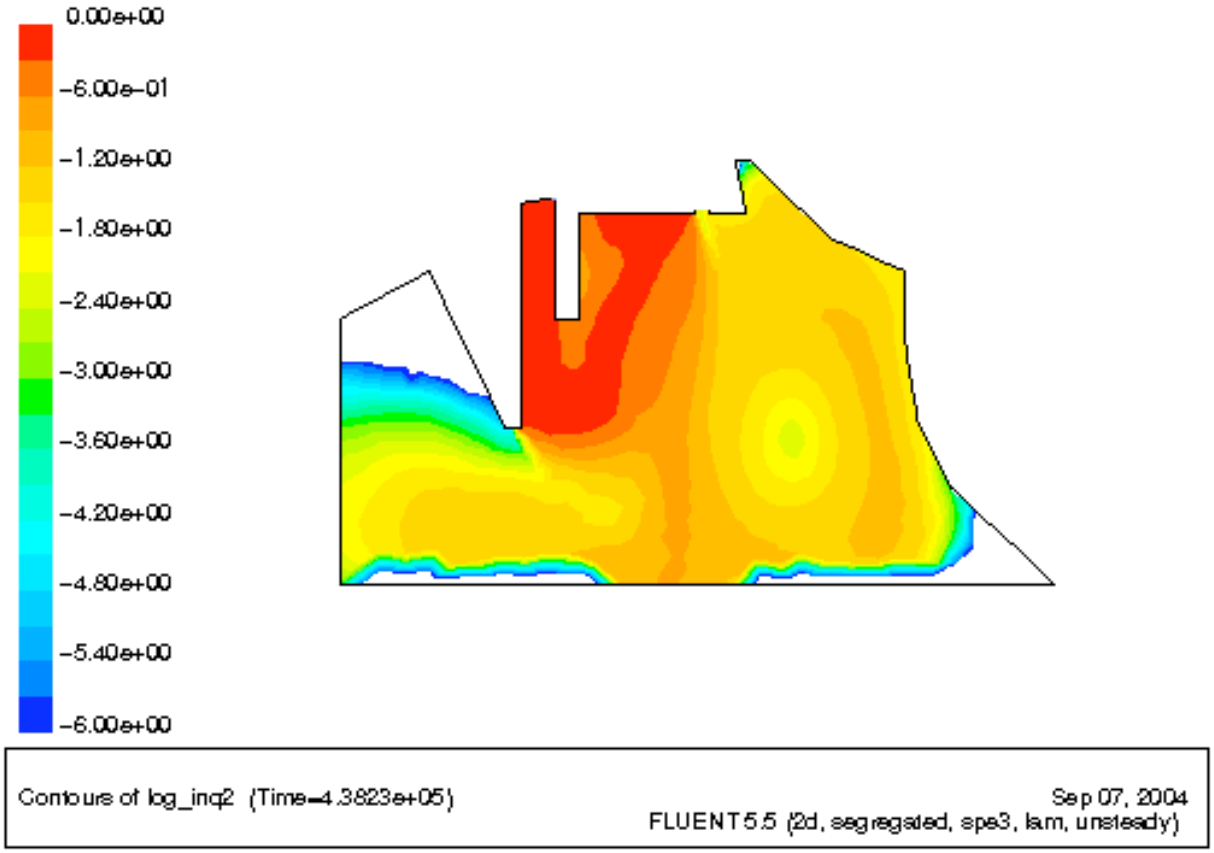


Fig 7.7: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

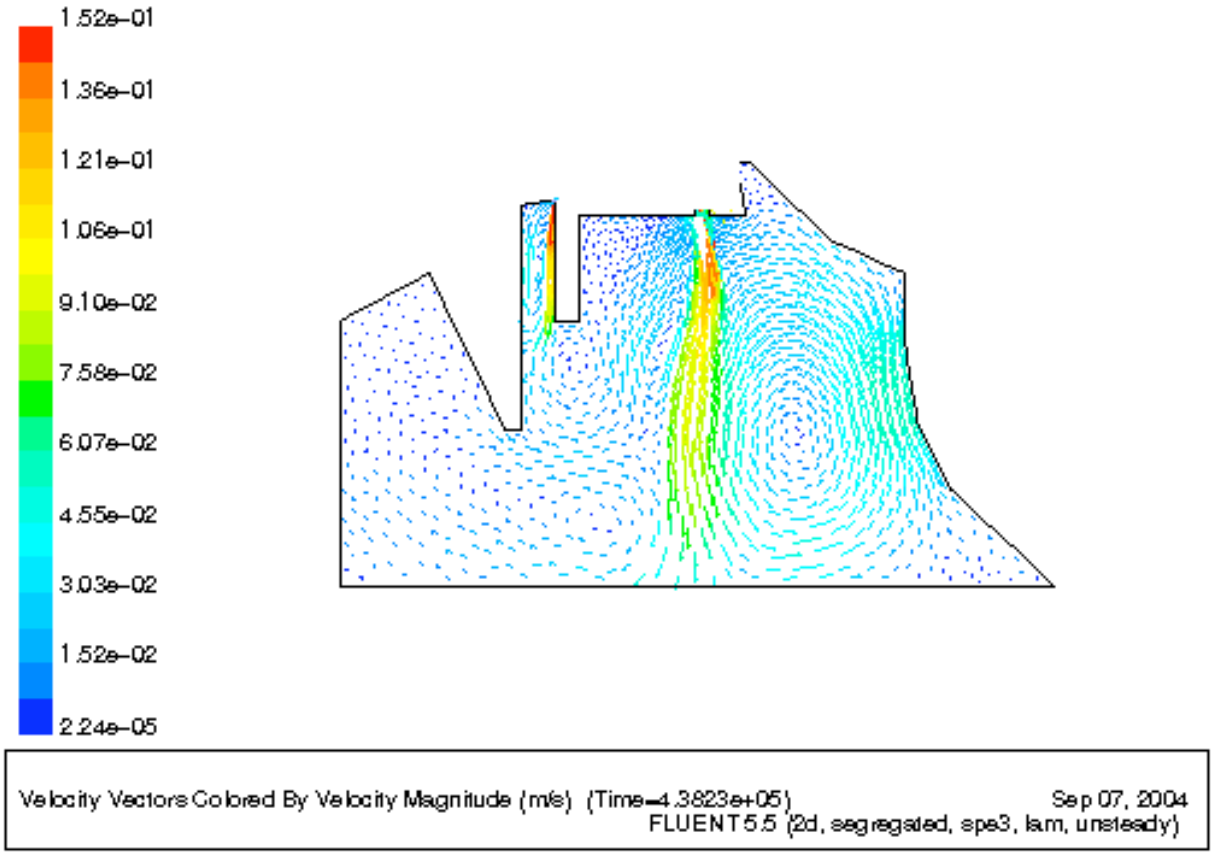


Fig 7.8: Diagramma delle velocità di flusso.

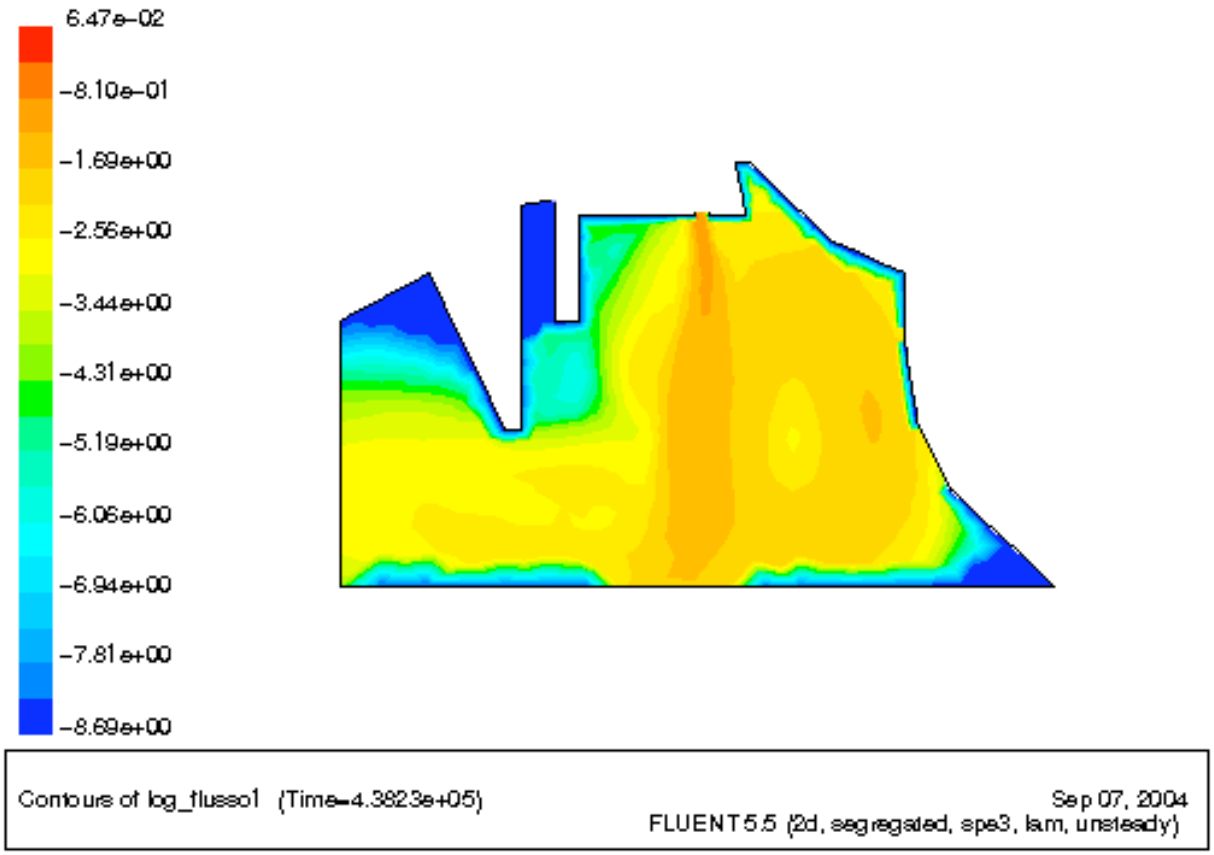


Fig 7.9: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

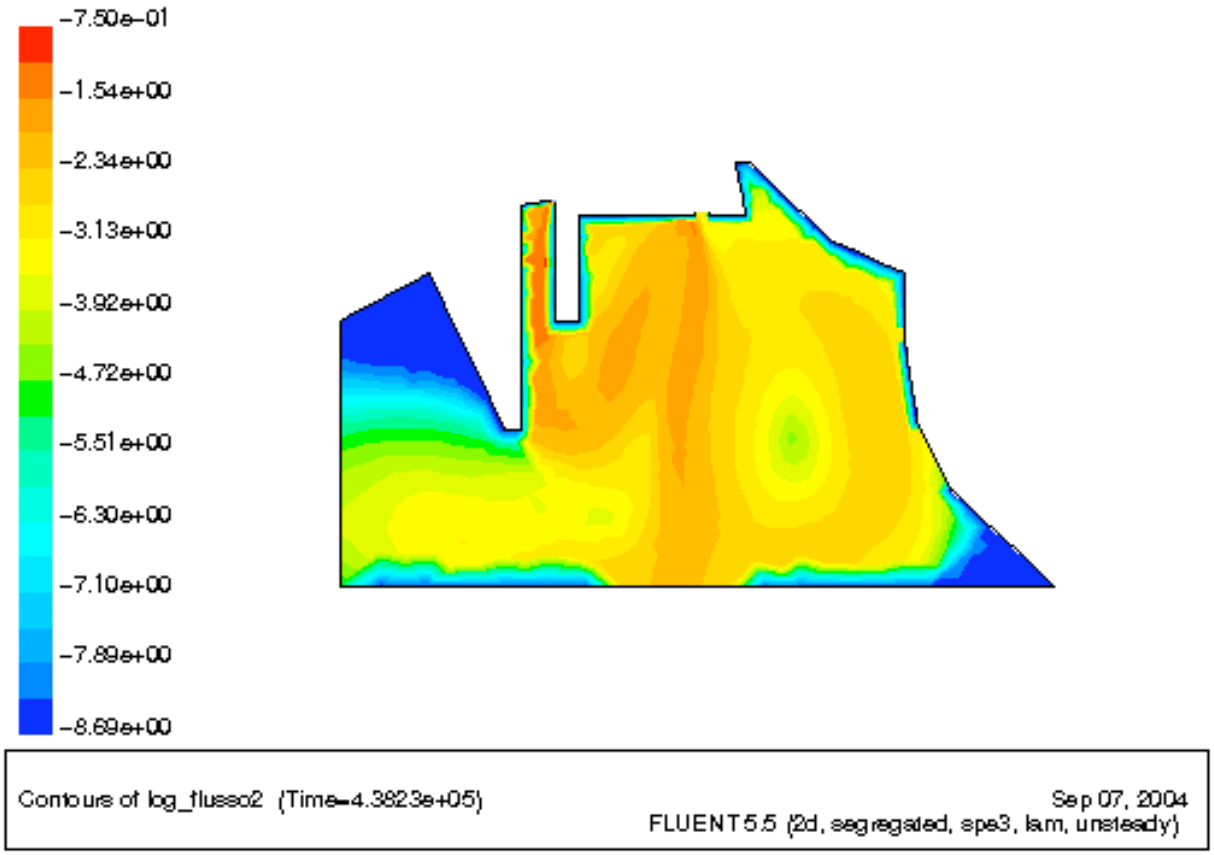


Fig 7.10: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

CASO 3

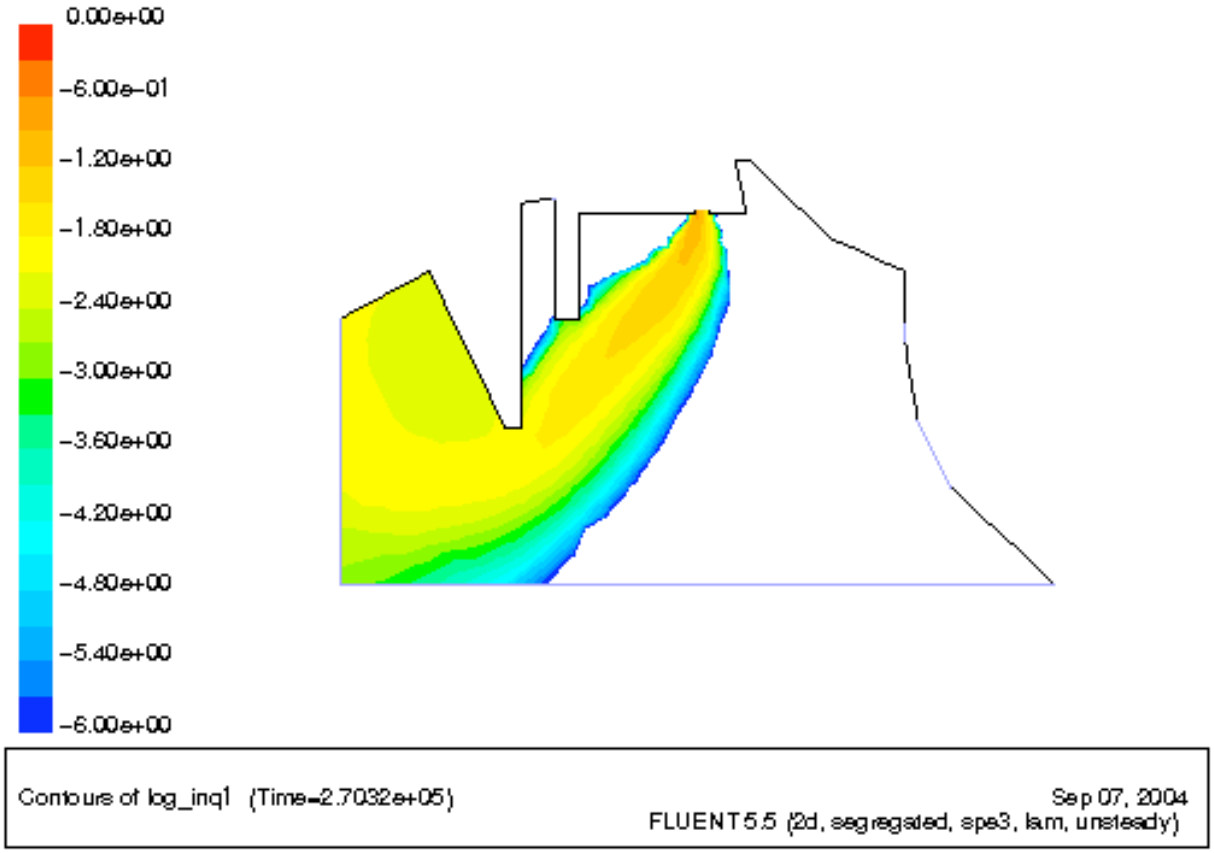


Fig 7.11: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

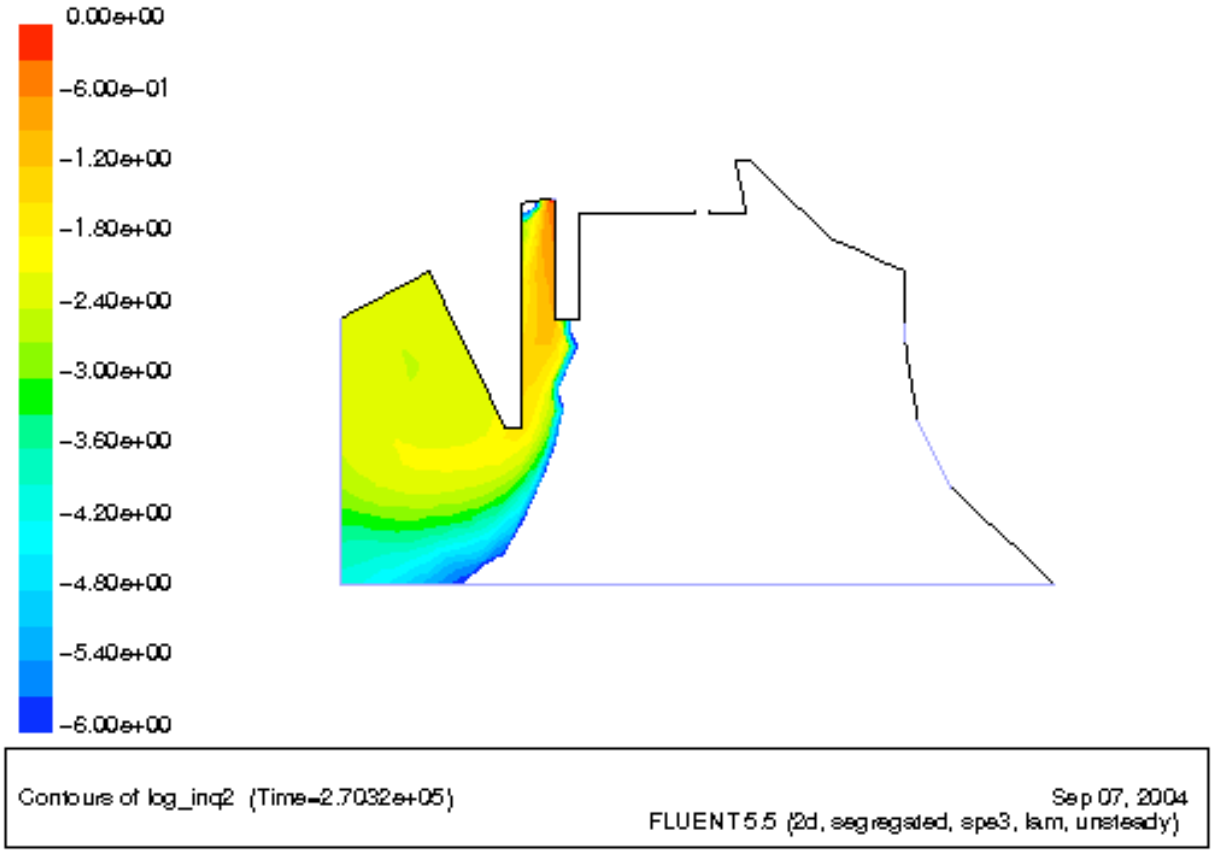


Fig 7.12: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

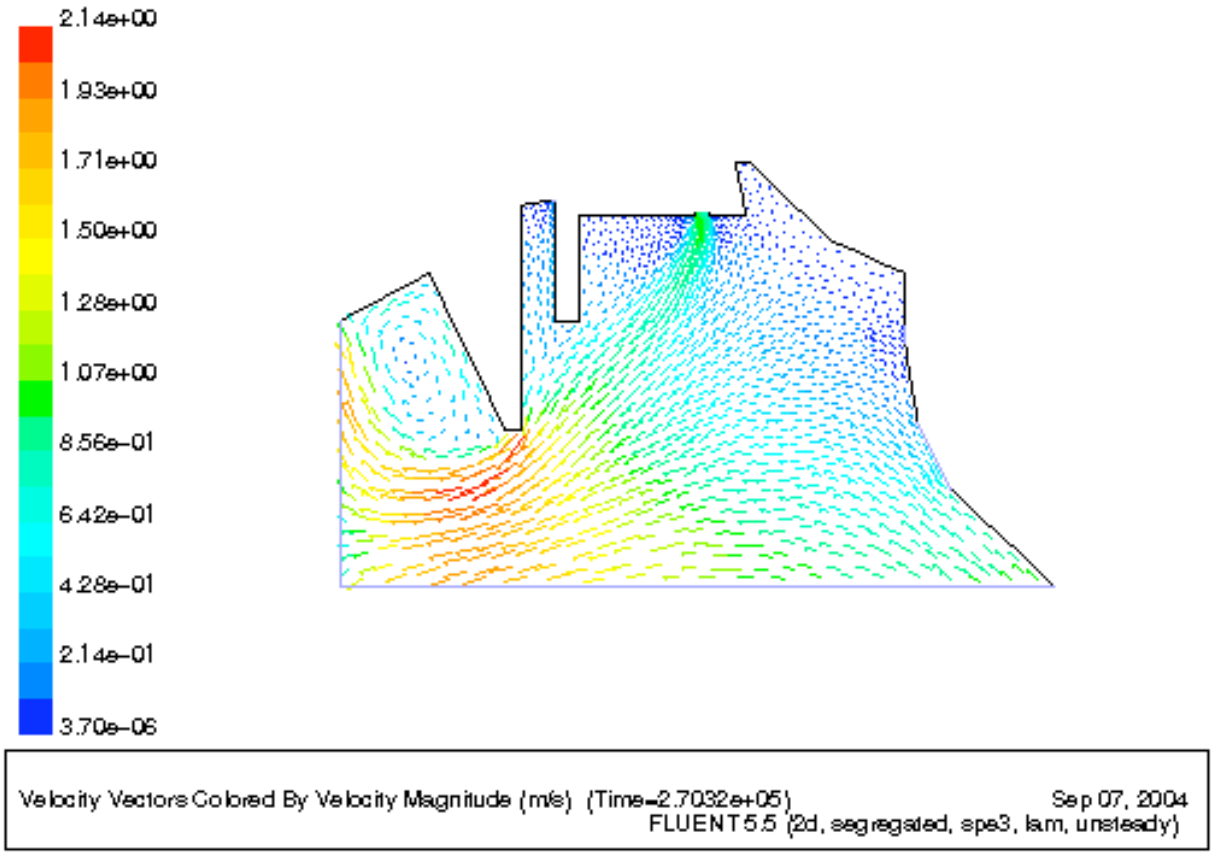


Fig 7.13: Diagramma delle velocità di flusso.

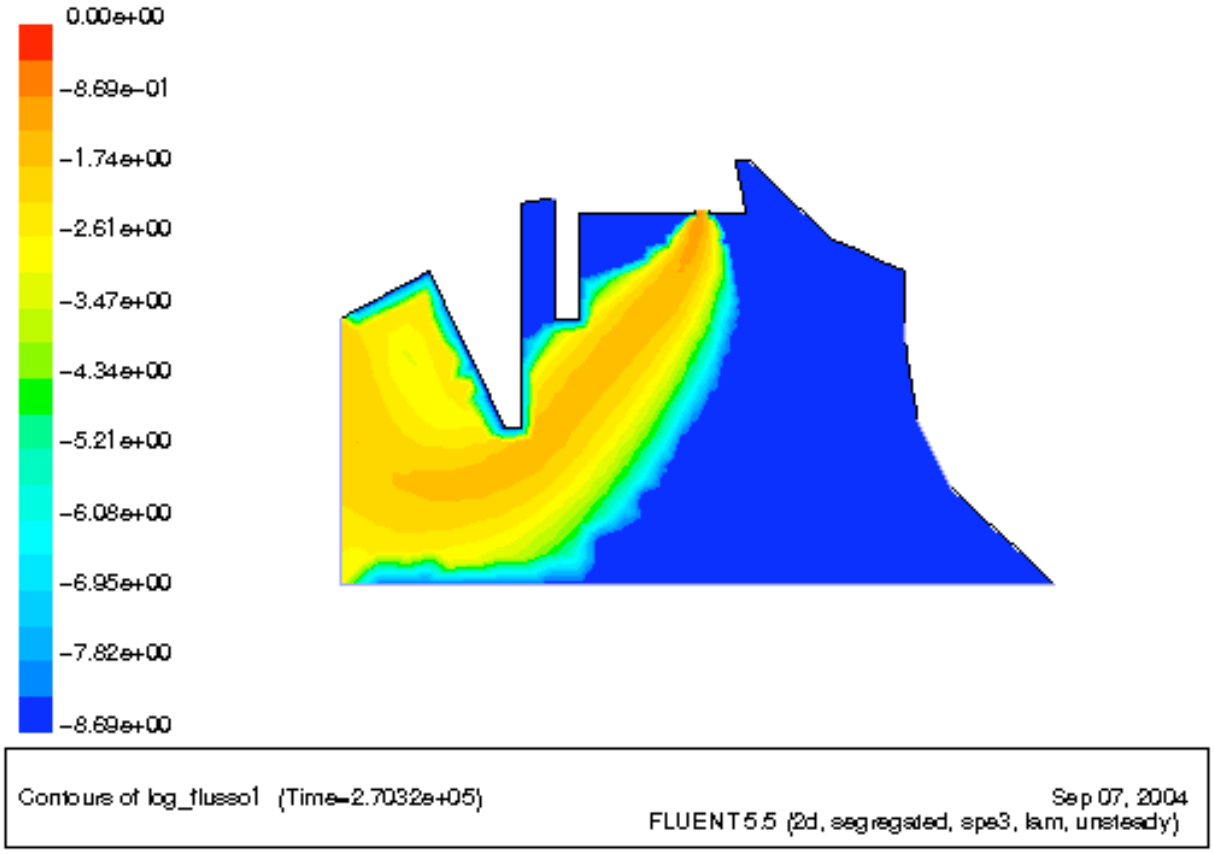


Fig 7.14: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

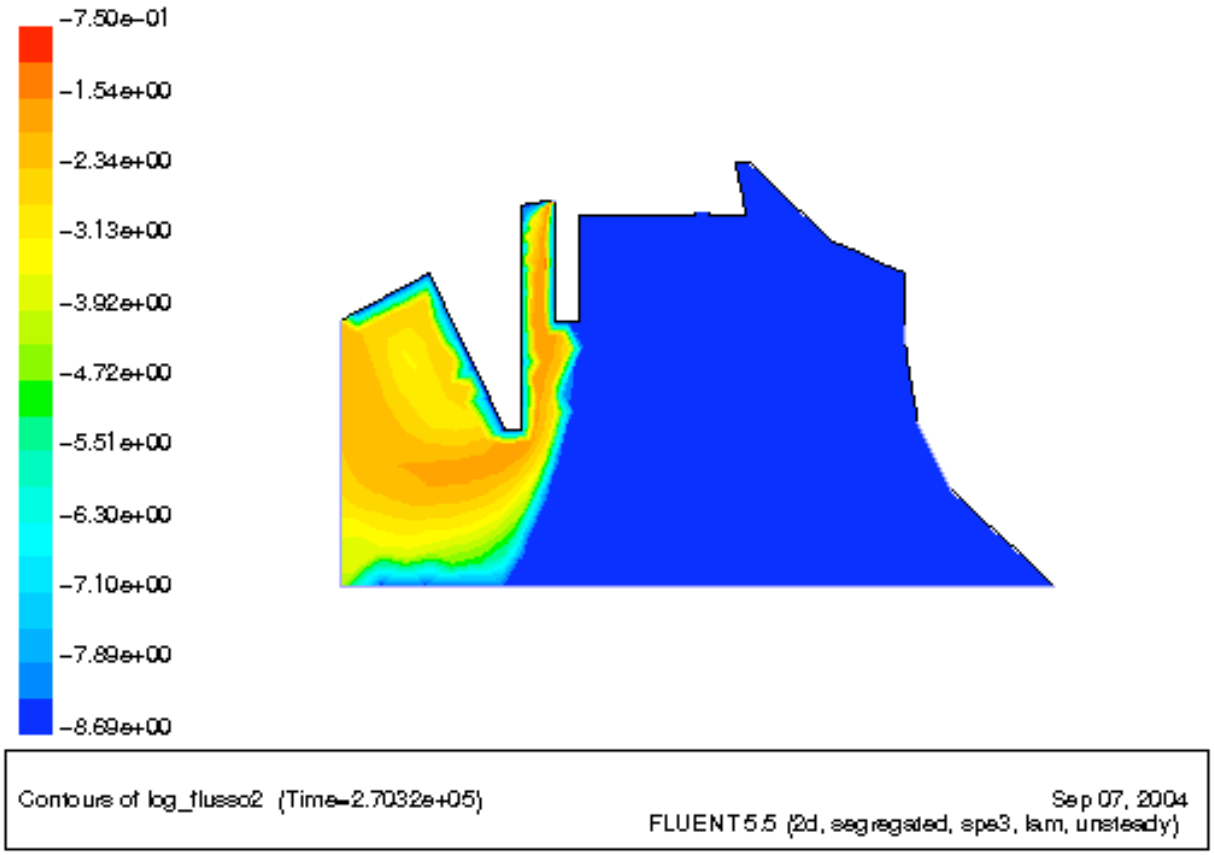


Fig 7.15: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

CASO 4

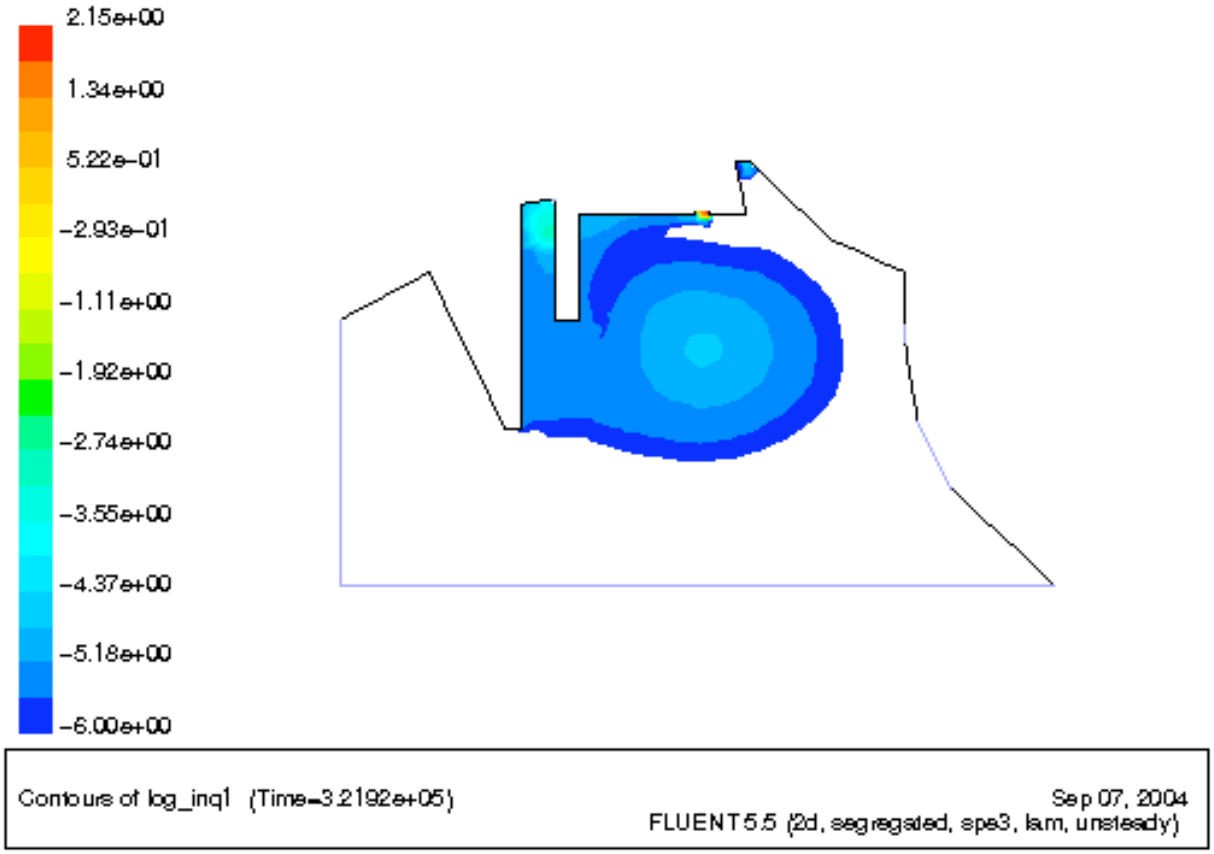


Fig 7.16: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

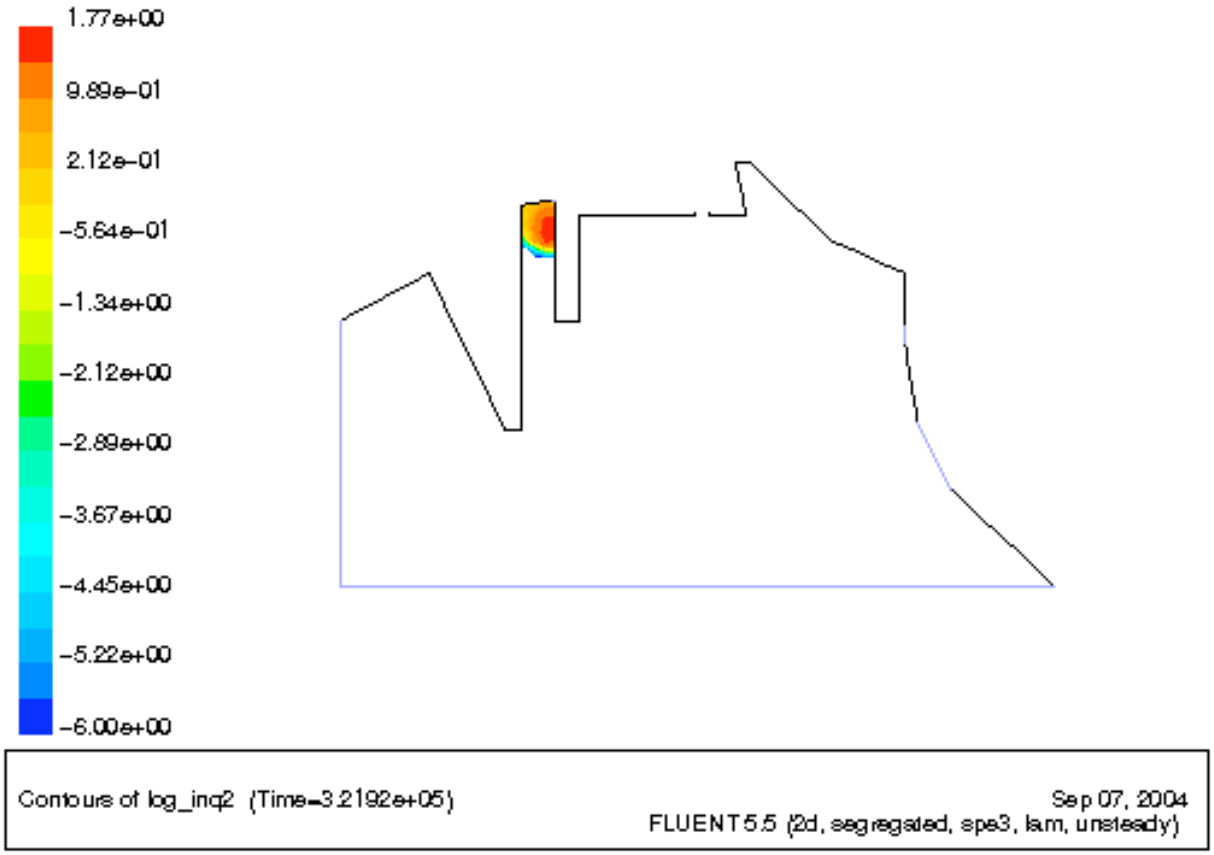


Fig 7.17: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

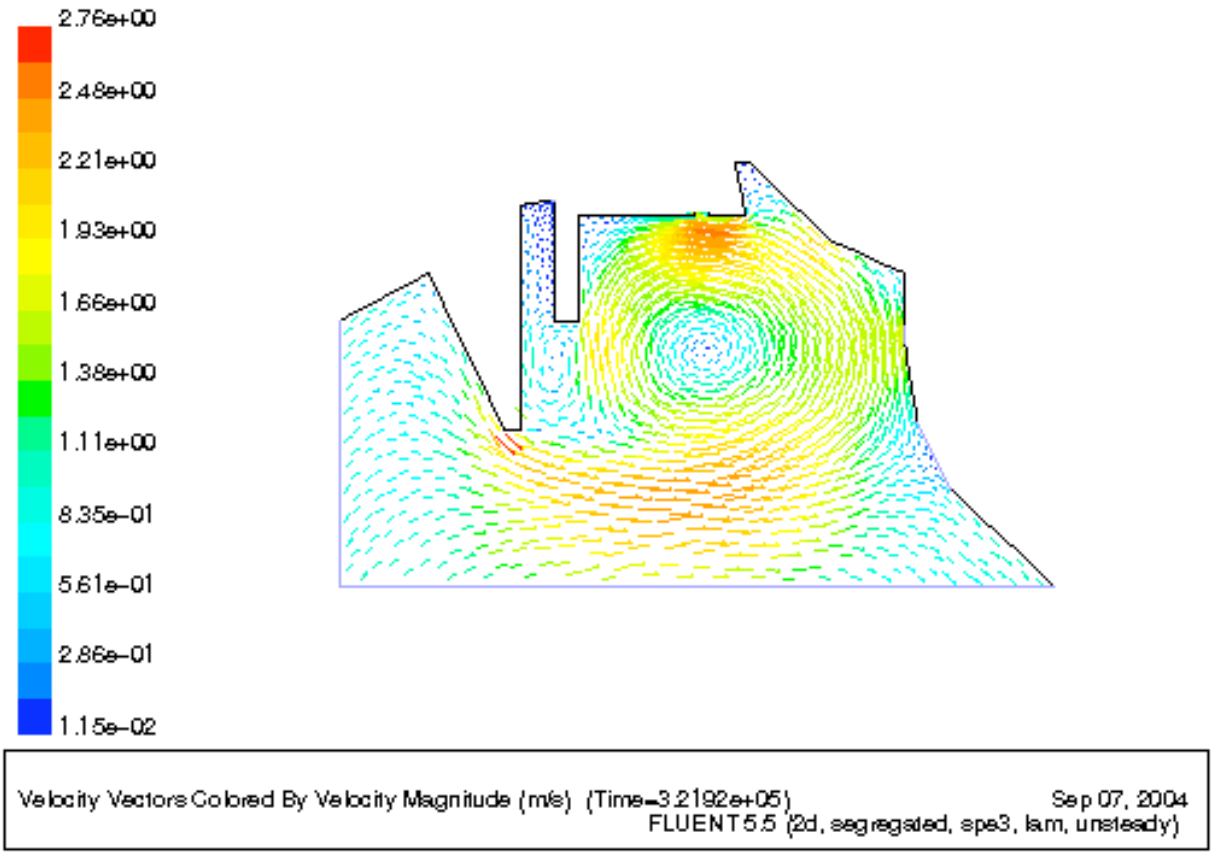


Fig 7.18: Diagramma delle velocità di flusso.

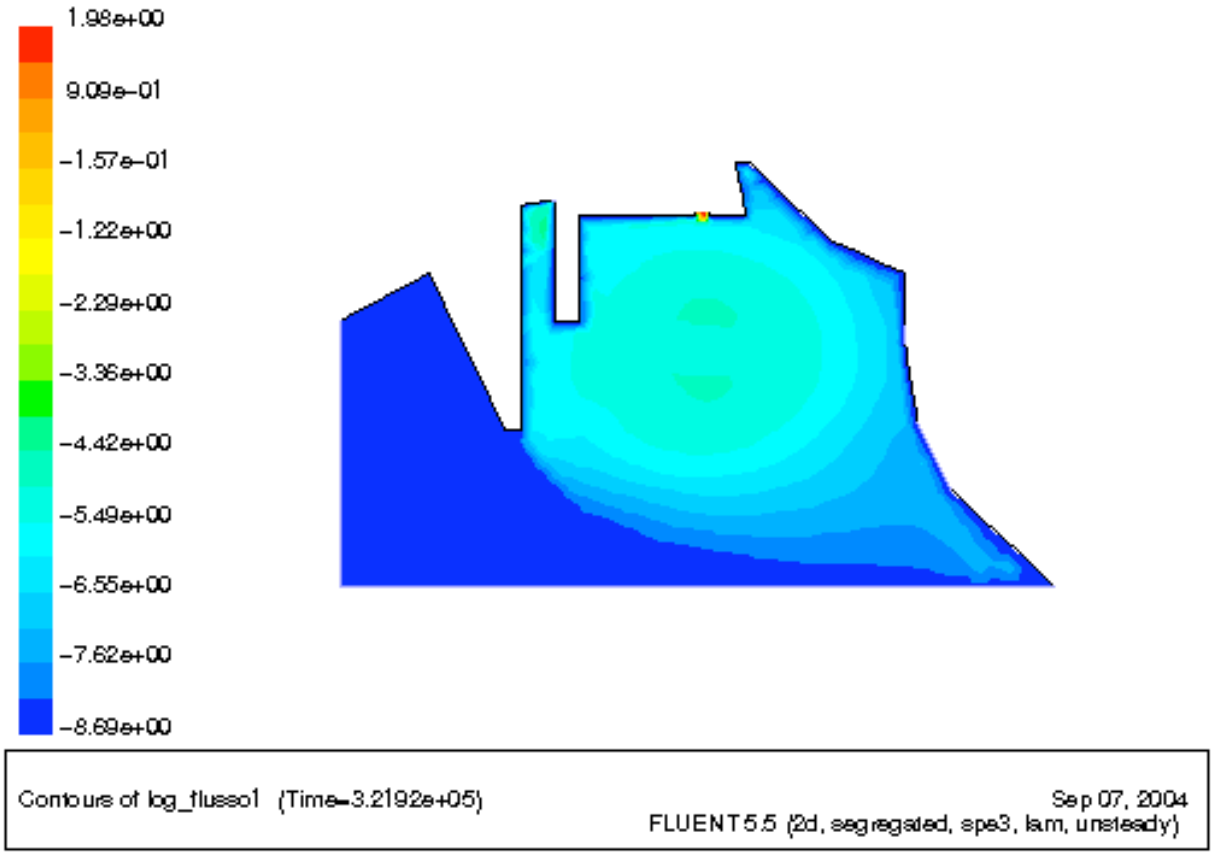


Fig 7.19: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

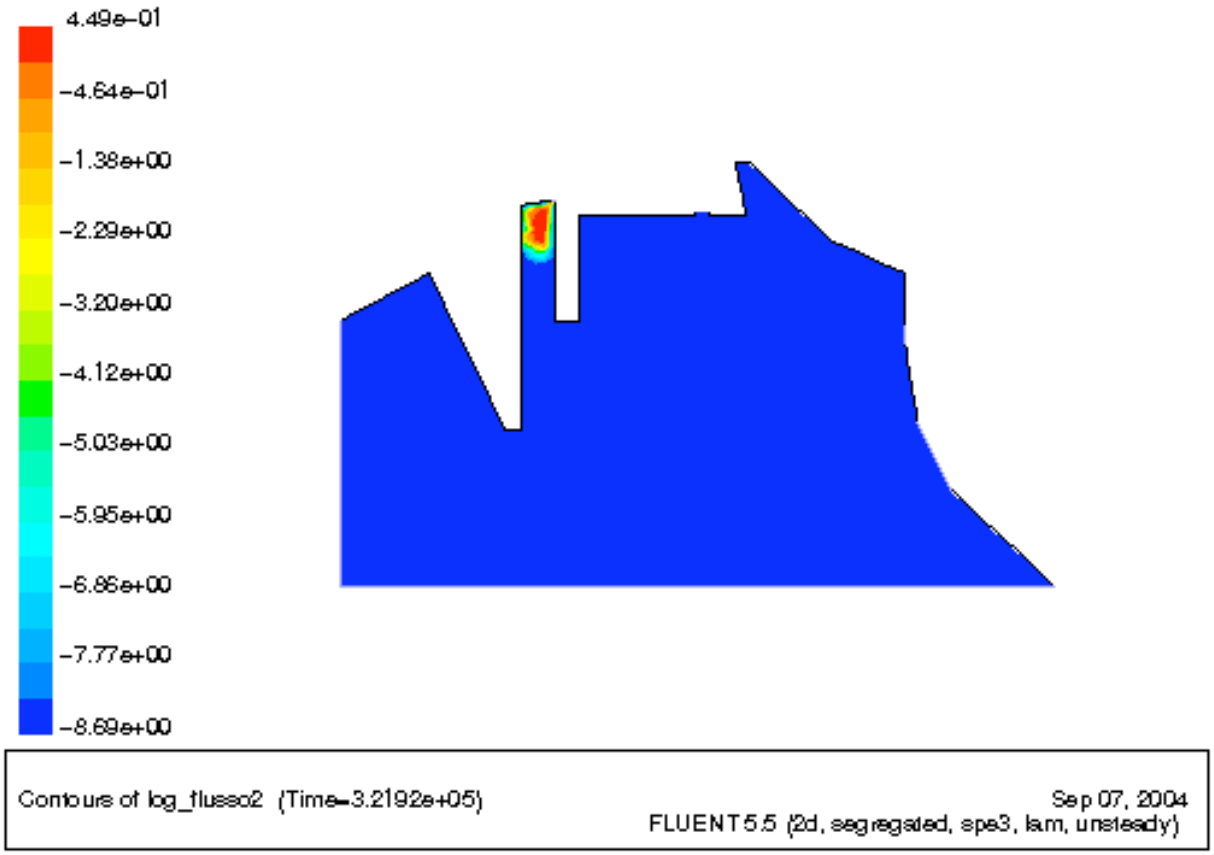


Fig 7.20: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

CASO 5

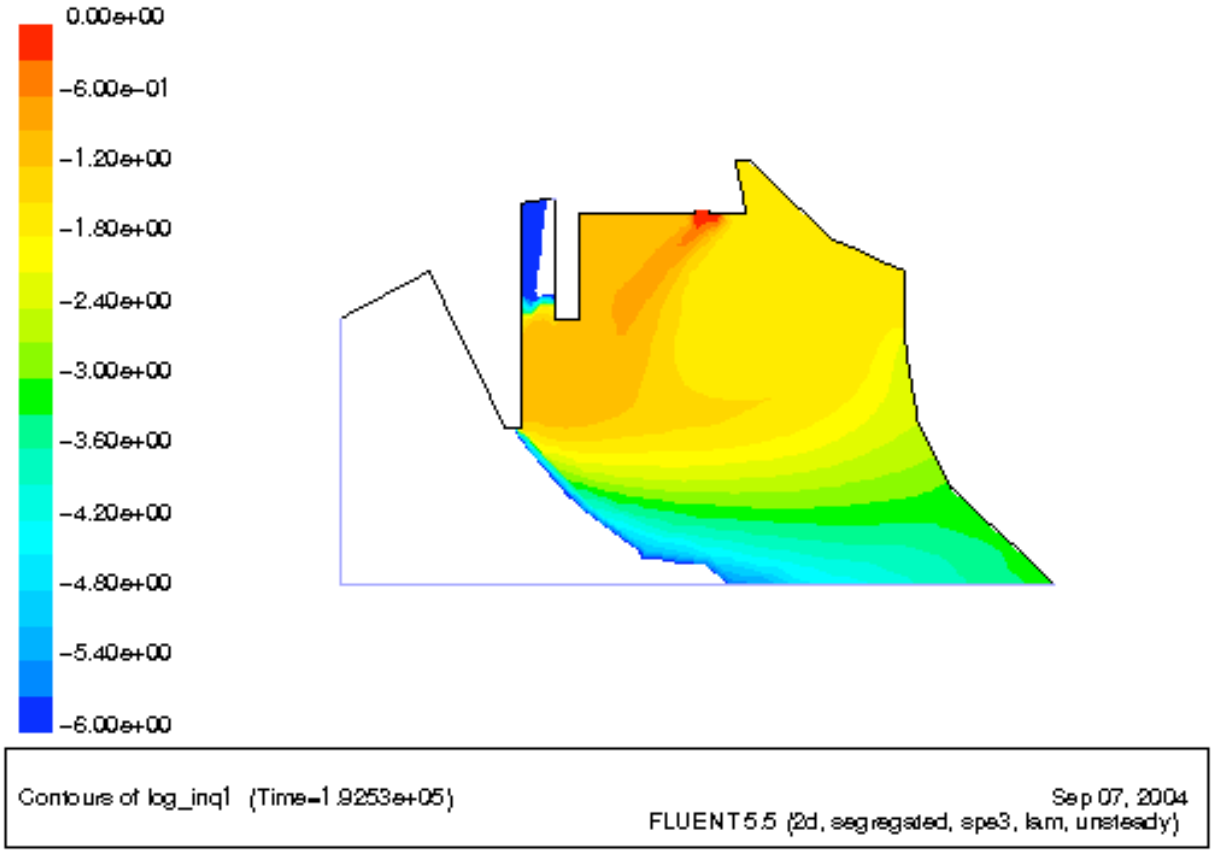


Fig 7.21: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

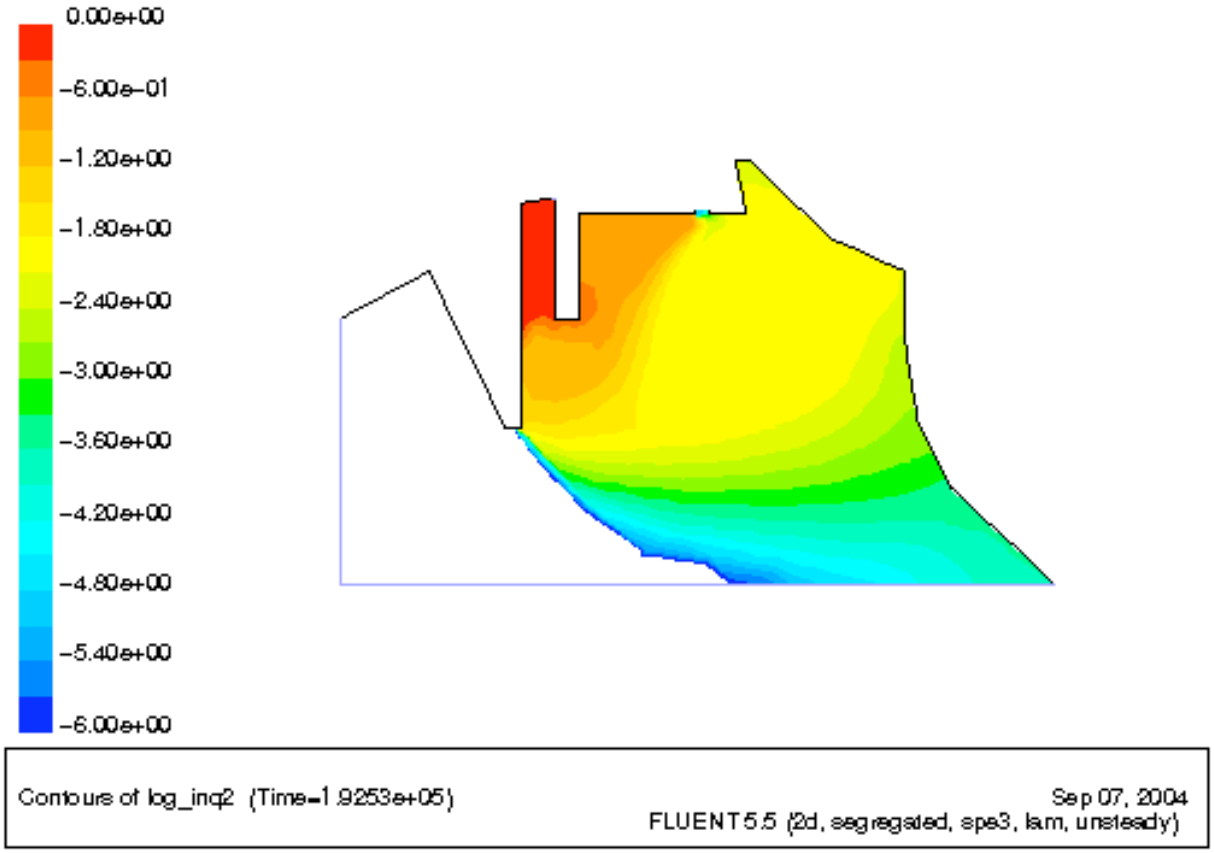


Fig 7.22: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

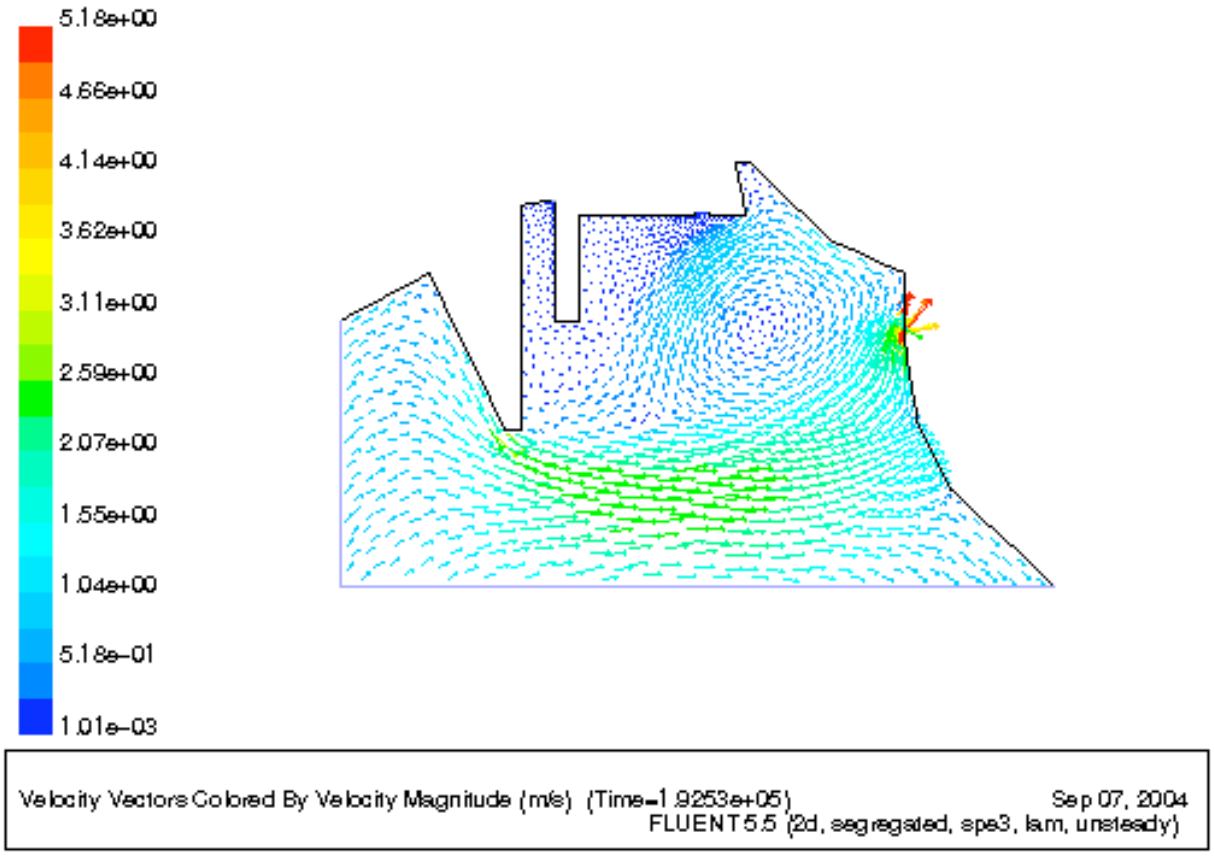


Fig 7.23: Diagramma delle velocità di flusso.

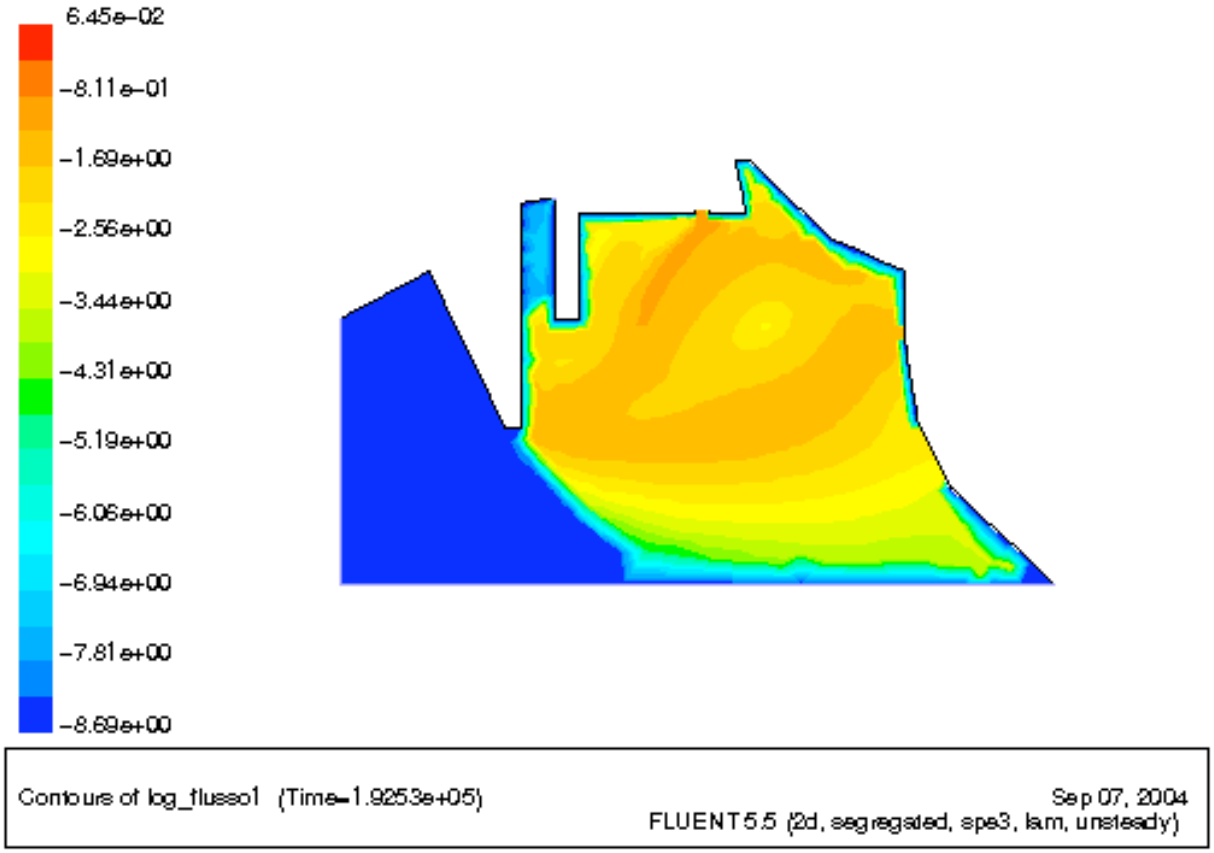


Fig 7.24: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

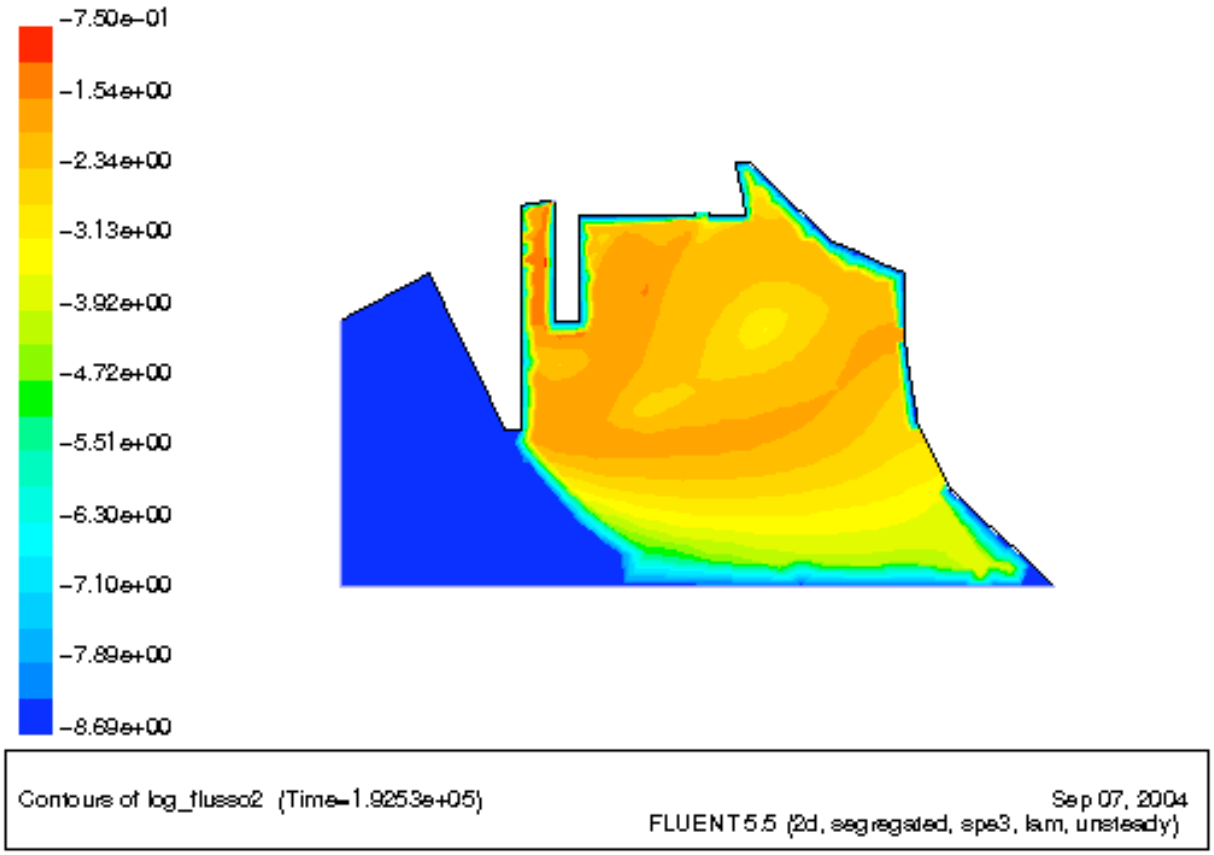


Fig 7.25: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

CASO 6

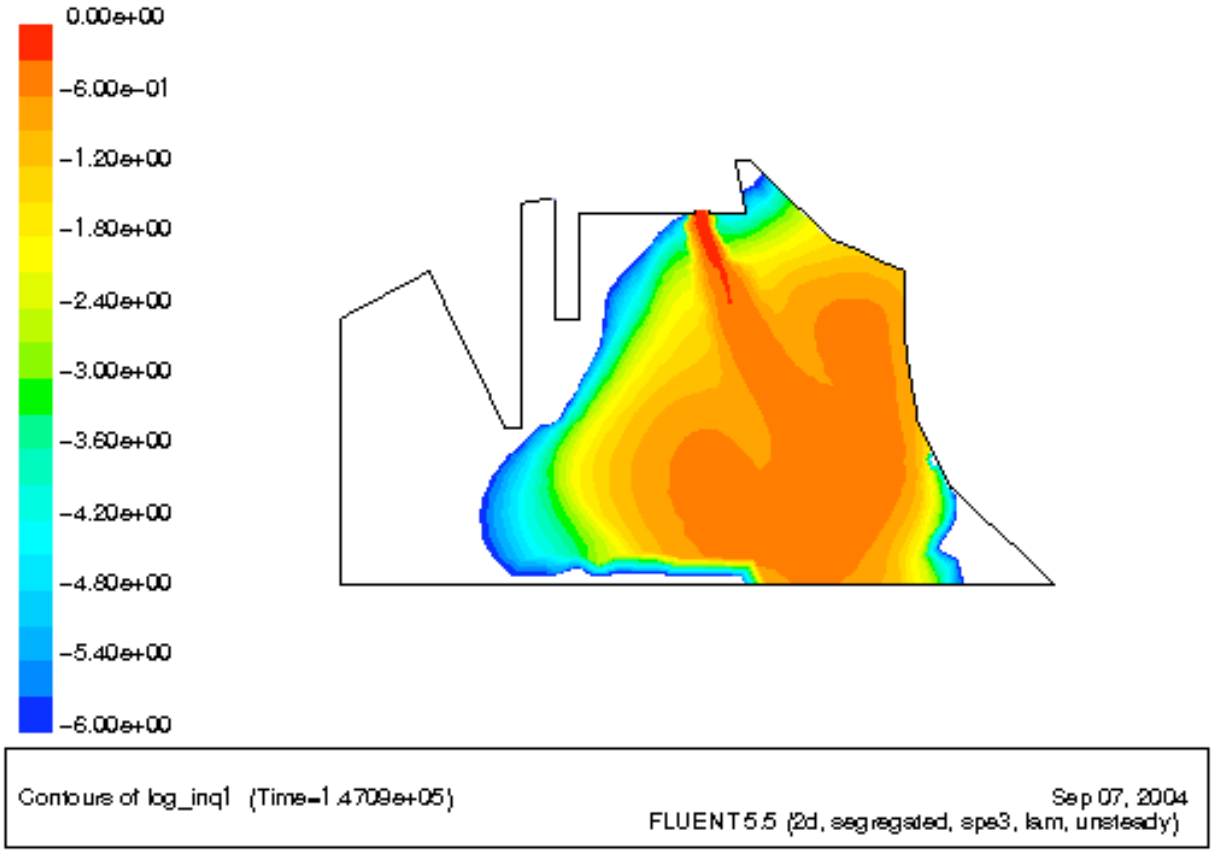


Fig 7.26: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

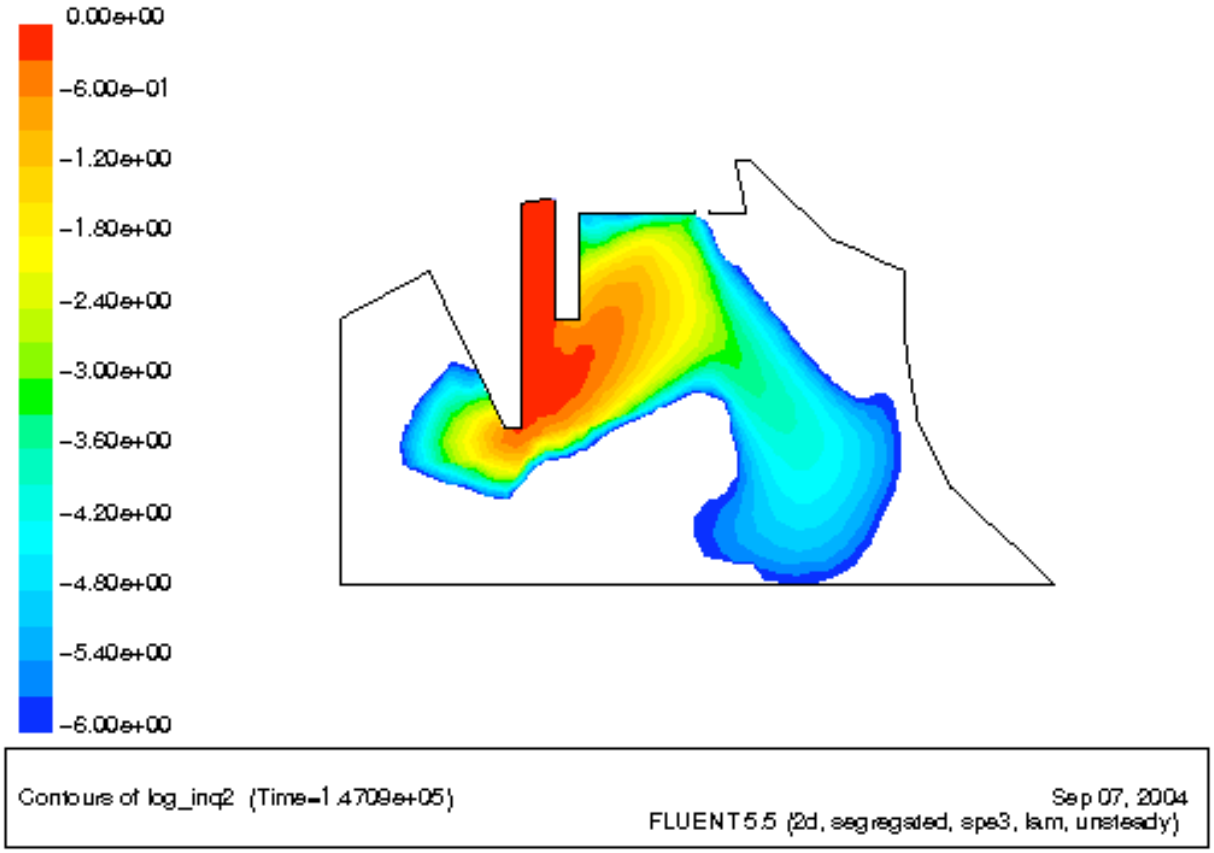


Fig 7.27: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

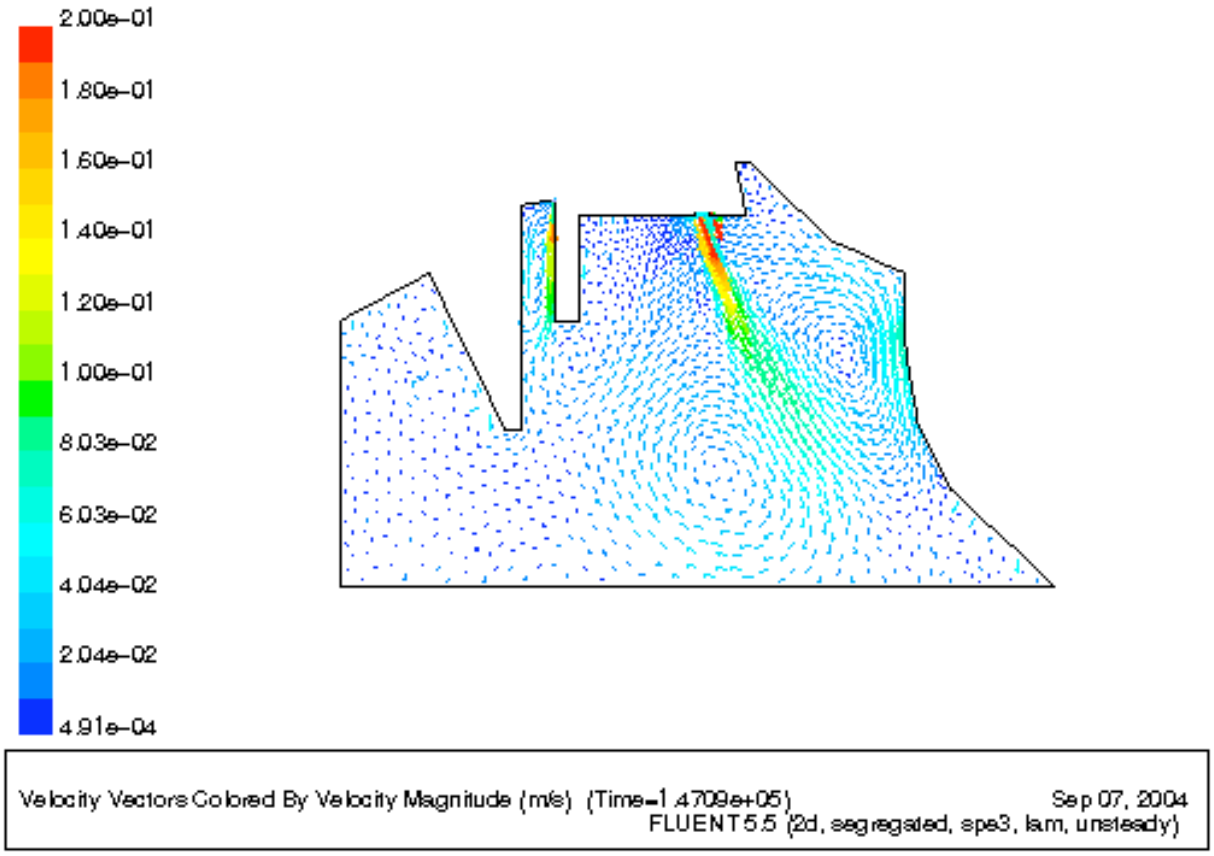


Fig 7.28: Diagramma delle velocità di flusso.

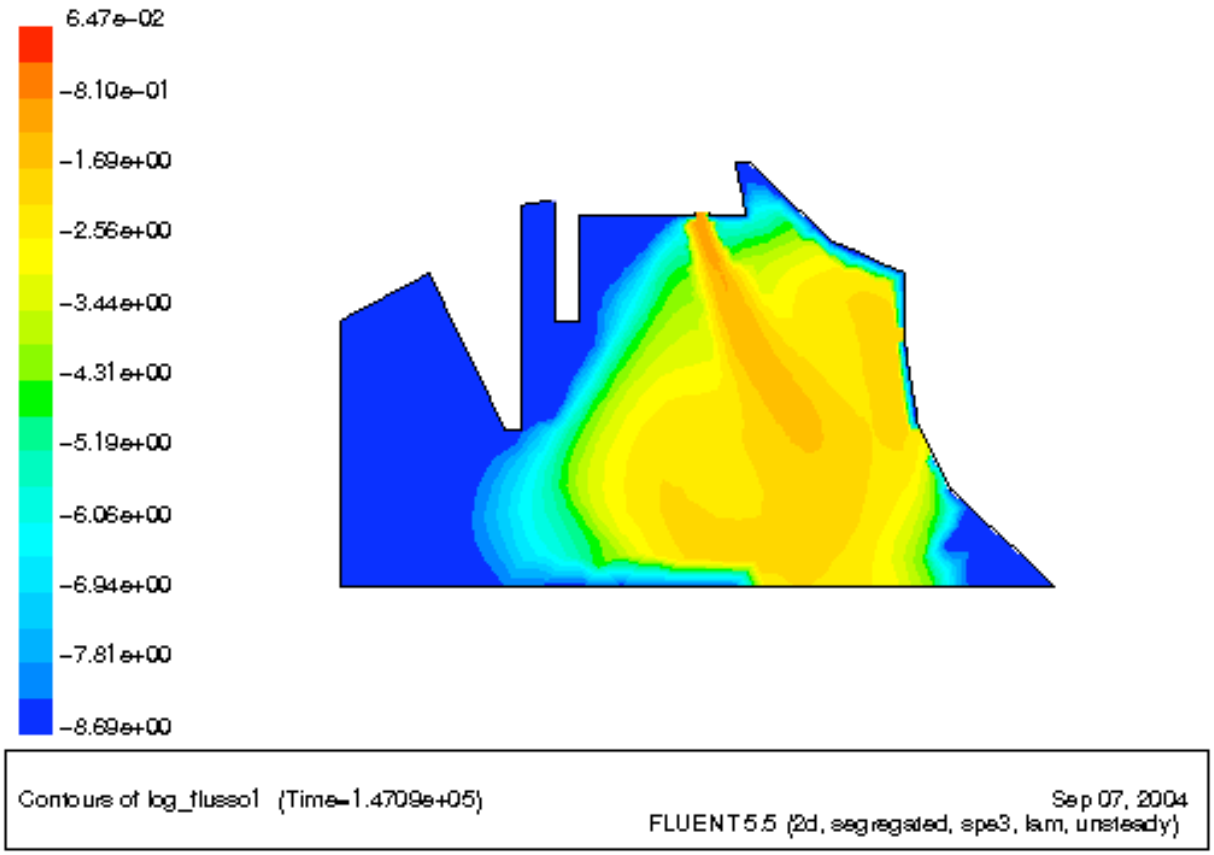


Fig 7.29: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

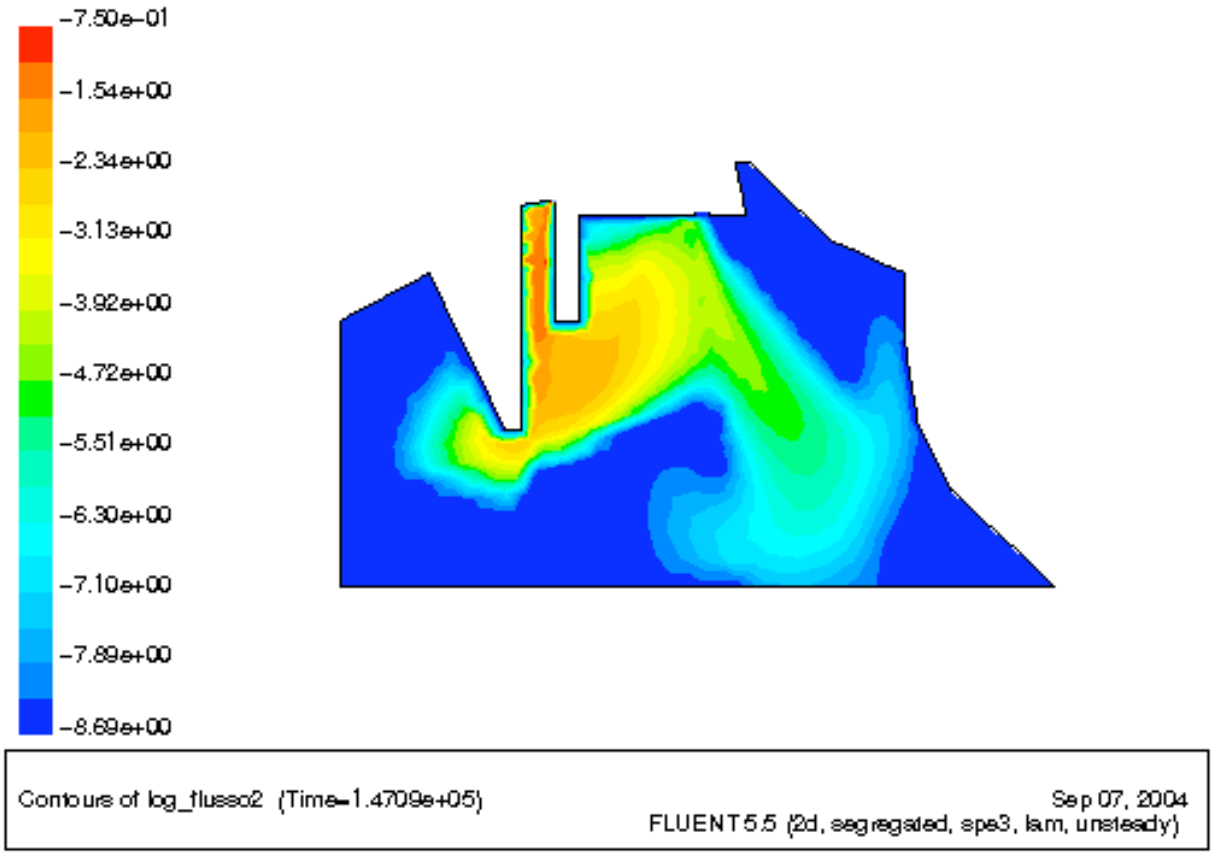


Fig 7.30: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

CASO 7

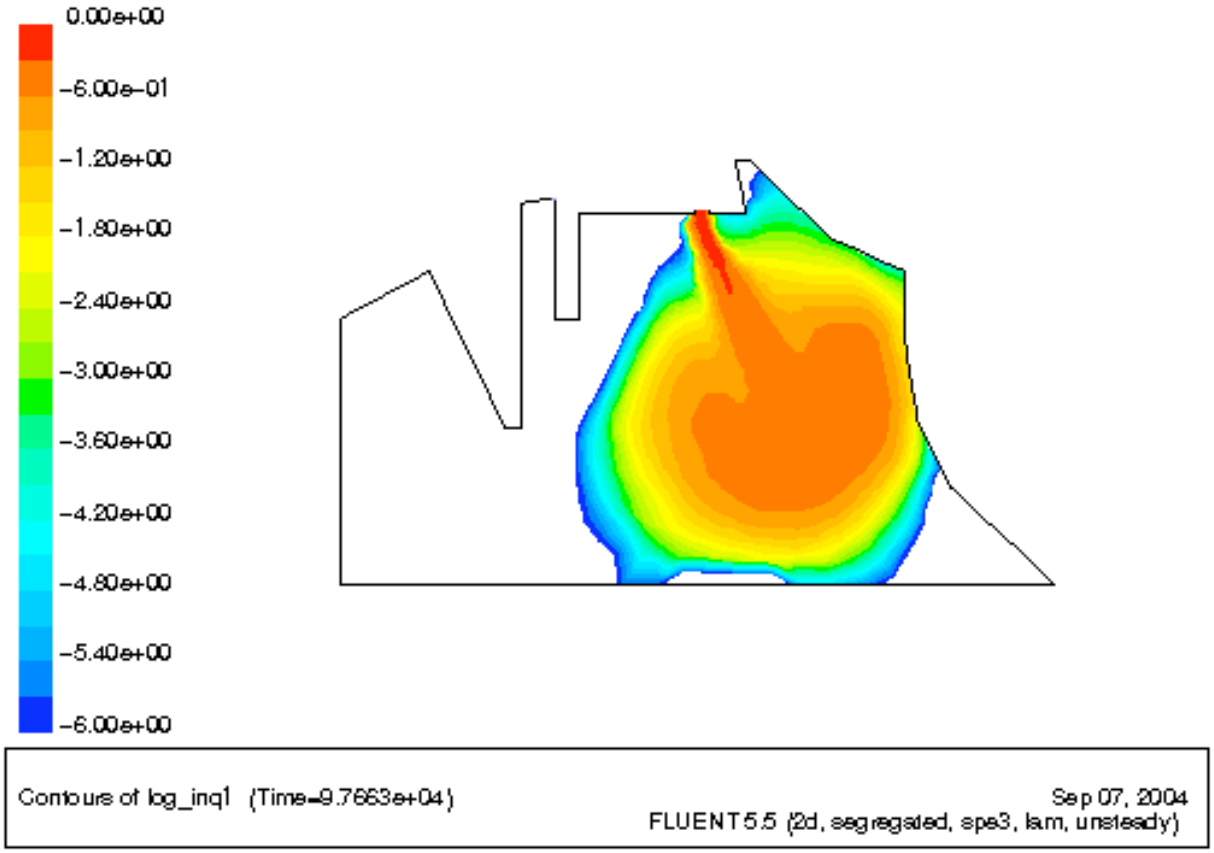


Fig 7.31: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

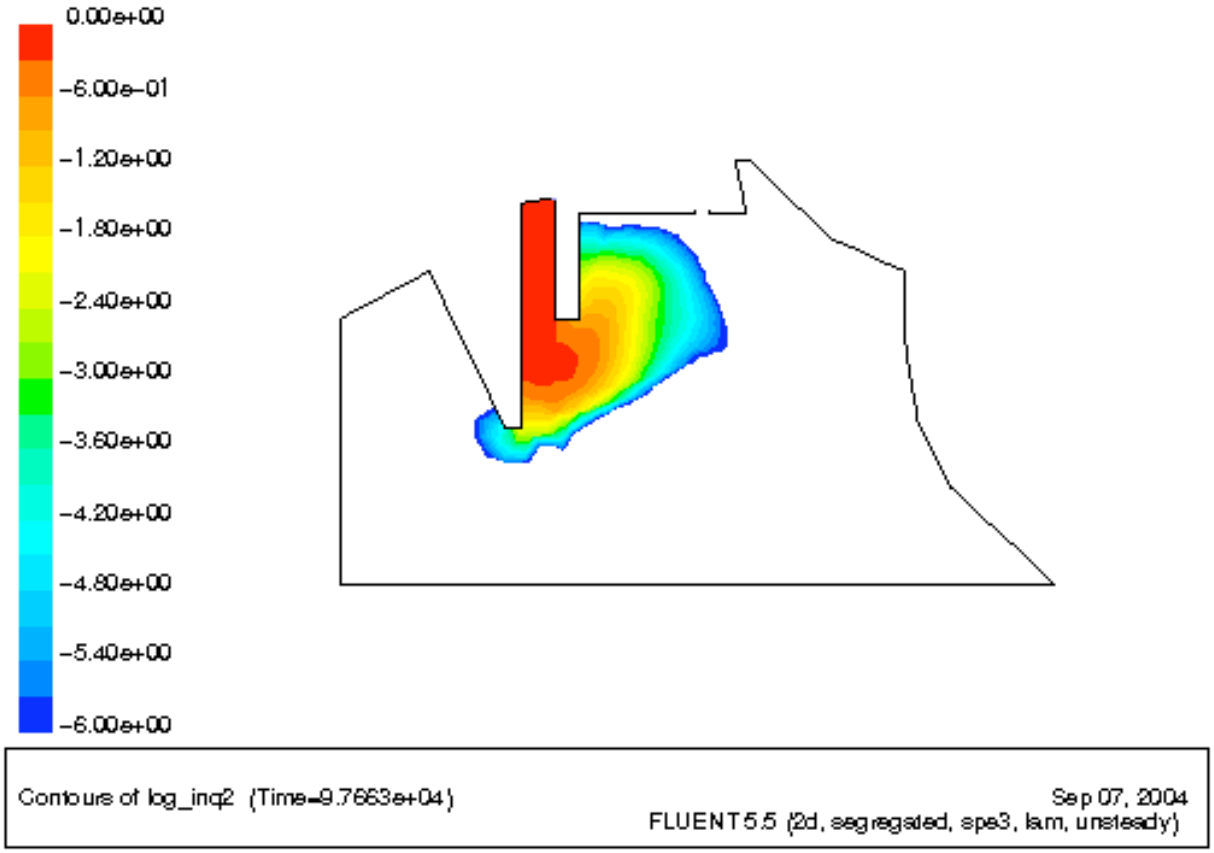


Fig 7.32: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

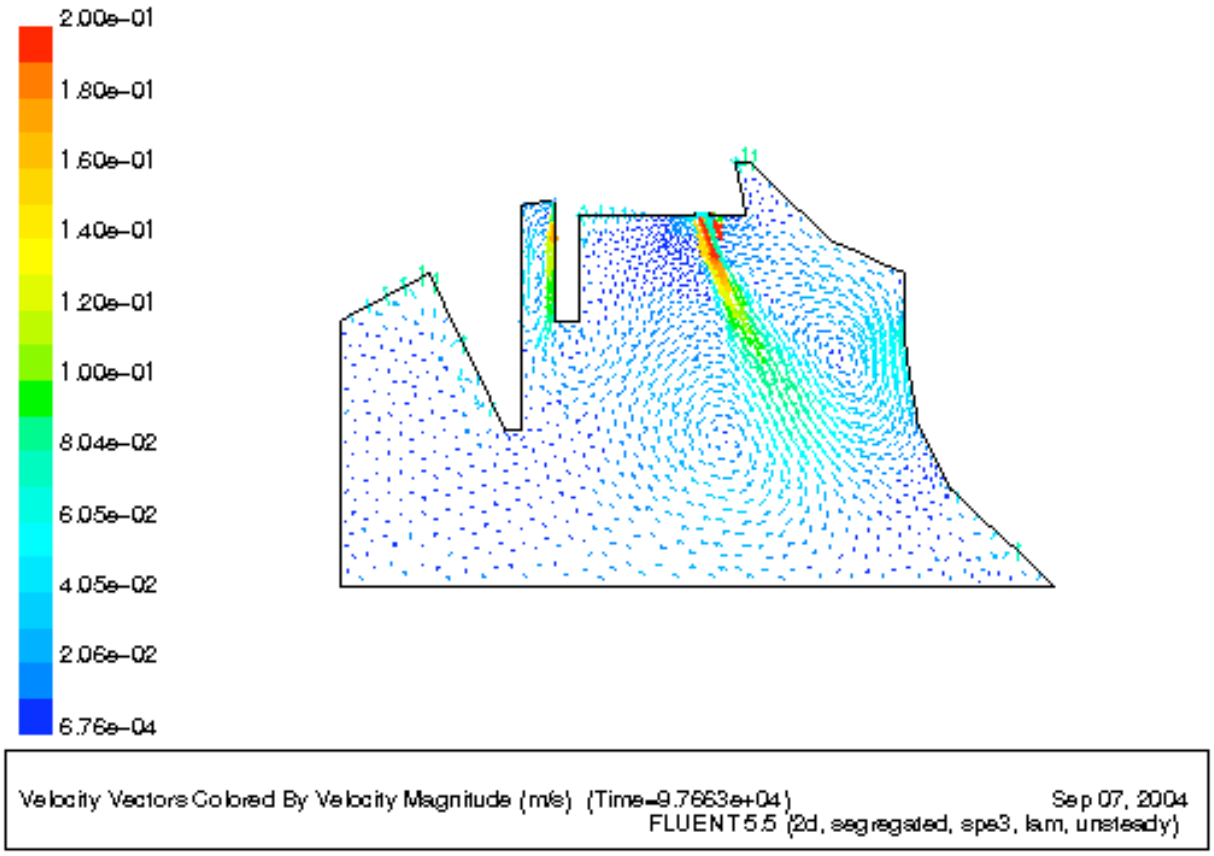


Fig 7.33: Diagramma delle velocità di flusso.

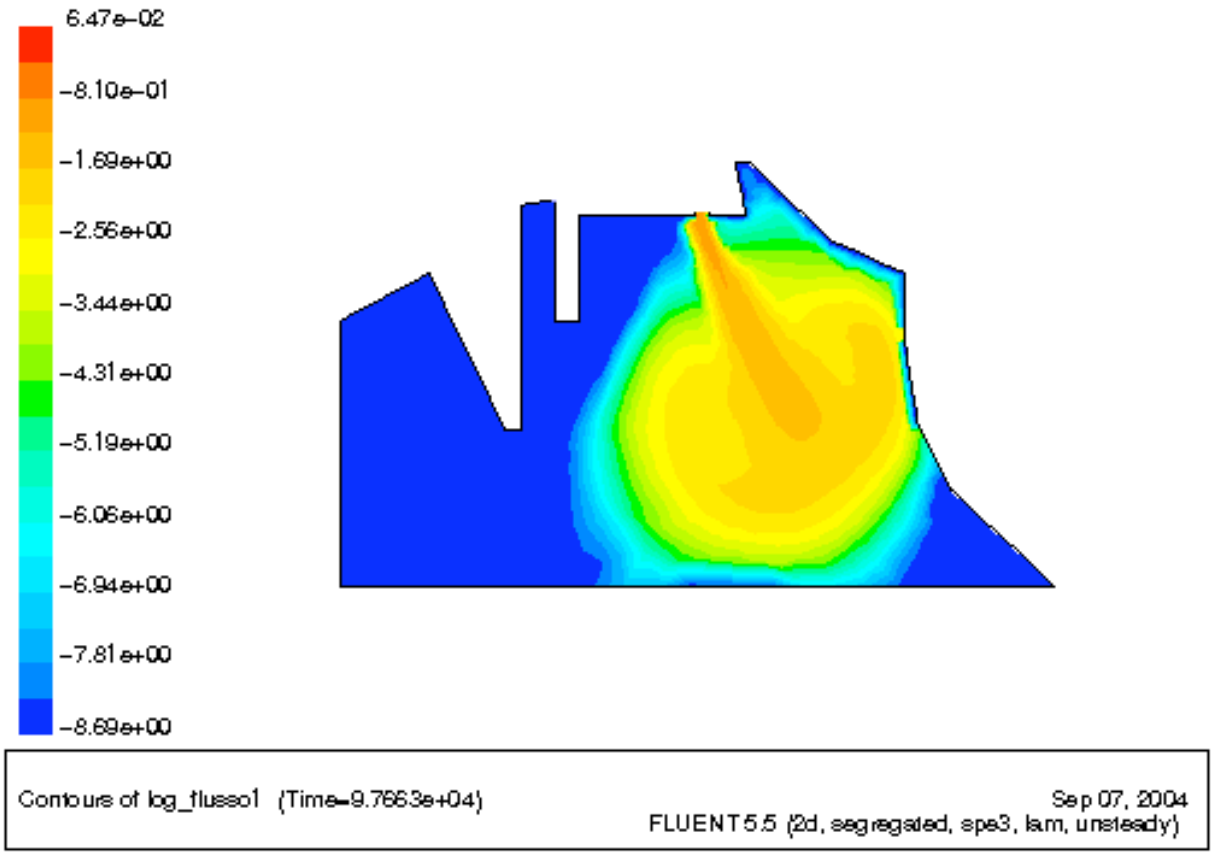


Fig 7.34: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

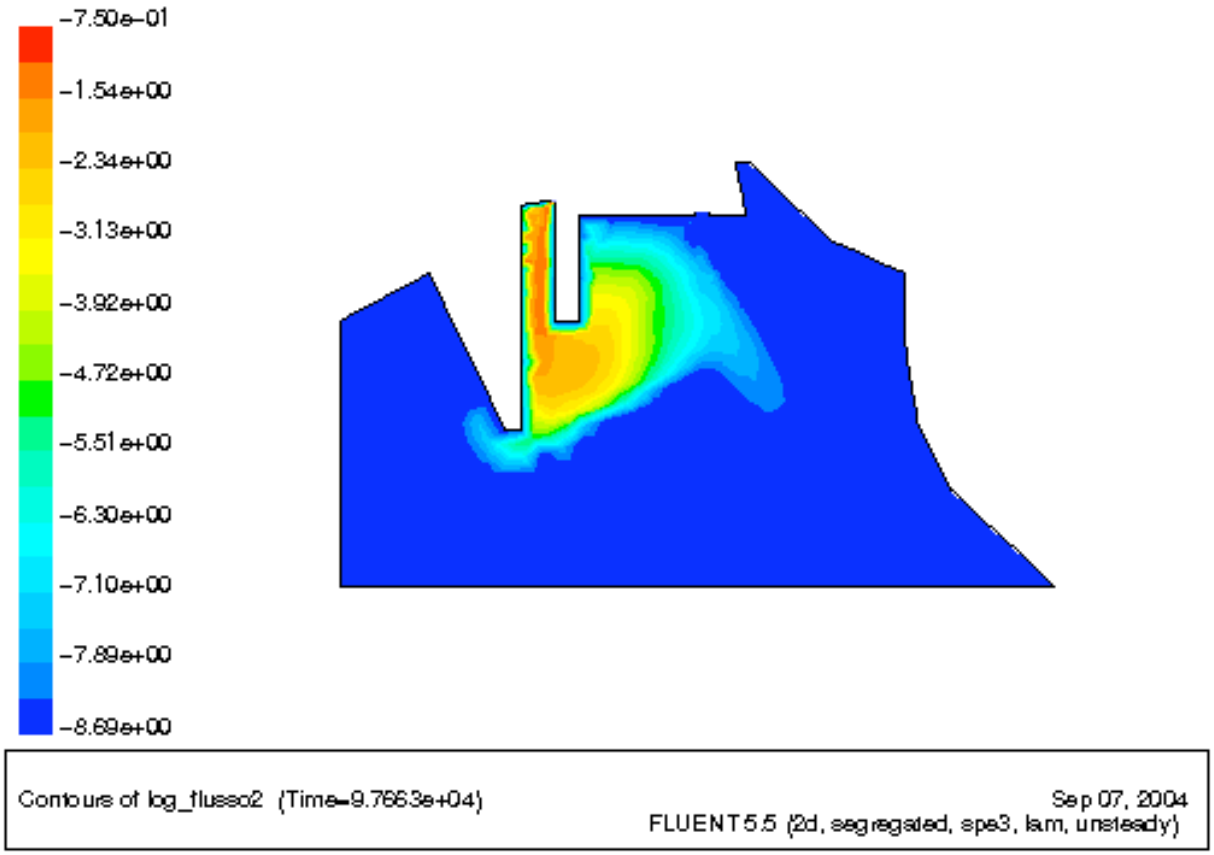


Fig 7.35: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

CASO 8

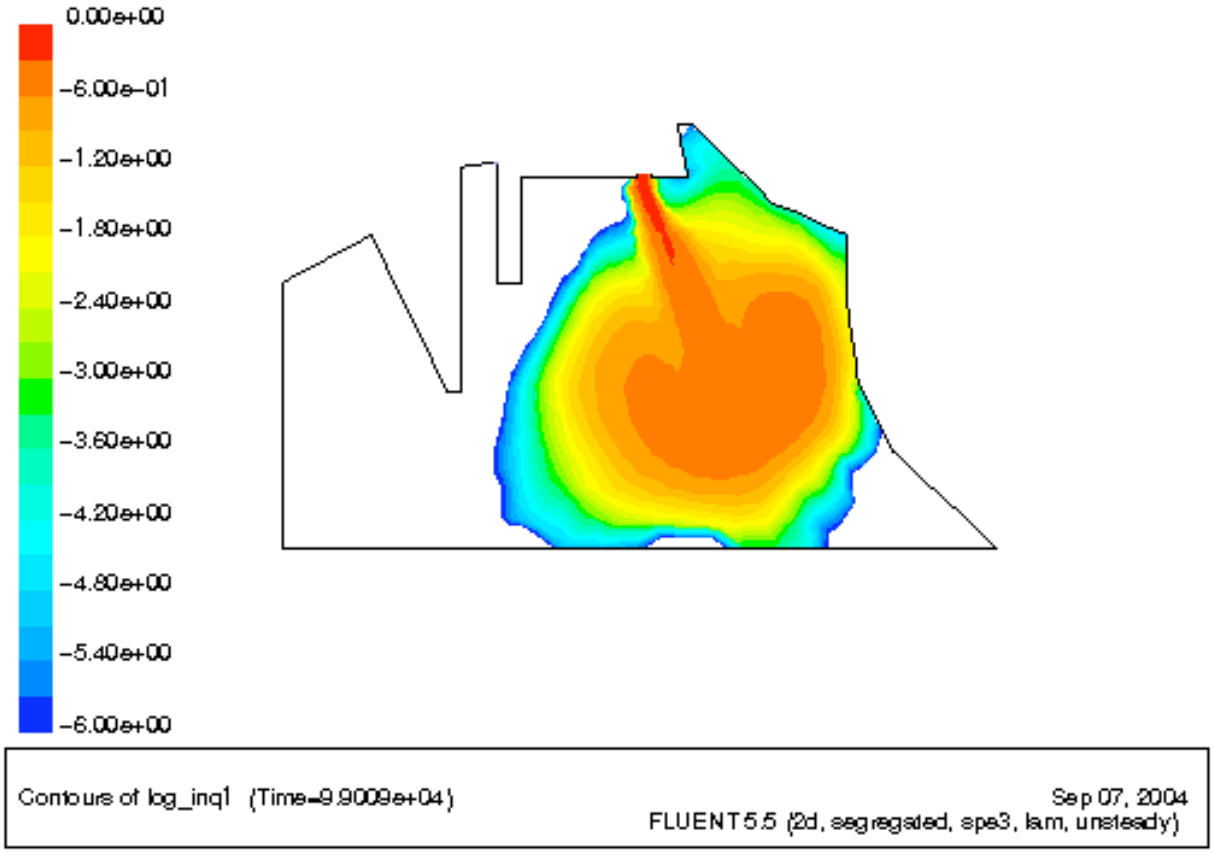


Fig 7.36: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

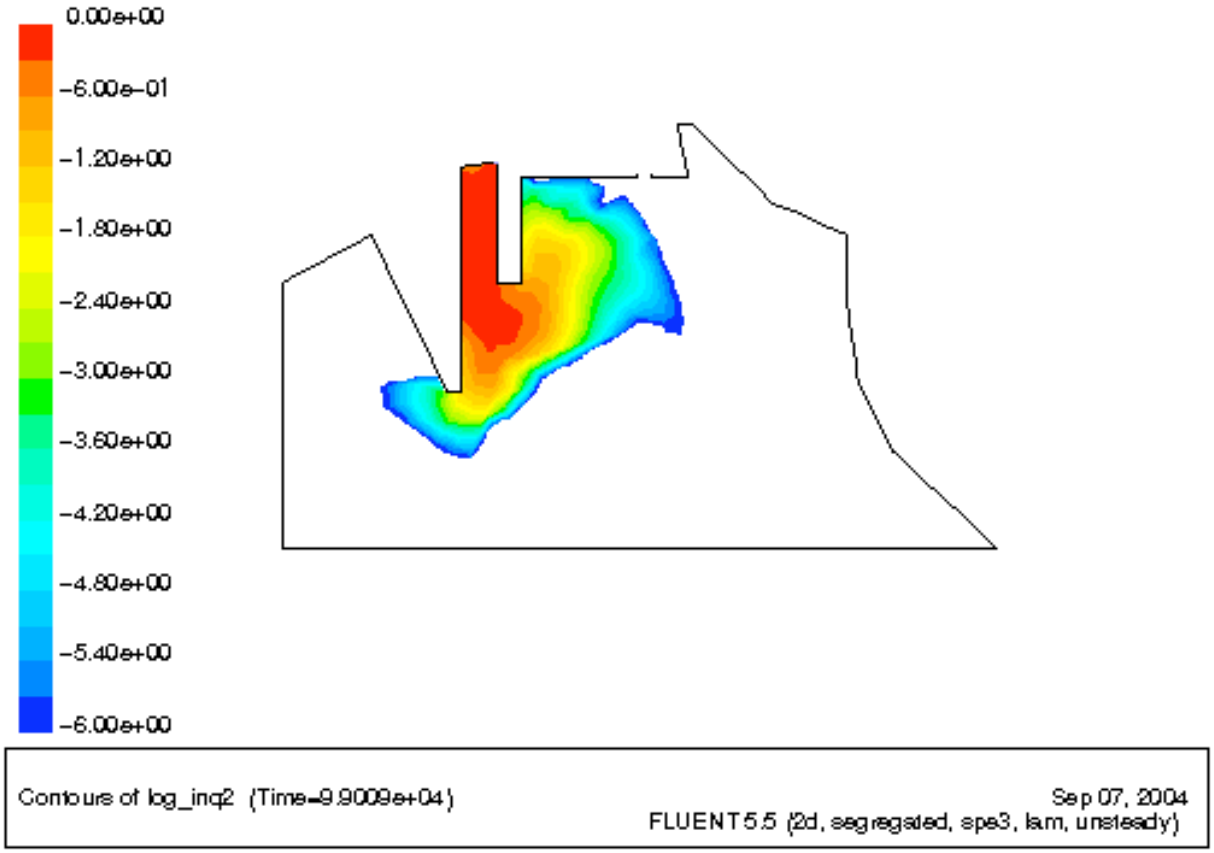


Fig 7.37: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

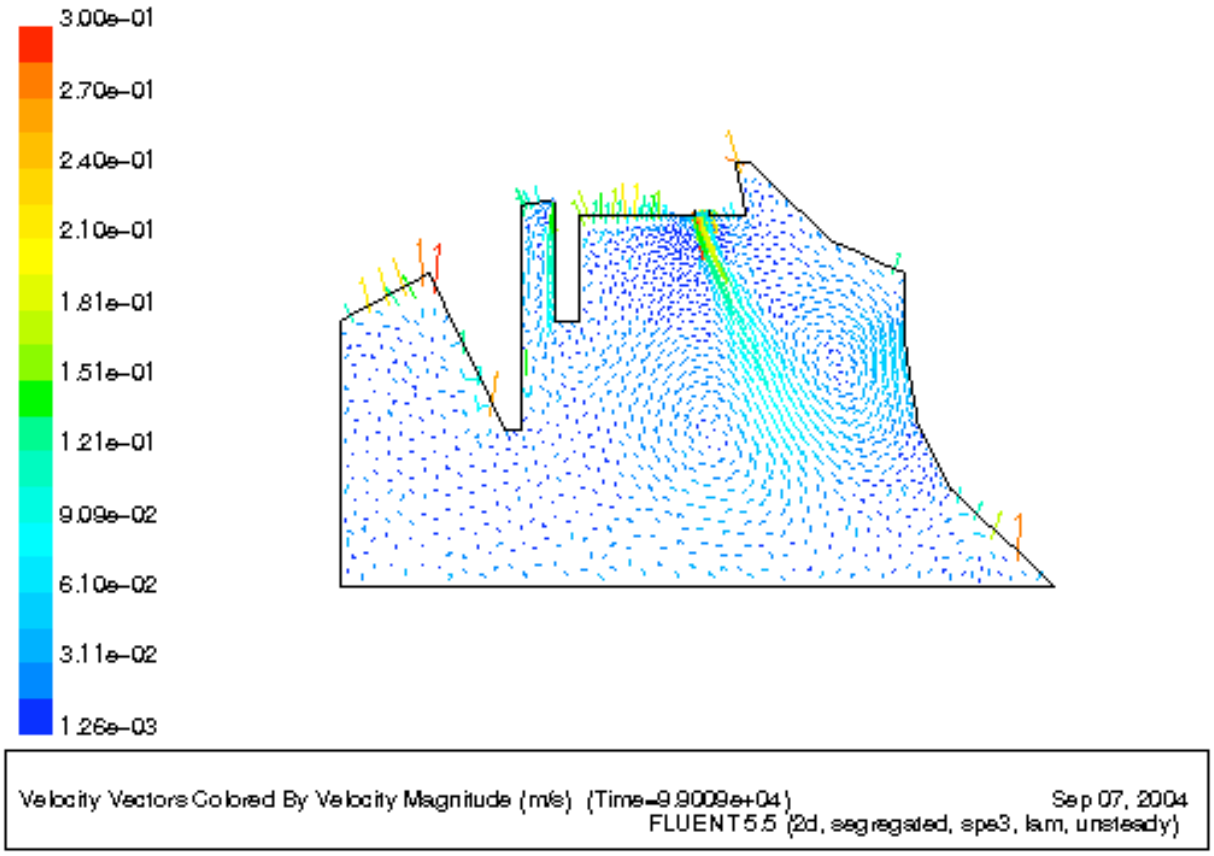


Fig 7.38: Diagramma delle velocità di flusso.

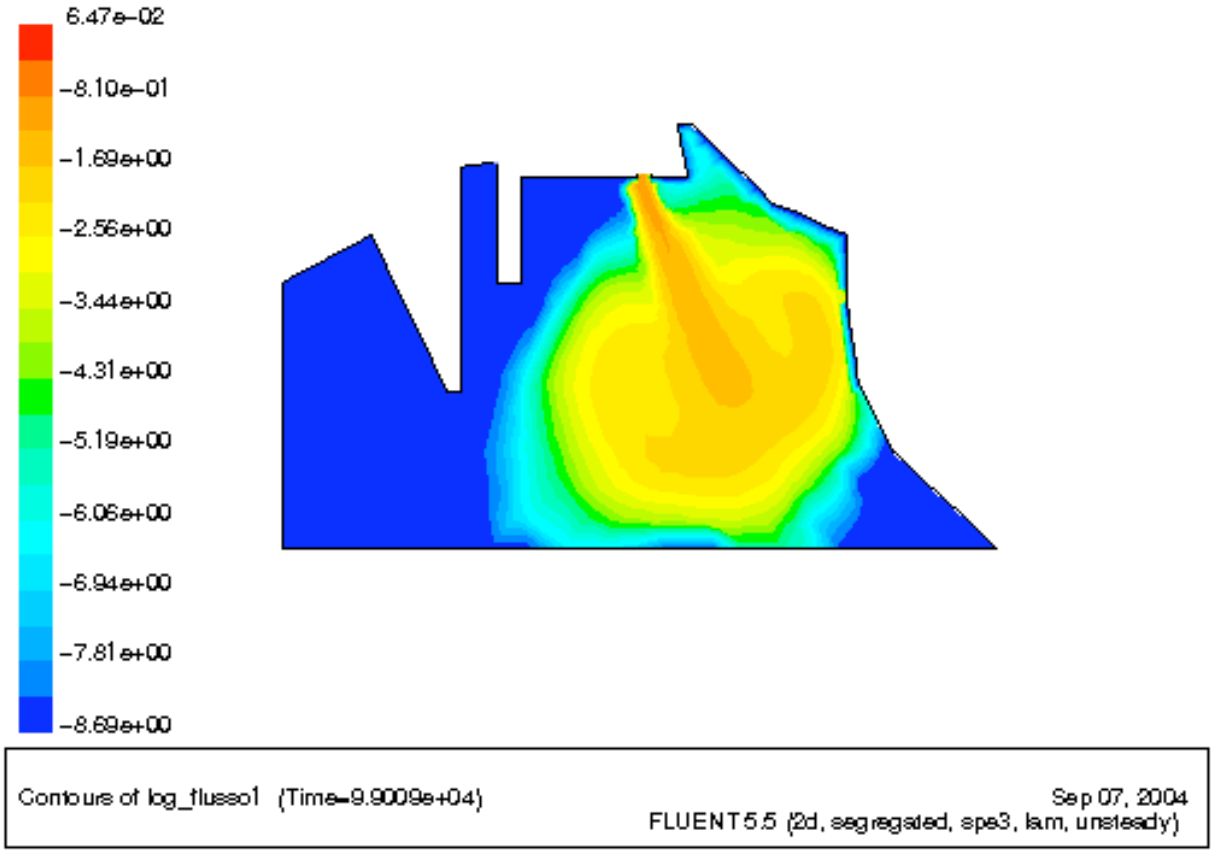


Fig 7.39: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

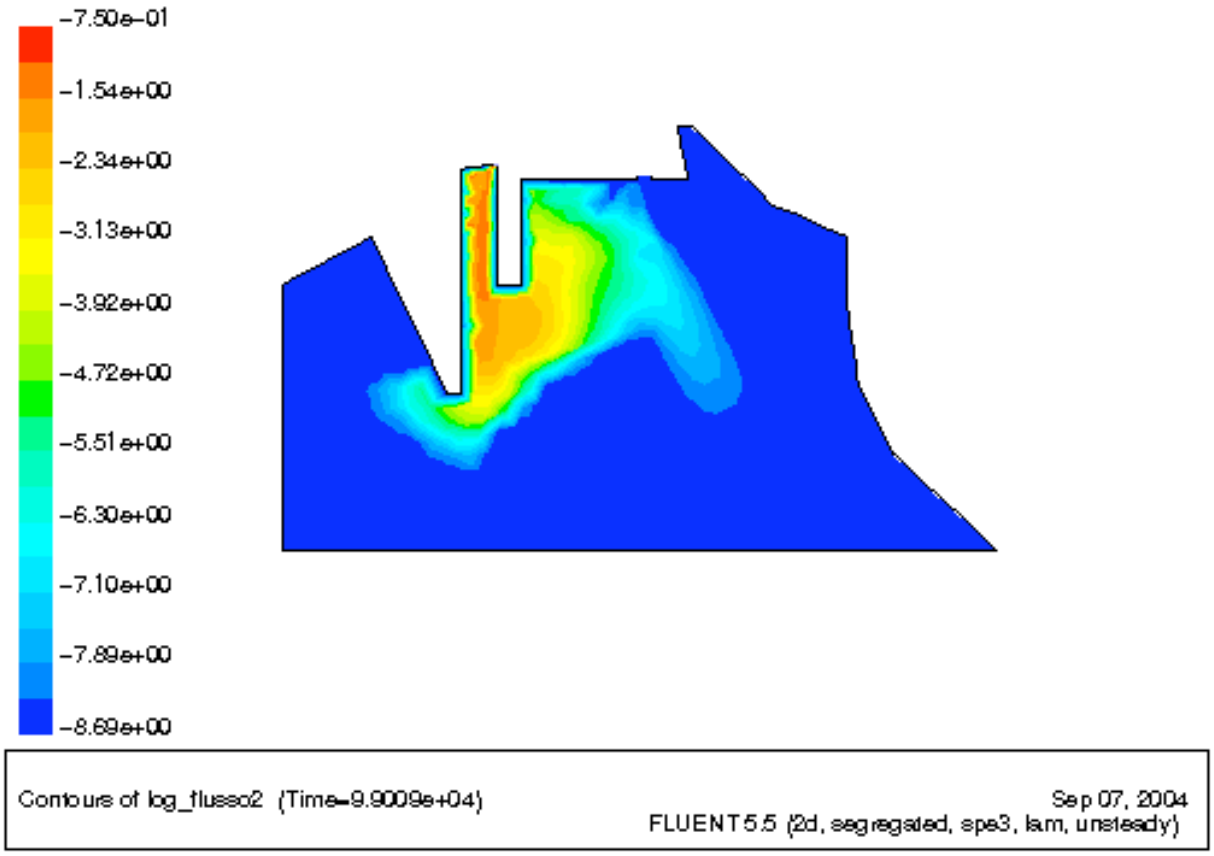


Fig 7.40: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

CASO 9

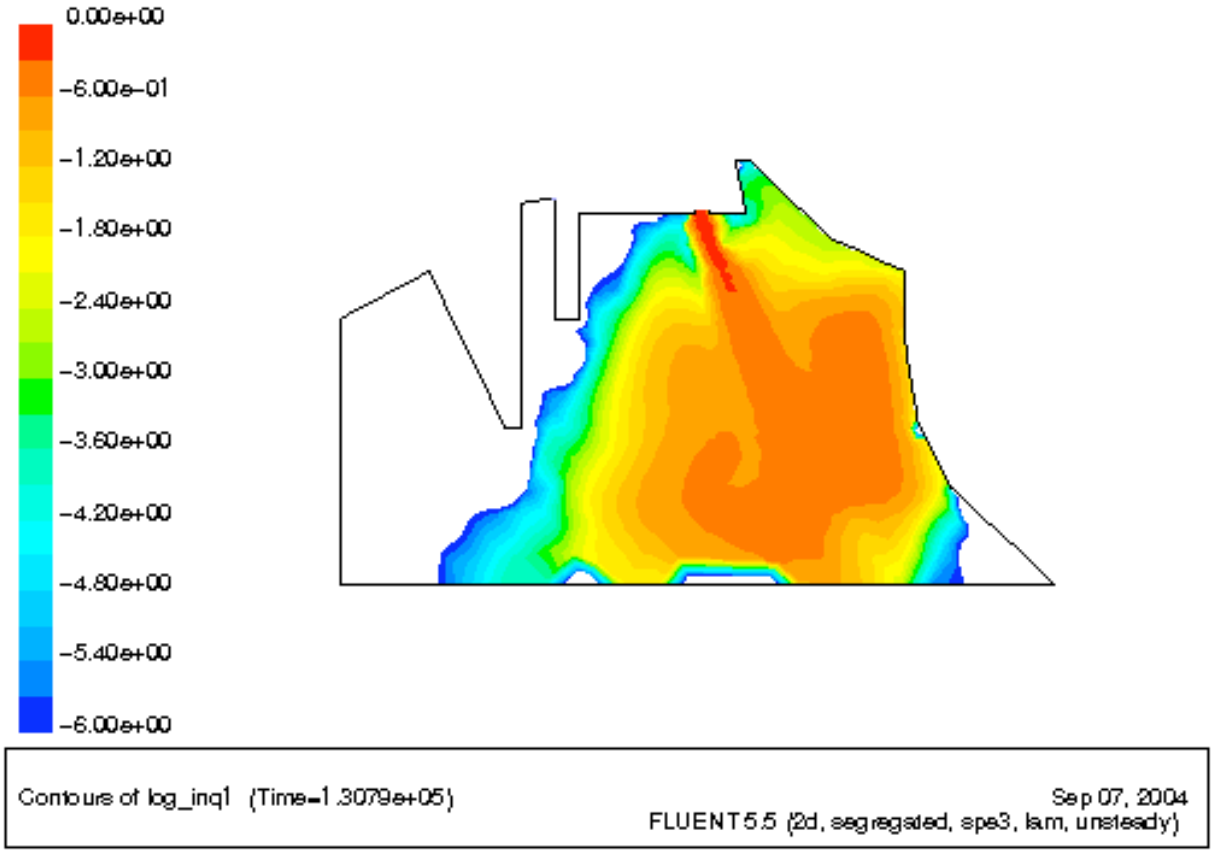


Fig 7.41: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

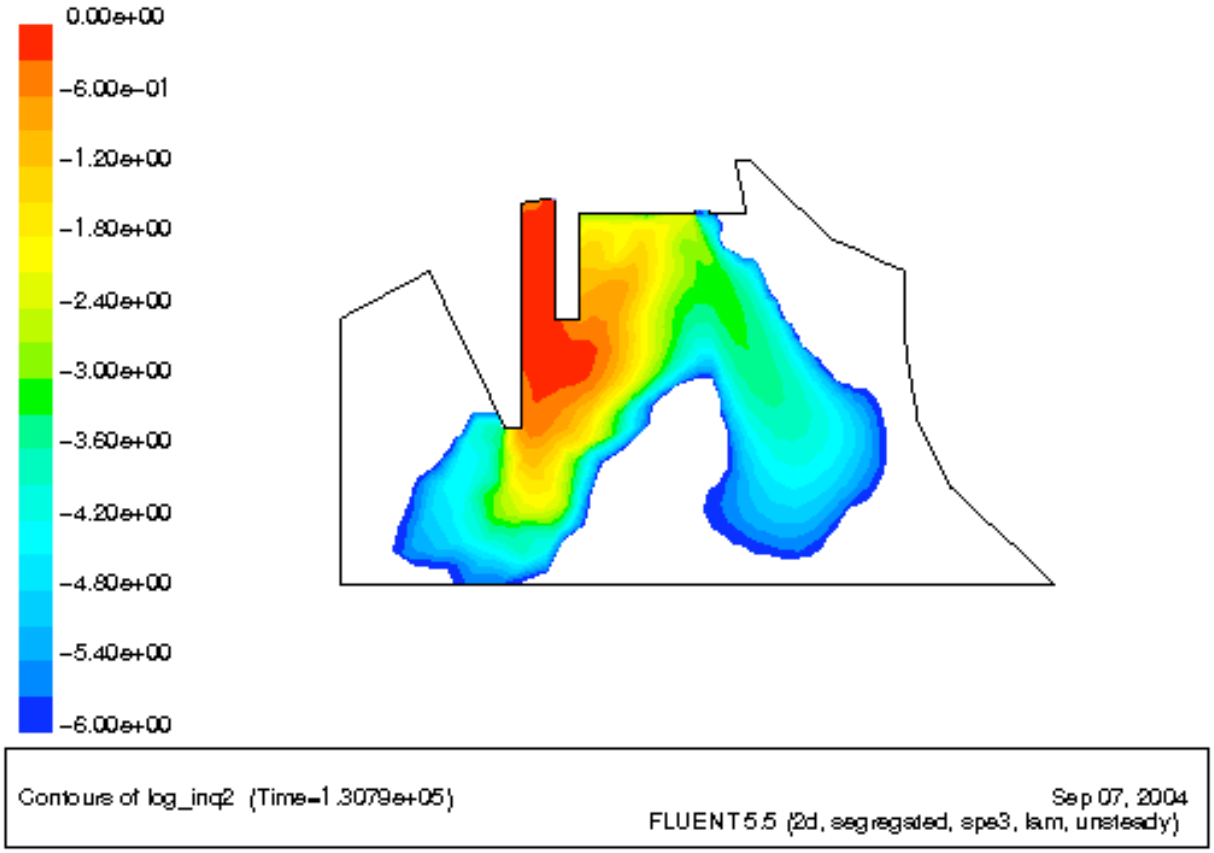


Fig 7.42: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

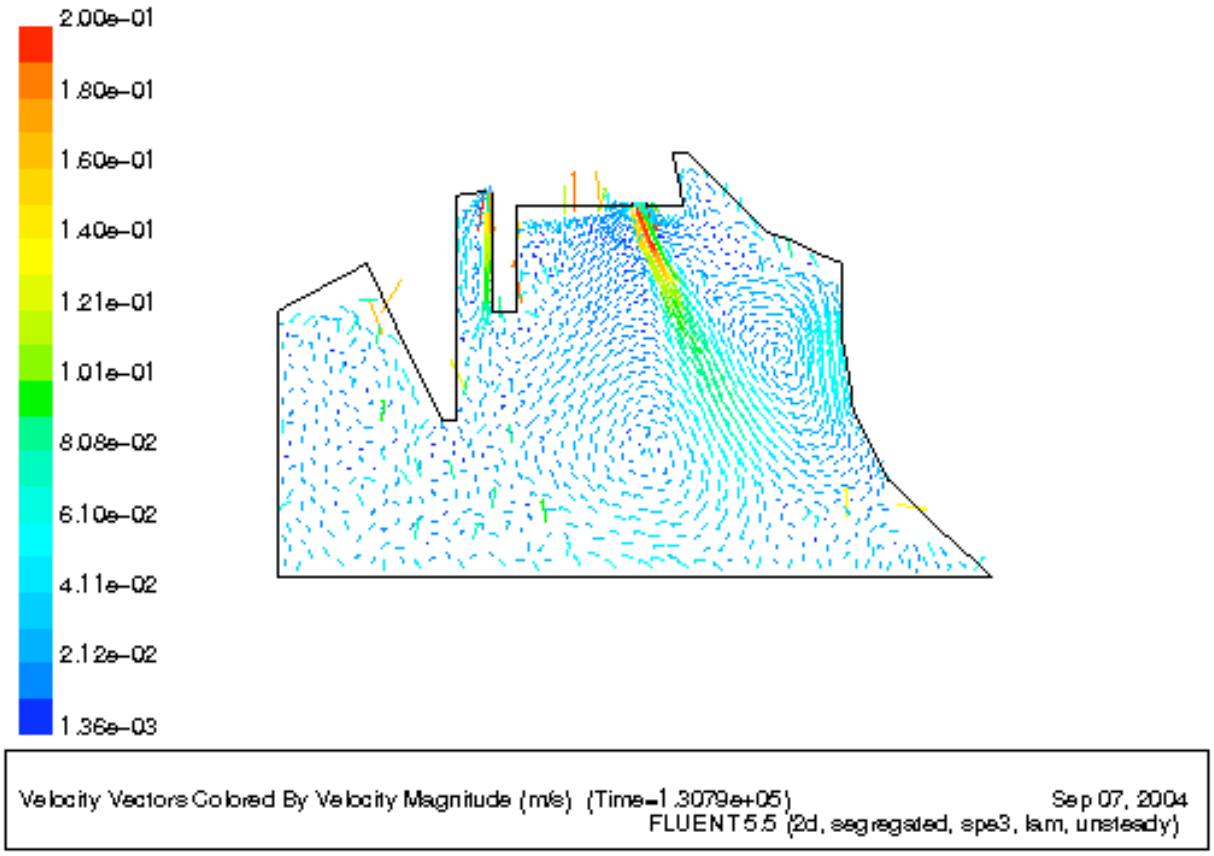


Fig 7.43: Diagramma delle velocità di flusso.

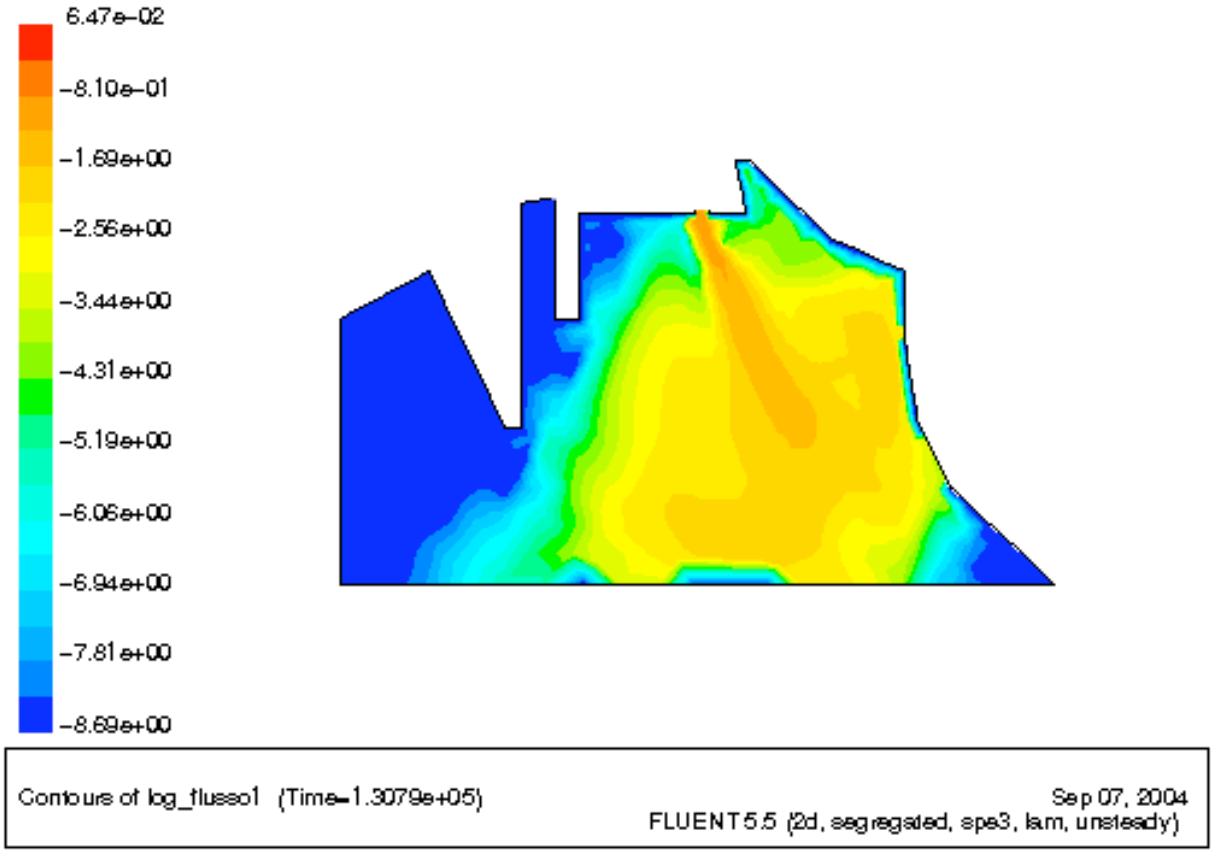


Fig 7.44: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

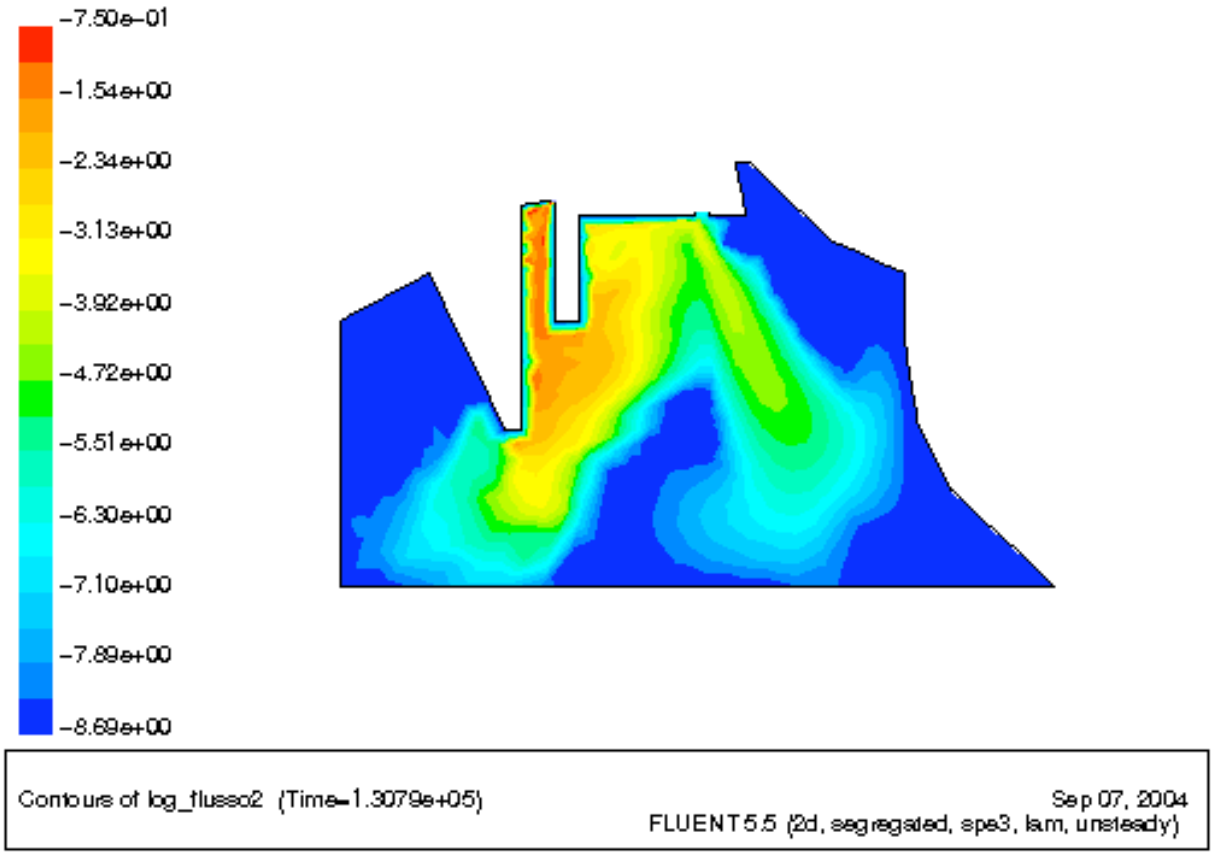


Fig 7.45: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

CASO 10

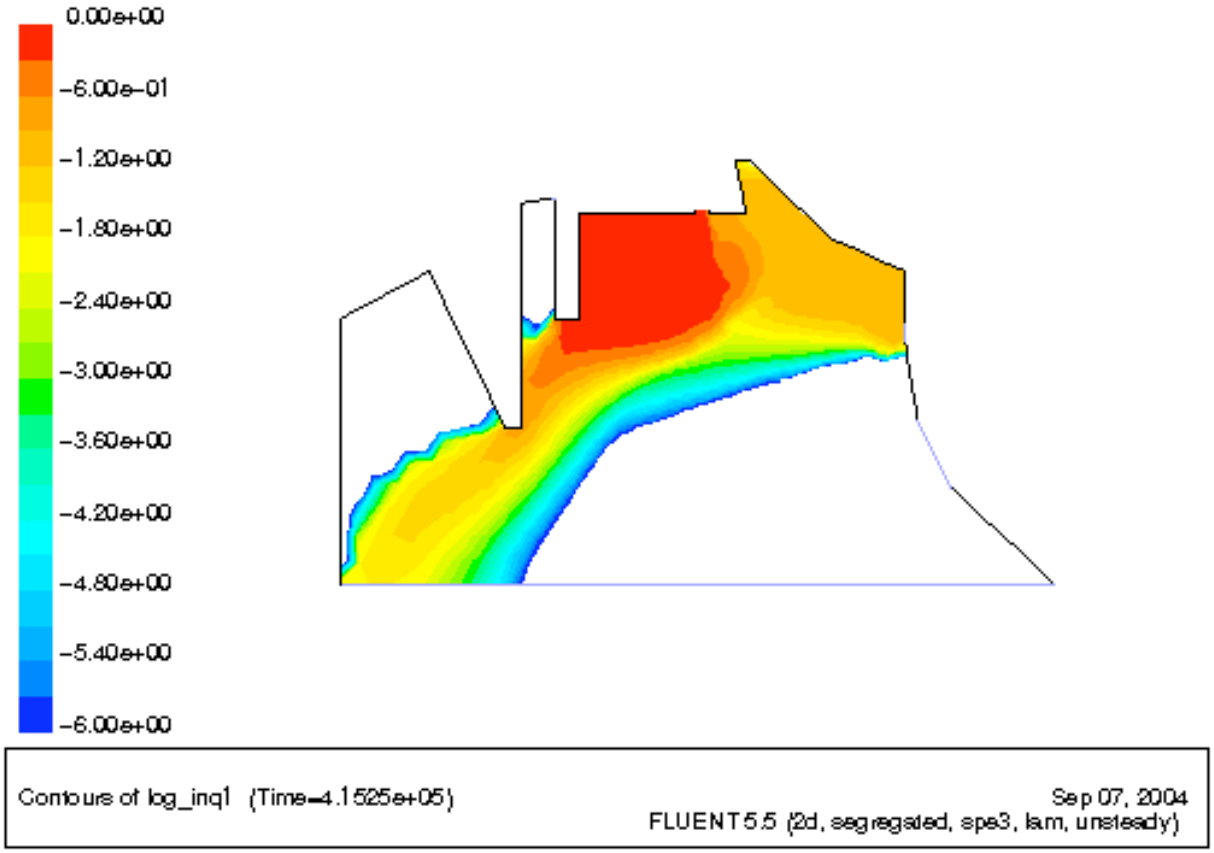


Fig 7.46: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

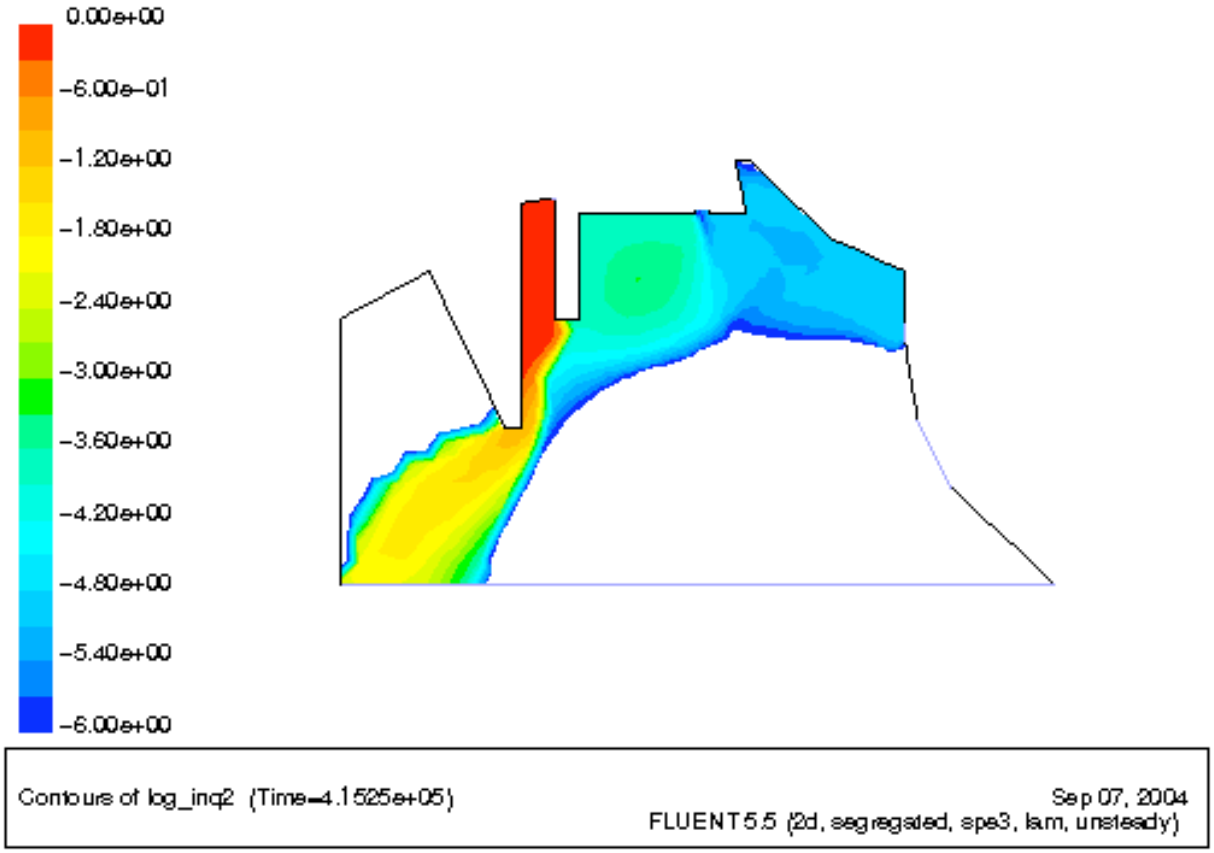


Fig 7.47: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

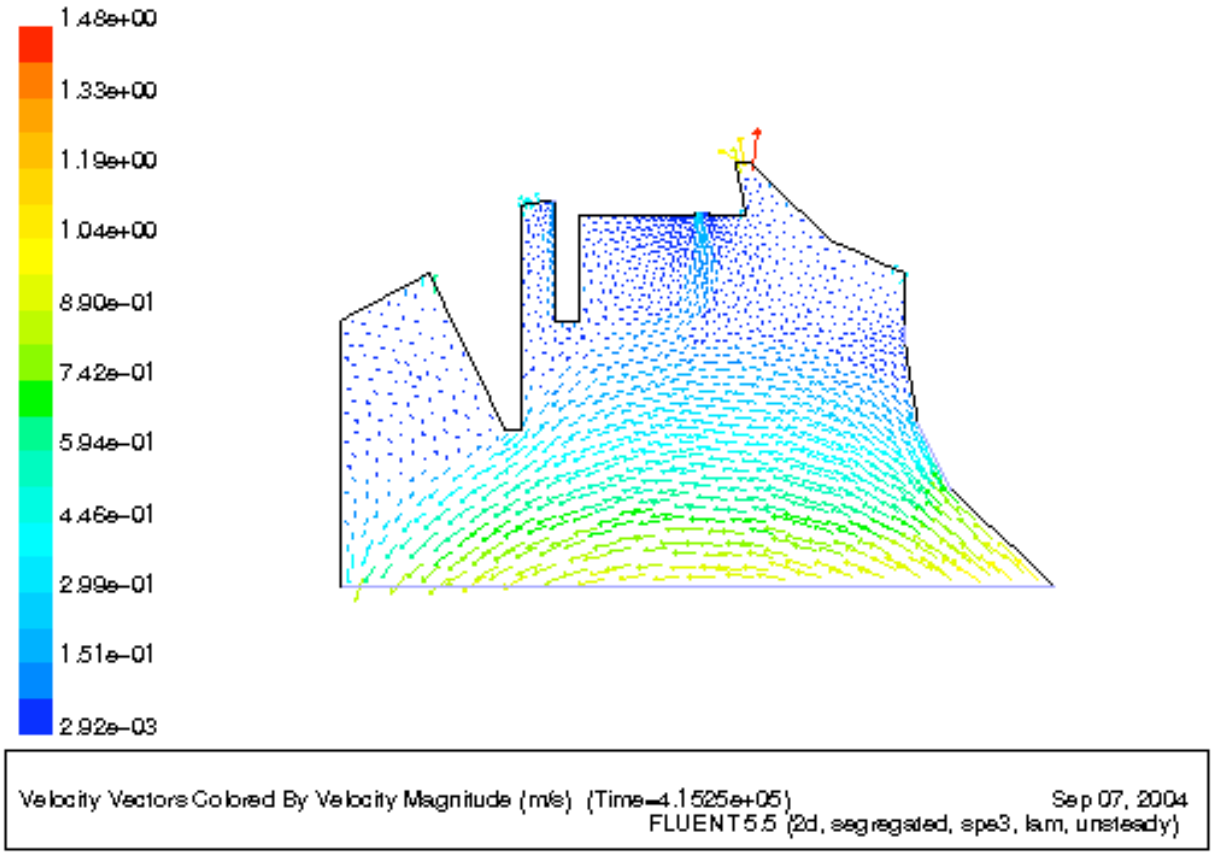


Fig 7.48: Diagramma delle velocità di flusso.

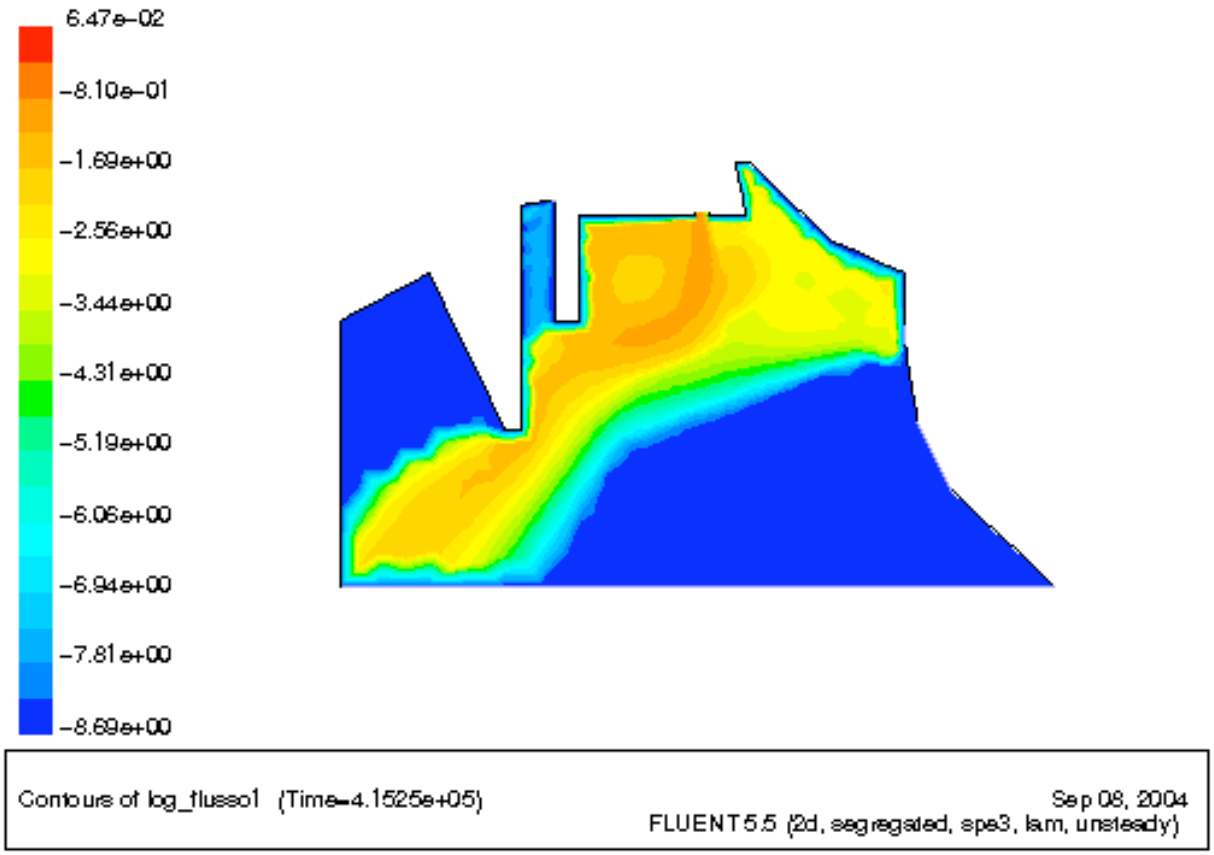


Fig 7.49: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

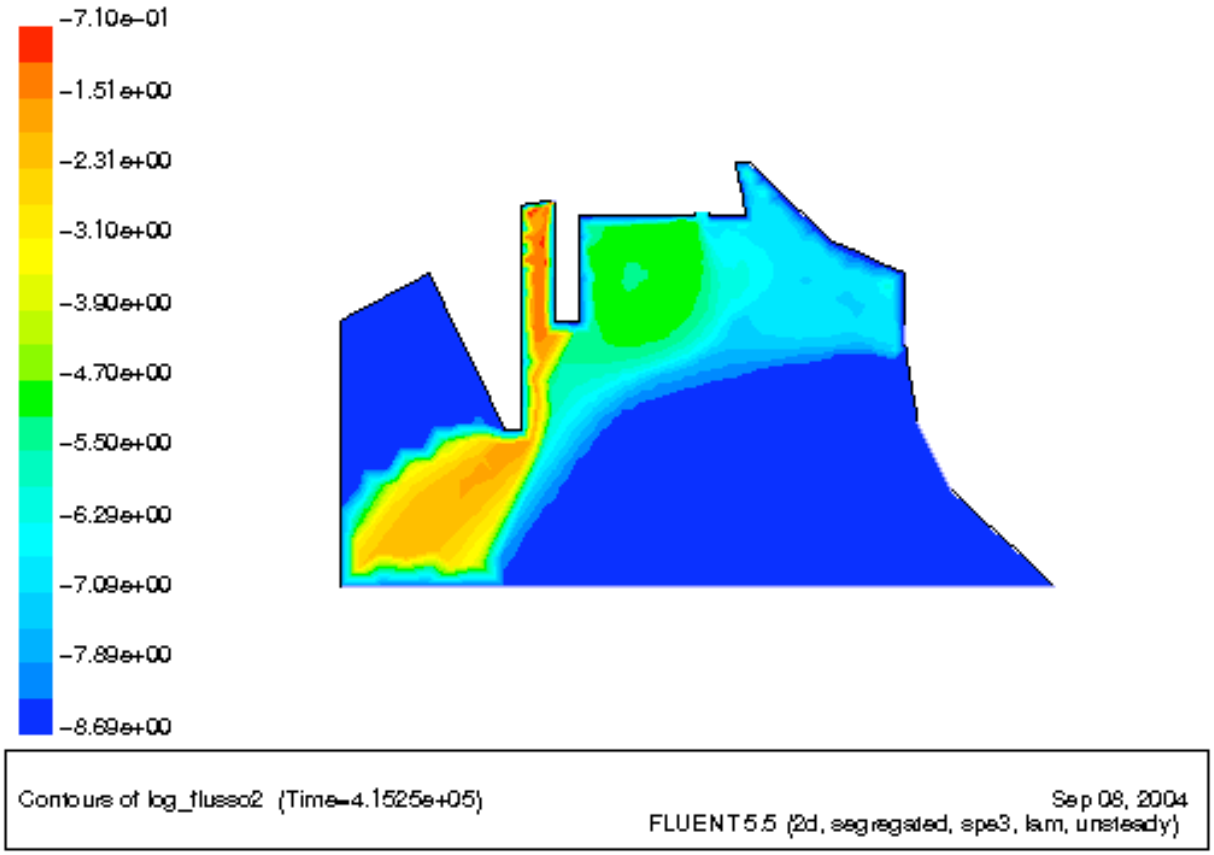


Fig 7.50: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

CASO 11

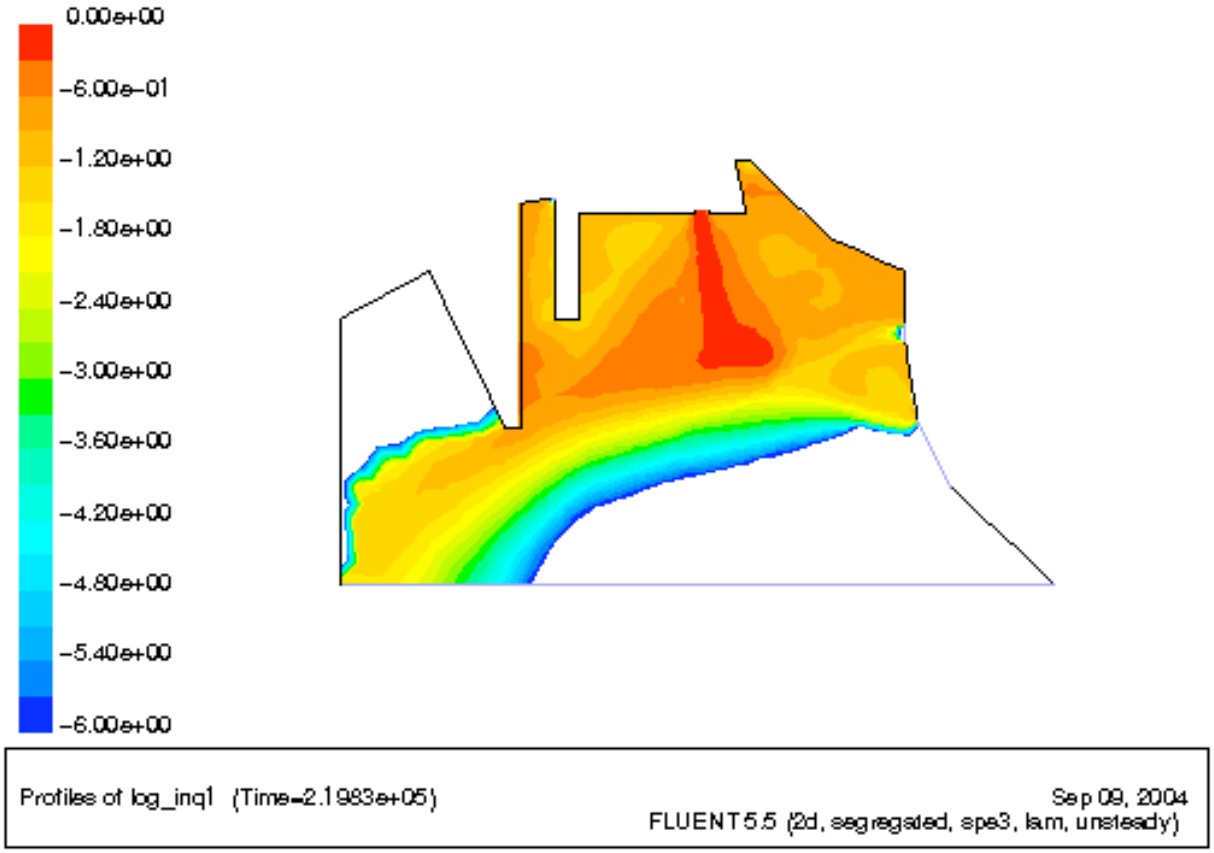


Fig 7.51: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

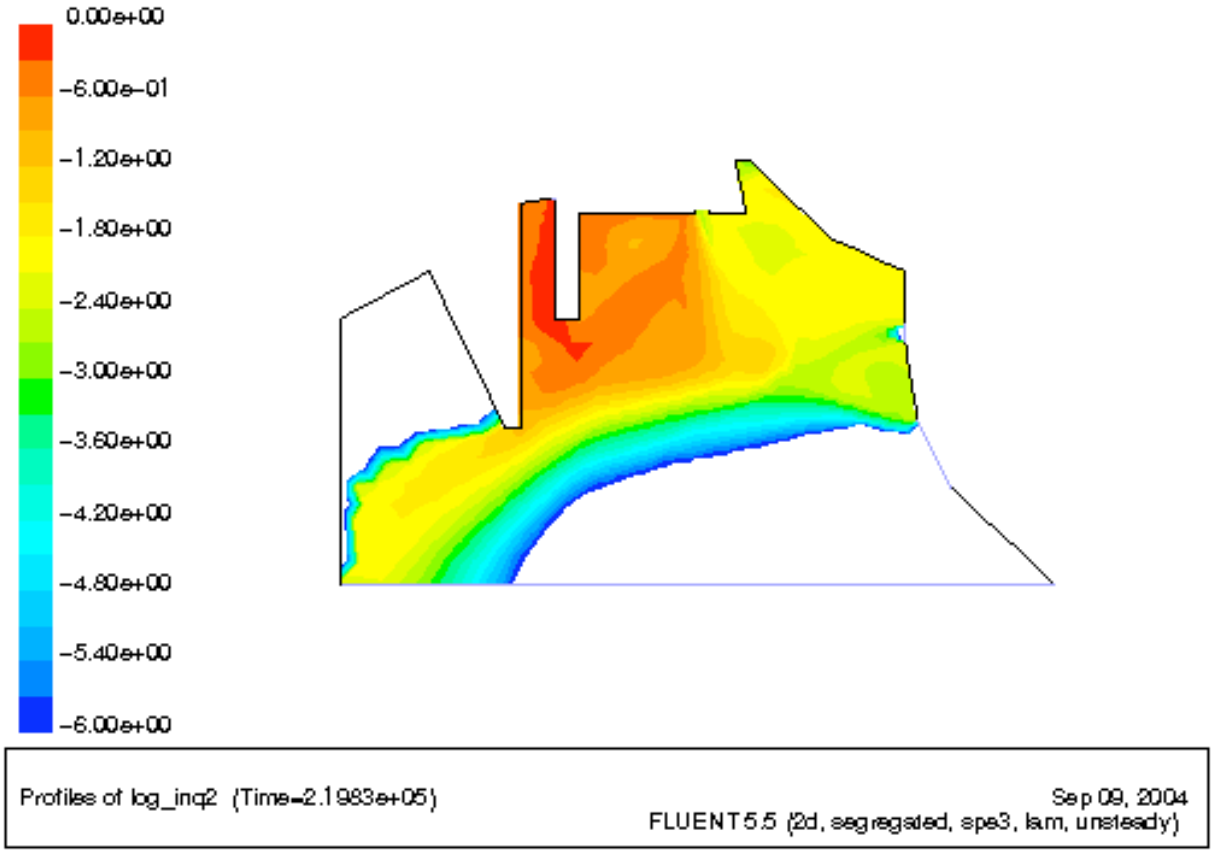


Fig 7.52: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

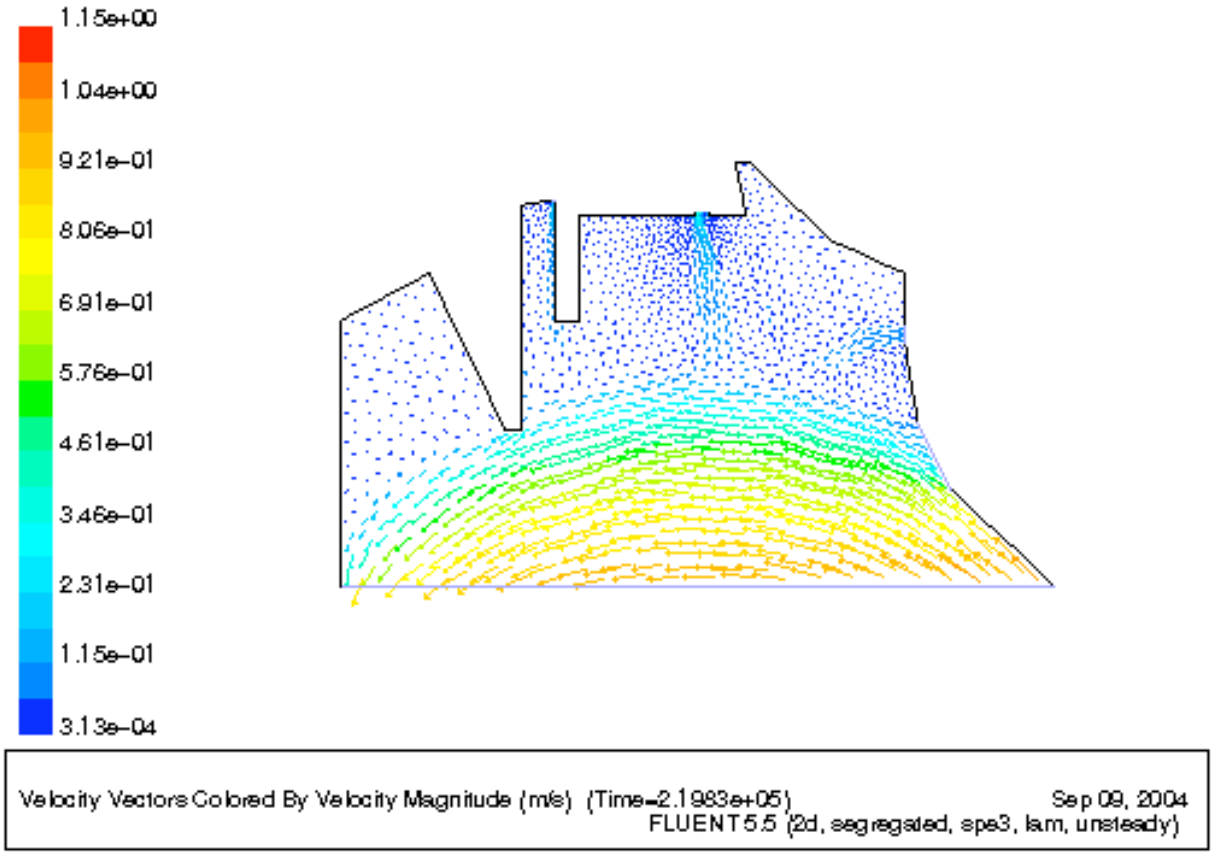


Fig 7.53: Diagramma delle velocità di flusso.

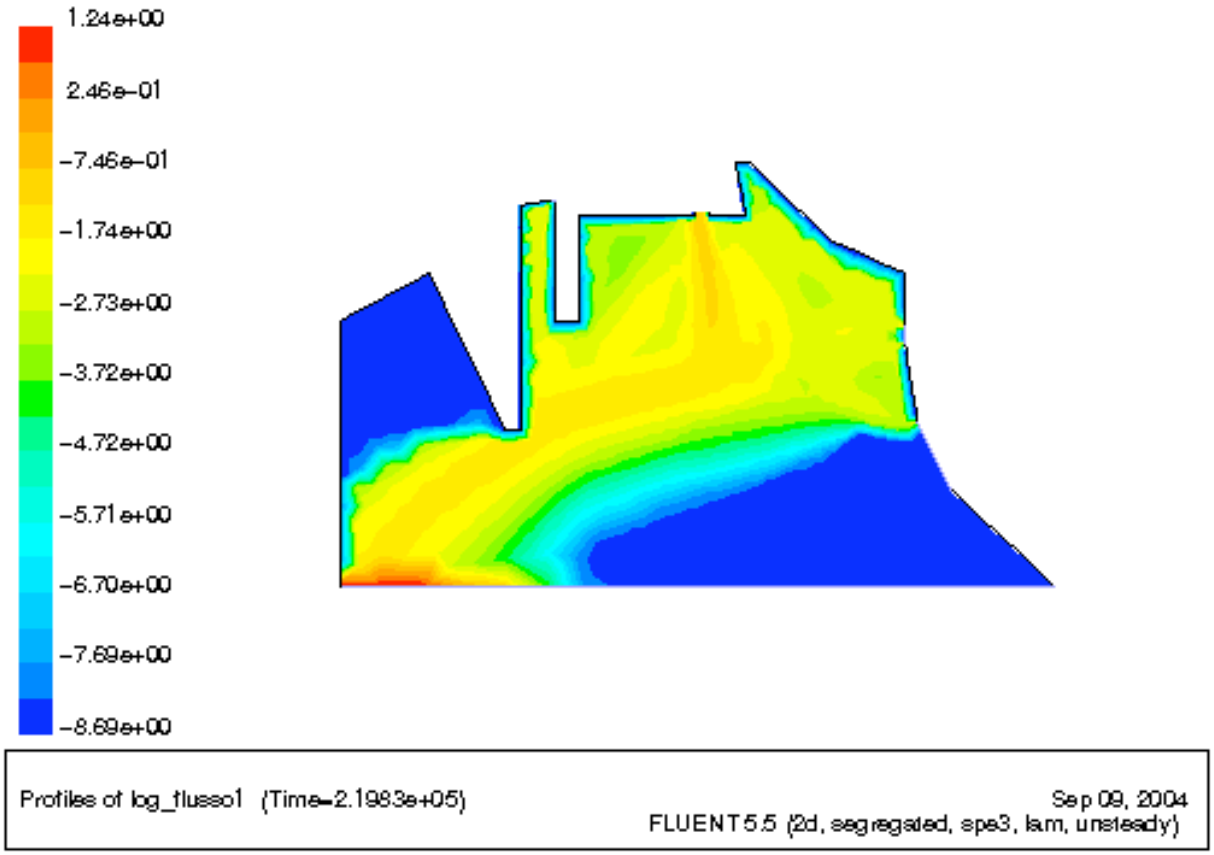


Fig 7.54: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

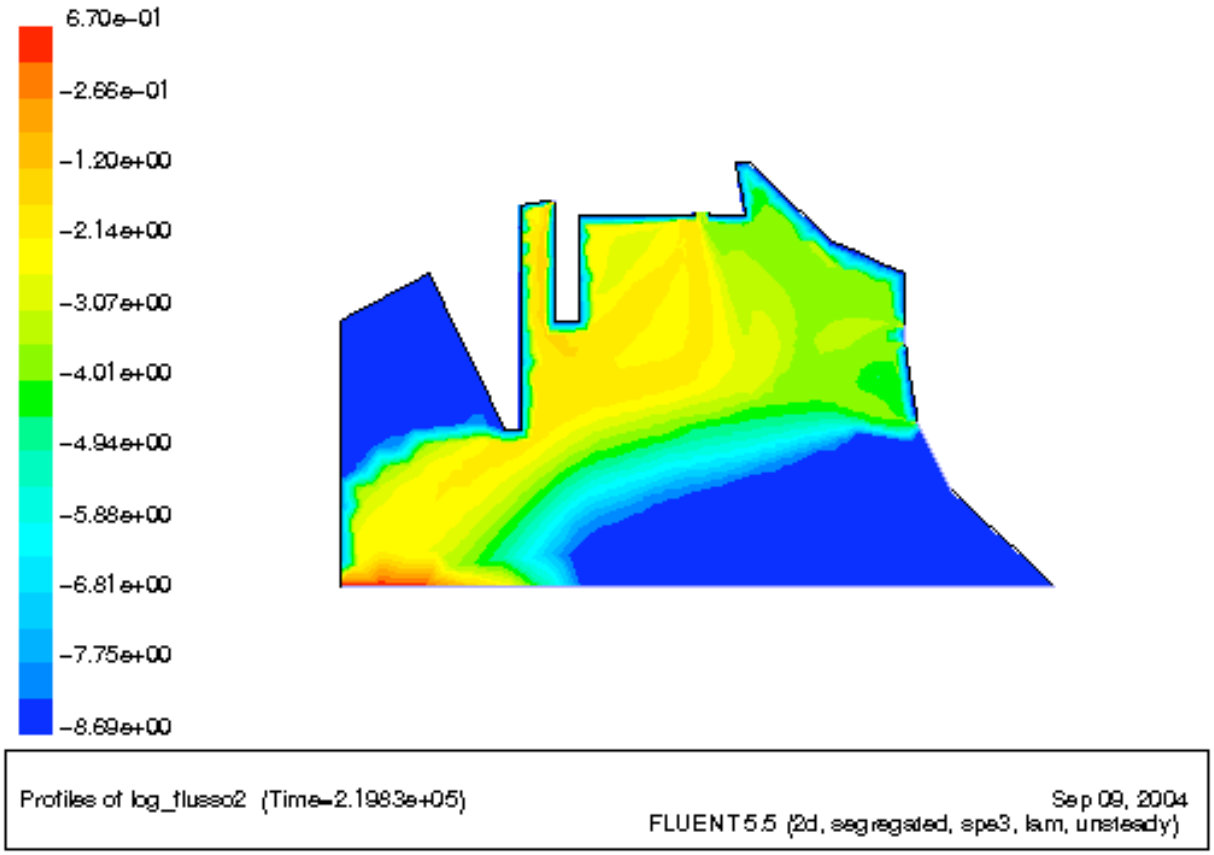


Fig 7.55: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

CASO 12

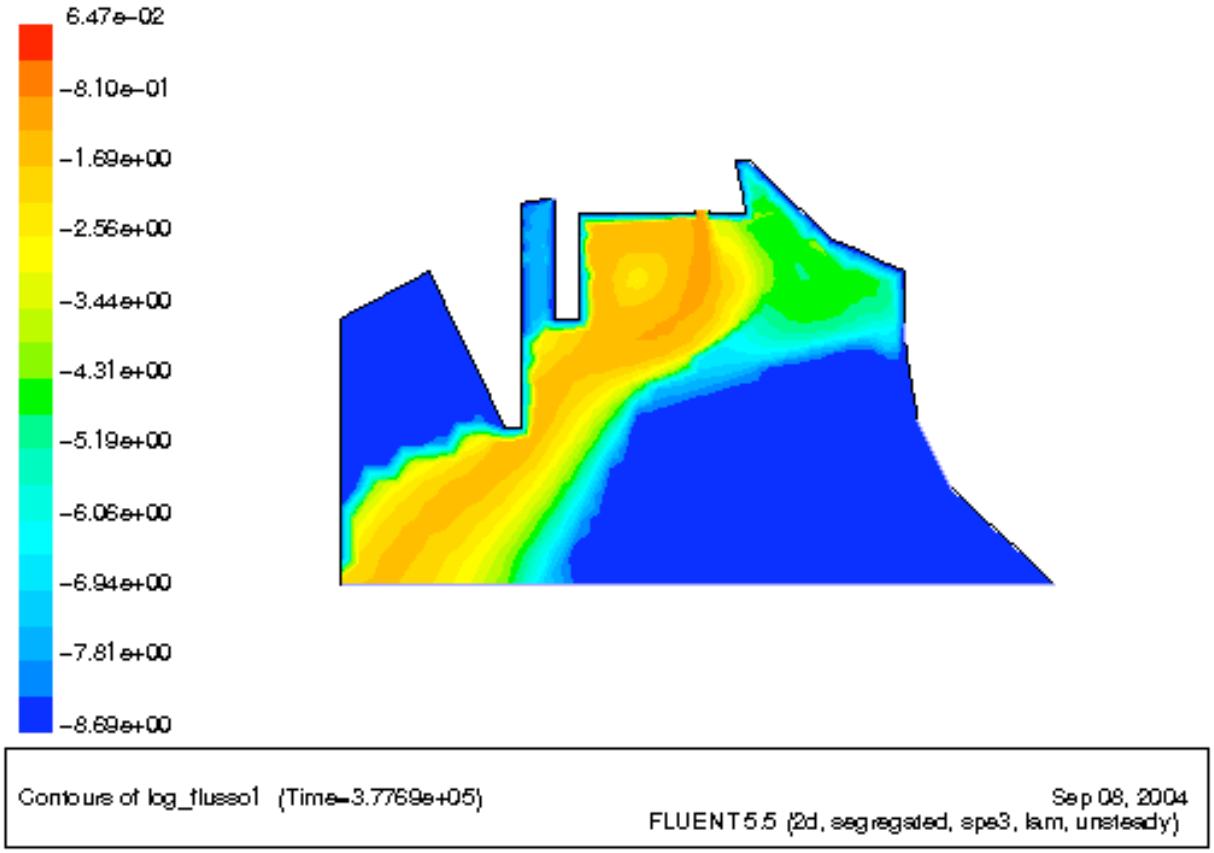


Fig 7.56: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

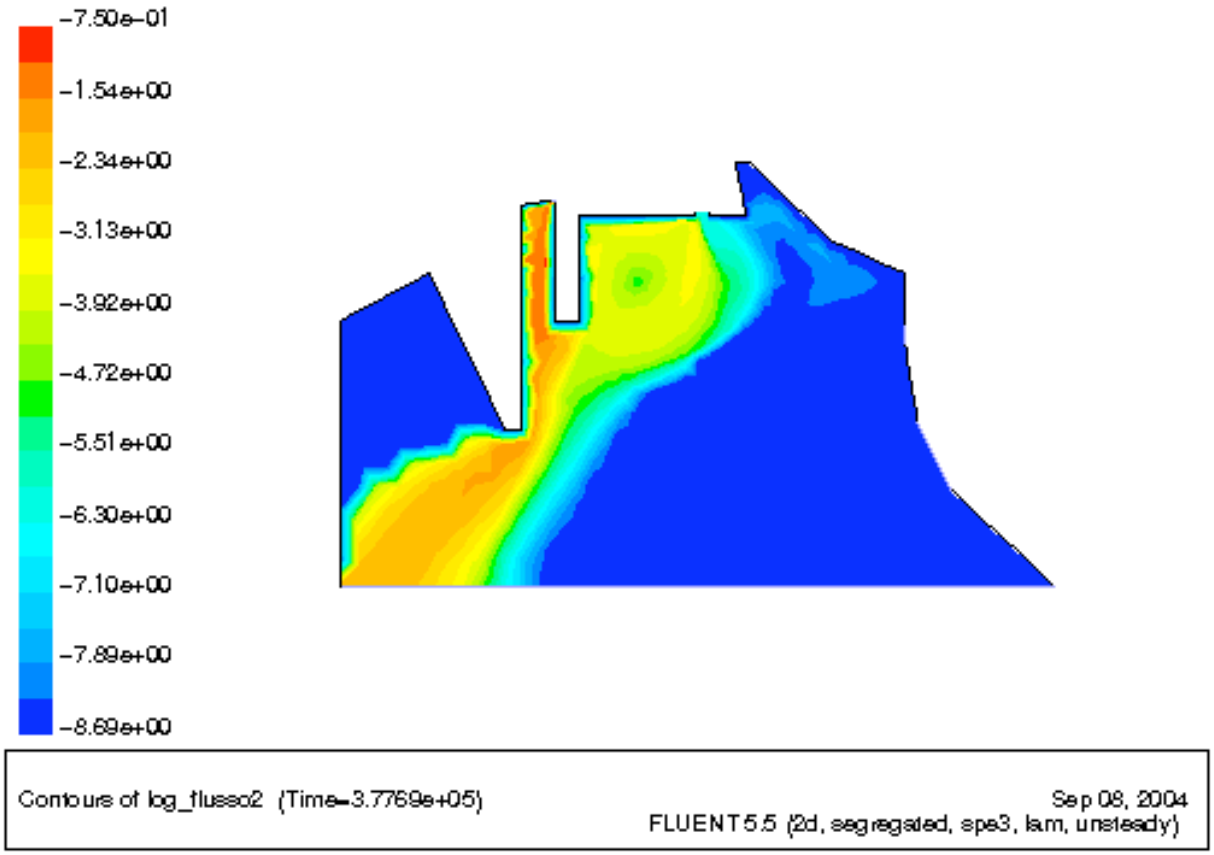


Fig 7.57: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

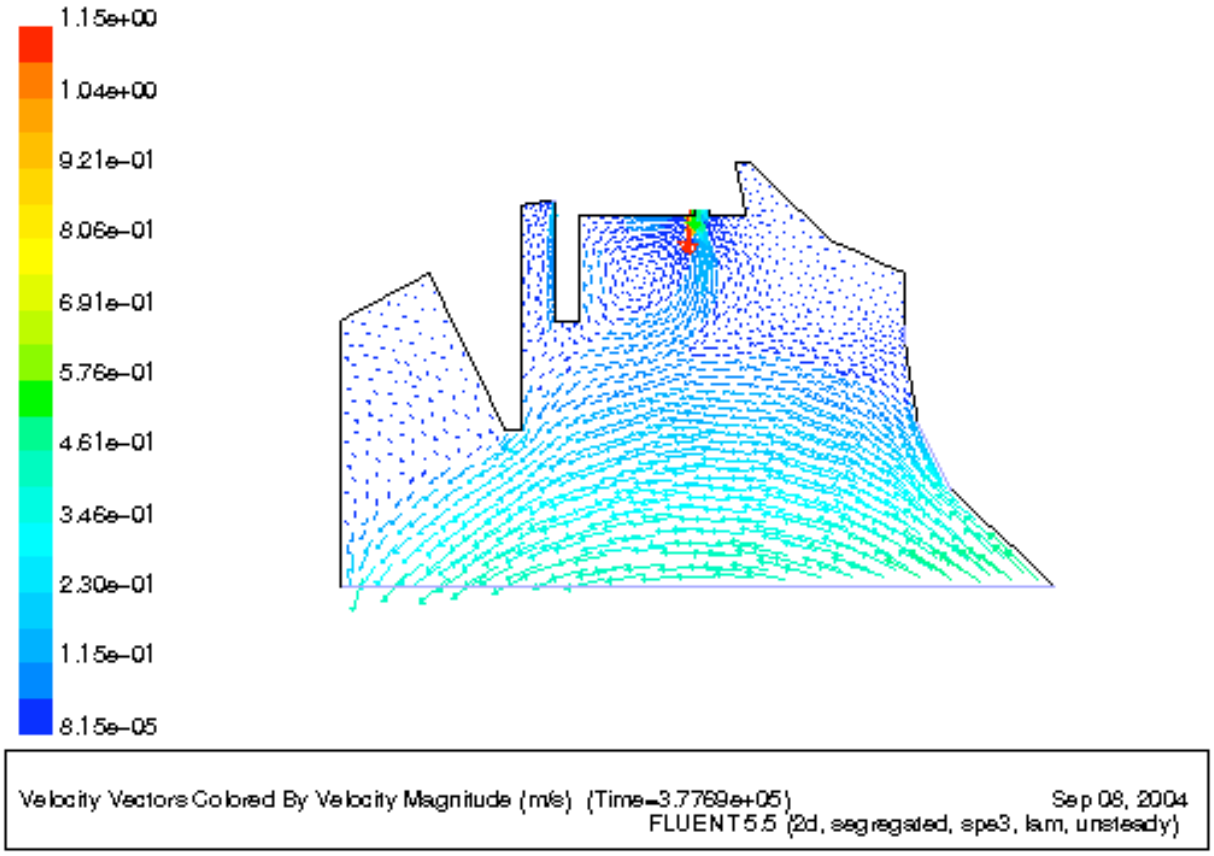


Fig 7.58: Diagramma delle velocità di flusso.

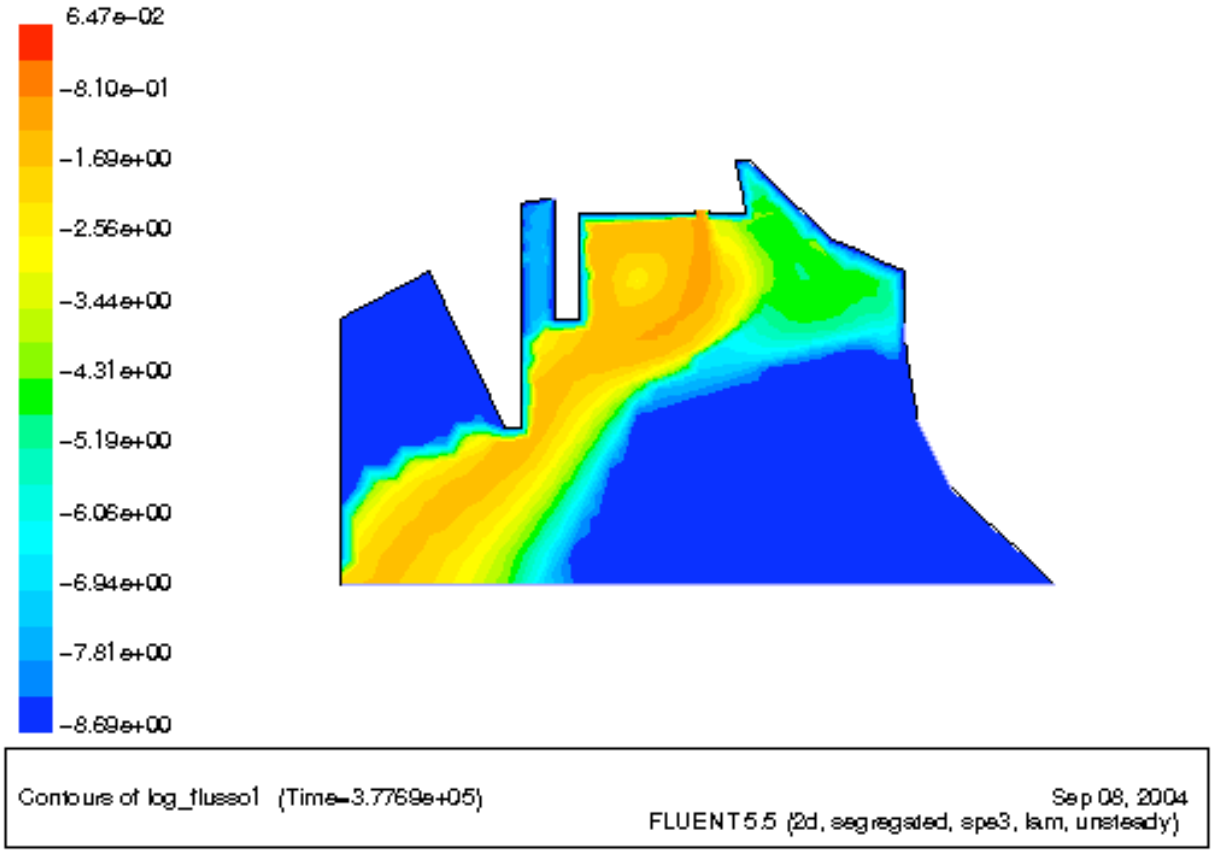


Fig 7.59: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

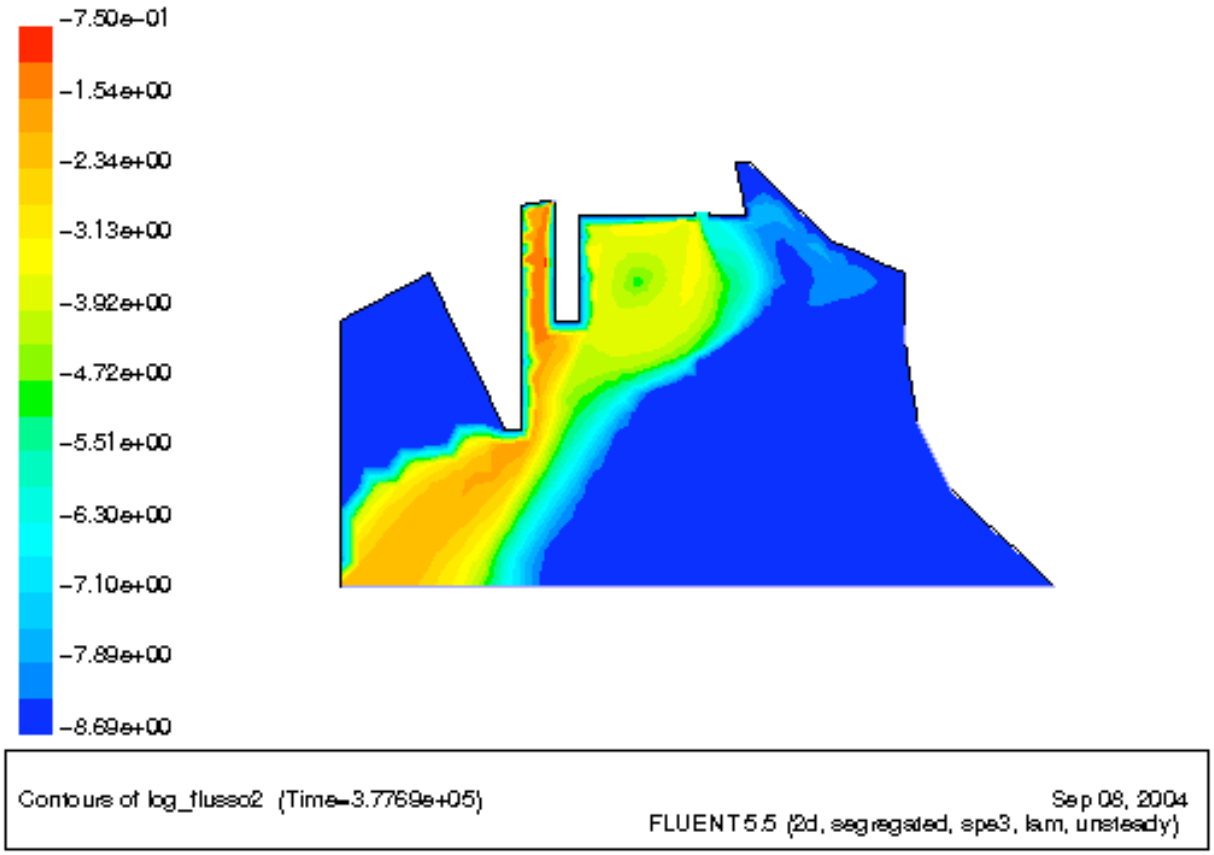


Fig 7.60: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

CASO 13

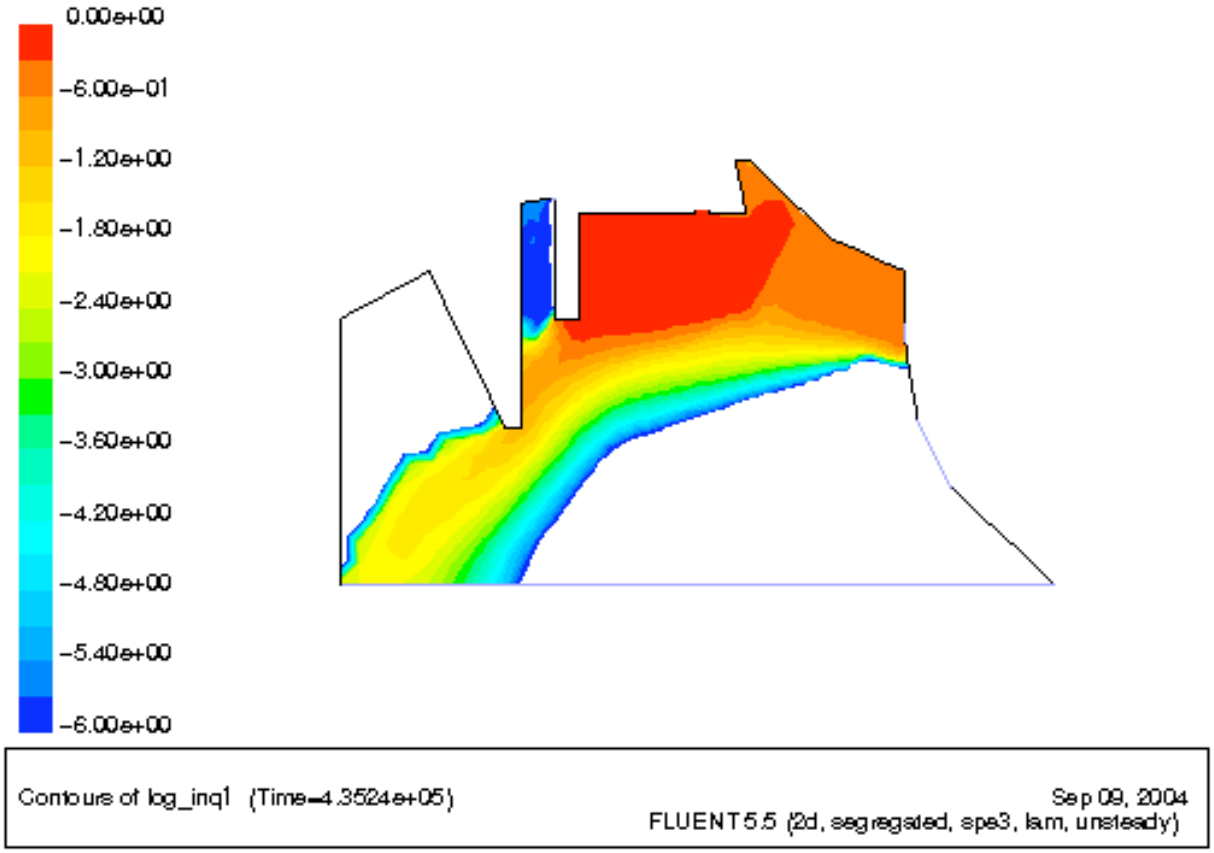


Fig 7.61: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

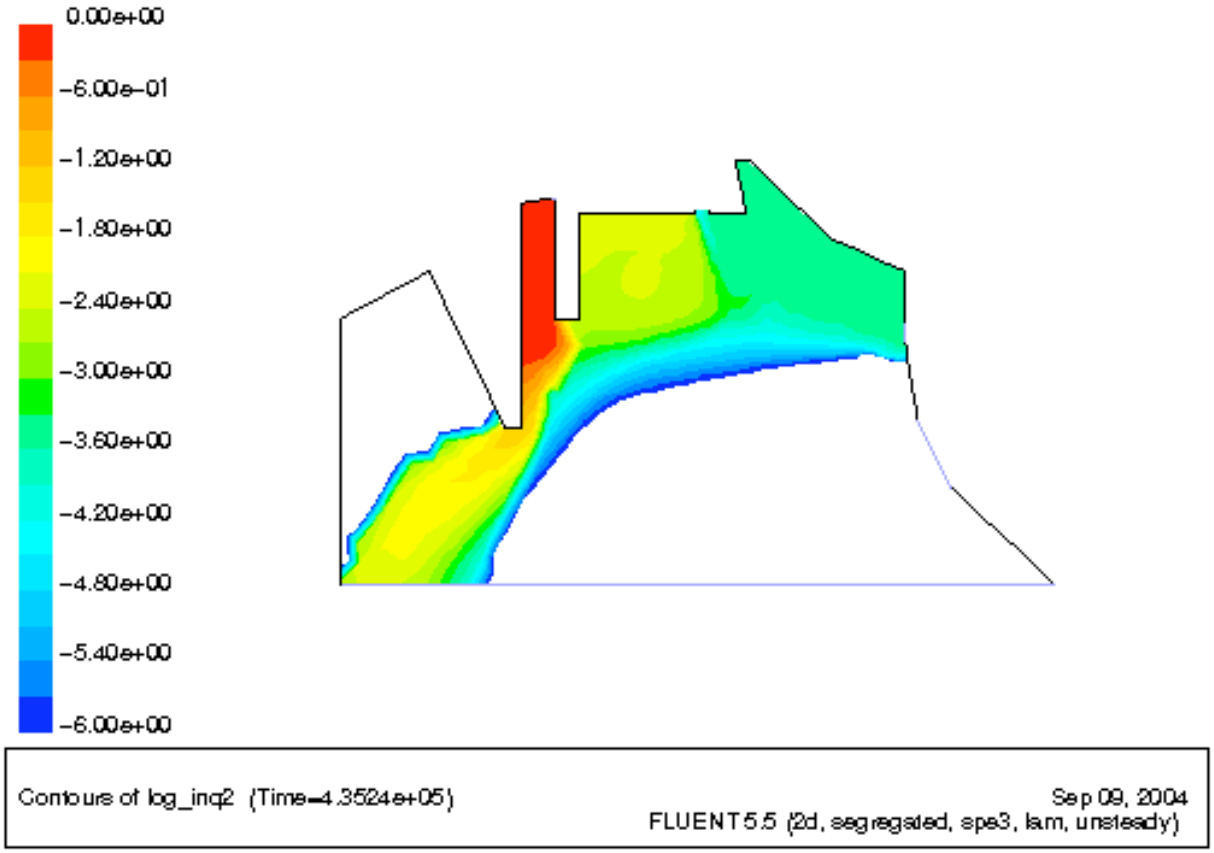


Fig 7.62: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

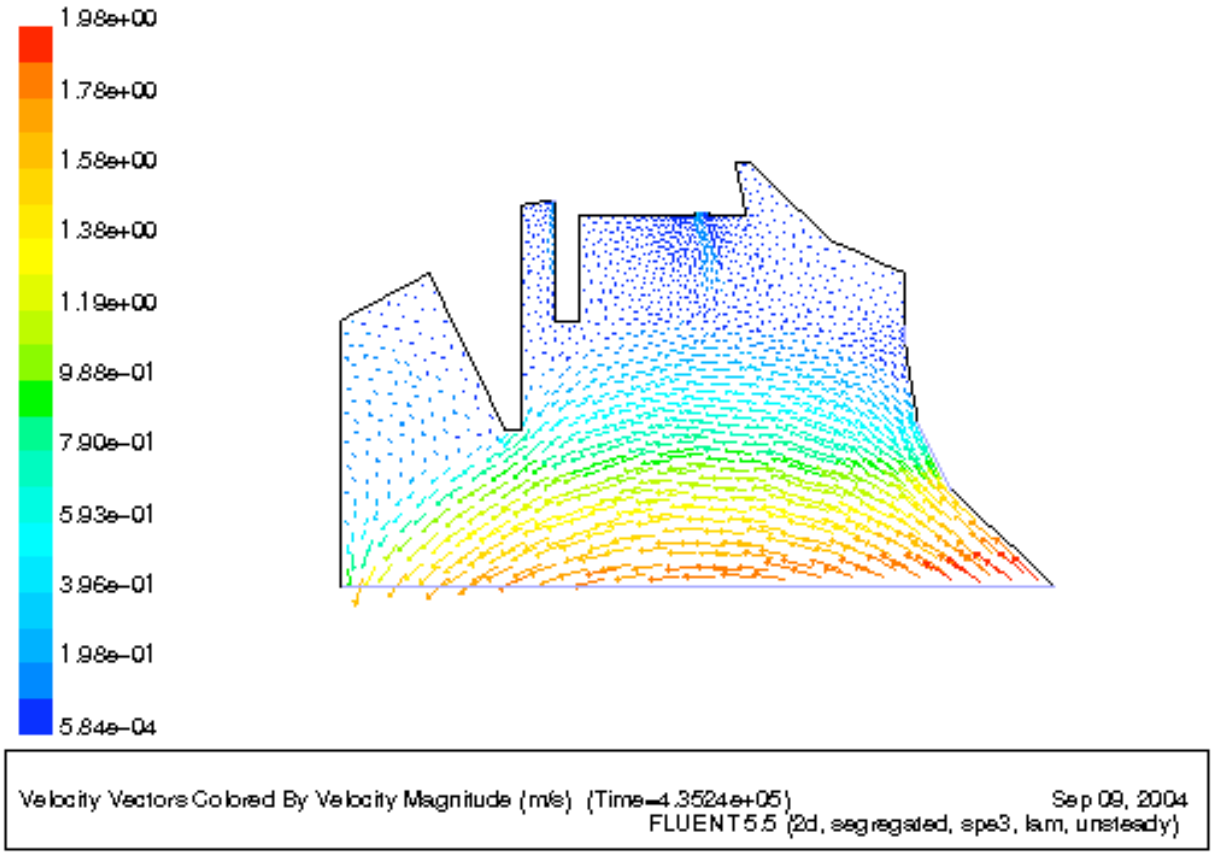


Fig 7.63: Diagramma delle velocità di flusso.

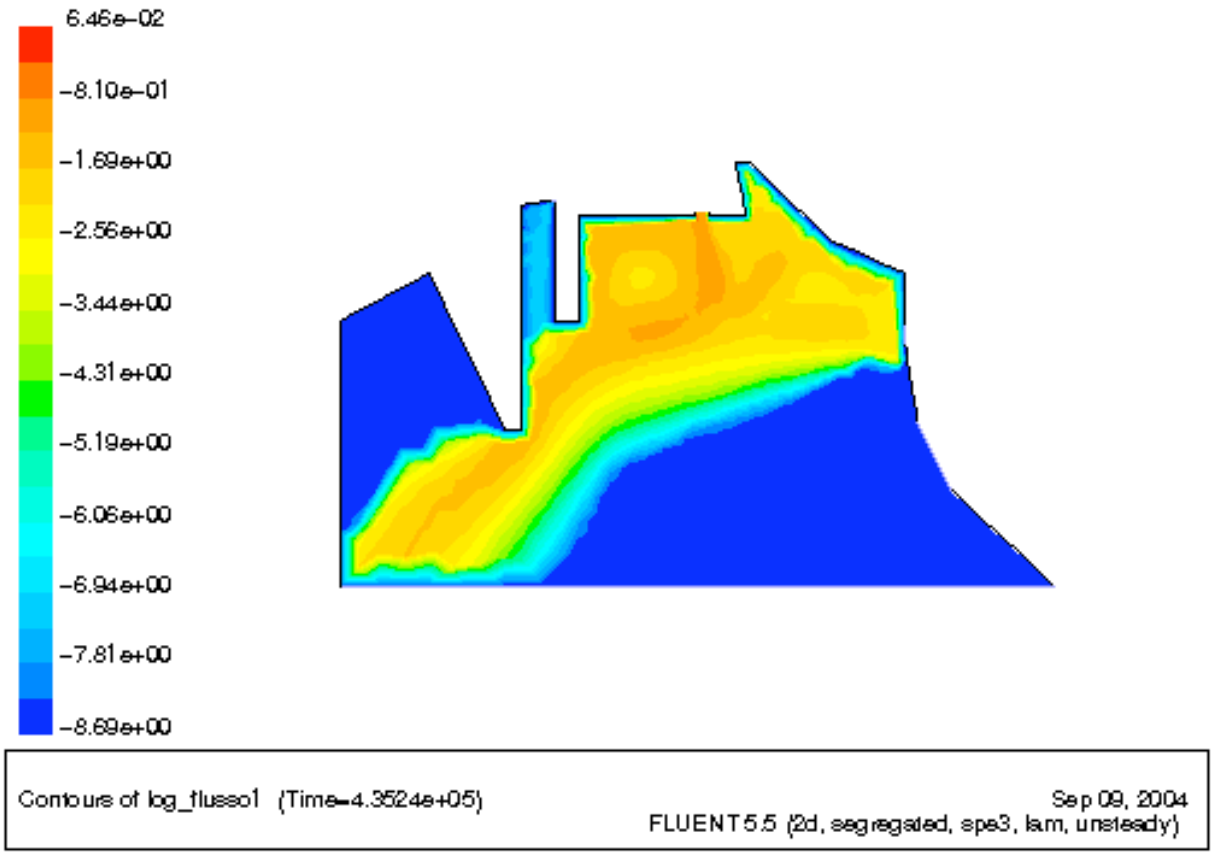


Fig 7.64: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

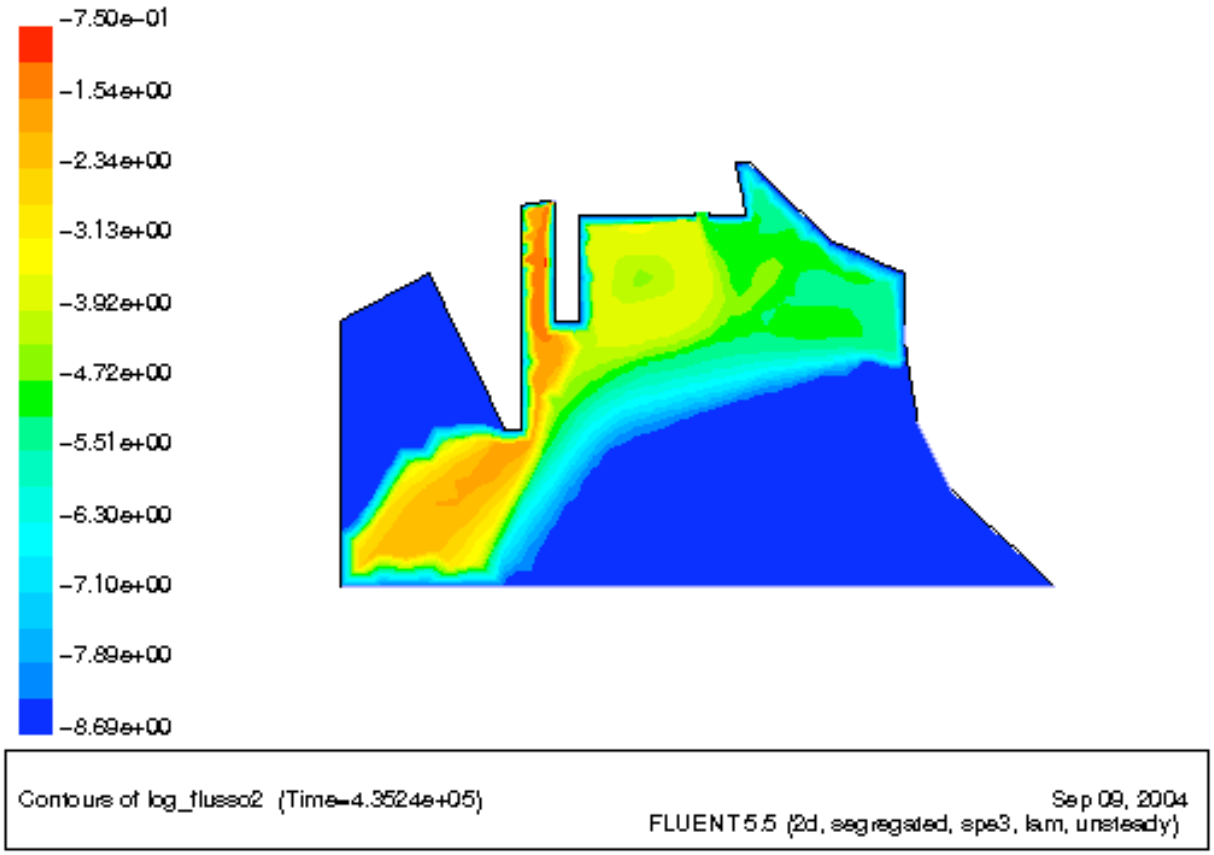


Fig 7.65: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

CASO 14

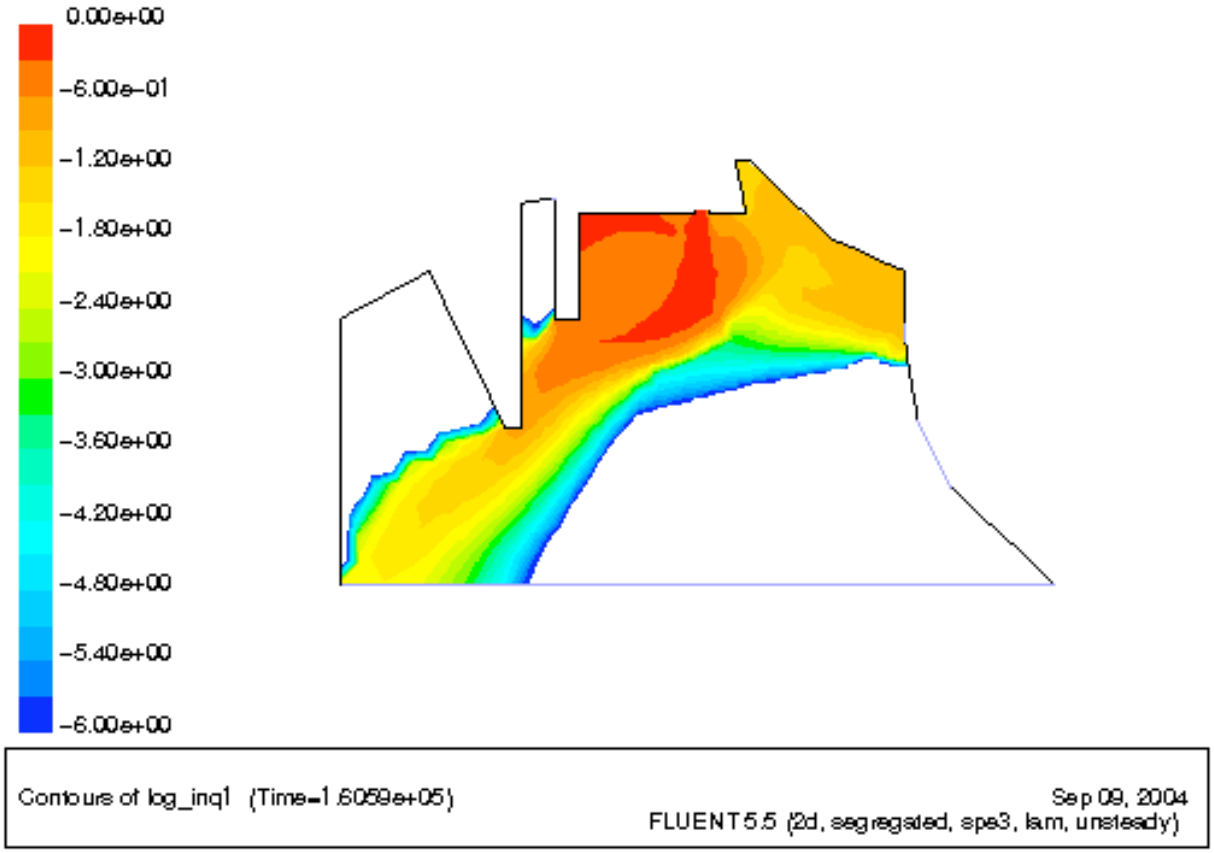


Fig 7.66: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

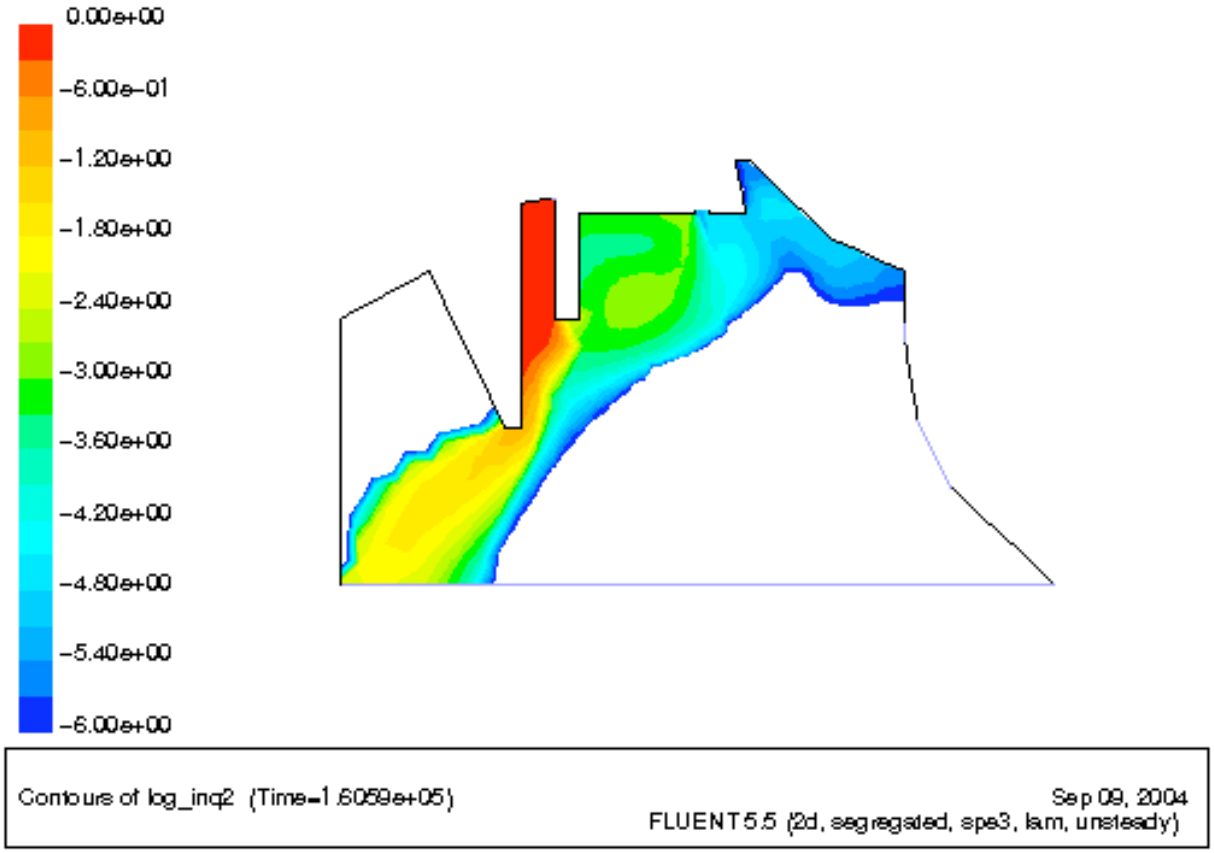


Fig 7.67: Logaritmo decimale del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

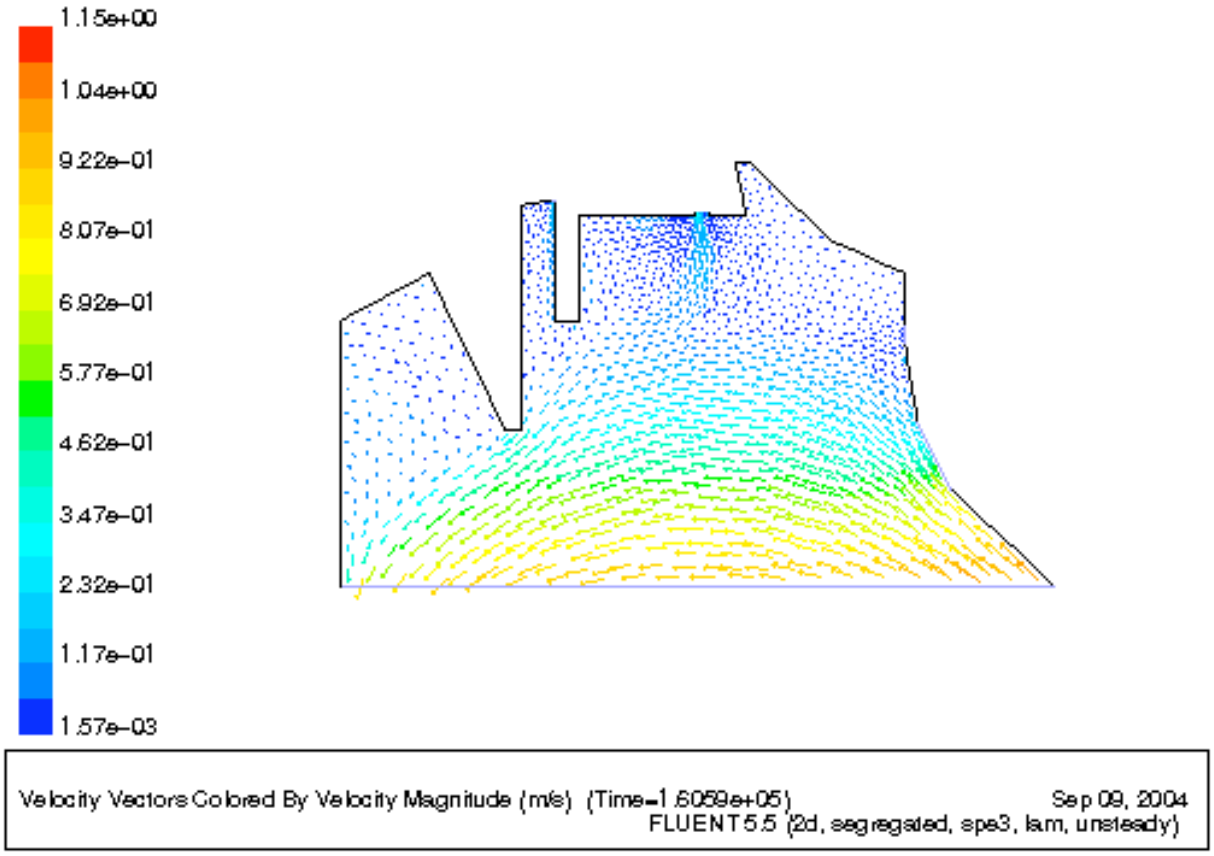


Fig 7.68: Diagramma delle velocità di flusso.

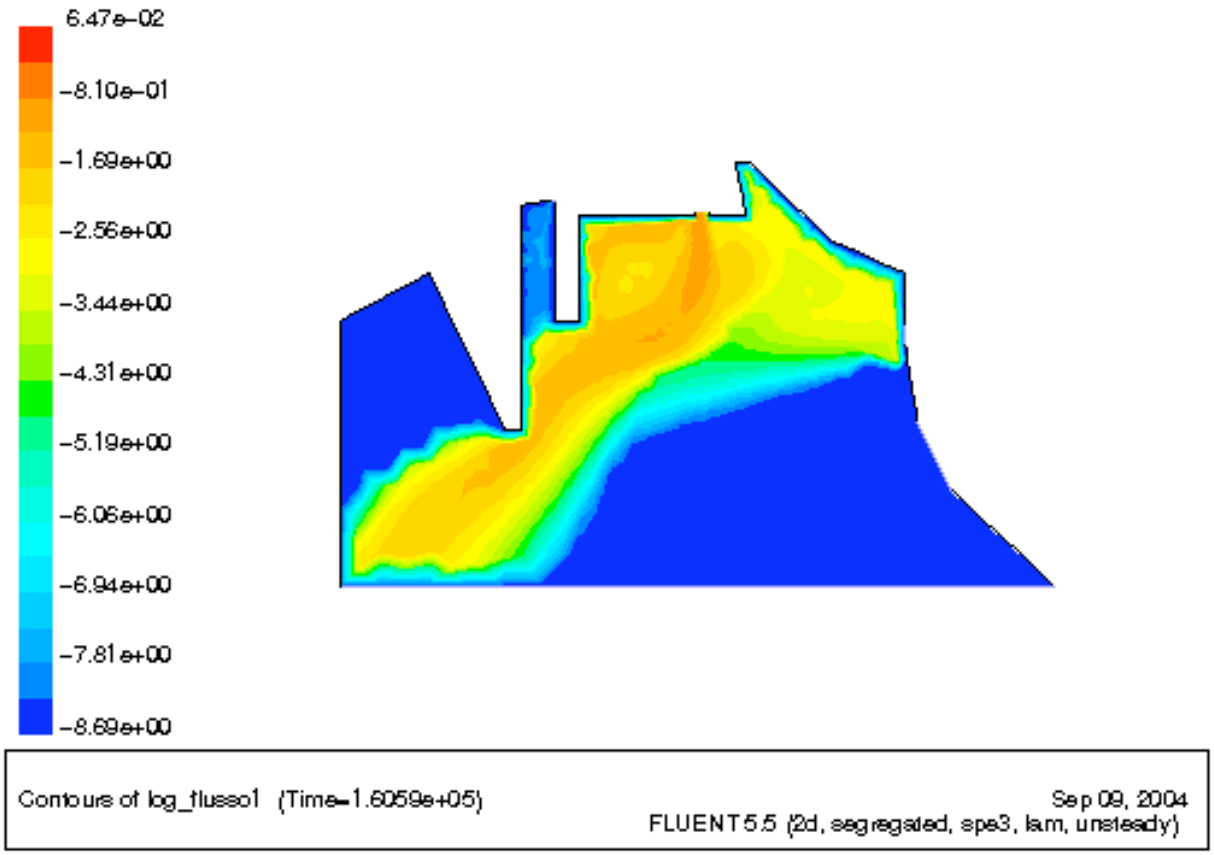


Fig 7.69: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 1.

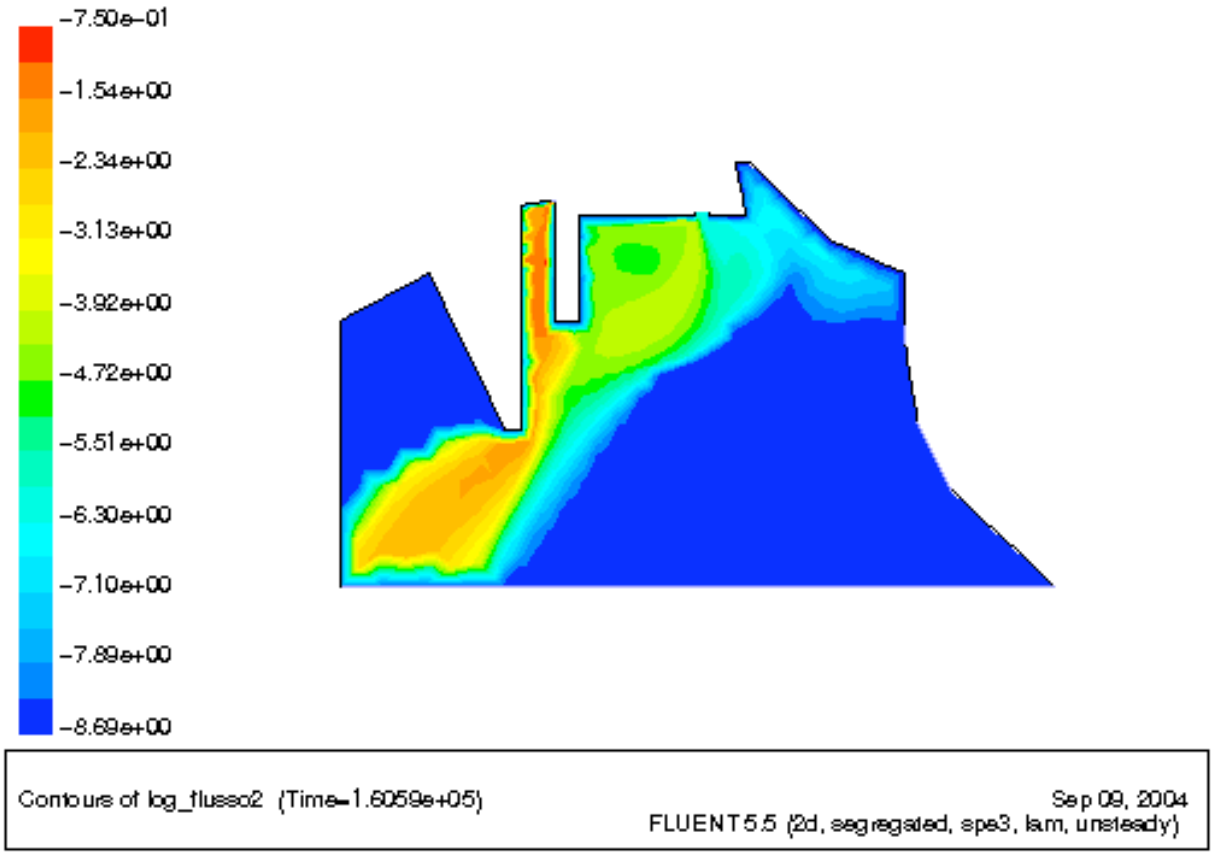


Fig 7.70: Logaritmo decimale del flusso del rapporto fra la concentrazione dell'inquinante locale e quella dell'inquinante nello scarico ILVA 2.

8. CONCLUSIONI

In questo rapporto si è voluto studiare come gli inquinanti scaricati dall'impianto industriale dell'ILVA diffondono nel tratto del golfo di Taranto interessato da tali scarichi. A tal fine si sono studiati i fattori meteoclimatici che potevano influire sulle correnti marine presenti nella zona di interesse fra i quali le correnti ed i venti.

Per lo studio del problema sono stati usati due modelli matematici implementati in due codici diversi: CORMIX e Fluent. Il primo modello, che si basa solo su leggi di scala approssimate, si è rivelato del tutto inefficace ed inaffidabile data la complessa geometria del sito di interesse. Al contrario Fluent, risolvendo le equazioni della fluidodinamica in modo numerico e per un dominio di calcolo realistico, presenta una notevole versatilità ed accuratezza. La costruzione del modello di fluent ha richiesto la costruzione del dominio e di una appropriata griglia di calcolo, e si sono implementate le condizioni al contorno per le correnti ed i termini sorgente per i venti.

Il modello è stato applicato in diverse condizioni meteorologiche, ed i risultati sono stati tutti riportati. Si sono discussi solo i risultati che sono più vicini alle condizioni realistiche presenti nella zona degli scarichi. In queste condizioni gli inquinanti uscenti dagli scarichi, già presenti in concentrazioni molto più basse di quelli previsti dalla legislazione vigente per gli scarichi in corpi idrici superficiali, sono rapidamente diluiti e dispersi in alto mare.