

	PROGETTISTA		COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ	RAVENNA	REL-AMB-E-30073	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti		Pag. 1 di 3	Rev. 0f

Rif. TF:011-PJM22-001-20-RT-E-3073_r0f

EMERGENZA GAS
INCREMENTO DI CAPACITÀ DI RIGASSIFICAZIONE (DL 17.05.2022, N. 50)
FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI

ADDENDUM ALLA CAMPAGNA INDAGINI AMBIENTALI
(Rif. DOC. REL-AMB-E-16900 DEL 21/10/2022)

CUP ASSEGNATO AL PROGETTO	E63F22000090007
----------------------------------	------------------------



0f	Emissione per permessi	SSF	TFM	TFM	19/09/2023
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITÀ RAVENNA	SPC-AMB-E-30073	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 2 di 3	Rev. Of

Rif. TF:011-PJM22-001-20-RT-E-307_r0f

INTRODUZIONE

Il presente documento è stato redatto alla luce delle ottimizzazioni progettuali relative al Progetto “FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti” emerse durante lo svolgimento dell’ingegneria di dettaglio ed a valle dell’Autorizzazione Unica alla costruzione ed esercizio rilasciata dal Commissario straordinario di Governo della Regione Emilia-Romagna con Decreto n.3 del 7 novembre 2022 ai sensi dell’art. 5 del D.L. 17 maggio 2022 n. 50.

Tra le ottimizzazioni proposte rientrano (i) la modifica della configurazione del progetto di dragaggio e (ii) la localizzazione dell’area marina di deposito temporaneo dei sedimenti provenienti dallo scavo del punto di uscita a mare del microtunnel costiero.

Il presente documento costituisce un addendum al Doc “REL-AMB-16900 “Report campagna di caratterizzazione ambientale dei sedimenti dell’area di dragaggio” elaborato per la prima campagna di indagini svolta nel mese di Settembre 2022 e riporta i risultati della nuova campagna di caratterizzazione dei sedimenti marini (Rif. APPENDICE 1).

Nella Figura seguente sono riportate, rispetto a quanto autorizzato con decreto commissariale n.3 del 7 novembre 2022, in verde le aree di dragaggio aggiunte, in rosso le aree di dragaggio rimosse e in ciano le aree di dragaggio dove si prevedono degli approfondimenti.

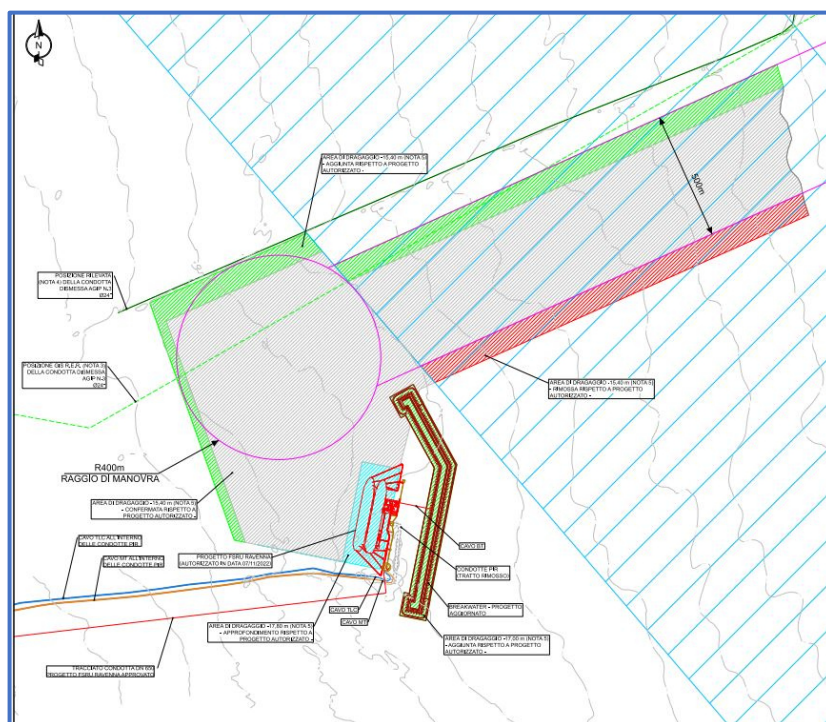


Figura: Ottimizzazione aree di dragaggio

Per le aree di dragaggio relative al canale di accesso ed alle aree di manovra, la campagna integrativa ha considerato, cautelativamente, l’approfondimento della caratterizzazione dai -2m a -4 m dal fondo marino per quasi tutta l’impronta di dragaggio prevista a -15,40 m slm e l’approfondimento da -4 a -6m dal fondale marino per i punti di approfondimento del dragaggio sotto l’impronta della FSRU e della nave carrier (quota fondo dragaggio prevista a -17,80 m.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NQ/R22199	UNITÀ -
	LOCALITA' RAVENNA	SPC-AMB-E-30073	
	PROGETTO / IMPIANTO FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 3 di 3	Rev. 0f

Rif. TF:011-PJM22-001-20-RT-E-307_r0f

In corrispondenza della nuova posizione della diga frangiflutti, dove è previsto un dragaggio fino a -17,00 m slm la campagna di caratterizzazione ha investigato l'intera colonna da 0 a -6m dal fondale marino.

Riguardo l'area marina di deposito temporaneo dei sedimenti provenienti dallo scavo del punto di uscita a mare del microtunnel costiero, la caratterizzazione ha riguardato lo strato superficiale fino a 0,5 m.

Nel corso della stessa campagna, sono stati acquisiti e caratterizzati anche campioni in corrispondenza del punto di uscita a mare del microtunnel fino ad oltre la profondità di scavo prevista (-8,0 m).

APPENDICE 1
ATTIVITÀ DI SONDAGGIO, CAMPIONAMENTO E ANALISI PER LA
CARATTERIZZAZIONE AMBIENTALE DEI SEDIMENTI
(Campagna Agosto 2023)

INDICE

INTRODUZIONE	15
1.1 DEFINIZIONI	21
1.2 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI	22
1.3 TRADUZIONE DEGLI ACRONIMI E DEI TERMINI ANGLOSASSONI	23
1.4 DUCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	23
2.0 SCOPO DEL LAVORO	24
3.0 AREE OGGETTO DELL'INDAGINE AMBIENTALE.....	26
4.0 MODALITA' DI ESECUZIONE DEI RILIEVI	29
4.1 CRITERI OPERATIVI.....	30
4.2 MOB / DEMOB E PERMANENZA IN LOCO.....	32
4.3 INDAGINE AMBIENTALE	33
4.4 ORGANIZZAZIONE DELLE OPERAZIONI A BORDO	34
4.5 METODOLOGIA DI ESECUZIONE DEI CAROTAGGI AMBIENTALI.....	36
4.6 METODOLOGIA DI CAMPIONAMENTO DEI SEDIMENTI.....	41
4.7 ANALISI DI LABORATORIO	42
4.7.1 Caratterizzazione fisica	43
4.7.2 Caratterizzazione chimica	43
4.7.3 Caratterizzazione eco tossicologica	44
5.0 QHSE E NORMATIVA DI RIFERIMENTO	44
5.1 QUALITÀ.....	44
5.2 DESCRIZIONE DEL LUOGO DI LAVORO	44
5.3 SICUREZZA	44
5.4 CERTIFICATI DI CONFORMITÀ	45
5.5 NORMATIVE E NORME APPLICABILI	45
5.6 DOCUMENTAZIONE	45
5.7 CONDIZIONI OPERATIVE NECESSARIE PER L'ESECUZIONE DEL RILIEVO	47
5.8 ORARIO DI LAVORO	47
6.0 UNITÀ DI MISURA DEL PROGETTO.....	48
6.1 DATUM TEMPORALE	48
6.2 DATUM VERTICALE	49
6.3 DATUM ORIZZONTALE	50
6.4 PARAMETRI GEODETICI E DI PROIEZIONE.....	51
6.5 PARAMETRI CONVENZIONALI PER "OFFSET & MOTION SENSOR"	53
6.6 UNITÀ DI MISURA ADOTTATE.....	54
7.0 RISORSE IMPIEGATE	55
7.1 LISTA DEL PERSONALE.....	55
7.2 LISTA DELLA STRUMENTAZIONE.....	57
8.0 DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE IMPIEGATA.....	59
8.1 SISTEMA DI POSIZIONAMENTO E NAVIGAZIONE	59
8.2 SISTEMA DI POSIZIONAMENTO PRIMARIO	60
8.3 SISTEMA MOTION REFERENCE UNIT	62
8.4 BENNA VAN VEEN.....	63
8.5 CAROTIERE A GRAVITÀ.....	64

8.6	VIBRO CAROTIERE	67
8.7	MOTOPONTONE MAGNUM	68
8.8	MOTOPONTONE DUILIO	70
8.9	MOTOPONTONE DAVIDE C	73
8.10	MOTOBARCA CARMAR DUE	76
9.0	RISULTATI AREA DRAGAGGIO	78
9.1	COORDINATE STAZIONI DI PRELIEVO CAMPIONI	79
9.2	CARATTERISTICHE CHIMICO FISICHE	82
9.2.1	GRANULOMETRIA T.O.C. PH & EH	82
9.2.2	METALLI PESANTI	90
9.2.3	IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (I.P.A.)	91
9.2.4	Policlorobifenili (P.C.B.)	91
9.3	CARATTERISTICHE ECOTOSSICOLOGICHE	92
9.3.1	SAGGIO BIOLOGICO CON VIBRIO FISCHERI IN FASE SOLIDA	92
9.3.2	SAGGIO BIOLOGICO CON PHAEODACTYLUM TRICORNUTUM	93
9.3.3	SAGGIO BIOLOGICO CON ACARTIA TONSA	95
9.4	CLASSIFICAZIONE DELLA QUALITÀ DEI SEDIMENTI	97
9.4.1	CLASSI DI PERICOLO CHIMICO	97
9.4.2	CLASSI DI PERICOLO ECOTOSSICOLOGICO	252
9.4.3	CRITERI DI INTEGRAZIONE PONDERATA PER L'ELABORAZIONE DELLA CLASSE DI QUALITÀ DEI SEDIMENTI	276
10.0	RISULTATI AREA PRELIEVO MICROTUNNEL E DEPOSITO TEMPORANEO ..	299
10.1	COORDINATE STAZIONI DI PRELIEVO CAMPIONI	299
10.2	MATERIALI E METODI	301
10.2.1	Metodologia rilievo batimetrico MBES	301
10.2.2	Metodologia rilievo morfologico Side Scan Sonar	305
10.2.3	Rilievo delle caratteristiche idrologiche	308
10.2.4	Prelievo di campioni di sedimento	310
10.2.5	Caratterizzazione delle comunità macrozoobentoniche	312
10.2.6	Elaborazione dati biologici e calcolo indici di biodiversità	313
10.2.7	Catena di custodia	313
10.3	RISULTATI	314
10.3.1	RILIEVO BATIMETRICO DELL'AREA DI DEPOSITO TEMPORANEO	314
10.3.2	RILIEVO SIDE SCAN SONAR DELL'AREA DI DEPOSITO TEMPORANEO	317
10.3.3	CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA DELLA COLONNA D'ACQUA	321
	TEMPERATURA	321
	SALINITÀ'	321
	OSSIGENO DISCIOLTO	321
	TORBIDITÀ'	322
	TRASPARENZA (profondità di scomparsa del Disco di Secchi)	322
10.3.4	ANALISI DEL MACROBENTHOS	327
	ABBONDANZA E DIVERSITÀ' DEL MACROBENTHOS	327
	INDICI STRUTTURALI DI COMUNITÀ'	329
	STATO DI COMUNITÀ' ECOLOGICA	333
	CONSIDERAZIONI ECOLOGICHE GENERALI	336
10.3.5	CARATTERISTICHE CHIMICO FISICHE	339
	GRANULOMETRIA, T.O.C., pH E eH	339
	METALLI PESANTI	340

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (I.P.A.)	341
Policlorobifenili (P.C.B.)	341
10.3.6 CARATTERISTICHE ECOTOSSICOLOGICHE	342
SAGGIO BIOLOGICO CON VIBRIO FISCHERI IN FASE SOLIDA	342
SAGGIO BIOLOGICO CON PHAEODACTYLUM TRICORNUTUM	343
SAGGIO BIOLOGICO CON ACARTIA TONSA	345
10.3.7 CLASSIFICAZIONE DELLA QUALITÀ DEI SEDIMENTI	347
CLASSI DI PERICOLO CHIMICO	347
CLASSI DI PERICOLO ECOTOSSICOLOGICO	363
CRITERI DI INTEGRAZIONE PONDERATA PER L'ELABORAZIONE DELLA CLASSE DI QUALITÀ DEI SEDIMENTI	372
11.0 DATI CONSEGNATI	375
11.1 ELABORATI FINALI	375
BIBLIOGRAFIA	376

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Inquadramento area di studio	24
Figura 2. Layout area di studio	28
Figura 3. Fasi di mobilitazione	32
Figura 4. Benna in operazione	36
Figura 5. Schema di funzionamento per campionamento dei sedimenti con sistema a gravità	38
Figura 6. Esempio di campione raccolto con bennata	39
Figura 7. Prime operazioni di analisi della carota	40
Figura 8. Fase di apertura della carota	41
Figura 9. Laboratorio L.A.V. incaricato per le analisi dei sedimenti	42
Figura 10. Datum temporale mondiale	48
Figura 11. Datum temporale locale	48
Figura 12. Ubicazione caposaldo	49
Figura 13. Proiezione cartografica di Mercatore	50
Figura 14. Latitudine e longitudine	51
Figura 15. Schema fusi UTM in Italia	52
Figura 16. Convenzioni per offset e movimenti	53
Figura 17. Schermata di acquisizione del software di navigazione	60
Figura 18. Software MV POSView	62
Figura 19. Benna in fase di lancio	63
Figura 20. Gravity	64
Figura 21. Carotiere a gravità	64
Figura 22. Carotiere a gravità	65
Figura 23. Carotiere a Gravità posizionato all'interno del sistema di brandeggio	66
Figura 24. Vibrocarotiere	67
Figura 25. Motopontone MAGNUM	69
Figura 26. Motopontone DUILIO	70
Figura 27. Motopontone DUILIO	71
Figura 28. Layout motopontone DUILIO	72
Figura 29. Motopontone DUILIO	72
Figura 30. Motopontone Davide C.	74
Figura 31. Layout motopontone Davide C.	75
Figura 32. Motobarca CARMAR DUE	76
Figura 33. Motobarca CARMAR DUE	76
Figura 34. Layout Motobarca CARMAR DUE	77
Figura 35. Livelli chimici di riferimento nazionali (Tabella 2.5 Allegato Tecnico D.M. 173/2016)	90
Figura 36. Processo di elaborazione dei dati chimici	97
Figura 37. Elaborazione Sediqua109.0 del rischio chimico L1/L2 dei campioni	106
Figura 38. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_01/000_050	107
Figura 39. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_01/050_100	107
Figura 40. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_01/100_200	108
Figura 41. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_01/200_400	108
Figura 42. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_02-03/000_050	109
Figura 43. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_02-03/050_100	109
Figura 44. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_02-03/100_200	110
Figura 45. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_02/200_400	110
Figura 46. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_03/200_400	111
Figura 47. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_04-05/000_050	111

Figura 48. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_04-05/050_100.....	112
Figura 49. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_04-05/100_200.....	112
Figura 50. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_04/200_400.....	113
Figura 51. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_05/200_400.....	113
Figura 52. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_06/000_050.....	114
Figura 53. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_06/050_100.....	114
Figura 54. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_06/100_200.....	115
Figura 55. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_26/200_400.....	145
Figura 56. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_27-28/000_050.....	146
Figura 57. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_27-28/050_100.....	146
Figura 58. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_27-28/100_200.....	147
Figura 59. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_27/200_400.....	147
Figura 60. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_28/200_400.....	148
Figura 61. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_29-30/000_050.....	148
Figura 62. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_29-30/050_100.....	149
Figura 63. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_29-30/100_200.....	149
Figura 64. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_29/200_400.....	150
Figura 65. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_30/200_400.....	150
Figura 66. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_30/400_600.....	151
Figura 67. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_31/000_050.....	151
Figura 68. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_31/050_100.....	152
Figura 69. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_31/100_200.....	152
Figura 70. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_31/200_400.....	153
Figura 71. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_31/400_600.....	153
Figura 72. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_32-33/000_050.....	154
Figura 73. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_32-33/050_100.....	154
Figura 74. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_32/100_200.....	155
Figura 75. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_32/200_400.....	155
Figura 76. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_33/100_200.....	156
Figura 77. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_33/200_400.....	156
Figura 78. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_34/000_050.....	157
Figura 79. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_34/050_100.....	157
Figura 80. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_34/100_200.....	158
Figura 81. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_34/200_400.....	158
Figura 82. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_35-36/000_050.....	159
Figura 83. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_35-36/050_100.....	159
Figura 84. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_35-36/100_200.....	160
Figura 85. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_35/200_400.....	160
Figura 86. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_36/200_400.....	161
Figura 87. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_37-38/000_050.....	161
Figura 88. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_37-38/050_100.....	162
Figura 89. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_37-38/100_200.....	162
Figura 90. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_37/200_400.....	163
Figura 91. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_37/400_600.....	163
Figura 92. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_38/200_400.....	164
Figura 93. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_38/400_600.....	164
Figura 94. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_39-40/000_050.....	165
Figura 95. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_39-40/050_100.....	165

Figura 96. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_39/100_200.....	166
Figura 97. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_39/200_400.....	166
Figura 98. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_40/100_200.....	167
Figura 99. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_40/200_400.....	167
Figura 100. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_41-42/050_100.....	168
Figura 101. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_41/100_200.....	168
Figura 102. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_41/200_400.....	169
Figura 103. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_42/100_200.....	169
Figura 104. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_42/200_400.....	170
Figura 105. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_43/000_050.....	170
Figura 106. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_43/050_100.....	171
Figura 107. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_43/100_200.....	171
Figura 108. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_45/200_400.....	175
Figura 109. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_46/200_400.....	177
Figura 110. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_49/050_100.....	181
Figura 111. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_49/100_200.....	182
Figura 112. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_50/050_100.....	182
Figura 113. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_50/100_200.....	183
Figura 114. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_50/200_400.....	183
Figura 115. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_51-52/000_050.....	184
Figura 116. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_51-52/050_100.....	184
Figura 117. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_51/100_200.....	185
Figura 118. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_51/200_400.....	185
Figura 119. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_52/100_200.....	186
Figura 120. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_52/200_400.....	186
Figura 121. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_53/000_050.....	187
Figura 122. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_53/050_100.....	187
Figura 123. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_53/100_200.....	188
Figura 124. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_53/200_400.....	188
Figura 125. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_54-55/000_050.....	189
Figura 126. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_54/050_100.....	189
Figura 127. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_54/100_200.....	190
Figura 128. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_55/100_200.....	191
Figura 129. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_57/100_200.....	193
Figura 130. Elaborazione del rischio chimico campione C9/000_050.....	210
Figura 131. Elaborazione del rischio chimico campione C9/050_100.....	210
Figura 132. Elaborazione del rischio chimico campione C9/100_200.....	211
Figura 133. Elaborazione del rischio chimico campione C9/200_400.....	211
Figura 134. Elaborazione del rischio chimico campione C10/000_050.....	212
Figura 135. Elaborazione del rischio chimico campione C10/050_100.....	212
Figura 136. Elaborazione del rischio chimico campione C10/100_200.....	213
Figura 137. Elaborazione del rischio chimico campione C10/200_400.....	213
Figura 138. Elaborazione del rischio chimico campione C11/000_050.....	214
Figura 139. Elaborazione del rischio chimico campione C11/050_100.....	214
Figura 140. Elaborazione del rischio chimico campione C11/100_200.....	215
Figura 141. Elaborazione del rischio chimico campione C11/200_400.....	215
Figura 142. Elaborazione del rischio chimico campione C12/000_050.....	216
Figura 143. Elaborazione del rischio chimico campione C12/050_100.....	216

Figura 144. Elaborazione del rischio chimico campione C12/100_200	217
Figura 145. Elaborazione del rischio chimico campione C12 /200_400	217
Figura 146. Elaborazione del rischio chimico campione C15/200_400	224
Figura 147. Elaborazione del rischio chimico campione C16/000_050	225
Figura 148. Elaborazione del rischio chimico campione C16/050_100	226
Figura 149. Elaborazione del rischio chimico campione C16/100_200	226
Figura 150. Elaborazione del rischio chimico campione C16/200_400	227
Figura 151. Elaborazione del rischio chimico campione C17/000_050	228
Figura 152. Elaborazione del rischio chimico campione C17/050_100	229
Figura 153. Elaborazione del rischio chimico campione C17/100_200	229
Figura 154. Elaborazione del rischio chimico campione C17/200_400	230
Figura 155. Elaborazione del rischio chimico campione C18/000_050	231
Figura 156. Elaborazione del rischio chimico campione C18/050_100	231
Figura 157. Elaborazione del rischio chimico campione C18/100_200	232
Figura 158. Elaborazione del rischio chimico campione C18/200_400	232
Figura 159. Elaborazione del rischio chimico campione C19/000_050	233
Figura 160. Elaborazione del rischio chimico campione C19/050_100	234
Figura 161. Elaborazione del rischio chimico campione C19/100_200	234
Figura 162. Elaborazione del rischio chimico campione C19 /200_400	235
Figura 163. Elaborazione del rischio chimico campione C20/000_050	236
Figura 164. Elaborazione del rischio chimico campione C20/050_100	236
Figura 165. Elaborazione del rischio chimico campione C20/100_200	236
Figura 166. Elaborazione del rischio chimico campione C21/000_050	237
Figura 167. Elaborazione del rischio chimico campione C21/050_100	237
Figura 168. Elaborazione del rischio chimico campione C21/100_200	238
Figura 169. Elaborazione del rischio chimico campione C22/000_050	238
Figura 170. Elaborazione del rischio chimico campione C22/050_100	239
Figura 171. Elaborazione del rischio chimico campione C22/100_200	239
Figura 172. Elaborazione del rischio chimico campione C23/000_050	240
Figura 173. Elaborazione del rischio chimico campione C23/050_100	240
Figura 174. Elaborazione del rischio chimico campione C23/100_200	241
Figura 175. Elaborazione del rischio chimico campione C24/000_050	242
Figura 176. Elaborazione del rischio chimico campione C24/050_100	242
Figura 177. Elaborazione del rischio chimico campione C24/100_200	243
Figura 178. Elaborazione del rischio chimico campione C24/200_400	243
Figura 179. Elaborazione del rischio chimico campione C25/000_050	244
Figura 180. Elaborazione del rischio chimico campione C25/050_100	244
Figura 181. Elaborazione del rischio chimico campione C25/100_200	245
Figura 182. Elaborazione del rischio chimico campione C25/200_400	245
Figura 183. Elaborazione del rischio chimico campione C26/000_050	246
Figura 184. Elaborazione del rischio chimico campione C26/050_100	246
Figura 185. Elaborazione del rischio chimico campione C26/100_200	247
Figura 186. Elaborazione del rischio chimico campione C26/200_400	247
Figura 187. Elaborazione del rischio chimico campione C27/000_050	248
Figura 188. Elaborazione del rischio chimico campione C27/050_100	248
Figura 189. Elaborazione del rischio chimico campione C27/100_200	249
Figura 190. Elaborazione del rischio chimico campione C27/200_400	249
Figura 191. Elaborazione del rischio chimico campione C28/000_050	250

Figura 192. Elaborazione del rischio chimico campione C28/050_100	250
Figura 193. Elaborazione del rischio chimico campione C28/100_200	251
Figura 194. Elaborazione del rischio chimico campione C28/200_400	251
Figura 195. <i>Processo di elaborazione dei dati Ecotossicologici</i>	253
Figura 196. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_01/000_050	254
Figura 197. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_02-03/000_050	255
Figura 198. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_04-05/000_050	255
Figura 199. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_06/000_050	255
Figura 200. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_07-08/000_050	256
Figura 201. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_09-10/000_050	256
Figura 202. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_11-12/000_050	256
Figura 203. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_13-14/000_050	257
Figura 204. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_15-16/000_050	257
Figura 205. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_17-18/000_050	257
Figura 206. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_19/000_050	258
Figura 207. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_20-21/000_050	258
Figura 208. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_22-23/000_050	258
Figura 209. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_24-25/000_050	259
Figura 210. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_26/000_050	259
Figura 211. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_27-28/000_050	259
Figura 212. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_29-30/000_050	260
Figura 213. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_31/000_050	260
Figura 214. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_32-33/000_050	260
Figura 215. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_34/000_050	261
Figura 216. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_35-36/000_050	261
Figura 217. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_37-38/000_050	261
Figura 218. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_39-40/000_050	262
Figura 219. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_41-42/000_050	262
Figura 220. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_43/000_050	262
Figura 221. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_44-45/000_050	263
Figura 222. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_46-47/000_050	263
Figura 223. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_48/000_050	263
Figura 224. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_49-50/000_050	264
Figura 225. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_51-52/000_050	264
Figura 226. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_53/000_050	264
Figura 227. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_54-55/000_050	265
Figura 228. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_56-57/000_050	265
Figura 229. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_58/000_050	265
Figura 230. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_59-60/000_050	266
Figura 231. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_61-62/000_050	266
Figura 232. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_63/000_050	266
Figura 233. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_64-65/000_050	267
Figura 234. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_66-67/000_050	267
Figura 235. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_68/000_050	267
Figura 236. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C1/000_050	268
Figura 237. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C2/000_050	268
Figura 238. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C2-a/000_050	268
Figura 239. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C9/000_050	269

Figura 240. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C10/000_050	269
Figura 241. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C11/000_050	269
Figura 242. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C12/000_050	270
Figura 243. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C13/000_050	270
Figura 244. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C14/000_050	270
Figura 245. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C15/000_050	271
Figura 246. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C16/000_050	271
Figura 247. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C17/000_050	271
Figura 248. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C18/000_050	272
Figura 249. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C19/000_050	272
Figura 250. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C20/000_050	272
Figura 251. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C21/000_050	273
Figura 252. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C22/000_050	273
Figura 253. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C23/000_050	273
Figura 254. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C24/000_050	274
Figura 255. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C25/000_050	274
Figura 256. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C26/000_050	274
Figura 257. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C27/000_050	275
Figura 258. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C28/000_050	275
Figura 259. Stazioni di indagine microtunnel	299
Figura 259. <i>installazione sistema MBES a bordo della M/B Maestrale Primo.</i>	301
Figura 260. <i>MBES e Software di Navigazione in fase di acquisizione</i>	302
Figura 261. <i>schermata di gestione sistema MBES</i>	303
Figura 262. <i>Architettura Sistema MBES</i>	304
Figura 263. <i>Schermata di acquisizione del Side Scan Sonar.</i>	305
Figura 264. <i>Side Scan Sonar</i>	306
Figura 265. <i>Architettura Sistema SSS</i>	307
Figura 266. <i>Sonda multi parametrica</i>	309
Figura 267. <i>Benna di Van-Veen</i>	310
Figura 268. <i>Campionamento sedimenti stazioni C03/C04/C05/C06/C07/C08/C0S/C0N</i>	311
Figura 269. <i>Setacciatura dei sedimenti per la determinazione del macrozoobenthos</i>	312
Figura 270. <i>DTM dell'area di deposito temporaneo</i>	314
Figura 271. <i>DTM dell'area di deposito temporaneo</i>	315
Figura 272. <i>DTM dell'area di deposito temporaneo</i>	315
Figura 273. <i>DTM dell'area di deposito temporaneo</i>	316
Figura 274. <i>Fotomosaico da dati SSS dell'area di deposito temporaneo</i>	317
Figura 275. <i>Fotomosaico da dati SSS dell'area di deposito temporaneo</i>	318
Figura 276. <i>Fotomosaico da dati SSS dell'area di deposito temporaneo</i>	319
Figura 277. <i>Fotomosaico da dati SSS dell'area di deposito temporaneo</i>	320
Figura 271. <i>Stazione C3 – profili verticali delle principali variabili chimico-fisiche della colonna d’acqua</i>	323
Figura 272. <i>Stazione C4 – profili verticali delle principali variabili chimico-fisiche della colonna d’acqua</i>	323
Figura 273. <i>Stazione C5 – profili verticali delle principali variabili chimico-fisiche della colonna d’acqua</i>	324
Figura 274. <i>Stazione C6 – profili verticali delle principali variabili chimico-fisiche della colonna d’acqua</i>	324
Figura 275. <i>Stazione C7 – profili verticali delle principali variabili chimico-fisiche della colonna d’acqua</i>	325
Figura 276. <i>Stazione C8 – profili verticali delle principali variabili chimico-fisiche della colonna d’acqua</i>	325
Figura 277. <i>Stazione C0N – profili verticali delle principali variabili chimico-fisiche della colonna d’acqua</i>	326
Figura 278. <i>Stazione C0S – profili verticali delle principali variabili chimico-fisiche della colonna d’acqua</i>	326

Figura 279. Dominanze numeriche dei principali gruppi tassonomici riscontrati in questa campagna di indagine e calcolati come percentuale di individui per ogni gruppo rispetto all'abbondanza totale.....	327
Figura 280. Ricchezza in specie dei principali gruppi tassonomici riscontrati in questa campagna di indagine. I risultati sono restituiti per il campione completo delle repliche. I principali gruppi tassonomici Anellidi, Molluschi ed Artropodi sono rappresentati rispettivamente con le basse in colore blu, verde e rosa.....	328
Figura 281. Abbondanze assolute dei principali gruppi tassonomici riscontrati in questa campagna di indagine. I risultati sono restituiti per singola replica di analisi. I principali gruppi tassonomici Anellidi, Molluschi ed Artropodi sono rappresentati rispettivamente con le basse in colore blu, verde e rosa.	329
Figura 282. Valori di Ricchezza in specie (S) per le otto stazioni di campionamento.	330
Figura 283. Valori delle abbondanze assolute di individui (N) per le otto stazioni di campionamento	330
Figura 284. Valori dell'indice di Equipartizione di Pielou (J') per le otto stazioni di campionamento.....	331
Figura 285. Valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') per le otto stazioni di campionamento.	331
Figura 286. Valori dell'indice di dominanza di Simpson (D) per le otto stazioni di campionamento.....	332
Figura 287. Rappresentazione dell'indice AMBI, composizione in gruppi ecologici (sensibili, sensibili/tolleranti, tolleranti, opportuniste di II ordine, opportuniste di I ordine) delle specie riscontrate nelle aree di indagine alla diversa profondità.	337
Figura 288. Livelli chimici di riferimento nazionali (Tabella 2.5 Allegato Tecnico D.M. 173/2016).....	340
Figura 289. Processo di elaborazione dei dati chimici	347
Figura 290. Elaborazione SediquaSoft109.0 del rischio chimico L1/L2 dei campioni	350
Figura 291. Elaborazione del rischio chimico campione C1/000_050	351
Figura 292. Elaborazione del rischio chimico campione C1/050_100	351
Figura 293. Elaborazione del rischio chimico campione C1/100_200	352
Figura 294. Elaborazione del rischio chimico campione C1/200_400	352
Figura 295. Elaborazione del rischio chimico campione C1/400_605	353
Figura 296. Elaborazione del rischio chimico campione C1/600_800	353
Figura 297. Elaborazione del rischio chimico campione C2/000_050	354
Figura 298. Elaborazione del rischio chimico campione C2/050_100	354
Figura 299. Elaborazione del rischio chimico campione C2/100_200	355
Figura 300. Elaborazione del rischio chimico campione C2/200_400	355
Figura 301. Elaborazione del rischio chimico campione C2/400_600	356
Figura 302. Elaborazione del rischio chimico campione C2-a/000_050	356
Figura 303. Elaborazione del rischio chimico campione C2-a/050_100	357
Figura 304. Elaborazione del rischio chimico campione C2-a/100_200	357
Figura 305. Elaborazione del rischio chimico campione C2-a/200_400	358
Figura 306. Elaborazione del rischio chimico campione C3/000_050	358
Figura 307. Elaborazione del rischio chimico campione C4/000_050	359
Figura 308. Elaborazione del rischio chimico campione C5/000_050	359
Figura 309. Elaborazione del rischio chimico campione C6/000_050	360
Figura 310. Elaborazione del rischio chimico campione C7/000_050	360
Figura 311. Elaborazione del rischio chimico campione C8/000_050	361
Figura 312. Elaborazione del rischio chimico campione C0N/000_050	361
Figura 313. Elaborazione del rischio chimico campione C0S/000_050	362
Figura 314. <i>Processo di elaborazione dei dati Ecotossicologici</i>	364
Figura 315. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C1/000_050	365
Figura 316. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C2/000_050	366
Figura 317. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C2-a/000_050	366
Figura 318. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C3/000_050	368
Figura 319. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C4/000_050	368
Figura 320. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C5/000_050	369
Figura 321. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C6/000_050	369

Figura 322. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C7/000_050.....	370
Figura 323. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C8/000_050.....	370
Figura 324. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C0N/000_050	371
Figura 325. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C0S/000_050	371

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1. Lista delle aliquote dei campioni prelevate nelle diverse campagne	20
Tabella 2. Elenco stazioni d'indagine	28
Tabella 3. Modalità esecuzione rilievi	29
Tabella 4. Criteri operativi	31
Tabella 5 – Parametri per la caratterizzazione chimica dei sedimenti	43
Tabella 6. Condizioni operative limite per le attività	47
Tabella 7. Parametri Geodetici dei dati DGPS-RTK in ingresso	51
Tabella 8. Parametri di proiezione	52
Tabella 9. Unità di misura del progetto	54
Tabella 10. Lista del personale project management	55
Tabella 11. Lista del personale incaricato all'acquisizione dati, processing e laboratorio	56
Tabella 12. Lista della strumentazione e software impiegati off-line	58
Tabella 13. Specifiche tecniche Van Veen	63
Tabella 14. Specifiche tecniche carotiere a vibrazione	68
Tabella 15. Specifiche tecniche motopontone MAGNUM	69
Tabella 16. Specifiche tecniche motopontone DUILIO	73
Tabella 17. Specifiche tecniche Motopontone Davide C	75
Tabella 18. Specifiche tecniche CARMAR DUE	77
Tabella 19. Elenco stazioni d'indagine	81
Tabella 20 – Principali frazioni granulometriche e T.O.C	89
Tabella 21 – Classi di pericolo chimico rispetto ai valori HQc	98
Tabella 22 – Elaborazione Sediquasoft109.0 del rischio chimico L1/L2 dei campioni	106
Tabella 23 – Flow chart di elaborazione e Classi di pericolo eco-tossicologico (HQ/batteria)	253
Tabella 24 – Elaborazione del pericolo ecotossicologico del totale dei campioni superficiali	254
Tabella 25 – Classificazione della Qualità dei sedimenti secondo i criteri di integrazione ponderata (HQC = Hazard Quotient chimico)	276
Tabella 26 – Opzioni di gestione dei sedimenti in relazione alla classe di qualità del sedimento	277
Tabella 27 – Indici di qualità, classi di pericolo chimico ed ecotossicologico e % Pelite	281
Tabella 27 – Indici di qualità, classi di pericolo chimico ed ecotossicologico e % Pelite	298
Tabella 29. Elenco stazioni d'indagine microtunnel (prelievo e deposito temporaneo)	300
Tabella 30 – Classificazione di qualità dei materiali analizzati	308
Tabella 31 – Indici strutturali calcolati	332
Tabella 32 – Criteri di interpretazione degli indici di qualità ambientale AMBI e M-AMBI	333
Tabella 33 – Indice AMBI calcolato per le otto stazioni di campionamento	333
Tabella 34 – Indice M-AMBI calcolato per le otto stazioni di campionamento	334
Tabella 35 – Classificazione BENTIX delle stazioni analizzate	334
Tabella 36 – Principali frazioni granulometriche e T.O.C	339
Tabella 37 – Classi di pericolo chimico rispetto ai valori HQc	349
Tabella 38 – Elaborazione Sediquasoft109.0 del rischio chimico L1/L2 dei campioni	350
Tabella 39 – Flow chart di elaborazione e Classi di pericolo eco-tossicologico (HQ/batteria)	364
Tabella 40 – Elaborazione del pericolo ecotossicologico del totale dei campioni superficiali	365
Tabella 41 – Elaborazione del pericolo ecotossicologico del totale dei campioni superficiali	367
Tabella 42 – Classificazione della Qualità dei sedimenti secondo i criteri di integrazione ponderata (HQC = Hazard Quotient chimico)	372
Tabella 43 – Opzioni di gestione dei sedimenti in relazione alla classe di qualità del sedimento	373
Tabella 44 – Indici di qualità, classi di pericolo chimico ed ecotossicologico e % Pelite	373
Tabella 45 – Classificazione di qualità dei materiali analizzati	374

Tabella 46 – Elenco Elaborati Prodotti	375
--	-----

ALLEGATI AL DOCUMENTO

ALLEGATO 1:	RAPPORTI DI PROVA DI LABORATORIO (R.D.P.)
ALLEGATO 2:	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA / IMMAGINI
ALLEGATO 3:	CARTOGRAFIA

INTRODUZIONE

Il seguente report ha come scopo quello di illustrare e descrivere le attività di campionamento e analisi nonché di riportare i relativi risultati di laboratorio della campagna di indagini svolta a agosto 2023 (denominata **Campagna C**) per tener conto delle ottimizzazioni progettuali del Progetto FSRU Ravenna.

I campionamenti sono stati eseguiti in corrispondenza delle aree di dragaggio previste nel canale di accesso e area di manovra delle navi carrier, in corrispondenza dell'impronta della nuova diga frangiflutti, dell'area marina di deposito temporaneo dei sedimenti del punto di uscita del microtunnel e del punto di uscita del microtunnel stesso.

I risultati relativi all'area di dragaggio sono riportati nel capitolo 9.0 e successivi paragrafi.

I risultati relativi all'area microtunnel e all'area di deposito temporaneo sono riportati nel capitolo 10.0.

I risultati delle analisi hanno tenuto conto dei valori delle caratterizzazioni delle precedenti campagne:

La "**Campagna A**" svoltasi dal 19 settembre 2022 al 24 settembre 2022

La "**Campagna B**" svoltasi dal 27 settembre 2022

Nella tabella riportata sotto è possibile consultare le diverse aliquote campionate durante ogni campagna. Le diverse campagne sono state evidenziate con colori diversi per maggiore immediatezza.



RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Nome punto	UTM 33N		ECOTOX Aliquota 0- 0,5	Aliquota 0-0,5	Aliquota 0,5- 1,0	Aliquota 1,0- 2,0	Aliquota 2,0-4,0	Aliquota 4,0-6,0	Aliquota 6,0-8,0
-	m Est	m Nord							
RPD_01	292208.541	4927434.652	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C		
RPD_02	292350.105	4927571.238	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C		
RPD_03	292354.825	4927432.782					Campagna C		
RPD_04	292354.983	4927238.124	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C		
RPD_05	292392.199	4927030.81					Campagna C		
RPD_06	292425.038	4926830.203	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C		
RPD_07	292560.907	4927634.875	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C		
RPD_08	292543.56	4927421.58					Campagna C		
RPD_09	292558.123	4927232.153	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C		
RPD_10	292558.338	4927027.743					Campagna C		
RPD_11	292561.320	4926832.254	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C		
RPD_12	292558.231	4926627.601					Campagna C		
RPD_13	292763.874	4927764.841	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C		
RPD_14	292734.446	4927579.524					Campagna C		
RPD_15	292757.717	4927439.781	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C		
RPD_16	292762.42	4927234.978					Campagna C		
RPD_17	292758.027	4927037.05	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C	Campagna C	
RPD_18	292760.951	4926838.466					Campagna C	Campagna C	
RPD_19	292762.663	4926626.645	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C	Campagna C	
RPD_20	292944.159	4927845.654	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C		
RPD_21	292947.753	4927636.745					Campagna C		
RPD_22	292957.852	4927442.81	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C		



RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Nome punto	UTM 33N		ECOTOX Aliquota 0- 0,5	Aliquota 0-0,5	Aliquota 0,5- 1,0	Aliquota 1,0- 2,0	Aliquota 2,0-4,0	Aliquota 4,0-6,0	Aliquota 6,0-8,0
-	m Est	m Nord							
RPD_23	292959.147	4927224.564					Campagna C	Campagna C	
RPD_24	292953.963	4927030.98	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C	Campagna C	
RPD_25	292965.862	4926818.132					Campagna C	Campagna C	
RPD_26	292966.175	4926623.628	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C	Campagna C	
RPD_27	293160.081	4927842.496	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C		
RPD_28	293153.01	4927630.845					Campagna C		
RPD_29	293155.346	4927427.298	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C		
RPD_30	293161.438	4927226.372					Campagna C	Campagna C	
RPD_31	293154.812	4927035.954	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C	Campagna C	
RPD_32	293362.937	4928024.071	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna C	Campagna C		
RPD_33	293358.467	4927824.851				Campagna C	Campagna C		
RPD_34	293362.657	4927626.248	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna C	Campagna C		
RPD_35	293353.438	4927425.993	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C		
RPD_36	293362.537	4927224.517					Campagna C		
RPD_37	293362.335	4927026.803	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C	Campagna C	
RPD_38	293382.419	4926906.224					Campagna C	Campagna C	
RPD_39	293568.951	4928028.099	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna C	Campagna C		
RPD_40	293567.228	4927828.462				Campagna C	Campagna C		
RPD_41	293558.442	4927626.072	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna C	Campagna C		
RPD_42	293560.565	4927436.984				Campagna C	Campagna C		
RPD_43	293562.888	4927230.841	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna B	Campagna C		
RPD_44	293762.72	4928225.377	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna C	Campagna C		
RPD_45	293765.997	4928024.882				Campagna C	Campagna C		

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Nome punto	UTM 33N		ECOTOX Aliquota 0-0,5	Aliquota 0-0,5	Aliquota 0,5-1,0	Aliquota 1,0-2,0	Aliquota 2,0-4,0	Aliquota 4,0-6,0	Aliquota 6,0-8,0
-	m Est	m Nord							
RPD_46	293764.692	4927828.921	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna C	Campagna C		
RPD_47	293768.414	4927629.154				Campagna C	Campagna C		
RPD_48	293768.367	4927428.2	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna C	Campagna C		
RPD_49	293967.209	4928223.143	Campagna A	Campagna A	Campagna C	Campagna C			
RPD_50	293956.984	4928034.555			Campagna C	Campagna C	Campagna C		
RPD_51	293965.911	4927824.802	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna C	Campagna C		
RPD_52	293955.23	4927632.414				Campagna C	Campagna C		
RPD_53	293957.001	4927435.797	Campagna A	Campagna A	Campagna B	Campagna C	Campagna C		
RPD_54	294163.556	4928371.131	Campagna A	Campagna A	Campagna C	Campagna C			
RPD_55	294156.842	4928223.595			Campagna C	Campagna C			
RPD_56	294154.359	4928026.731	Campagna A	Campagna A	Campagna C	Campagna C			
RPD_57	294162.546	4927824.9			Campagna C	Campagna C	Campagna C		
RPD_58	294159.844	4927624.273	Campagna A	Campagna A	Campagna C	Campagna C	Campagna C		
RPD_59	294359.542	4928427.649	Campagna A	Campagna A	Campagna C	Campagna C			
RPD_60	294357.745	4928235.068			Campagna C	Campagna C			
RPD_61	294360.372	4928025.112	Campagna A	Campagna A	Campagna C	Campagna C			
RPD_62	294364.735	4927826.835			Campagna C	Campagna C			
RPD_63	294366.522	4927629.082	Campagna A	Campagna A	Campagna C	Campagna C			
RPD_64	294501.756	4928431.423	Campagna A	Campagna A	Campagna C	Campagna C			
RPD_65	294561.354	4928227.94			Campagna C	Campagna C			
RPD_66	294557.925	4928022.508	Campagna A	Campagna A	Campagna C	Campagna C			
RPD_67	294562.687	4927823.874			Campagna C	Campagna C			
RPD_68	294562.0257	4927692.016	Campagna A	Campagna A	Campagna C	Campagna C			



RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Nome punto	UTM 33N		ECOTOX Aliquota 0- 0,5	Aliquota 0-0,5	Aliquota 0,5- 1,0	Aliquota 1,0- 2,0	Aliquota 2,0-4,0	Aliquota 4,0-6,0	Aliquota 6,0-8,0
-	m Est	m Nord							
C13	293153.402	4926836.338	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	
C14	293155.198	4926630.104	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	
C15	293153.984	4926431.105	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	
C16	293156.132	4926232.165	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	
C17	293412.684	4926631.078	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	
C18	293362.321	4926431.089	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	
C19	293311.098	4926282.867	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	
C1	285951.52	4925401.14	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C
C2	286075.85	4925438.85	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	
C2-a	286018.17	4925422.05	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C		
C0-N	290133.905	4926325.622	Campagna C	Campagna C					
C0-S	290070.595	4925165.622	Campagna C	Campagna C					
C3	289901.302	4925846.297	Campagna C	Campagna C					
C4	289903.847	4925644.553	Campagna C	Campagna C					
C5	290103.413	4925844.222	Campagna C	Campagna C					
C6	290101.971	4925646.217	Campagna C	Campagna C					
C7	290303.84	4925847.025	Campagna C	Campagna C					
C8	290303.476	4925644.987	Campagna C	Campagna C					
C9	292222.427	4927572.724	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C		
C10	292158.627	4927234.605	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C		
C11	292355.818	4926634.357	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C		
C12	292613.439	4927775.863	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C		
C20	294762.785	4928638.024	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C			

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Nome punto	UTM 33N		ECOTOX Aliquota 0- 0,5	Aliquota 0-0,5	Aliquota 0,5- 1,0	Aliquota 1,0- 2,0	Aliquota 2,0-4,0	Aliquota 4,0-6,0	Aliquota 6,0-8,0
-	m Est	m Nord							
C21	294759.664	4928433.417	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C			
C22	294760.874	4928228.208	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C			
C23	294750.223	4928032.444	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C			
C24	291966.154	4927438.123	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C		
C25	291962.06	4927234.156	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C		
C26	292158.651	4927039.016	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C		
C27	292160.489	4926838.12	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C		
C28	292161.894	4926631.123	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C	Campagna C		

Tabella 1. Lista delle aliquote dei campioni prelevate nelle diverse campagne

1.1 DEFINIZIONI

- Cliente finale **SNAM RETE GAS**
- Cliente **Techfem Spa**
- Contrattista **Subsea Fenix Srl**
- Esecutori Subsea Fenix Srl
- Laboratorio L.A.V. s.r.l. -
- Mezzi Nautici Motopontone MAGNUM
Motopontone DAVIDE C
Motopontone DUILIO
Motobarca CARMAR DUE

1.2 ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI

Qui di seguito vengono elencate le abbreviazioni e gli acronimi contenuti all'interno del presente documento e dei suoi allegati:

ASCII	American Standard Code for Information Interchange;
CAD	Computer Aided Design;
CSV	Comma Separated Values File;
CM	Central Meridian;
CO	Area Corridoio
DGPS	Differential Global Positioning System
DOP	Dilution of Position;
DPR	Daily Progress Report
DR	Area Dragaggio
DTM	Digital Terrain Modelling;
Gyro	Girobussola
GNSS	Global Navigation Satellite System;
GMT	Greenwich Mean Time;
GPS	Global Positioning System;
hd	Hard Disk
HDOP	Horizontal Dilution of Precision;
HQC	Hazard Quotient Chimico
HRS	Heading Reference System;
IHO	International Hydrographic Organization;
IMCA	International Marine Contractors Association;
IPA	Idrocarburi Policiclici Aromatici
IS	International System
ISO	International Standards Organization;
Km	Chilometri;
KTS	Knots;
L.M.M.	Livello Medio Mare;
L.A.T	Low Astronomical Tide
M/N	Moto Nave
MRU	Motion Reference Unit
PC	Protezione Catodica
PCB	Policlorobifenili
PDC	Piano Di Caratterizzazione
PIR	Area PIR
PIR	Petrolifera Italo Rumena
QA	Quality Assurance;
QC	Quality Control;
TOC	Carbonio Organico Totale
TM	Transversa di Mercatore;
UPS	Uninterruptible Power Supply
UTC	Coordinated Universal Time;
UTM	Universal Transverse Mercator;
WGS 84	World Geodetic System 1984;

1.3 TRADUZIONE DEGLI ACRONIMI E DEI TERMINI ANGLOSASSONI

Qui di seguito vengono elencate tutte le parole in lingua Inglese utilizzate per la stesura del presente documento assieme alle relative traduzioni in lingua Italiana:

Aft	Dietro / Poppa;
Bow	Prua
Central Meridian:	Meridiano Centrale;
Coordinated Universal Time	Tempo Universale Coordinato;
Differential Global Positioning System	Sistema di Correzione Differenziale Globale
Digital Terrain Modelling:	Modellazione Digitale del Terreno;
Dilution of Position	Diluizione della posizione;
Forward	Avanti / Prua;
Geographic Informative System	Sistema Informativo Geografico
Greenwich Mean Time:	Tempo Medio di Greenwich;
Global Positioning System:	Sistema di Posizionamento Globale;
Knots:	Miglia Nautiche per Ora;
Hard disk	Disco rigido
Heading Reference System:	Sistema di riferimento della Direzione (Girobussola);
Heading	Direzione;
Horizontal Dilution of Precision	Diluizione della posizione orizzontale;
Inertial Navigation System:	Sistema di Navigazione Inerziale;
Kilometer Progressive	Progressiva Chilometrica
Negative:	Negativo;
Positive:	Positivo;
Quality Assurance:	Garanzia di qualità;
Quality Control:	Controllo di qualità;
Daily Progress Report	Rapportino giornaliero di cantiere
Spare	Unità di riserva
Starboard:	Dritta / Destra;
Stern	Poppa;
Time delay:	Latenza Temporale;
Tool:	Applicazione;
Uninterruptible Power Supply	Gruppo di continuità
Universal Transverse Mercator:	Trasversa Universale di Mercatore;
World Geodetic System 1984:	Sistema Geodetico mondiale istituito nel 1984;

1.4 DUCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

- Rif. 01 SPECIFICHE PER ESECUZIONE DELL'INTEGRAZIONE ALLE INDAGINI AMBIENTALI NELLE AREE DI DRAGAGGIO – Emesso da Techfem (Dcc. SPC-AMB-E-35536 - Rif. Techfem. 011-PJM22-001-20-RT-E-5536);

2.0 SCOPO DEL LAVORO

In diversi periodi compresi tra settembre 2022 e agosto 2023 Subsea Fenix Srl di Ravenna ha condotto una campagna di prelievo campionamento e attività di analisi ai sensi del D.M. 173/2016 dei sedimenti presenti nell'area di dragaggio relativa al progetto FSRU Ravenna.

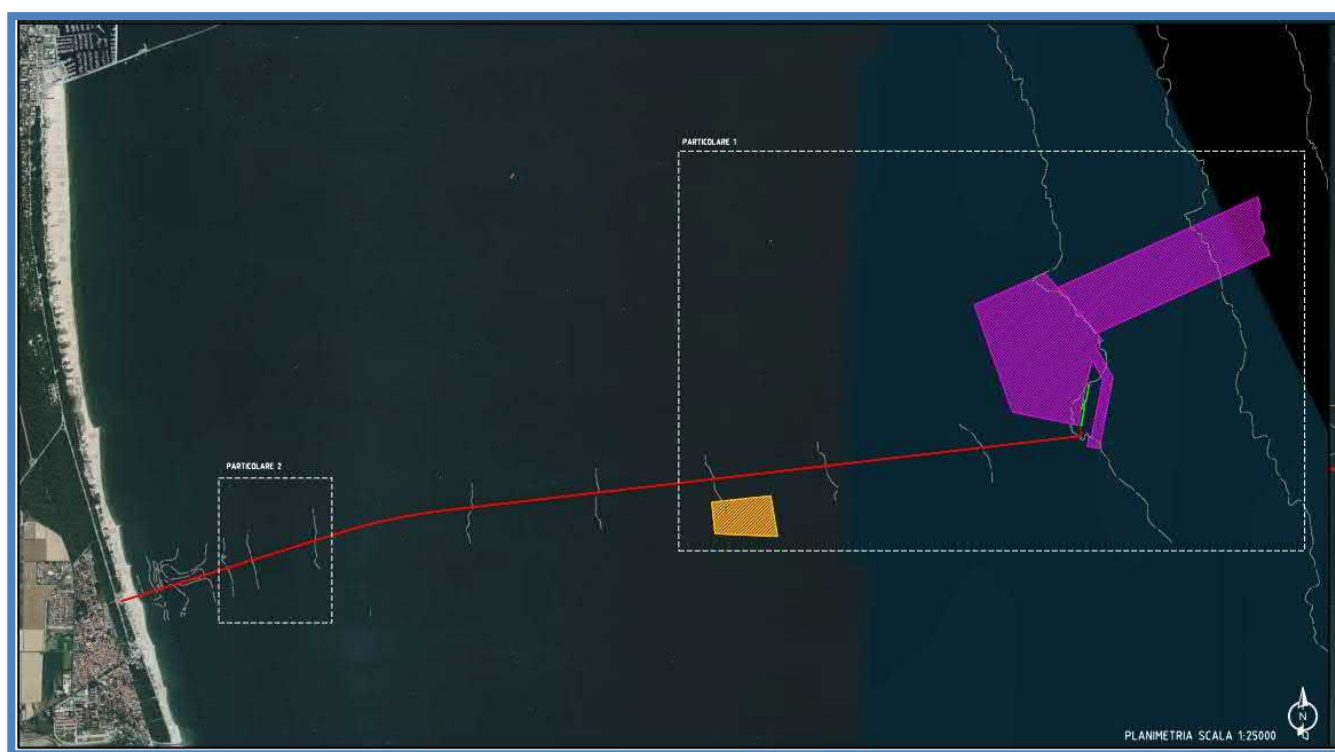


Figura 1. Inquadramento area di studio

Il Piano Preliminare di Indagini Ambientali è stato progettato e redatto dalla società Techfem al fine di rendere operativo il piano di dragaggio funzionale a rendere i fondali marini idonei all'ormeggio permanente dell'FSRU presso la struttura PIR ed all'accesso, la manovra e l'ormeggio delle LNG Carriers (maggiori dettagli nei prossimi capitoli).

Tutte le indagini effettuate sono state pianificate sulla base delle indicazioni riportate nel nuovo D.M. Ambiente n.173/2016: "Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini".

A tale scopo è stata portata a termine l'esecuzione di una campagna di carotaggi di tipo ambientale da eseguire mediante l'utilizzo di una benna di tipo Van Veen, carotiere a gravità (*gravity*) e carotiere a vibrazione (*vibrocorer*) su **88 stazioni** localizzate nell'area di dragaggio, **8** inerenti all'area di deposito sedimenti e **3** ubicate in prossimità dell'area di uscita del Microtunnel costiero.

Il servizio offerto da Subsea Fenix Srl ha compreso la fornitura dell'imbarcazioni di supporto, delle apparecchiature, degli operatori e di tutto quanto necessario ad eseguire la campagna richiesta, incluse le analisi di laboratorio, l'elaborazione dei dati e la loro rappresentazione grafica.

A completamento del contratto relativo ai servizi in oggetto, è stato redatto e consegnato il presente documento tecnico, contenente una dettagliata descrizione di tutte le operazioni svolte, delle risorse impiegate e delle metodologie utilizzate.

All'interno dei successivi paragrafi vengono descritte in maniera approfondita e dettagliata le modalità di esecuzione dei prelievi, l'elenco e le caratteristiche della strumentazione utilizzata assieme alla cronistoria di tutte le operazioni svolte in cantiere.

Da ultimo, mediante una serie di elaborati allegati al presente documento si riportano le conclusioni ottenute dall'analisi dei dati acquisiti, debitamente processati ed infine esposti in una serie di elaborati appositamente predisposti quali tabelle, foto, schede di classificazione e carte tematiche.

Oltre a questi elaborati il presente documento è stato corredato con tutta una serie di altre informazioni e documenti di approfondimento, necessari per la piena e completa comprensione delle attività svolte (Schede tecniche della strumentazione/Monografie dei caposaldi/Immagini/Certificati Etc.).

L'esposizione dei risultati e l'elenco completo dei dati consegnati è inserito degli omonimi capitoli.

3.0 AREE OGGETTO DELL'INDAGINE AMBIENTALE

Le stazioni di campionamento previste e svolte da Subsea Fenix sono state pianificate in relazione alle specifiche indicate all'interno del piano di caratterizzazione ambientale fornito dalla committenza.

Qui di seguito è riportata la tabella che indica nome, posizione, lunghezza della carota e tipologia di analisi a cui sottoporre i sedimenti.

ELENCO STAZIONI DI INDAGINE					
N° CAROTA	NOME STAZIONE	EST (m)	NORD (m)	LUNGHEZZA CAROTAGGIO	PROCEDURA / SET
1	RPD_01	292208.541	4927434.652	4.00 m	D.M. 173/2016
2	RPD_02	292350.105	4927571.238	4.00 m	D.M. 173/2016
3	RPD_03	292354.825	4927432.782	4.00 m	D.M. 173/2016
4	RPD_04	292354.983	4927238.124	4.00 m	D.M. 173/2016
5	RPD_05	292392.199	4927030.81	4.00 m	D.M. 173/2016
6	RPD_06	292425.038	4926830.203	4.00 m	D.M. 173/2016
7	RPD_07	292560.907	4927634.875	4.00 m	D.M. 173/2016
8	RPD_08	292543.56	4927421.58	4.00 m	D.M. 173/2016
9	RPD_09	292558.123	4927232.153	4.00 m	D.M. 173/2016
10	RPD_10	292558.338	4927027.743	4.00 m	D.M. 173/2016
11	RPD_11	292561.320	4926832.254	4.00 m	D.M. 173/2016
12	RPD_12	292558.231	4926627.601	4.00 m	D.M. 173/2016
13	RPD_13	292763.874	4927764.841	4.00 m	D.M. 173/2016
14	RPD_14	292734.446	4927579.524	4.00 m	D.M. 173/2016
15	RPD_15	292757.717	4927439.781	4.00 m	D.M. 173/2016
16	RPD_16	292762.42	4927234.978	4.00 m	D.M. 173/2016
17	RPD_17	292758.027	4927037.05	6.00 m	D.M. 173/2016
18	RPD_18	292760.951	4926838.466	6.00 m	D.M. 173/2016
19	RPD_19	292762.663	4926626.645	6.00 m	D.M. 173/2016
20	RPD_20	292944.159	4927845.654	4.00 m	D.M. 173/2016
21	RPD_21	292947.753	4927636.745	4.00 m	D.M. 173/2016
22	RPD_22	292957.852	4927442.81	4.00 m	D.M. 173/2016
23	RPD_23	292959.147	4927224.564	6.00 m	D.M. 173/2016
24	RPD_24	292953.963	4927030.98	6.00 m	D.M. 173/2016
25	RPD_25	292965.862	4926818.132	6.00 m	D.M. 173/2016
26	RPD_26	292966.175	4926623.628	6.00 m	D.M. 173/2016
27	RPD_27	293160.081	4927842.496	4.00 m	D.M. 173/2016
28	RPD_28	293153.01	4927630.845	4.00 m	D.M. 173/2016
29	RPD_29	293155.346	4927427.298	4.00 m	D.M. 173/2016
30	RPD_30	293161.438	4927226.372	6.00 m	D.M. 173/2016
31	RPD_31	293154.812	4927035.954	6.00 m	D.M. 173/2016
32	RPD_32	293362.937	4928024.071	4.00 m	D.M. 173/2016
33	RPD_33	293358.467	4927824.851	4.00 m	D.M. 173/2016
34	RPD_34	293362.657	4927626.248	4.00 m	D.M. 173/2016
35	RPD_35	293353.438	4927425.993	4.00 m	D.M. 173/2016

ELENCO STAZIONI DI INDAGINE					
N° CAROTA	NOME STAZIONE	EST (m)	NORD (m)	LUNGHEZZA CAROTAGGIO	PROCEDURA / SET
36	RPD_36	293362.537	4927224.517	4.00 m	D.M. 173/2016
37	RPD_37	293362.335	4927026.803	6.00 m	D.M. 173/2016
38	RPD_38	293382.419	4926906.224	6.00 m	D.M. 173/2016
39	RPD_39	293568.951	4928028.099	4.00 m	D.M. 173/2016
40	RPD_40	293567.228	4927828.462	4.00 m	D.M. 173/2016
41	RPD_41	293558.442	4927626.072	4.00 m	D.M. 173/2016
42	RPD_42	293560.565	4927436.984	4.00 m	D.M. 173/2016
43	RPD_43	293562.888	4927230.841	4.00 m	D.M. 173/2016
44	RPD_44	293762.72	4928225.377	4.00 m	D.M. 173/2016
45	RPD_45	293765.997	4928024.882	4.00 m	D.M. 173/2016
46	RPD_46	293764.692	4927828.921	4.00 m	D.M. 173/2016
47	RPD_47	293768.414	4927629.154	4.00 m	D.M. 173/2016
48	RPD_48	293768.367	4927428.2	4.00 m	D.M. 173/2016
49	RPD_49	293967.209	4928223.143	2.00 m	D.M. 173/2016
50	RPD_50	293956.984	4928034.555	4.00 m	D.M. 173/2016
51	RPD_51	293965.911	4927824.802	4.00 m	D.M. 173/2016
52	RPD_52	293955.23	4927632.414	4.00 m	D.M. 173/2016
53	RPD_53	293957.001	4927435.797	4.00 m	D.M. 173/2016
54	RPD_54	294163.556	4928371.131	2.00 m	D.M. 173/2016
55	RPD_55	294156.842	4928223.595	2.00 m	D.M. 173/2016
56	RPD_56	294154.359	4928026.731	2.00 m	D.M. 173/2016
57	RPD_57	294162.546	4927824.9	4.00 m	D.M. 173/2016
58	RPD_58	294159.844	4927624.273	4.00 m	D.M. 173/2016
59	RPD_59	294359.542	4928427.649	2.00 m	D.M. 173/2016
60	RPD_60	294357.745	4928235.068	2.00 m	D.M. 173/2016
61	RPD_61	294360.372	4928025.112	2.00 m	D.M. 173/2016
62	RPD_62	294364.735	4927826.835	2.00 m	D.M. 173/2016
63	RPD_63	294366.522	4927629.082	2.00 m	D.M. 173/2016
64	RPD_64	294501.756	4928431.423	2.00 m	D.M. 173/2016
65	RPD_65	294561.354	4928227.94	2.00 m	D.M. 173/2016
66	RPD_66	294557.925	4928022.508	2.00 m	D.M. 173/2016
67	RPD_67	294562.687	4927823.874	2.00 m	D.M. 173/2016
68	RPD_68	294562.0257	4927692.016	2.00 m	D.M. 173/2016
69	C9	292222.427	4927572.724	4.00 m	D.M. 173/2016
70	C10	292158.627	4927234.605	4.00 m	D.M. 173/2016
71	C11	292355.818	4926634.357	4.00 m	D.M. 173/2016
72	C12	292613.439	4927775.863	4.00 m	D.M. 173/2016
73	C13	293153.402	4926836.338	6.00 m	D.M. 173/2016
74	C14	293155.198	4926630.104	6.00 m	D.M. 173/2016
75	C15	293153.984	4926431.105	6.00 m	D.M. 173/2016
76	C16	293156.132	4926232.165	6.00 m	D.M. 173/2016
77	C17	293412.684	4926631.078	6.00 m	D.M. 173/2016
78	C18	293362.321	4926431.089	6.00 m	D.M. 173/2016

ELENCO STAZIONI DI INDAGINE					
N° CAROTA	NOME STAZIONE	EST (m)	NORD (m)	LUNGHEZZA CAROTAGGIO	PROCEDURA / SET
79	C19	293311.098	4926282.867	6.00 m	D.M. 173/2016
80	C20	294762.785	4928638.024	2.00 m	D.M. 173/2016
81	C21	294759.664	4928433.417	2.00 m	D.M. 173/2016
82	C22	294760.874	4928228.208	2.00 m	D.M. 173/2016
83	C23	294750.223	4928032.444	2.00 m	D.M. 173/2016
84	C24	291966.154	4927438.123	4.00 m	D.M. 173/2016
85	C25	291962.06	4927234.156	4.00 m	D.M. 173/2016
86	C26	292158.651	4927039.016	4.00 m	D.M. 173/2016
87	C27	292160.489	4926838.12	4.00 m	D.M. 173/2016
88	C28	292161.894	4926631.123	4.00 m	D.M. 173/2016

Tabella 2. Elenco stazioni d'indagine

Qui di seguito è riportata una immagine che indica le posizioni delle stazioni di prelievo dei sedimenti pianificate (Figura 2).

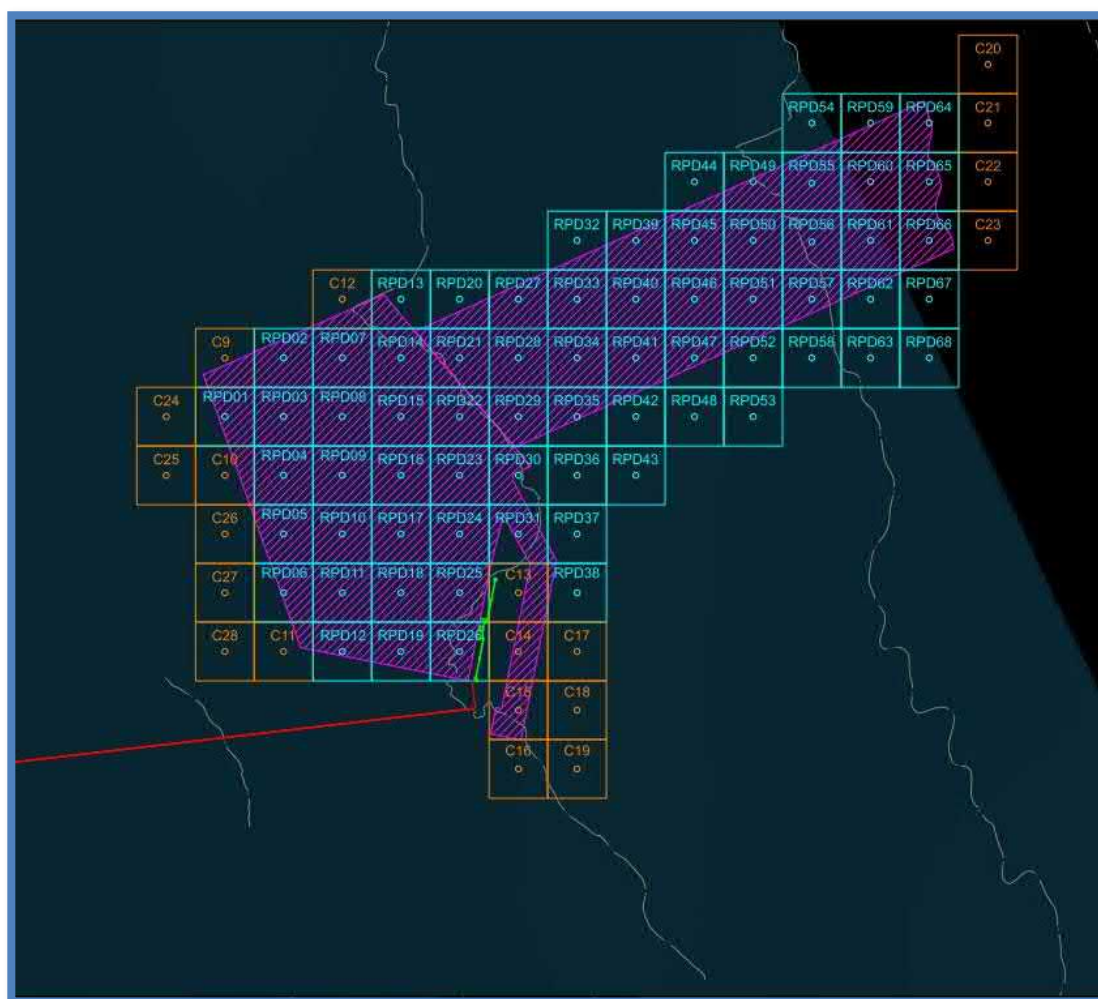


Figura 2. Layout area di studio

4.0 MODALITA' DI ESECUZIONE DEI RILIEVI

All'interno di questo capitolo vengono prese in esame nel dettaglio tutte le metodologie e le procedure adottate per l'esecuzione delle attività oggetto di questo incarico. Al fine di garantire la corretta esecuzione dello scopo del lavoro e dei tempi di consegna dei risultati finali Subsea Fenix Srl ha previsto l'utilizzo di diverse metodologie di rilievo e di diverse piattaforme mobili di installazione:

ATTIVITÀ CARATTERIZZAZIONE SUPERFICIALE	
Mezzo di supporto	Imbarcazione
	Motopontone
	Motonave
Sistemi	Posizionamento Superficiale
	Benna Van Veen
	Carotiere a Gravità (gravity)
	Vibrocarotiere

Tabella 3. Modalità esecuzione rilievi

4.1 CRITERI OPERATIVI

Al fine di garantire al cliente un elevato standard qualitativo del lavoro da svolgere, per tutta la durata delle operazioni (Preparazione del cantiere – Acquisizione dei dati sul campo – Processing dei dati raccolti – Analisi di laboratorio - Restituzione dei dati debitamente processati), è stata cura e responsabilità di ogni singolo tecnico coinvolto nel progetto rispettare tutti i criteri operativi qui di seguito riportati.

CRITERI OPERATIVI PER L'ESECUZIONE DEI RILIEVI	
Posizionamento del carotiere/benna:	Durante le fasi di posizionamento del mezzo navale di supporto e di conseguenza del carotiere, è stata posta particolare attenzione all'accuratezza della posizione finale della stazione di prelievo, al fine di ottenere dei dati coerenti con quanto richiesto all'interno del piano di caratterizzazione ambientale.
Esecuzione dei sondaggi:	Gli esecutori durante tutte le diverse fasi di acquisizione si sono impegnati a garantire le normali attività dell'intera area indagata, arrecando la minor interferenza possibile alle normali attività di traffico marittimo in ingresso e uscita dal porto di Ravenna. A tal fine l'equipaggio del mezzo di supporto per tutta la durata delle operazioni è rimasto in contatto con il corpo piloti del porto di Ravenna.
	Gli esecutori durante tutte le diverse fasi di acquisizione si sono impegnati a garantire le attività di cantiere già in essere all'interno dell'area indagata, garantendo la sicurezza degli altri attori presenti e arrecando la minor interferenza possibile alle loro attività. A tal fine l'equipaggio del mezzo di supporto per tutta la durata delle operazioni è rimasto in contatto con i mezzi operanti all'interno dell'area e contestualmente il capo cantiere è rimasto in contatto con gli attori presenti in area, al fine di coordinare le attività.
	Gli esecutori si sono impegnati a mantenere sotto controllo le condizioni meteomarine al fine di sospendere le operazioni qualora tali condizioni avessero messo a repentaglio la sicurezza del moto pontone e del suo equipaggio (tecnici – equipaggio - cliente).
Qualità dei sedimenti prelevati:	Per ogni singola stazione gli operatori si sono impegnati a verificare che sia la quantità che la qualità della carota estratta al fine di verificare che il campione prelevato sia rappresentativo e coerente con quanto richiesto dal piano di caratterizzazione. Nei casi in cui la bennata non è risultata rappresentativa o sufficiente questa è stata ripetuta fino all'ottenimento del risultato necessario.
	Al fine di garantire la messa in sicurezza dei campioni raccolti, verrà conservata a -20° una aliquota di almeno 250 ml di ciascun campione per eventuali accertamenti o approfondimenti. Tale aliquota verrà conservata dall'esecutore per 4 mesi a partire dal termine della campagna di carotaggio.
Trasparenza nelle operazioni	Gli esecutori prima e durante la campagna compileranno delle Check list ed un brogliaccio di navigazione a garanzia della qualità del lavoro svolto, oltre ad una serie di moduli ad uso interno dell'azienda;
	Gli esecutori durante le fasi di apertura delle carote estratte si impegneranno ad eseguire un adeguato report fotografico al fine di evidenziare la qualità e la coerenza del lavoro svolto;

CRITERI OPERATIVI PER L'ESECUZIONE DEI RILIEVI**Analisi Processing ed
Elaborazione:**

I campioni raccolti verranno gestiti ed analizzati da un laboratorio certificato come richiesto dalla normativa vigente;

Al termine di ogni giornata operativa, i campioni prelevati verranno sbarcati e consegnati in laboratorio, al fine di conservarli al meglio ed iniziare immediatamente sia le analisi che la cultura dei sedimenti.

Le prove di laboratorio saranno condotte conformemente con le norme UNI/CEN/ISO o altri standard di riferimento nazionali o internazionali equivalenti, aggiornati e adeguati alla matrice sedimento, garantendo il rispetto dei requisiti minimi previsti dal D.Lgs. 219/2010. I risultati saranno riportati su appositi certificati analitici, i quali includeranno le opportune informazioni sui parametri di qualità.

L'elaborazione dei dati verrà eseguita secondo quanto previsto dalla normativa la normativa ambientale di riferimento (D.M. 173/2016 - D.Lgs. 172/2015 - Direttiva 2013/39/UE - direttive 2000/60/CE - Manuale per la movimentazione di sedimenti marini APAT ICRAM, 2007.

La Classificazione del pericolo chimico verrà valutata ai sensi del D.M. 173/2016

I dati derivanti dalla caratterizzazione chimica di tutti i campioni prelevati saranno elaborati in conformità a quanto previsto nell'Appendice 2C dell'Allegato Tecnico del D.M. 173/2016, mediante l'utilizzo del tool applicativo SediQualSoft 109.0

I dati consegnati verranno debitamente processati e su di essi non verrà effettuato alcun tipo di manomissione o sofisticazione.

Tabella 4. Criteri operativi

4.2 MOB / DEMOB E PERMANENZA IN LOCO

La mobilitazione dei tecnici e delle attrezzature necessarie all'esecuzione della campagna ambientale ha avuto luogo da Mezzano (RA), dalla sede della Subsea Fenix S.r.l. fino all'area di cantiere (Porto di Ravenna).

In considerazione dell'estensione dell'area, delle differenti tipologie di prelievo che sono state adottate, della tecnologia impiegata e di conseguenza dei tempi di esecuzione delle attività, è stata necessaria la permanenza in loco del nostro personale impiegato. Per tutta la durata delle fasi operative del cantiere sia i tecnici che l'equipaggio dell'imbarcazione hanno soggiornato presso degli appartamenti appositamente affittati.

I mezzi navali per il periodo necessario all'esecuzione della attività, sono rimasti ormeggiati lungo la banchina Adriatank.

L'allestimento di tutta la strumentazione a bordo del motopontone è stato eseguito direttamente in cantiere.

Una volta in sito, i tecnici hanno provveduto alle operazioni di Mob dalla banchina al fine eseguire le operazioni in totale sicurezza.

Una volta concluse tutte le attività di cantiere la strumentazione è stata demobilitata in banchina sempre all'interno del porto di Ravenna, nel rispetto della piena sicurezza delle operazioni.



Figura 3. Fasi di mobilitazione

4.3 INDAGINE AMBIENTALE

Secondo quanto richiesto dal cliente, la totalità della superficie da caratterizzare è stata suddivisa in n° **88 aree** sulle quali sono state previste analisi di laboratorio per diversi di spessori di sedimento. Il progetto del piano di caratterizzazione (PDC) in accordo con gli Enti autorizzativi, in considerazione dell'ubicazione dell'area marina di indagine (posizionata a 8.5 km dalla costa) e della limitata variabilità ipotizzabile per le caratteristiche dei sedimenti presenti lungo la verticale, in alcuni casi ha previsto l'accorpamento dei campioni relativi a due aree contigue (200 m x 200 m) per alcuni dei livelli campionati, in analogia con quanto previsto dal DM per dragaggi fino a 0.5 m di profondità.

Sui campioni è stato previsto di eseguire le analisi di laboratorio secondo lo schema riportato di seguito:

- **Aliquota L1: 0 m – 0.50 m;**
 - Analisi Granulometriche.
 - Analisi Chimiche ex DM 173/2016.
 - Analisi Ecotossicologiche con 3 specie.
- **Aliquota L2: 0.50 m – 1.00 m;**
 - Analisi Granulometriche.
 - Analisi Chimiche ex DM 173/2016.
- **Aliquota L3: 1.00 m – 2.00 m;**
 - Analisi Granulometriche.
 - Analisi Chimiche ex DM 173/2016.
- **Aliquota L4: 2.00 m – 4.00 m;**
 - Analisi Granulometriche.
 - Analisi Chimiche ex DM 173/2016.
- **Aliquota L5: 4.00 m – 6.00 m;**
 - Analisi Granulometriche.
 - Analisi Chimiche ex DM 173/2016.

Nello specifico il piano di caratterizzazione ha previsto quanto segue:

- ✓ L1 (0.00 m – 0.50 m):
 - **60 analisi Ecotossicologiche** con 3 specie;
 - **60 analisi granulometriche;**
 - **60 analisi Chimiche** ex DM 173/2016;

- ✓ L2 (0.50 m – 1.00 m):
 - **67 analisi granulometriche;**
 - **67 analisi Chimiche** ex DM 173/2016;
- ✓ L3 (1.00 m – 2.00 m):
 - **73 analisi granulometriche;**
 - **73 analisi Chimiche** ex DM 173/2016;
- ✓ L4 (2.00 m – 4.00 m):
 - **70 analisi granulometriche;**
 - **70 analisi Chimiche** ex DM 173/2016;
- ✓ L5 (4.00 m – 6.00 m):
 - **18 analisi granulometriche;**
 - **18 analisi Chimiche** ex DM 173/2016.

4.4 ORGANIZZAZIONE DELLE OPERAZIONI A BORDO

Al fine di garantire una corretta e sicura esecuzione delle operazioni, prima dell'inizio delle attività, a bordo sono stati esposti e discussi con tutti gli attori coinvolti nel progetto tutti i seguenti aspetti:

- Illustrazione delle attività previste e scopo del lavoro;
- Sicurezza e salute delle operazioni;
- Coordinamento delle attività al fine di azzerare le interferenze con gli altri attori presenti all'interno dell'area di lavoro;
- Piano di lavoro:
 - ✓ Area di lavoro;
 - ✓ Piano di campionamento;
 - ✓ Metodologia di prelievo delle carote;
 - ✓ Meteo;
 - ✓ Coordinamento con il personale del mezzo navale;
 - ✓ Pianificazione del piano di ormeggio per l'esecuzione dei prelievi
 - ✓ Coordinamento con le autorità e con gli eventuali gestori delle aree di lavoro;

Al fine di garantire la corretta esecuzione dello scopo del lavoro e garantire continuità nelle operazioni, prima dell'inizio di ogni giornata, gli operatori Subsea Fenix hanno eseguito le seguenti operazioni preliminari all'inizio della registrazione dei dati:

- ✓ Verifica delle attività previste e relativo dettagliato scopo del lavoro;
- ✓ Start Up della strumentazione di posizionamento;
- ✓ Verifica Segnali di correzione del dato GPS (DGPS ed RTK);
- ✓ Test su data logging e archiviazione dei dati;
- ✓ Verifica del materiale per il campionamento e lo stoccaggio dei campioni;

4.5 METODOLOGIA DI ESECUZIONE DEI CAROTAGGI AMBIENTALI

La profondità dei carotaggi da eseguire al fine di soddisfare lo scopo del lavoro è stata definita nel piano di caratterizzazione. Come ampiamente già indicato in precedenza per questa campagna si è previsto una profondità di indagine fino a 6.00 m.

Per il campionamento ambientale superficiale (0.00 m – 0.50 m) delle stazioni è stata utilizzata come strumento di campionamento, una benna tipo Van-Veen avente superficie di presa minima 0.1 mq ed un volume di 20-25L, manovrata con l'assistenza di una imbarcazione.

Per le profondità maggiori sono stati utilizzati carotieri a gravità (fino a 4 m) e a vibrazione (fino a 6 m).

Il sistema di sondaggio "Gravity-core", permette di inserire all'interno di una canna di perforazione in acciaio, un tubo dal diametro di 90mm di materiale inerte (HDPE) per il contenimento del sedimento, senza che questo venga a contatto con altre parti della strumentazione. Inoltre, il sistema è dotato di una valvola anti-reflusso in testa della canna di perforazione ed una valvola in basso a lamelle (core-catcher) per il contenimento dei sedimenti sciolti. Può avere diverse configurazioni in termini di lunghezza d'asta e massa a seconda della profondità da raggiungere.



Figura 4. Benna in operazione

Per la corretta esecuzione della campagna, oltre alla strumentazione appena descritta, a bordo dei vari motopontoni è stato installato un sistema di posizionamento superficiale composto dai seguenti elementi:

- Sistema DGPS-INS Doppia antenna multi frequenza
- Sistema Gyro;
- Software di Navigazione idrografico;
- Laptop di controllo;

L'antenna DGPS è stata installata in un punto a cielo aperto, ed interfacciata al software di navigazione assieme alla Gyro. All'interno del software sono inseriti tutti gli offset necessari, oltre che il layout del pontone con la posizione esatta della Gru e la base cartografica del cantiere contenente oltre le aree di campionamento e le posizioni teoriche delle carote, anche le curve batimetriche dei fondali e l'inquadratura cartografica. L'utilizzo

di questo sistema ha permesso di posizionare correttamente il mezzo durante tutte le operazioni, così da poter eseguire i prelievi all'interno delle aree predefinite dal piano di caratterizzazione e registrare l'esatta ubicazione (Latitudine e Longitudine) delle carote prelevate.

Una volta posizionato il mezzo l'operazione di prelievo del sedimento è composta dei seguenti step:

➤ **BENNATA:**

- ✓ La benna viene aperta ed armata;
- ✓ mediante la gru la benna viene sollevata e portata fuori bordo;
- ✓ la benna viene calata e portata alla quota di "lancio" dal fondo;
- ✓ viene richiesta la "luce verde" a procedere e tutti gli attori a bordo vengono avvisati dell'imminente esecuzione della carota;
- ✓ la benna viene lanciata sul fondo mediante l'apposito sgancio rapido;
- ✓ una volta infissa la benna sul fondo, viene recuperata a bordo del mezzo e depositata all'interno di un apposito contenitore;
- ✓ la benna viene aperta e viene verificata la qualità in termini quantitativi/volumetrici del sedimento campionato;

➤ **CAROTAGGIO:**

- ✓ L'asta di perforazione viene armata con l'apposito *liner*, la punta ed il *core catcher*;
- ✓ il carotiere viene sollevato e portato fuori bordo con l'ausilio della gru;
- ✓ il carotiere viene portato alla quota di "lancio" dal fondo pre-calcolata dai tecnici;
- ✓ viene richiesta la "luce verde" a procedere e tutti gli attori a bordo vengono avvisati dell'imminente esecuzione della carota;
- ✓ il carotiere viene azionato/sparato mediante un apposito sgancio rapido;
- ✓ una volta infissa l'asta nel sedimento, il sistema viene recuperato a bordo del motopontone, steso sugli appositi cavalletti e messo in sicurezza;
- ✓ posizionato il carotiere a bordo, vengono rimossi il naso e il *core catcher* ed infine viene estratto il liner interno che contiene il sedimento;
- ✓ la carota viene misurata e se raggiunta la quota di penetrazione prestabilita il carotaggio viene convalidato;

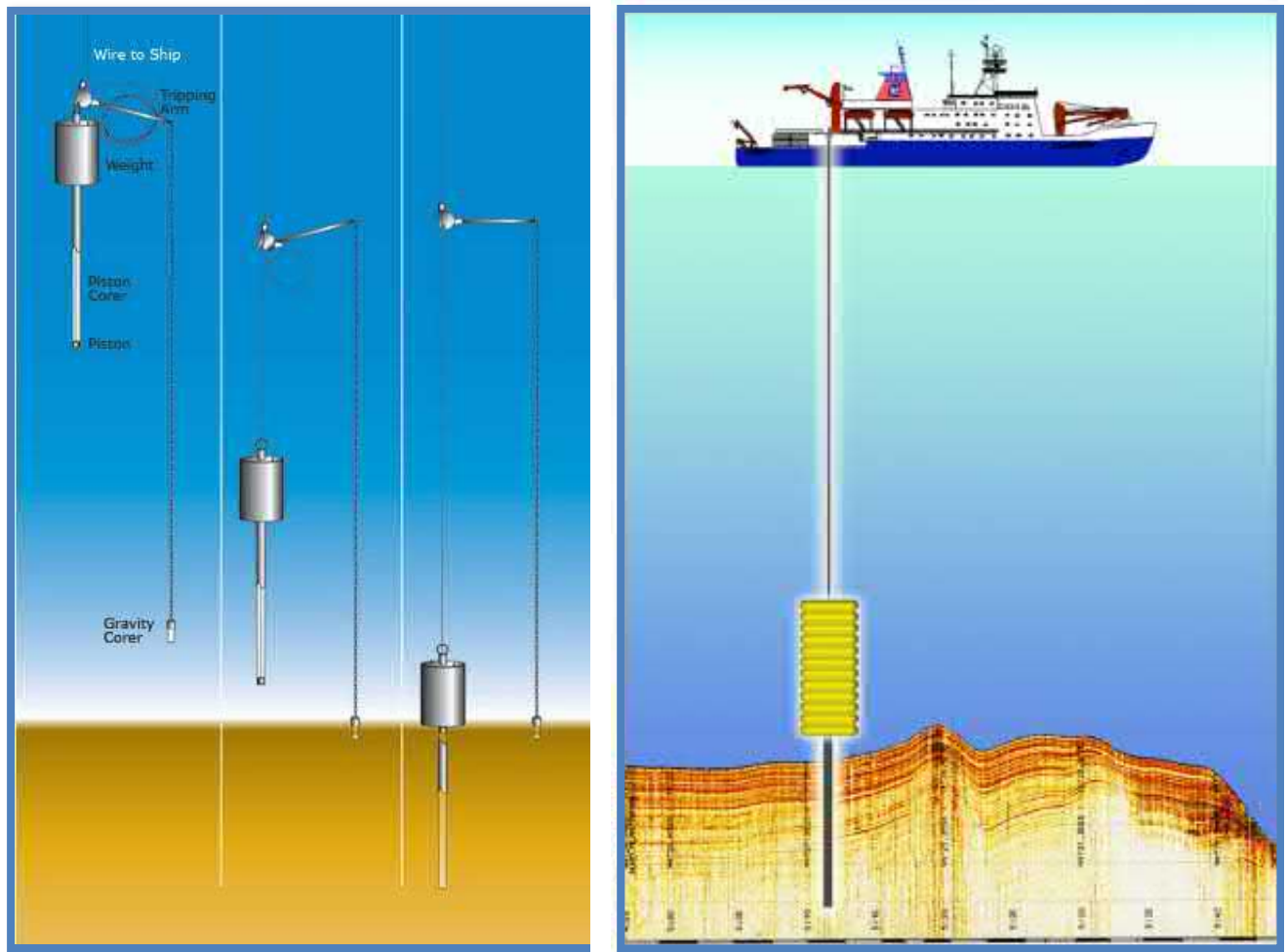


Figura 5. Schema di funzionamento per campionamento dei sedimenti con sistema a gravità

Terminata le operazioni di prelievo, sulla carota vengono effettuate delle prime analisi preliminari. Di seguito il procedimento svolto:

➤ **BENNATA:**

- ✓ Viene espulsa dall'interno delle valvole l'acqua in eccesso;
- ✓ una volta depositata all'interno della cassetta di catalogazione la benna viene aperta;
- ✓ viene sollevata al fine di far fuoriuscire in maniera indisturbata il materiale in essa contenuto;
- ✓ la vasca di catalogazione viene infine appoggiata su un piano orizzontale, dove il tecnico di laboratorio procede nelle diverse fasi del campionamento:



Figura 6. Esempio di campione raccolto con bennata

➤ **CAROTAGGIO:**

- ✓ Vengono chiuse le estremità della carota con dei tappi opportunamente nastrati e siglati per identificare l'ID della carota e ad evidenziare la sua parte superiore (TOP) e la parte inferiore (BOTTOM);
- ✓ il liner viene spostato verso l'area adibita al campionamento e stesa su un binario in acciaio appositamente costruito;
- ✓ viene tagliato longitudinalmente con una speciale cesoia elettrica che non rilascia residui di materiale sul sedimento e lungo la sezione della carota;
- ✓ La carota viene infine appoggiata su un piano orizzontale, dove il tecnico di laboratorio procede nelle diverse fasi del campionamento.



Figura 7. Prime operazioni di analisi della carota





Figura 8. Fase di apertura della carota

4.6 METODOLOGIA DI CAMPIONAMENTO DEI SEDIMENTI

Una volta terminate le operazioni di recupero, estrazione e apertura della carota eseguita, il materiale prelevato è stato consegnato ai tecnici campionatori, che hanno provveduto a processare il sedimento raccolto. Tali operazioni sono state svolte direttamente a bordo, seguendo le linee guida dettate dal D.M. 173/2016, qui di seguito indicate:

- ✓ Fotografia della carota/bennata e breve descrizione stratigrafica con definizione del colore, odore, eventuale presenza di frammenti di conchiglie e/o materiale antropico e misura con sonda portatile dei valori di pH ed Eh;
- ✓ prelievo di una porzione di sedimento, corrispondente al livello di campionamento, e collocata in una vaschetta di polietilene. Il sedimento opportunamente omogeneizzato è stato successivamente sotto-campionato in diversi contenitori per le diverse aliquote di analisi previste (fisiche-chimiche- ecotossicologiche);
- ✓ un'ulteriore aliquota di almeno 250 ml di ciascun campione è stata invece prelevata e stoccata alla temperatura di -20° per eventuali accertamenti o approfondimenti;
- ✓ i contenitori opportunamente etichettati, sono stati stoccati in frigo portatili per mantenere la catena del freddo fino al loro arrivo in laboratorio (4°-6°);
- ✓ infine, è stata redatta una specifica catena di custodia (COC) che associa i campioni dal momento del campionamento fino alla consegna al laboratorio di analisi, al fine di assicurare il mantenimento delle corrette temperature di conservazione e monitorarne gli spostamenti;

Tutta la documentazione fotografica dei singoli carotaggi è consultabile all'interno degli allegati alla presente relazione.

4.7 ANALISI DI LABORATORIO

Le attività di campionamento delle diverse aliquote e le relative analisi di laboratorio richieste (chimico – fisiche e ecotossicologiche) sono state eseguite dai tecnici del laboratorio LAV S.r.l di Rimini, riconosciuto ai sensi della Norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018 ed accreditato per le prove in esame da ente di controllo ACCREDIA (n°0447).

Una volta eseguiti i prelievi dei sedimenti dal fondale di ogni singola area e quota di campionamento, questi sono stati preparati, campionati e stoccati al fine di poterli sottoporre alle analisi fisiche chimiche ed eco-tossicologiche. Una volta pronto, ogni singolo contenitore è stato stoccato e refrigerato a bordo mediante appositi frigoriferi portatili ad una temperatura compresa tra i 4° ed i 6° gradi centigradi. Al termine di ogni singola giornata di attività di campo questi sono stati sbarcati a terra, trasportati e consegnati immediatamente mantenendo la catena del freddo così da non alterare i campioni. Una volta in laboratorio questi sono stati presi in carico in conformità con la prevista catena di custodia dei campioni ed immediatamente messi in lavorazione.



Figura 9. Laboratorio L.A.V. incaricato per le analisi dei sedimenti

Tutti i rapporti di prova (R.D.P.) sono allegati alla presente relazione insieme ai verbali di campionamento, alle schede di campo ed alla documentazione fotografica.

L'elenco delle analisi eseguite, ha seguito quanto previsto dal P.D.C., con la determinazione:

- ✓ **Caratterizzazione Fisica**
- ✓ **Caratterizzazione Chimica**
- ✓ **Caratterizzazione Ecotossicologica**

4.7.1 Caratterizzazione fisica

La caratterizzazione fisica dei campioni di sedimento prelevati ha previsto la descrizione macroscopica dei sedimenti oltre alla determinazione della loro granulometria (% Ghiaia - % Sabbia - % Limo - % Argilla - % Pelite).

4.7.2 Caratterizzazione chimica

La caratterizzazione chimica dei campioni di sedimento prelevati ha previsto la determinazione dei parametri chimici descritti all'interno della tabella qui di seguito riportata.

PARAMETRI PER LA CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DEI SEDIMENTI		
PARAMETRI CHIMICI	SPECIFICHE	LIMITE DI QUANTIFICAZIONE
METALLI E METALLOIDI	As, Cd, Cr tot., Cu, Hg, Ni, Pb, Zn	0,03 mg kg ⁻¹ (Cd, Hg); 1 mg kg ⁻¹ (altri)
IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI	Acenaftilene, Benzo(a)antracene, Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b) fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i) perilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Dibenzo (a,h) antracene, Crisene, Indeno (1,2,3,c-d)pirene e loro sommatoria	1 µg kg ⁻¹
IDROCARBURI C>12*		5 mg kg ⁻²
POLICLOROBIFENILI *	Congeneri: PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 118, PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 169, PCB 180 e loro sommatoria	0,1 µg kg ⁻¹
COMPOSTI ORGANOSTANNICI	Monobutili, Bibutili, Tributilstagno e loro sommatoria	1 µg kg ⁻¹
CARBONIO ORGANICO TOTALE OSOSTANZA ORGANICA TOTALE		0,1 %
Sommat. T.E:PCDD, PCDF (Diossine e Furani) e PCB Diossina simili*	Elenco di cui alle note della tabella 3/A di cui al D.Lgs 172/2015	D.Lgs 172/2015
NOTA: * da considerare come sostanze aggiuntive;		

Tabella 5 – Parametri per la caratterizzazione chimica dei sedimenti

4.7.3 Caratterizzazione eco tossicologica

Il PDC approvato dagli Enti autorizzativi ha previsto di effettuare le analisi ecotossicologiche esclusivamente sui campioni superficiali (0-50 cm) prelevati in corrispondenza di ciascun punto di indagine.

Per le analisi ecotossicologiche sono state seguite le indicazioni fornite nel D.M. 173/2016, il quale prevede l'esecuzione dei test su di una batteria minima composta da almeno 3 organismi appartenenti a gruppi tassonomici ben distinti, da effettuarsi sul sedimento (fase solida) o sull'elutriato (fase liquida) a seconda della tipologia di saggio biologico.

La combinazione è stata la seguente:

- ✓ **Bioluminescenza con *Vibrio fischeri* (fase solida);**
- ✓ **inibizione di crescita algale con *Pheodactylum tricornutum*;**
- ✓ **saggio con effetti cronici/sub-letali/a lungo termine e di comprovata sensibilità su una specie target *Acartia tonsa*.**

5.0 QHSE E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

5.1 QUALITÀ

Subsea Fenix Srl opera in base ai principi della UNI EN ISO 9001:2015 – UNI EN ISO 14001 – UNI EN ISO 45001 pertanto le attività saranno conformi al manuale e alle procedure del Sistema di Qualità.

5.2 DESCRIZIONE DEL LUOGO DI LAVORO

Il luogo in cui si sono svolte le attività di mobilitazione, test, demobilitazione è stato il porto di Ravenna.

Per quanto riguarda le attività operative di prelievo dei campioni, il luogo di lavoro è stato uno specchio acqueo posto di fronte alle coste del litorale di Ravenna, a circa quattro chilometri (4 km) a sud dell'imboccatura del porto di Ravenna di fronte alla in località Punta Marina. Tale area al suo interno contiene la piattaforma PIR posta a circa otto chilometri (8 km) al largo della costa Ravennate. L'area di indagine riguarda una superficie ubicata a circa 200 m lato mare della piattaforma ed occupa una superficie di circa 10 m².

Infine per quanto concerne le attività di processing, elaborazione, analisi dei dati reporting e cartografia, queste sono state portate a termine tutte all'interno degli uffici della Subsea Fenix Srl di Ravenna, mentre tutte le operazioni di analisi dei campioni (fisiche – chimiche – ecotossicologiche) sono state svolte all'interno del laboratorio LAV di Rimini.

5.3 SICUREZZA

- Prima dell'inizio delle operazioni è stato redatto uno specifico Documento di Sicurezza ai sensi del Decreto Legislativo 624/1996 e ("o" a seconda della corretta applicabilità) del Decreto Legislativo 81/2008 e successive modifiche e secondo le normative di sicurezza locali, contenente l'individuazione dei rischi specifici presenti nelle singole attività, la conseguente valutazione dei rischi, l'indicazione

delle misure di prevenzione e protezione e delle modalità tecnico operative da seguire (MRPG 01.03 POS Techfem C2308 - rev. 0).

- Le operazioni sono state eseguite in conformità alle prescrizioni del Manuale di Sicurezza della Subsea Fenix;
- Le operazioni sono state eseguite tenendo in considerazione quanto riportato in conformità alle indicazioni presenti all'interno (MRPG 01.03 POS Techfem C2268 - Risk assessment specifico Techfem C2285 - rev. 0 - Risk assessment specifico Techfem C22100 - rev. 0 - rev. 0 & Risk assessment specifico Techfem C2308 - rev. 0).
- Le operazioni sono state eseguite in conformità con quanto indicato all'interno l'Ordinanza n°34/2020 inerente alle piattaforme/impianti off-shore antistanti il Circondario Marittimo di Ravenna;
- Le operazioni sono state eseguite in conformità con quanto indicato all'interno delle Ordinanze n°: 340/2022 del 21.07.2022 e Autorizzazione 08/2023 del 25.01.2023;
- Tutte le operazioni sono state eseguite in conformità con quanto indicato all'interno del documento di valutazione dei rischi redatto da Subsea Fenix Srl;

5.4 CERTIFICATI DI CONFORMITÀ

Eventuali certificati di conformità, calibrazione, test e collaudo delle attrezzature, quando applicabili, saranno allegati all'elenco attrezzature alla mobilitazione delle stesse.

5.5 NORMATIVE E NORME APPLICABILI

- Ordinanze delle Capitanerie di Porto pertinenti
- Manuale di Gestione Qualità della Subsea Fenix Srl
- D. Lgs. 81/2008 "Testo Unico sulla Salute e Sicurezza e sul lavoro";
- Decreto Legislativo 624/1996;
- UNI EN ISO 9001:2015
- Linee guida IHO;
- D.M. 173/2016
- Norme UNI/CEN/ISO
- D.Lgs. 219/2010.
- UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018

5.6 DOCUMENTAZIONE

- Avviso di Pericolosità n°74728/2022 del 04.11.22;
- Avviso di Pericolosità n° 08/2023 del 25.01.23;
- l'Ordinanza n°34/2020 inerente alle piattaforme/impianti off-shore antistanti il Circondario Marittimo di Ravenna;

- Certificato QHSES italiano - scad. 25_06_11;
- Annotazioni di sicurezza dei mezzi navali;
- Assicurazione dei mezzi navali;

5.7 CONDIZIONI OPERATIVE NECESSARIE PER L'ESECUZIONE DEL RILIEVO

I limiti operativi adottati per l'esecuzione delle attività in mare vengono indicati all'interno della tabella di seguito riportata.

AMBIENTE	CAROTAGGI
Forza Vento	10 nodi
Altezza onda	0.75 m
Velocità della Corrente	1.5 Knot
Precipitazioni	Pioggia
Visibilità in acqua	N/A
Visibilità fuori acqua	2000 m

Tabella 6. Condizioni operative limite per le attività

Come già dichiarato all'interno del paragrafo precedente, durante le attività le condizioni/limite sopradescritte sono sempre state monitorate e rispettate al fine di garantire la sicurezza del personale coinvolto, delle attrezzature utilizzate e della qualità dei dati acquisiti.

Nelle giornate/periodi di tempo in cui si sono svolte le operazioni in sito è capitato che le condizioni superassero quelle massime consentite e che pertanto le operazioni siano state sospese momentaneamente.

Per maggiori informazioni e dettagli sulla cronistoria del cantiere consultare il capitolo 9 di questo documento.

5.8 ORARIO DI LAVORO

Per tutta la durata delle operazioni in cantiere, l'orario di lavoro adottato dal personale è stato di 12 (dodici) ore giornaliere diurne, per 7 (sette) giorni settimanali. Durante tutte le attività il lavoro è stato svolto con soluzione di continuità senza pause per il pranzo. La fascia oraria sopra indicata comprenderà anche i tempi di trasferimento da/per il cantiere.

Le attività di processing e di laboratorio eseguite in sede, sono invece state svolte tendenzialmente durante il normale orario di ufficio che prevede 8 (otto) ore lavorative diurne per 7 (sette) giorni settimanali.

6.0 UNITÀ DI MISURA DEL PROGETTO

6.1 DATUM TEMPORALE

Il riferimento temporale utilizzato per l'intera esecuzione del progetto è l'ora UTC.

Tale riferimento temporale è stato impostato ed utilizzato sia sui software di acquisizione che sugli hardware ed i software di gestione di tutta la strumentazione impiegata in questo progetto.

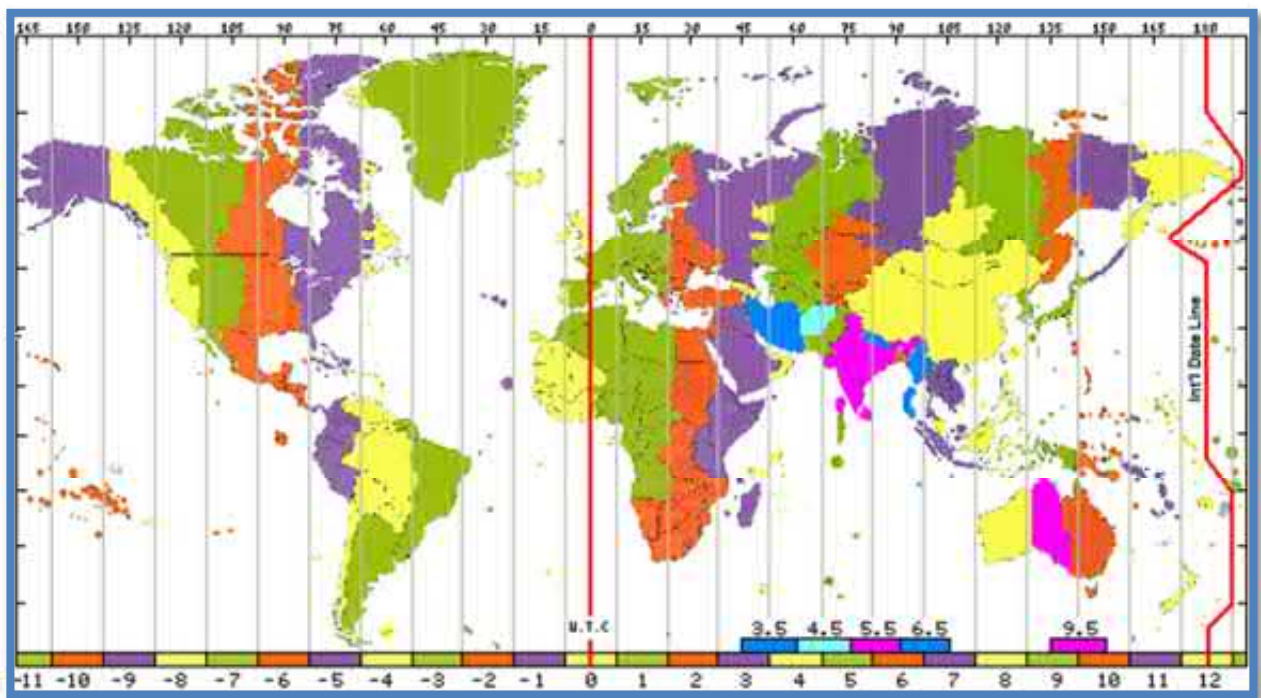


Figura 10. Datum temporale mondiale



Figura 11. Datum temporale locale

6.2 DATUM VERTICALE

Il riferimento verticale utilizzato per l'esecuzione del progetto è il Livello Medio Mare (LMM), mentre per la restituzione di tutti i dati acquisiti è stato utilizzato sia il Livello Medio Mare (LMM) che il Low Astronomical Tide (LAT).

Tutte le misure verticali sono state riferite al caposaldo di riferimento SAPC0700 ARPAE ubicato in prossimità del Porto di Ravenna in località Marina di Ravenna. Informazioni più dettagliate sul caposaldo utilizzato sono contenute e consultabili all'interno del rispettivo allegato al presente documento tecnico.

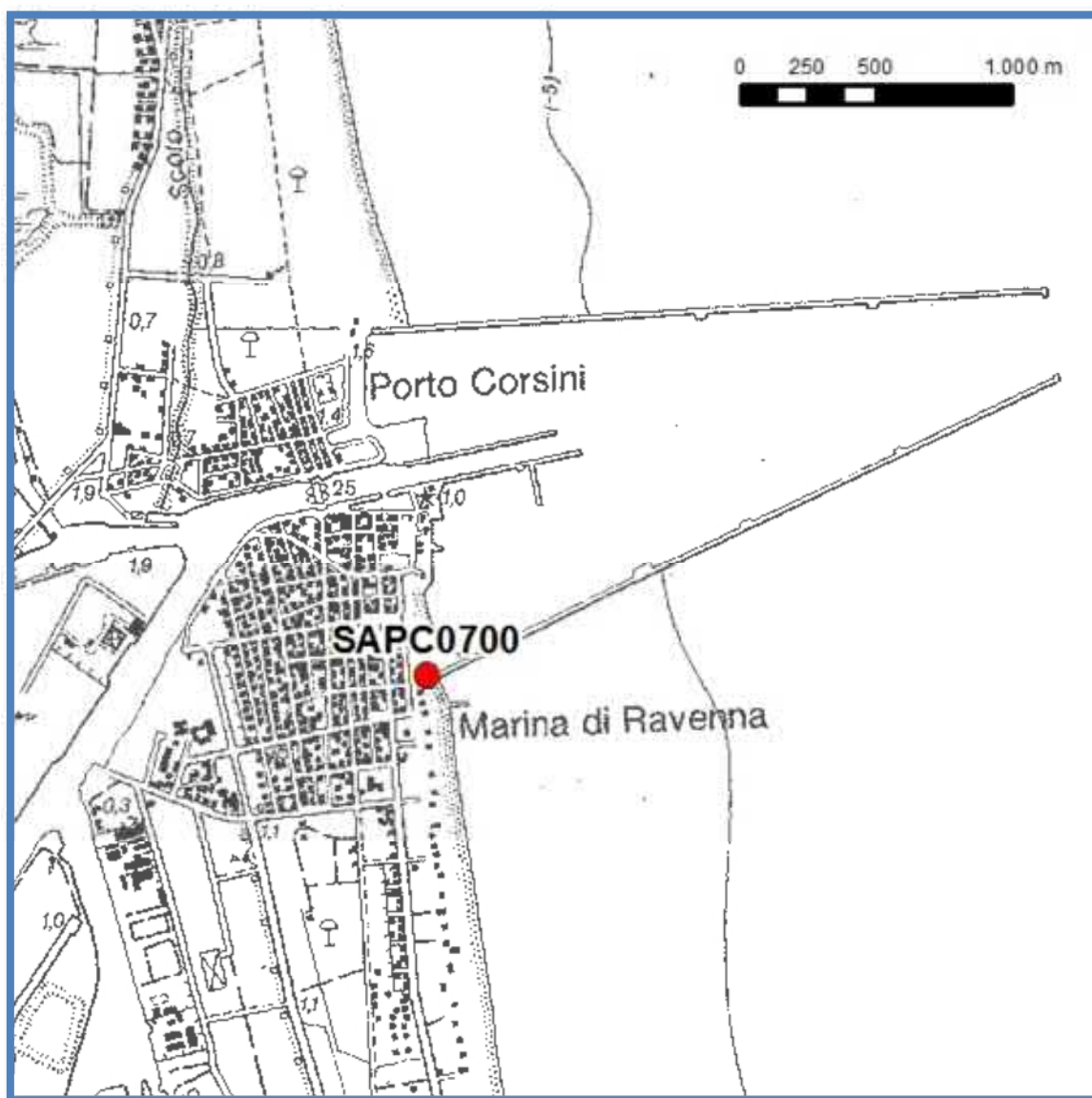


Figura 12. Ubicazione caposaldo

6.3 DATUM ORIZZONTALE

Durante l'esecuzione delle varie fasi di prelievo dei campioni i dati sono stati acquisiti mantenendo sempre lo stesso datum orizzontale al fine di poter garantire la congruità tra i vari set di dati acquisiti nel tempo.

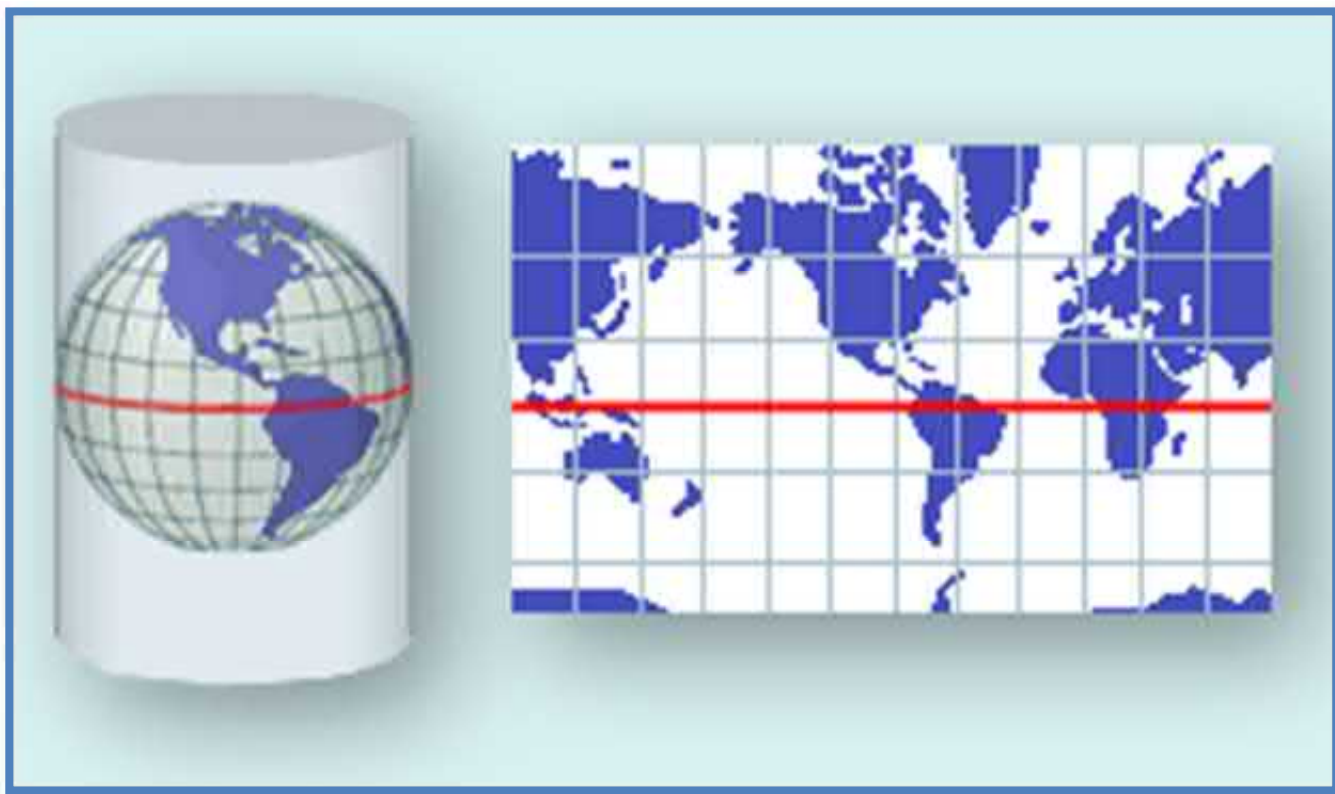


Figura 13. Proiezione cartografica di Mercatore

Il Datum di riferimento adottato per l'esecuzione di tutti i rilievi nelle diverse metodologie dovrà essere il sistema geodetico ETRS89, realizzazione ETRF2000 (2008.0), come stabilito dal D.M. del 10 novembre 2011, pubblicato in G.U. n. 48 del 27 febbraio 2012 (Supplemento ordinario n. 37), la cui realizzazione è di fatto costituita dalla RDN dell'IGM.

In questo sistema di riferimento sono state acquisite e successivamente restituite tutte le coordinate cartesiane geocentriche (X, Y, Z), le coordinate geografiche ellissoidiche (ϕ , λ , h) e coordinate cartografiche Est, Nord nei sistemi ETRF 2000 (2008.0), proiezione UTM, Fuso 33N.

I file RAW sono stati acquisiti in coordinate globali WGS84 ed immediatamente proiettati mediante appositi Tool del software di navigazione sul piano, utilizzando il sistema Universal Trasverse Mercatore (UTM) Zona 33 Emisfero Nord.

I parametri geodetici utilizzati a tale scopo sono riportati all'interno del paragrafo successivo.

6.4 PARAMETRI GEODETICI E DI PROIEZIONE

Durante l'esecuzione delle varie fasi di campionamento dei dati, tutti i set di dati (topografici-idrografici-geofisici) sono stati acquisiti mantenendo sempre gli stessi parametri geodetici.

Durante le attività di campo, le coppie di coordinate ricevute online (Lat. & Long.) dai sistemi satellitari DGPS sono state riferite al Sistema geodetico internazionale WGS84. I parametri dell'ellissoide di riferimento utilizzati sono indicati all'interno della Tabella 7. Per completezza e per evitare qualsiasi tipo di incomprensione, gli stessi parametri sono stati indicati anche all'interno della legenda presente in tutta la cartografia prodotta e gli allegati consegnati.

PARAMETRI GEODETICI	
Datum	WGS84
Ellissoide	WGS84
Semi Asse Maggiore	$a = 6378137.00 \text{ m}$
Schiacciamento Inverso	$1/f = 298.2572235693$
Eccentricità	0.00669437999

Tabella 7. Parametri Geodetici dei dati DGPS-RTK in ingresso

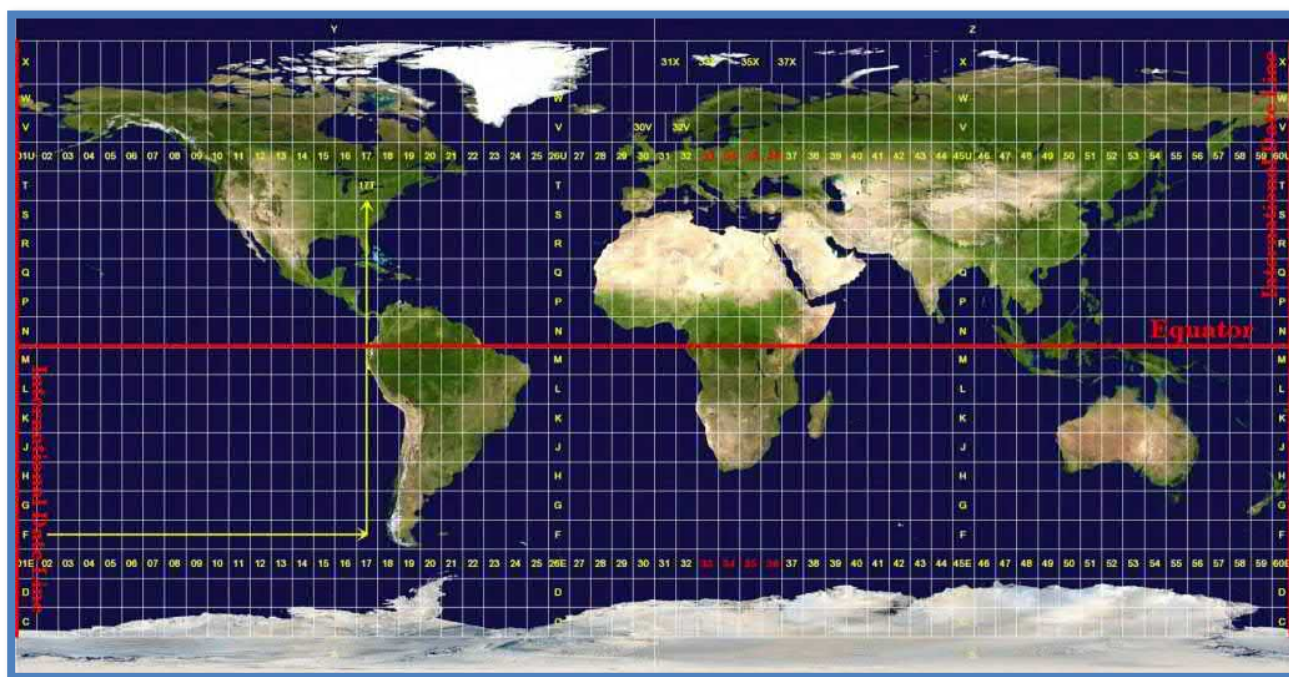


Figura 14. Latitudine e longitudine

Tutti i dati satellitari acquisiti dai sistemi DGPS-RTK nel Datum WGS84 prima di essere trasformati in coordinate piane, sono stati traslati automaticamente dal software di navigazione sul datum locale. Per questo progetto il datum locale utilizzato è lo stesso utilizzato in ingresso dai sistemi GPS.

Per trasformare le coordinate geografiche (latitudine e longitudine), riferite all'ellissoide WGS84 in coordinate piane (nord ed est), riferite al sistema UTM Fuso 33 emisfero nord basato sulla Trasformazione di Mercatore, sono stati utilizzati i parametri indicati all'interno della tabella riportata di seguito.

PARAMETRI DI PROIEZIONE	
Proiezione	Universal Trasverse Mercator Zona 32 Emisfero Nord
Meridiano Centrale (CM)	015°00'00.00"E
Latitudine di Origine	000°00'00.00"N
Zona	33 Nord (15 Est)
Emisfero	Nord
Falso Est	500000.00
Falso Nord	0
Fattore di scala (Dal CM)	0.99960
Unità	Metri

Tabella 8. Parametri di proiezione

Per completezza e per evitare qualsiasi tipo di incomprensione, gli stessi parametri sono stati indicati anche all'interno della legenda presente in tutta la cartografia prodotta e gli allegati consegnati.

Durante le fasi di mobilitazione e settaggio dei sistemi, tutti i parametri geodetici indicati sono stati debitamente inseriti all'interno del software di navigazione dall'operatore (navigatore/Idrografo) responsabile dell'acquisizione dei dati.

Prima dell'inizio delle operazioni di acquisizione per verificare la coerenza dei parametri ed il corretto funzionamento del software di Navigazione l'operatore ha provveduto ad effettuare un test di verifica di conversione delle coordinate, che prevede appunto la conversione di una coppia di coordinate note.

Per l'esecuzione del test sono state utilizzate le coordinate del caposaldo di riferimento SAPC0700 ARPAE ubicato in prossimità del Porto di Ravenna in località Marina di Ravenna. Grazie a questa procedura è stato possibile verificare la corretta applicazione dei parametri geodetici all'interno del software di navigazione Teledyne PDS.

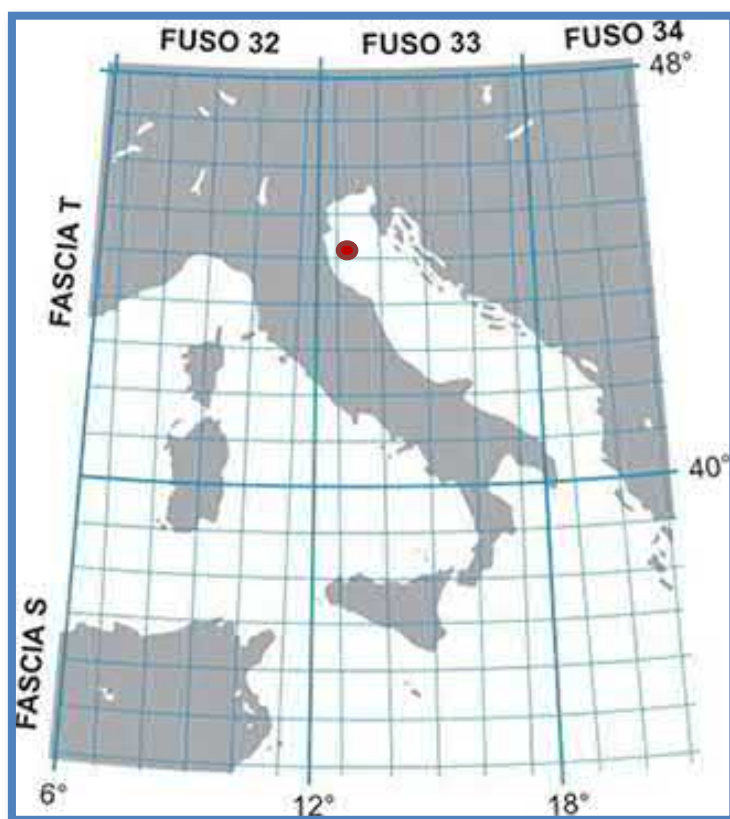


Figura 15. Schema fusi UTM in Italia

6.5 PARAMETRI CONVENZIONALI PER “OFFSET & MOTION SENSOR”

Tutta la strumentazione gli hardware, i veicoli ed i softwares utilizzati sia in fase di acquisizione che in fase di post processing dei dati, sono stati configurati al fine di acquisire e processare le misurazioni secondo i parametri convenzionali adottati dall'IHO e dall'Istituto Idrografico della Marina Militare Italiana per la Standardizzazione dei Rilievi Idrografici in Mare ed applicabili agli offset ed ai sensori di movimento ed heading.

Analogamente tutti i documenti e le mappe che sono state prodotte durante le operazioni ed a seguito del processing / reporting / cartografia dei dati acquisiti per questo lavoro, fanno riferimento ai parametri sopra indicati.

Per meglio comprendere i parametri utilizzati, nella figura qui riportata sono raffigurate le convenzioni di “Offset & Motion Sensor” utilizzate per l'esecuzione di tutti i rilievi oggetto di questo servizio.

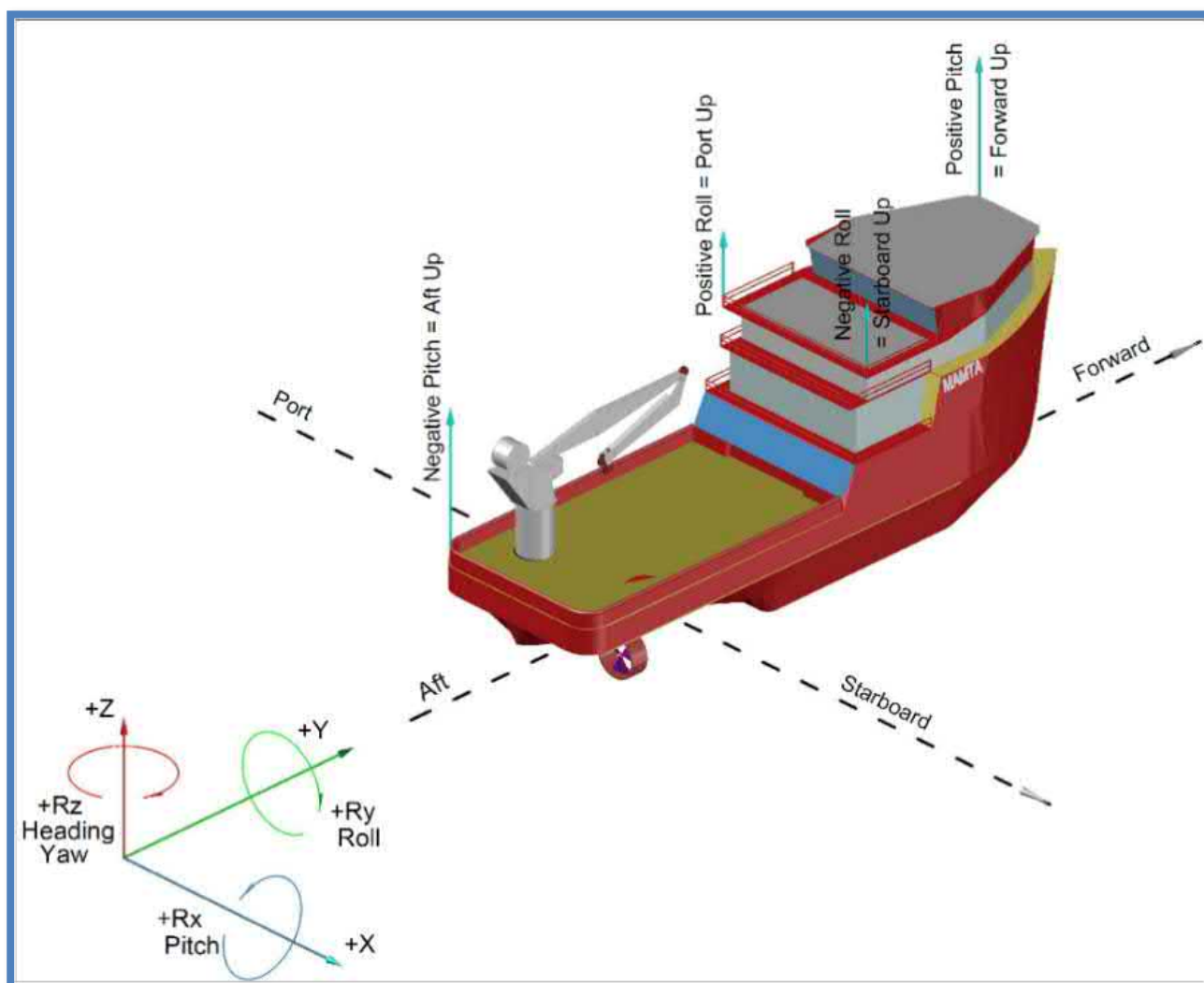


Figura 16. Convenzioni per offset e movimenti

6.6 UNITÀ DI MISURA ADOTTATE

Le unità di misura di lavoro utilizzate per l'esecuzione del presente progetto sono quelle indicate dal Sistema Internazionale (SI) ed adottate dall'IHO. Analogamente tutti i documenti e le mappe che sono state prodotte durante le operazioni ed a seguito del processing / reporting / cartografia dei dati acquisiti per questo lavoro, fanno riferimento ai parametri sopra indicati.

Nella tabella di seguito riportata sono elencate ed indicate tutte le unità di misura, la loro applicazione ed anche il loro formato:

UNITA' DI MISURA DEL PROGETTO			
MISURA	UNITA DI MISURA	FORMATO	NOTE
Data		GG/MM/AAAA	
Ora		00:00:00	
Distanze	Metri (m)	±0000.00	
Angoli Orizzontali	Gradi Sessagesimali °	000.00	Valori Positivi: Nord = 0° Positivi in senso orario
Angoli Verticali	Gradi Sessagesimali °	±00.00	Valori Positivi: Sopra / Destra Valori Negativi Sotto / Sinistra
Velocità	Nodi	00.00	
Velocità della corrente	Nodi	00.00	
Velocità del Vento	Nodi	00.00	
Altezze	Metri (m)	00.000	Positive
Profondità	Metri (m)	-00.000	Negative
	Piedi (ft)	-00.000	Negative
Latitudine	Gradi Sessagesimali °	ggmmss.sss	
Longitudine	Gradi Sessagesimali °	ggmmss.sss	
Superficie	Metri Quadrati / Ettari	m² / ha	Nel caso di superfici molto estese per comodità viene utilizzato l'ettaro.
Campo Magnetico	Nano Tesla	nT	

Tabella 9. Unità di misura del progetto

7.0 RISORSE IMPIEGATE

7.1 LISTA DEL PERSONALE

Per la corretta esecuzione di tutti i servizi oggetto dell'incarico, Subsea Fenix Srl ha messo a disposizione tutto il personale tecnico necessario. Tutte le figure impiegate nelle operazioni di prelievo e campionamento sul campo e successivamente nell'elaborazione in sede sono specialisti qualificati, debitamente formati e di comprovata esperienza ed in possesso delle certificazioni/corsi/brevetti necessari all'esecuzione delle attività secondo le norme di legge vigenti.

Le attività di campo necessarie alle attività di prelievo dei sedimenti, sono state svolte dai tecnici della ditta esecutrice sulle dodici ore (12h) diurne giornaliere, mentre le attività in ufficio/laboratorio necessarie alle analisi ed all'elaborazione sono state eseguite sulle otto ore (8h) diurne giornaliere, corrispondenti al normale orario di ufficio. All'interno della tabella qui sotto riportata vengono indicate tutte le figure impiegate sia in cantiere che in ufficio per l'esecuzione dell'intero progetto, nonché i loro nomi e le relative attività svolte.

LISTA DEL PERSONALE				
PROJECT MANAGMENT				
	DESCRIZIONE	ATTIVITÀ	NOME	N°
1.	Project Manager	Pianifica, coordina e supporta le attività di campo sia dal punto di vista operativo che amministrativo, al fine di garantire la sicurezza sul cantiere e la corretta esecuzione delle attività.	Stefano Mancini	1
2.	Amministrazione & Logistica	Supporta sia le attività manageriali che le attività di campo sia dal punto di vista logistico che da quello amministrativo;	Clara Schembri	1
3.	QHSE	<p>Durante le fasi di preparazione del progetto coadiuva le attività di pianificazione e prepara la documentazione di cantiere necessaria;</p> <p>Durante le fasi operative oltre ad essere responsabile della sia delle Qualità che della Sicurezza del cantiere, supporta il PM ed il capocantiere nella gestione dei processi "produttivi".</p>	Bruna Galeandro	1

Tabella 10. Lista del personale project management

ACQUISIZIONE DATI				
	DESCRIZIONE	ATTIVITÀ	NOME	N°
4.	Capo Cantiere	Coordina le attività di campo dal cantiere al fine di garantire la sicurezza sul lavoro e la corretta esecuzione delle attività; segue i rapporti con il cliente;	Stefano Mancini	1
5.	Navigatore Surveyor / Tecnico Carotatore	Installa ed esegue il setting della strumentazione per il posizionamento superficiale. Durante le fasi di acquisizione verifica il corretto funzionamento di tutti i sistemi di posizionamento. Gestisce i sistemi di navigazione e posizionamento e controlla la registrazione di tutti i dati in ingresso. Durante le fasi operative effettua anche un controllo di qualità dei dati acquisiti e assicura che la carta venga eseguita in prossimità della posizione stabilita;	Stefano Mancini	1
6.	Tecnico Carotatore	Installa ed esegue il setting del sistema. Durante la fase operativa opera sul carotiere arma il sistema ed estrae la carota una volta eseguita;	Francesco Ferrari Luca Lucci Pietro Rapanaro Benedetto Aiello	4
7.	Tecnici campionatori	Una volta estratta ed aperta la carota/bennata procedono con la compilazione della scheda di campo. Eseguono i primi test e le prime misurazioni sul sedimento prelevato. Eseguono il campionamento e lo stoccaggio del campione acquisito.	Elia Zanni Nicola Pacchioli	2
8.	Comandante mezzi navali	Addetto al Comando ed alla gestione dell'imbarcazione utilizzata come supporto alle attività di acquisizione. È responsabile della sicurezza a bordo ed ha l'ultima parola sulle condizioni meteomarine.	N/A	1
PROCESSING DATI				
	DESCRIZIONE	ATTIVITÀ	NOME	N°
9.	Coordinatore dei report	Produce la Relazione Tecnica Finale;	Ivan Malavolti Stefano Mancini Renato Tedeschi	2
10.	Cartografo	Utilizza i dati processati per realizzare la cartografia tematica richiesta per lo specifico scopo del lavoro;	Thomas D'Elia	1
LABORATORIO				
	DESCRIZIONE	ATTIVITÀ	NOME	N°
11.	Coordinatore generale	Coordina tutte le attività di laboratorio partendo dalle fasi di cantiere fino all'emissione dei risultati analitici ottenuti;	Marco Parma	1
12.	Responsabile di laboratorio	Responsabile tecnico della parte di laboratorio che si occupa delle analisi chimiche;	Felice Nicola Rossi	1
13.	Responsabile di laboratorio	Responsabile tecnico della parte di laboratorio che si occupa delle analisi ecotossicologiche e microbiologiche;	Cristiana Montanari	1

Tabella 11. Lista del personale incaricato all'acquisizione dati, processing e laboratorio

7.2 LISTA DELLA STRUMENTAZIONE

All'interno di questo paragrafo viene elencata tutta la strumentazione ed i software messi a disposizione ed utilizzati per l'esecuzione dello scopo del lavoro richiesto da Techfem ed oggetto di questo incarico.

Al fine di garantire un elevato standard dei dati acquisiti, per l'esecuzione della campagna è stato impiegato un set di strumentazione all'avanguardia, propriamente manutenzionata, e testata.

Come previsto dalle procedure interne della Subsea Fenix, dalle direttive IHO e dalle procedure interne dell'azienda, nella fase immediatamente precedente alla mobilitazione di tutte le risorse, presso la nostra sede è stato testato e verificato in laboratorio il corretto funzionamento delle apparecchiature necessarie alla realizzazione del servizio, al fine di minimizzare la possibilità di errori sistematici durante le fasi di acquisizione.

Tale procedura è stata messa in atto anche al fine di garantire una maggiore sicurezza sul lavoro ed evitare ritardi causati da malfunzionamenti.

L'attrezzatura e gli apparati elettronici necessari all'esecuzione del servizio sono stati forniti per quanto possibile con un adeguato set di pezzi di ricambio e unità "spare" (unità completa di riserva) al fine di garantire lo svolgimento delle attività con soluzione di continuità anche in caso di guasto o mal funzionamento di parti dell'intero sistema.

Nella tabella che segue viene elencata tutta la principale strumentazione che Subsea Fenix ha utilizzato per l'esecuzione del lavoro.

STRUMENTAZIONE ON-LINE				
Art.	Descrizione	Tipo / Modello	Quantità	
			Op	Spr.
CAMPAGNA DI VIBROCAROTAGGI				
1.	Laptop + Monitor	HP Pro Book 2	1x	1x
2.	Software di Navigazione e Acquisizione Dati	Comunication technology Navpro 6.23	1x	
3.	Sistema INS di Posizionamento superficiale DGPS-RTK – GYRO	Sistema integrato Applanix WaveMaster II	1x	
		IMU Kevlar Cable 15m	1x	
		IMU Kevlar Cable 30m	1x	
		GPS ANTENNA Cable 15m	2x	2x
4.	Segnale Correzione Differenziale	Correzione VBS+HP	1x	
5.	Carotiere	Sistema di Carotaggio a Gravità Sub Sea Fenix	1x	
6.	Sistema di brandeggio del carotiere	Subsea Fenix	1x	
7.	Sistema di prelievo campioni superficiali	Subsea Fenix Benna di Van Veen 25 litri	1x	
8.	Kit materiale per campionamento	N/A	1x	
ACCESSORI				
9.	UPS	N/A	1x	1x
10.	Generatore di corrente	Generatore Inverter Honda 2.3 kw	1x	1x
11.	Cassette degli attrezzi;	N/A	1x	

STRUMENTAZIONE ON-LINE				
Art.	Descrizione	Tipo / Modello	Quantità	
			Op	Spr.
12.	Kit Materiale elettronico	N/A	1x	
13.	Kit Materiale elettrico	N/A	1x	
14.	Kit consumabili	N/A	1x	
15.	Frigorifero & Congelatore		1x	
16.	Furgone	Mercedes Sprinter	1x	
SICUREZZA				
17.	Kit Pronto soccorso	N/A	1x	
18.	Giubbotti di salvataggio autogonfiabili	N/A	2x	2x
MEZZIDI SUPPORTO				
19.	Imbarcazione di supporto per le attività	Motopontone Magnum	1x	
		Motopontone Davide C	1x	
		Motopontone Duilio	1x	
		Motonave Gino Cucco	1x	
		Motobarca Carmar Due	1x	

Tabella 12. Lista della strumentazione e software impiegati off-line

Al fine di poter ulteriormente approfondire le tecnologie impiegate per l'esecuzione del servizio offerto e le modalità di esecuzione delle operazioni, all'interno del capitolo seguente vengono descritte in maniera dettagliata le caratteristiche tecniche dei principali sistemi impiegati per l'esecuzione del servizio in oggetto, sono state inoltre inserite le schede tecniche della strumentazione sopra elencata.

8.0 DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

8.1 SISTEMA DI POSIZIONAMENTO E NAVIGAZIONE

Il sistema di navigazione consente di visualizzare a monitor e memorizzare la posizione del mezzo navale ed i dati di altri strumenti a lui interfacciati.

Il sistema di posizionamento e navigazione utilizzato era composto dai seguenti componenti principali:

- Computer di acquisizione dati;
- Software di navigazione & acquisizione Teledyne PDS
- Sistema INS Applanix Wave Master II (sistema di posizionamento secondario);
- Sistema INS Applanix Wave Master II GYRO & MRU;

L'acquisizione, gestione e la memorizzazione dei dati di posizione e navigazione e di tutti gli apparati utilizzati è stata eseguita con un sistema di acquisizione/gestione/visualizzazione dei dati di navigazione costituito da una workstation equipaggiata con un software apposito. Per l'esecuzione di questa campagna è stato utilizzato il software Teledyne Reson PDS. Questo software è stato progettato e realizzato per supportare le attività di idrografia oltre che di navigazione professionale (Pipelay & Construction).

Mediante questo software è stato possibile interfacciare tutti i sistemi di posizionamento. Grazie alla sincronizzazione del "Timing" (PPS + Stringa ZDA) generato dai sistemi di posizionamento ed interfacciato con ogni singolo sistema utilizzato è stato possibile in Real Time associare ad ogni coppia di coordinate Est/Nord la direzione dell'imbarcazione ed i suoi movimenti, così da poter calcolare correttamente la reale posizione dei trasduttori in acqua.

Sempre all'interno del software di navigazione all'inizio della campagna sono stati inseriti tutti i dati di progetto come ad esempio i datum geografici, il piano di navigazione e la cartografia di base, le coordinate delle stazioni di campionamento, assieme ad altre informazioni necessarie alla corretta esecuzione delle attività.

Sui monitor della workstation durante le fasi di acquisizione, il software di navigazione ha fornito al navigatore e contemporaneamente al comandante del mezzo navale, tutte le informazioni e le indicazioni necessarie alla corretta esecuzione della campagna.

Tutti questi file uniti alle informazioni di progetto (datum verticale – datum orizzontale – datum temporale – piano di navigazione teorico - offset ecc.) sono stati memorizzati all'interno di un unico database di informazioni contenuto all'interno del file (metadata) di crociera che il software ha creato all'inizio dell'acquisizione e chiuso al termine delle attività di processing.

Tale configurazione strumentale ha consentito di ottimizzare tutte le operazioni di gestione delle imbarcazioni utilizzate, di prelievo dei sedimenti e di ottenere allo stesso tempo un set di dati di elevata affidabilità, utilizzati poi per le successive elaborazioni e restituzioni cartografiche.

8.2 SISTEMA DI POSIZIONAMENTO PRIMARIO

Il sistema di posizionamento satellitare che è stato installato ed utilizzato a bordo dell'imbarcazione Jenna è un ricevitore Applanix "POS MV WaveMaster II" doppia antenna inerziale con correzione RTK (Base Rover & NTRIP) e segnale PPS integrato.

Il sistema di navigazione consente di visualizzare a monitor e memorizzare la posizione del mezzo navale ed i dati di altri strumenti a lui eventualmente interfacciati.

Il sistema di posizionamento e navigazione è composto dai seguenti componenti principali:

- Computer di acquisizione dati;
- Software di navigazione PDS2000;
- Ricevitore Primario & Secondario GPS-DGPS-RTK;
- Sistema Inerziale integrato;



Figura 17. Schermata di acquisizione del software di navigazione

Le due unità di ricezione GPS in grado di ricevere segnali di correzione DGPS e/o RTK vengono installate in un punto a cielo aperto sopra il natante/nave utilizzato, mentre l'unità di controllo viene installata all'interno dell'imbarcazione. Entrambe i segnali ricevuti dalle due antenne GPS possono essere integrati sia con tutti i tipi di correzione differenziale (L1 – L2 – HP – G2 – G2+) oppure mediante correzione RTK. Con questa configurazione il demodulatore del POS MV II dopo aver in tempo reale elaborato le posizioni ricevute dalle due antenne è in grado di generare una posizione con un errore pari a ± 0.10 m (nel caso di utilizzo della correzione DGPS) o ± 0.01 m (nel caso di utilizzo della correzione RTK).

La posizione così calcolata, viene inviata al software di Navigazione secondo protocolli standard Ethernet o NMEA su seriali 232 con un aggiornamento del dato pari a 200Hz. La WS dedicata alla navigazione sulla quale viene fatto girare il software PDS viene mediante questi protocolli collegata al demodulatore del sistema Applanix. In questo modo PDS è in grado di ricevere, interpretare ed elaborare le stringhe ricevute dal DGPS. Una volta interfacciato il sistema GPS al software di navigazione sopra descritto, quest'ultimo utilizza le informazioni ricevute per georeferenziare in tempo reale l'imbarcazione utilizzata sia essa un natante che un veicolo autonomo.

Sempre utilizzando un protocollo standard il sistema è anche in grado di generare e inviare il segnale PPS (Pulse Per Second). Questo viene utilizzato dal software di navigazione per effettuare la sincronizzazione temporale di tutti i dati rilevati da ogni singolo strumento (MBES-MRU-GPS-SBP-USBL) al fine di aumentarne ulteriormente l'accuratezza del dato finale ottenuto.

In questo sistema le antenne GPS sono interfacciate con un demodulatore ad un sistema inerziale, mediante tale tecnologia il sistema Applanix nel caso di perdita, assenza o degrado del segnale GPS, è comunque in grado di determinare con esattezza la posizione (Latitudine e Longitudine) esatta del veicolo sul quale è installato. Grazie a questa soluzione il sistema fornisce un'ottima accuratezza delle posizioni calcolate ed affidabilità del segnale anche in aree dove altrimenti questo potrebbe risultare disturbato o completamente oscurato (Es. in prossimità di banchine o imbarcazioni di grandi dimensioni, canali, dighe o attraversamento di ponti).

Oltre a quanto già descritto, a prescindere dalla modalità di utilizzo che sia stata adottata (GPS-DGPS-RTK) il sistema Applanix è in grado di registrare in autonomia tutti i dati satellitari grezzi. In questo modo oltre alla correzione ricevuta in tempo reale, i dati di posizionamento potranno essere riprocessati a posteriore (modalità PPK) al fine di migliorare ulteriormente l'accuratezza del dato finale e garantire così maggiore robustezza al rilievo.

In relazione allo scopo del lavoro ed alle richieste del cliente, come già accennato in Real Time sul sistema GPS possono essere attivati diversi servizio di correzione quali:

- | | | |
|---|---|---|
| <input checked="" type="checkbox"/> DGPS di tipo L1 | <input checked="" type="checkbox"/> DGPS di tipo L3 | <input type="checkbox"/> DGPS di tipo G2 |
| <input checked="" type="checkbox"/> DGPS di tipo L2 | <input checked="" type="checkbox"/> DGPS di tipo HP | <input type="checkbox"/> DGPS di tipo G2+ |
| <input type="checkbox"/> RTK Base Rover | <input type="checkbox"/> RTK da rete NTRIP | <input type="checkbox"/> RTK da Rinex (PPK) |

In verde è stato indicato il tipo di segnale attivato ed utilizzato per la correzione dei dati di posizione per l'esecuzione di questo progetto. In Real Time con il segnale DGPS di tipo G2 ed in post processing mediante correzione PPK.

8.3 SISTEMA MOTION REFERENCE UNIT

Come già anticipato nei paragrafi precedenti a bordo dell'imbarcazione è stato installato un sistema inerziale INS integrato Applanix POS MV WAVEMASTER II. Questo sistema nonostante le sue elevate prestazioni ed alle spiccate caratteristiche tecniche risulta facilmente e velocemente installabile a bordo.

Interfacciabile con le WS di navigazioni mediante protocolli standard NMEA che comunicano mediante seriali fisiche di tipo 232 e/o Ethernet, è progettato specificatamente per operazioni di acquisizione in condizioni estreme. Grazie alla tecnologia di cui è dotato il sistema, WaveMaster II è in grado di determinare sia l'orientamento (giroscopio) che i movimenti (Roll/Pitch/Heave) dell'imbarcazione sulla quale è installato.

Il sistema viene interfacciato con il demodulatore DGPS e nel caso di perdita o assenza del segnale GPS, mediante la tecnologia inerziale di cui dispone è comunque in grado di determinare con estrema precisione la posizione esatta della barca (latitudine, longitudine, velocità, elevazione) oltre che i suoi movimenti.

Le caratteristiche di fabbricazione permettono al sistema di garantire elevate prestazioni e anche di operare in ambienti estremi (temperature estreme, assenza di cielo aperto, forti accelerazioni ecc.). Il layout e l'architettura scelti per l'intero sistema di acquisizione ha previsto due modalità di installazione distinte del sensore di moto.

Una volta accuratamente installato a bordo il sistema è collegato al sistema DGPS dal quale riceverà oltre che la posizione (Lat. / Long.) anche il segnale PPS, in modo da poter sincronizzare alla perfezione i dati agli altri sistemi installati a bordo. Una volta che il sistema è interfacciato al software di navigazione, questo oltre che elaborare i dati ricevuti e registrarli è anche in grado di visualizzare in tempo reale tridimensionalmente a monitor l'esatto orientamento dell'imbarcazione e tutti i suoi movimenti.



Figura 18. Software MV POSView

8.4 BENNA VAN VEEN

Per l'esecuzione della campagna di prelievo dei sedimenti superficiali, è stata messa a disposizione una benna di tipo Van Veen (versione da 25 Litri). Questa è formata da due valve contrapposte, incernierate centralmente, che vengono calate sul fondo in posizione di apertura. Successivamente, con la trazione del cavo portante si compie la chiusura delle "valve" che raccolgono e racchiudono il materiale. Terminata la fase di chiusura la benna viene recuperata in superficie e successivamente a bordo.



Figura 19. Benna in fase di lancio

CARATTERISTICHE TECNICHE BENNA VAN VEEN VERSIONE 25 Litri	
Materiale	Acciaio INOX 304
Dimensioni delle valve	540mm x 250mm (Altezza 270mm)
Accessori	Due pesi removibili di 2 Kg cadauno in ferro.
	Due sportelli d'ispezione
Peso in aria	34 Kg Minimo / 38 Kg Massimo (con tutte le masse applicate)

Tabella 13. Specifiche tecniche Van Veen

8.5 CAROTIERE A GRAVITÀ

Per l'esecuzione della campagna di prelievo di carote ambientali profonde, è stato messo a disposizione un carotiere che sfrutta la metodologia della gravità. È uno strumento di elevata robustezza e praticità d'impiego, idoneo all'esecuzione di carotaggi su fondali marini caratterizzati da sedimenti di differente composizione litologica, anche compatta o a debole cementazione quali fanghi, limi o argille.

Il sistema utilizzato è completamente modulare. In relazione allo scopo del lavoro ed alle caratteristiche dell'area da investigare può essere configurato con asta di penetrazione da 2 m, 3 m, 4 m e 6 m. Oltre all'asta può essere modulata anche la massa complessiva della macchina che può variare dai un peso minimo di 160 kg ad un massimo di 1000 kg, aggiungendo dei dischi da circa 25 kg ognuno.

Le tecniche di utilizzo di questo sistema sono due:

- A gravità: lasciando scendere fino all'impatto sul fondo il carotiere alla massima velocità consentita dal verricello con cui si opera.
- A caduta libera: da una distanza prefissata dal fondo (1,5-3 metri) con l'ausilio di un dispositivo di sgancio meccanico. È composto dalla leva di sgancio, dal contrappeso e dal cavo di sgancio di lunghezza calibrata in funzione dell'altezza di caduta prescelta.

Per l'esecuzione dello scopo del lavoro di questo progetto il sistema è stato utilizzato in modalità a caduta libera.



Figura 20. Gravity



Figura 21. Carotiere a gravità



Figura 22. Carotiere a gravità

Il sistema è composto da quattro parti principali:

- **La testata:** È una massa cilindrica di peso variabile, da 100 g a 900 kg, capace di imprimere l'energia necessaria a far penetrare il tubo carotiere attraverso gli strati sedimentari del fondo marino. Il peso della testata può variare in funzione del numero di masse anulari in ferro zincato.
- **Il tubo carotiere:** È un tubo in ferro zincato di 105 mm di diametro esterno, di lunghezza variabile da 2 a 6 metri. Si possono comporre anche lunghezze superiori congiungendo due tubi tramite l'apposito giunto. All'interno del tubo trova il giusto alloggiamento il liner in polietilene, diametro esterno da 90 mm, diametro interno 84 mm, destinato a contenere la carota.
- **Il naso:** completo del sistema di chiusura e di puntale. È costituito da un corpo cilindrico in acciaio inox che si accoppia inferiormente al tubo carotiere ed ha la funzione di creare la carota. Un dispositivo a 4 palette di forma triangolare, incernierate in un'apposita sede, realizza la chiusura del naso necessaria a trattenere la carota durante la risalita del carotiere. La chiusura delle palette è comandata dal liner stesso all'inizio dell'estrazione dal fondo.
- **Sistema di brandeggio:** Il sistema viene installato a murata dell'imbarcazione ed è costituito da una culla capace di accogliere la testata del sistema a gravità. Una volta posizionato il carotiere al suo interno la culla ha la possibilità di ruotare da posizione verticale ad orizzontale (e viceversa) così da minimizzare i rischi dovuti alla movimentazione.



Figura 23. Carotiere a Gravità posizionato all'interno del sistema di brandeggio

8.6 VIBRO CAROTIERE

Per l'esecuzione della campagna di prelievo di carote ambientali, è stato messo a disposizione un carotiere che sfrutta la metodologia della vibropercussione. Tale sistema è completamente smontabile e facilmente trasportabile su gomma. Le caratteristiche tecnico-costruttive e gli accorgimenti adottati permettono di installare il carotiere in tempi estremamente brevi. Lo strumento è modulare ed è possibile dotarlo di aste di perforazione di differente lunghezza, in relazione allo scopo del lavoro ed alle dimensioni del mezzo utilizzato. È possibile utilizzare il carotiere nella versione con asta da 3 m, da 4.5 m, da 6.0 m e da 8.0 m.

Il sistema grazie alle sue caratteristiche ed alle soluzioni tecniche adottate è in grado di ottenere carotaggi in continuo di lunghezza variabile a partire da un minimo di due metri fino ad un massimo di otto metri, a seconda delle configurazioni di assemblaggio. Questo sistema che sfrutta due diverse tecnologie permette di ottenere carote indisturbate sia su sedimenti coerenti sabbiosi e sabbioso-limosi, che su materiali incoerenti come limi-argillosi e argille-limose. Il sistema *vibrocore* (VBC) utilizza un meccanismo vibropercussivo, alimentato da una sorgente elettrica esterna, all'interno della canna di perforazione (*core tube*) vengono inseriti i *liners* per il contenimento dei sedimenti. Il sistema VBC viene appoggiato direttamente sul fondale ed azionata la vibro percussione per penetrare i sedimenti; quando la penetrazione è completata il sistema viene spento ed il tutto viene sollevato e riportato in superficie, a bordo imbarcazione.



Figura 24. Vibrocarotiere

Il sistema Vibrocorer (VBC) può essere utilizzato anche a terra per il campionamento in siti con terreni estremamente comprimibili (es. vasche di colmata per sedimenti marini).

Qui di seguito è inserita una tabella che riporta le principali caratteristiche del carotiere utilizzato.

CARATTERISTICHE TECNICHE VIBROCAROTIERE "486"	
Strumento	Vibrocorer VBC 486
Costruttore	Officina Carnevaletti Senigallia (AN)
Peso massimo in aria	1500 kg a seconda dei pesi utilizzati
Peso massimo in acqua	1200 kg a seconda dei pesi utilizzati
Trasporto dello strumento	Camion con cassone da 6.00 metri e gru per carico e scarico
Ingombro base appoggio	3.0 - 4. 5m
Altezza totale	min. 5.5 – max. 9.5 m
Protezione dalla corrosione/manutenzione	Tutte le parti strutturali in acciaio sono galvanizzate con immersione a caldo. Le aste campionatrici sono costruite in acciaio
Unità vibrante	Sistema a vibro-percussione doppia (40-50 KN)
Frequenza di vibrazione	30-50 Hz
Pesi sull'unità vibrante	50 - 200 kg
Potenza elettrica	380 VAC, 3 fase, 50 Hz; Potenza di spunto 25 A; Potenza operativa 8 A
Ombelicale elettrico	12 cavi per l'energia e i controlli rinforzati in Kevlar. Isolati in PU, OD 16 mm; Connettori subacquei di elevata qualità
Cavo ombelicale	Acque basse 50 m. Acque profonde 200 m;
Unità di controllo elettrico	Controllo della potenza elettrica da amperometro. Switch-off automatico, quando si è giunti a completa penetrazione.
Controllo penetrazione	Encoder per il controllo e registrazione in continuo della penetrazione
Asta campionatrice	ID/OD: 122mm/131mm, Acciaio; Lunghezza: 8/6/4 m Core Catcher (Acciaio inossidabile 316); Valvola anti-riflusso in teflon; Snodo centrale della testa per abbattimento agevolato della canna di perforazione
Liner	ID/OD: 105 mm / 110 mm; PLT/polietilene; Lunghezza /8/6/4 m
Profondità di operazione	Standard 200 m
Requisiti di sollevamento	5 Tons, quando si opera in argille consolidate o in suoli semi-duri (sabbie addensate)

Tabella 14. Specifiche tecniche carotiere a vibrazione

8.7 MOTOPONTONE MAGNUM

Il mezzo è autopropulso ed è dotato di due gru idrauliche, la principale a traliccio da 80 tonnellate con braccio lungo 30 m ed una ausiliaria da 8 tonnellate con braccio lungo 6 m. Inoltre il pontone è dotato di due pali di ormeggio della lunghezza di 16 m ciascuno, uno installato a prua ed uno a poppa del mezzo. Le caratteristiche costruttive e le specifiche del mazzo, hanno permesso di eseguire la campagna di carotaggi in piena sicurezza.



Figura 25. Motopontone MAGNUM

CARATTERISTICHE TECNICHE MOTOPONTONE MAGNUM			
Nome	MAGNUM	Bandiera	Italiana
Compartimento	ANCONA	N° di matricola	2AN527
Navigazione	Nazionale Costiera;	Velocità	8.3 knot
Materiale di costruzione	Acciaio	Stazza Lorda	358,30 t
Lunghezza di costruzione	33,50 m	Larghezza di costruzione	12,00 m
Pescaggio Minimo Poppa	1,80 m	Pescaggio Minimo Prua	0,80 m
Pescaggio Massimo	2,059 m	Portata in coperta	t.345,00
Motori principali	n.2 AIFO da 283 KW a 2000 r.p.m.		
Motori ausiliari	1 gruppo elettrogeno da 50 kVA 220V – 380V		
	1 gruppo elettrogeno da 26.50 kVA 220V – 380V		
	1 gruppo elettrogeno da 15.00 kVA 220V – 380V		
Apparati navigazione	Bussola magnetica-Radar GPS-Plotter-VHF – Ecoscandaglio – Pilota automatico		
Accessori	Cabina equipaggio per 4 persone – cabina Comandante – cabina Direttore di macchina e n° 3 locali igienici		
Servizio	Trasporto carichi solidi in coperta;		
	Sollevamento pesi		

Tabella 15. Specifiche tecniche motopontone MAGNUM

8.8 MOTOPONTONE DUILIO

Il mezzo è autopropulso ed è dotato di una gru idraulica. Le caratteristiche costruttive e le specifiche del mezzo, hanno permesso di eseguire la campagna di carotaggi in piena sicurezza.



Figura 26. Motopontone DUILIO



Figura 27. Motopontone DUILIO

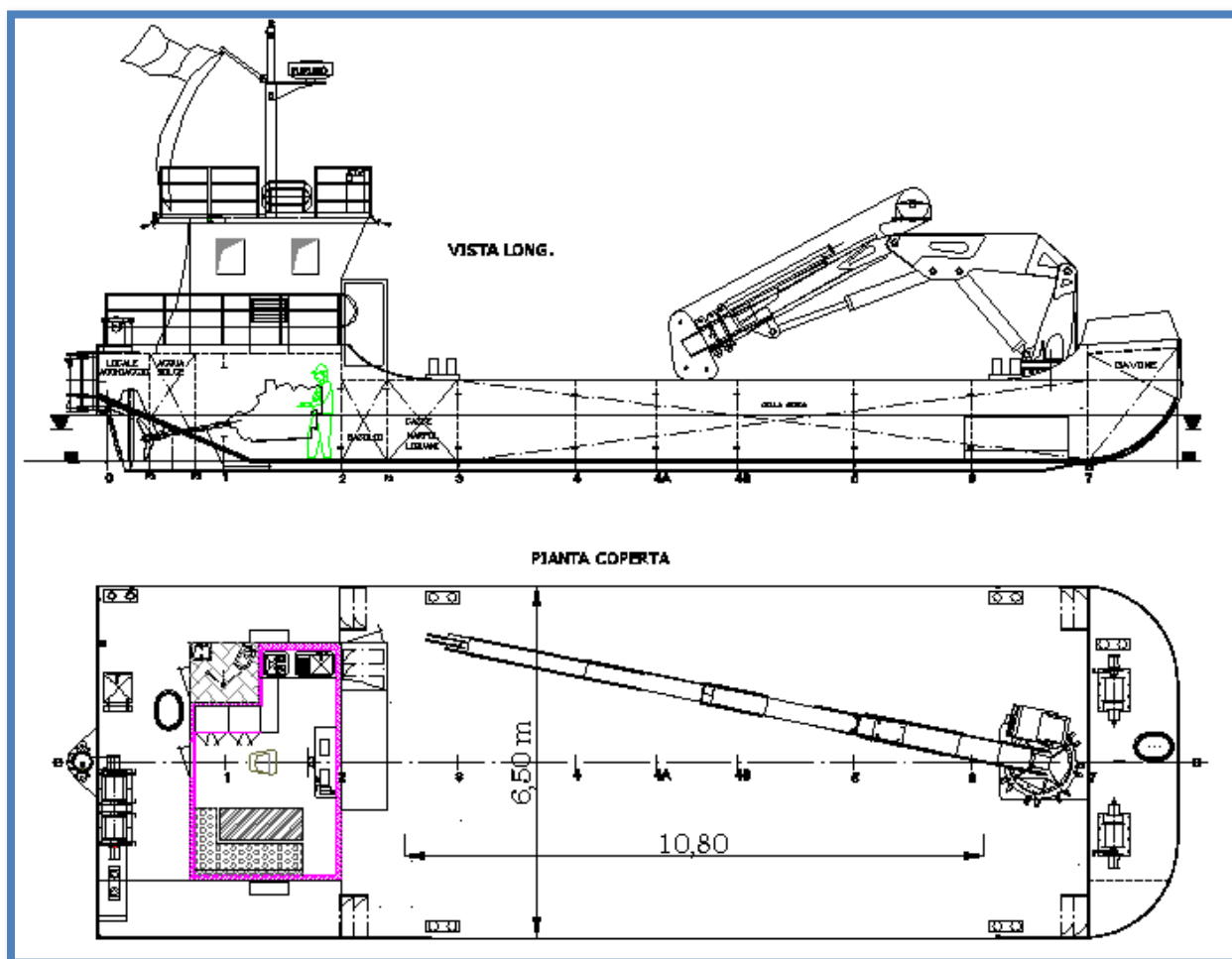
RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Figura 28. Layout motopontone DUILIO



Figura 29. Motopontone DUILIO

CARATTERISTICHE TECNICHE MOTOPONTONE DUILIO			
Nome	DUILIO	Nominativo internazionale	IIXF2
Compartimento	ANCONA	N° di matricola	AN4074
Stazza Lorda	55,95 t	Stazza Netta	38,05 t
Lunghezza di costruzione	20,00 m	Larghezza di costruzione	6,50 m
Altezza di costruzione	1,50 m	Immersione di progetto	0,70 m
Anno di costruzione	2008	Luogo di costruzione	ANCONA
Classe	RINA (RI 84102) Navigabilità	Navigazione	Nazionale Litoranea Locale in Acque Tranquille
Velocità	21 nodi	Coperta disponibile	22 mq
Motori principali	IVECO AIFO md. 8361 SM 10 2 x 109,65 kW a 2000 rpm		
Motori ausiliari	1 alternatore 7 kVA 220V		
	1 generatore CC da 24 V		
. Ausiliari coperta	2 verricello salpa ancore idraulici		
	1 verricello di tonneggio idraulico		
Apparati navigazione	Bussola magnetica-Radar GPS-Plotter-VHF – Ecoscandaglio – Pilota automatico		
Alloggi	Saletta senza pernottamento		
Equipaggio	2 + 4 tecnici		
Mezzi salvataggio	2 zattere autogonfiabili da 6 persone 1 rescue boat – 4 salvagente anulari		
Mezzi di sollevamento	SORMEC tipo M70KN/2S a braccio estensibile con verricello- Portate		
	1 gru idraulica 93,19 kN a m. 6,8-53,93 kN a m. 10,8		
Gasolio	2.5 t	Autonomia	3 gg
Velocità	8 nodi	Coperta Disponibile	70 mq
Servizio	Trasporto Merci non deperibili in coperta aventi massa non superiore a 25 t uniformemente distribuite		
	Sollevamento pesi		

Tabella 16. Specifiche tecniche motopontone DUILIO

8.9 MOTOPONTONE DAVIDE C

Il mezzo è autopropulso ed è dotato di due gru idrauliche, una a traliccio di grandi dimensioni con braccio lungo 25 m ed una ausiliaria laterale con braccio telescopico. Inoltre il pontone è dotato di due pali di ormeggio della lunghezza di 15 m ciascuno, uno installato a prua ed uno a poppa del mezzo. Le caratteristiche costruttive e le specifiche del mezzo, hanno permesso di eseguire la campagna di carotaggi in piena sicurezza.

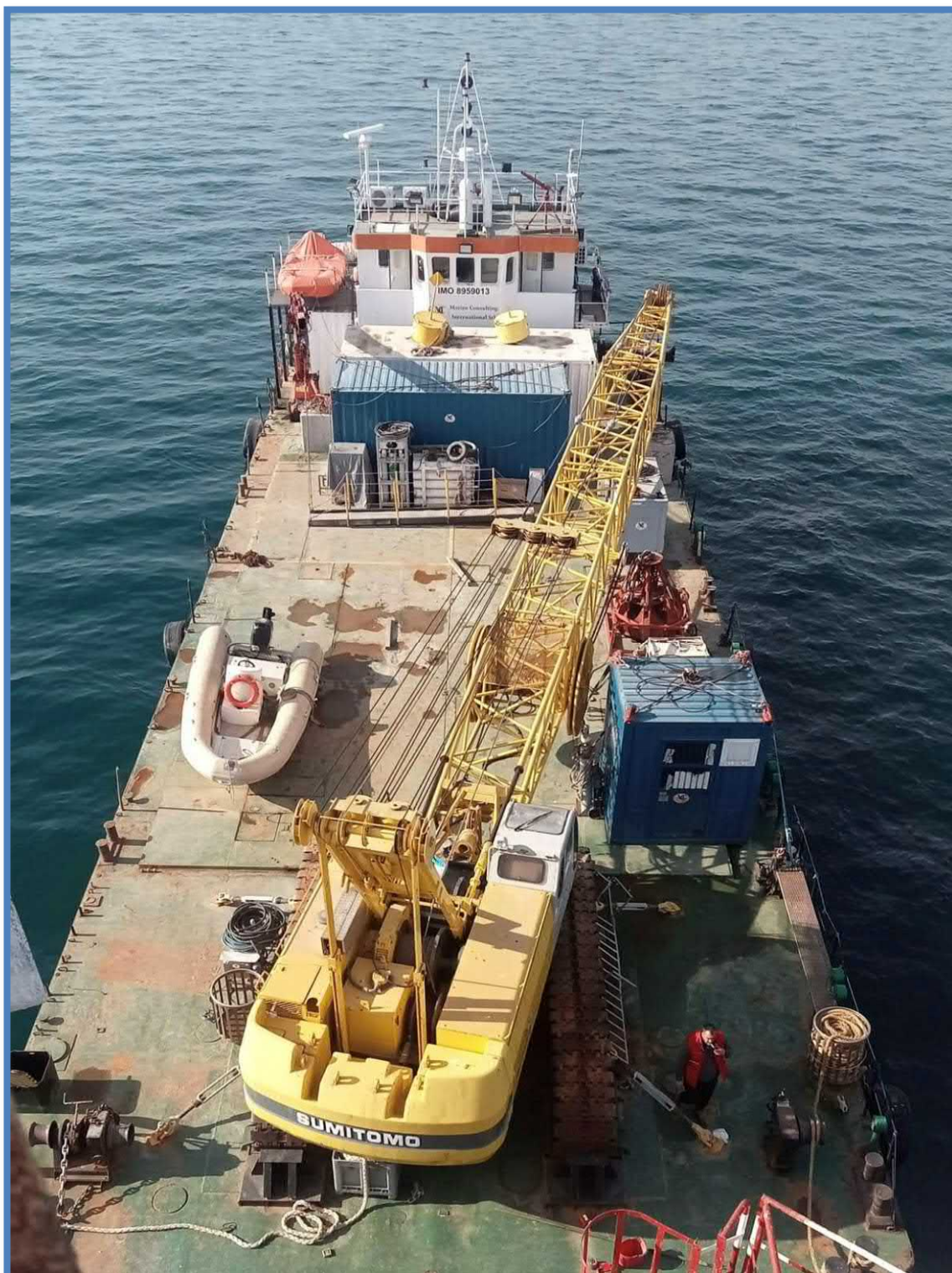


Figura 30. Motopontone Davide C

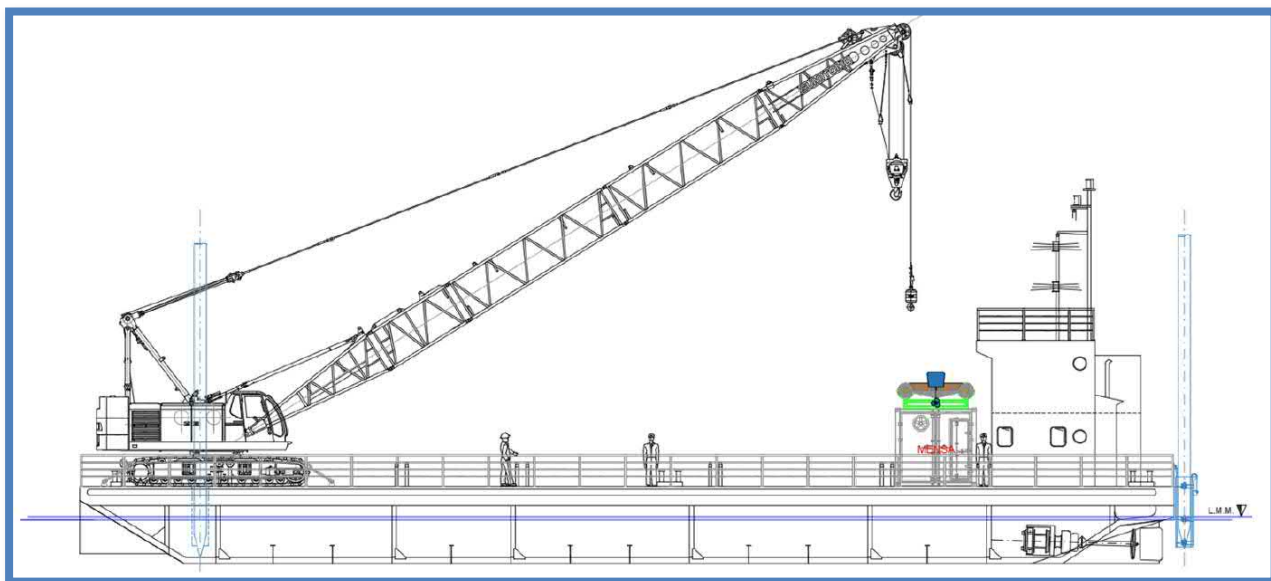


Figura 31. Layout motopontone Davide C

CARATTERISTICHE TECNICHE MOTOPONTONE Davide C			
Nome	Davide C	Bandiera	Italiana
Compartimento	RAVENNA	N° di matricola	RA3948
Proprietà	Marine Consulting international	Armatore	Fenix Srl
Classe	RINA (RI 76788)	Navigazione	Nazionale Costiera;
Materiale di costruzione	Acciaio	Velocità	6.0 knot
Stazza Lorda	359,59 t	Stazza Netta	195,90 t
Lunghezza di costruzione	36,30 m	Larghezza di costruzione	12,00 m
Pescaggio Massimo	2,40 m	Pescaggio Minimo	0,80 m
Anno di costruzione	1999	Luogo di costruzione	TERMOLI
Coperta disponibile	200 m ²	Max Carico in coperta	8 t/m ²
Motori principali	VOLVO PENTA 2 x 220 kW		
Motori ausiliari	1 alternatore 35 kVA 220V – 380V		
	1 generatore CC da 24 V		
Apparati navigazione	Bussola magnetica-Radar GPS-Plotter-VHF – Ecoscandaglio – Pilota automatico		
Servizio	Trasporto carichi solidi in coperta;		
	Sollevamento pesi		

Tabella 17. Specifiche tecniche Motopontone Davide C

8.10 MOTOBARCA CARMAR DUE

Il “CARMAR DUE” è iscritta al registro Mercantile Navi Minori di Ravenna come Moto Barca, con licenza per eseguire lavori ed attività di Idrografia, Ispezioni ROV e Monitoraggio ambientale trasporto passeggeri e supporto alle attività *diving*. La M/B ha come porto base quello di Ancona, pertanto è stato necessario effettuare attività di trasferimento per poter procedere con le operazioni.



Figura 32. Motobarca CARMAR DUE

La Motobarca è un cabinato costruito presso i cantieri Anconetani di S. Benedetto del Tronto, completamente in vetroresina lunga 17,50 m e larga 5,11 m dotata di due motori entro bordo da 520 CV l'uno, più un motore elettrico di prua. La Moto Barca è stata armata con un equipaggio dotato di esperienza su questo tipo di attività al fine, così da poter contribuire in maniera attiva e sicura allo svolgimento delle attività.

Il CARMAR DUE è dotato di tutte le dotazioni di sicurezza necessarie per la navigazione entro le 20 miglia nautiche al fine di poter eseguire in maniera sicura e comoda i servizi

oggetto dell'incarico. Grazie al profilo del suo scafo questa moto barca ha una notevole versatilità, eccellente manovrabilità a basse velocità anche in condizioni di bassa profondità dell'acqua. Grazie alle sue caratteristiche ed agli accessori di cui è dotata, il CARMAR DUE può essere utilizzato per molti scopi (Geofisica – Geotecnica - Ispezioni ROV - Operazioni con Sommozzatori - Lavoro di campionamento ambientale etc).

Le dimensioni e le caratteristiche costruttive della M/B hanno permesso di allestire in maniera sicura e secondo i criteri richiesti dall'IHO e dal disciplinare tecnico per la standardizzazione dei rilievi idrografici, tutte le attrezzature necessarie, e di accogliere comodamente a bordo l'equipaggio, il personale tecnico impiegato, oltre il personale esterno (visitatori – cliente – rappresentante del cliente etc.).

La caratteristica forma dello scafo e la motorizzazione hanno permesso di operare in assoluta sicurezza durante le varie fasi dell'indagine e di avere le dimensioni adatte

per effettuare le manovre di accosto alle rotte, anche quelle ravvicinate alle opere presenti all'interno dell'area rilevata (pontili, SPM, scogliere).



Figura 33. Motobarca CARMAR DUE

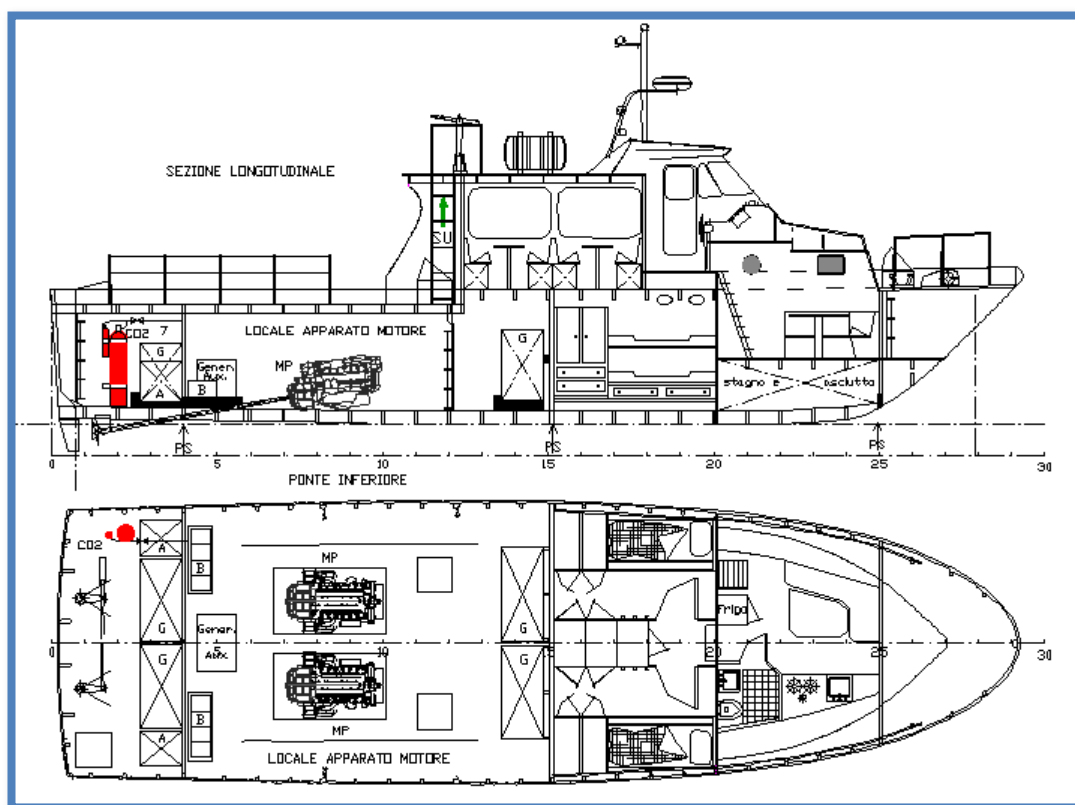


Figura 34. Layout Motobarca CARMAR DUE

CARATTERISTICHE TECNICHE MOTONAVE CARMAR DUE			
Nome	CARMAR DUE	Nominativo internazionale	IKKE
Compartimento	ANCONA	N° di matricola	AN4044
Stazza Lorda	29,83 t	Stazza Netta	5,60 t
Lunghezza di costruzione	17,55m	Larghezza di costruzione	5,11 m
Altezza di costruzione	0,63 m	Immersione di progetto	0,60 m
Anno di costruzione	2003	Luogo di costruzione	San Benedetto del Tronto
Classe	RINA (80246) A. Sicurezza	Navigazione	Nazionale Costiera
Velocità	21 nodi	Coperta disponibile	22 mq
Motori principali	2 IVECO AIFO mod 8281 SRM 50 12 - 2 x 330,90 kW ovvero 500CV cad.		
Motori ausiliari	1 alternatore 7 kW a 220 V		
Ausiliari coperta	1 verricello salpa ancore		
Apparati navigazione	Bussola magnetica-Radar GPS-Plotter-VHF – Ecoscandaglio – Pilota automatico		
Alloggi	4 persone in 2 cabine doppie-1 locale igienico -1 saletta con annessa cucina-Saletta trasporto passeggeri e/o allestimento strumentazione per Survey;		
Equipaggio	In Nav.Litoranea 2 / In Nav.costiera fino a 10 ore 3 oltre 10 ore 4		
Mezzi salvataggio	2 zattere autogonfiabili da 16 persone 2 salvagente anulari – 17 cinture di salvataggio		
Gasolio	5 t	Autonomia	4 gg
Servizio	Speciale Trasporto 12 passeggeri Oltre equipaggio- Trasporto carico e/o materiali non deperibili uniformemente distribuiti in coperta poppavia per una massa complessiva non superiore a 29,4 kN (3 t)		




Tabella 18. Specifiche tecniche CARMAR DUE

9.0 RISULTATI AREA DRAGAGGIO

Nell'ambito del progetto EMERGENZA GAS INCREMENTO DI CAPACITÀ DI RIGASSIFICAZIONE (DL 17.05.2022, N. 50) FSRU RAVENNA E COLLEGAMENTO ALLA RETE NAZIONALE GASDOTTI, Subsea Fenix Srl di Ravenna è stata incaricata da Techfem Spa di Fano a sua volta incaricata da Snam FSRU Italia (Contratto 011-PJM22-001 L-OdA 1898 22 Contratto FSRU Carat_AmbLe) quale Proponente dell'opera, al fine eseguire una campagna di prelievo, campionamento e attività di analisi dei sedimenti per la caratterizzazione ambientale dei fondali interessati da un futuro intervento di dragaggio.

Tale campagna viene effettuata al fine di caratterizzare i sedimenti presenti mediante l'analisi di campioni raccolti con sondaggi superficiali e profondi fino ad un massimo di 6 metri dall'interfaccia acqua/sedimento.

A tale scopo è stata portata a termine l'esecuzione di una campagna di carotaggi e bennate di tipo ambientale al fine di prelevare un totale di n° **288** campioni di sedimenti distribuiti su **88** stazioni di campionamento (vedi capitolo 4), sui quali sono state pianificate ed eseguite le seguenti analisi:

-  n° **288** Analisi Granulometriche;
-  n° **288** Analisi Chimiche Standard (D.M. 173/2016);
-  n° **60** Analisi Ecotossicologiche con 3 specie

Tutte le indagini effettuate sono state pianificate sulla base delle indicazioni riportate nel nuovo D.M. Ambiente n.173/2016: "Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini".

Il servizio offerto da Subsea Fenix Srl ha compreso la fornitura delle imbarcazioni di supporto, delle apparecchiature, degli operatori e di tutto quanto necessario ad eseguire la campagna richiesta, incluse le analisi di laboratorio, l'elaborazione dei dati e la loro rappresentazione.

Preliminarmente alla consegna dei risultati definitivi ottenuti dall'analisi dei campioni prelevati, è stato redatto e consegnato il presente documento tecnico, contenente una dettagliata descrizione di tutte le operazioni svolte delle risorse impiegate e delle metodologie utilizzate.

All'interno dei successivi paragrafi sono stati indicati i riassunti analitici delle analisi fisiche e chimiche relative alla indagine ambientale di laboratorio eseguite sui campioni di sedimento marino prelevati.

+

9.1 COORDINATE STAZIONI DI PRELIEVO CAMPIONI

Qui di seguito è riportata la tabella che indica nome, posizione, lunghezza della carota e tipologia di analisi a cui sottoporre i sedimenti.

ELENCO STAZIONI DI INDAGINE					
N° CAROTA	NOME STAZIONE	EST (m)	NORD (m)	LUNGHEZZA CAROTAGGIO	PROCEDURA / SET
1	RPD_01	292208.541	4927434.652	4.00 m	D.M. 173/2016
2	RPD_02	292350.105	4927571.238	4.00 m	D.M. 173/2016
3	RPD_03	292354.825	4927432.782	4.00 m	D.M. 173/2016
4	RPD_04	292354.983	4927238.124	4.00 m	D.M. 173/2016
5	RPD_05	292392.199	4927030.81	4.00 m	D.M. 173/2016
6	RPD_06	292425.038	4926830.203	4.00 m	D.M. 173/2016
7	RPD_07	292560.907	4927634.875	4.00 m	D.M. 173/2016
8	RPD_08	292543.56	4927421.58	4.00 m	D.M. 173/2016
9	RPD_09	292558.123	4927232.153	4.00 m	D.M. 173/2016
10	RPD_10	292558.338	4927027.743	4.00 m	D.M. 173/2016
11	RPD_11	292561.320	4926832.254	4.00 m	D.M. 173/2016
12	RPD_12	292558.231	4926627.601	4.00 m	D.M. 173/2016
13	RPD_13	292763.874	4927764.841	4.00 m	D.M. 173/2016
14	RPD_14	292734.446	4927579.524	4.00 m	D.M. 173/2016
15	RPD_15	292757.717	4927439.781	4.00 m	D.M. 173/2016
16	RPD_16	292762.42	4927234.978	4.00 m	D.M. 173/2016
17	RPD_17	292758.027	4927037.05	6.00 m	D.M. 173/2016
18	RPD_18	292760.951	4926838.466	6.00 m	D.M. 173/2016
19	RPD_19	292762.663	4926626.645	6.00 m	D.M. 173/2016
20	RPD_20	292944.159	4927845.654	4.00 m	D.M. 173/2016
21	RPD_21	292947.753	4927636.745	4.00 m	D.M. 173/2016
22	RPD_22	292957.852	4927442.81	4.00 m	D.M. 173/2016
23	RPD_23	292959.147	4927224.564	6.00 m	D.M. 173/2016
24	RPD_24	292953.963	4927030.98	6.00 m	D.M. 173/2016
25	RPD_25	292965.862	4926818.132	6.00 m	D.M. 173/2016
26	RPD_26	292966.175	4926623.628	6.00 m	D.M. 173/2016
27	RPD_27	293160.081	4927842.496	4.00 m	D.M. 173/2016
28	RPD_28	293153.01	4927630.845	4.00 m	D.M. 173/2016
29	RPD_29	293155.346	4927427.298	4.00 m	D.M. 173/2016
30	RPD_30	293161.438	4927226.372	6.00 m	D.M. 173/2016
31	RPD_31	293154.812	4927035.954	6.00 m	D.M. 173/2016
32	RPD_32	293362.937	4928024.071	4.00 m	D.M. 173/2016
33	RPD_33	293358.467	4927824.851	4.00 m	D.M. 173/2016
34	RPD_34	293362.657	4927626.248	4.00 m	D.M. 173/2016
35	RPD_35	293353.438	4927425.993	4.00 m	D.M. 173/2016
36	RPD_36	293362.537	4927224.517	4.00 m	D.M. 173/2016

ELENCO STAZIONI DI INDAGINE

N° CAROTA	NOME STAZIONE	EST (m)	NORD (m)	LUNGHEZZA CAROTAGGIO	PROCEDURA / SET
37	RPD_37	293362.335	4927026.803	6.00 m	D.M. 173/2016
38	RPD_38	293382.419	4926906.224	6.00 m	D.M. 173/2016
39	RPD_39	293568.951	4928028.099	4.00 m	D.M. 173/2016
40	RPD_40	293567.228	4927828.462	4.00 m	D.M. 173/2016
41	RPD_41	293558.442	4927626.072	4.00 m	D.M. 173/2016
42	RPD_42	293560.565	4927436.984	4.00 m	D.M. 173/2016
43	RPD_43	293562.888	4927230.841	4.00 m	D.M. 173/2016
44	RPD_44	293762.72	4928225.377	4.00 m	D.M. 173/2016
45	RPD_45	293765.997	4928024.882	4.00 m	D.M. 173/2016
46	RPD_46	293764.692	4927828.921	4.00 m	D.M. 173/2016
47	RPD_47	293768.414	4927629.154	4.00 m	D.M. 173/2016
48	RPD_48	293768.367	4927428.2	4.00 m	D.M. 173/2016
49	RPD_49	293967.209	4928223.143	2.00 m	D.M. 173/2016
50	RPD_50	293956.984	4928034.555	4.00 m	D.M. 173/2016
51	RPD_51	293965.911	4927824.802	4.00 m	D.M. 173/2016
52	RPD_52	293955.23	4927632.414	4.00 m	D.M. 173/2016
53	RPD_53	293957.001	4927435.797	4.00 m	D.M. 173/2016
54	RPD_54	294163.556	4928371.131	2.00 m	D.M. 173/2016
55	RPD_55	294156.842	4928223.595	2.00 m	D.M. 173/2016
56	RPD_56	294154.359	4928026.731	2.00 m	D.M. 173/2016
57	RPD_57	294162.546	4927824.9	4.00 m	D.M. 173/2016
58	RPD_58	294159.844	4927624.273	4.00 m	D.M. 173/2016
59	RPD_59	294359.542	4928427.649	2.00 m	D.M. 173/2016
60	RPD_60	294357.745	4928235.068	2.00 m	D.M. 173/2016
61	RPD_61	294360.372	4928025.112	2.00 m	D.M. 173/2016
62	RPD_62	294364.735	4927826.835	2.00 m	D.M. 173/2016
63	RPD_63	294366.522	4927629.082	2.00 m	D.M. 173/2016
64	RPD_64	294501.756	4928431.423	2.00 m	D.M. 173/2016
65	RPD_65	294561.354	4928227.94	2.00 m	D.M. 173/2016
66	RPD_66	294557.925	4928022.508	2.00 m	D.M. 173/2016
67	RPD_67	294562.687	4927823.874	2.00 m	D.M. 173/2016
68	RPD_68	294562.0257	4927692.016	2.00 m	D.M. 173/2016
69	C9	292222.427	4927572.724	4.00 m	D.M. 173/2016
70	C10	292158.627	4927234.605	4.00 m	D.M. 173/2016
71	C11	292355.818	4926634.357	4.00 m	D.M. 173/2016
72	C12	292613.439	4927775.863	4.00 m	D.M. 173/2016
73	C13	293153.402	4926836.338	6.00 m	D.M. 173/2016
74	C14	293155.198	4926630.104	6.00 m	D.M. 173/2016
75	C15	293153.984	4926431.105	6.00 m	D.M. 173/2016
76	C16	293156.132	4926232.165	6.00 m	D.M. 173/2016
77	C17	293412.684	4926631.078	6.00 m	D.M. 173/2016
78	C18	293362.321	4926431.089	6.00 m	D.M. 173/2016
79	C19	293311.098	4926282.867	6.00 m	D.M. 173/2016

ELENCO STAZIONI DI INDAGINE					
N° CAROTA	NOME STAZIONE	EST (m)	NORD (m)	LUNGHEZZA CAROTAGGIO	PROCEDURA / SET
80	C20	294762.785	4928638.024	2.00 m	D.M. 173/2016
81	C21	294759.664	4928433.417	2.00 m	D.M. 173/2016
82	C22	294760.874	4928228.208	2.00 m	D.M. 173/2016
83	C23	294750.223	4928032.444	2.00 m	D.M. 173/2016
84	C24	291966.154	4927438.123	4.00 m	D.M. 173/2016
85	C25	291962.06	4927234.156	4.00 m	D.M. 173/2016
86	C26	292158.651	4927039.016	4.00 m	D.M. 173/2016
87	C27	292160.489	4926838.12	4.00 m	D.M. 173/2016
88	C28	292161.894	4926631.123	4.00 m	D.M. 173/2016

Tabella 19. Elenco stazioni d'indagine

9.2 CARATTERISTICHE CHIMICO FISICHE

9.2.1 GRANULOMETRIA T.O.C. PH & EH

Le analisi granulometriche effettuate sui campioni di sedimento, hanno confermato una tessitura prevalentemente pelitica (>87.9%) con tenori di sabbia molto bassi compresi tra 0 a 13.6%.

Le concentrazioni del Carbonio Organico Totale (TOC) sono risultate con valori compresi tra 0.29% e 2.8%.

I valori misurati di pH e Eh sono stati misurati in campo e riportati nel verbale che viene allegato alla presente relazione, sono comunque indicati anche all'interno della tabella qui di seguito inserita.

RISULTATI ANALISI FISICHE								
Codice_campione	Sostanza organica %	Ghiaia %	Sabbia %	Silt %	Argilla %	Pelite %	pH	eH
RPD_01/000_050	1	0	0	73,4	26,6	100	7,84	-156,7
RPD_01/050_100	1,1	0	1,7	76,5	21,8	98,3	7,26	-171,1
RPD_01/100_200	0,96	0	3,4	74,2	22,4	96,6	7,23	-139,4
RPD_01/200_400	0,84	0	7,4	53,1	39,5	92,6	7,99	-55,6
RPD_02/200_400	0,82	0	6,2	52,9	40,9	93,8	7,87	-44,3
RPD_02-03/000_050	0,96	0	1,1	73,8	25,1	98,9	7,83	-112,9
RPD_02-03/050_100	1,1	0	0,8	75,7	23,4	99,2	7,30	-132,2
RPD_02-03/100_200	1,3	0	3,5	73,4	23,1	96,5	7,25	-147,9
RPD_03/200_400	0,64	0	3,9	50,2	45,9	96,1	7,88	-40,4
RPD_04/200_400	0,8	0	0	42	58	100	7,87	-49,9
RPD_04-05/000_050	0,89	0	1,5	74,8	23,7	98,5	7,73	-140,9
RPD_04-05/050_100	1,2	0	4,9	72,7	22,4	95,1	7,31	-154,3
RPD_04-05/100_200	1	0	4,8	74,1	21,1	95,2	7,20	-183,3
RPD_05/200_400	0,54	0	4,2	48,8	47	95,8	7,80	-42,4
RPD_06/000_050	1,2	0	0	74	26	100	7,82	-129,2
RPD_06/050_100	1	0	5,8	72,9	21,3	94,2	7,32	-153,1
RPD_06/100_200	1	0	4	68,6	27,4	96	7,27	-158,7
RPD_06/200_400	0,54	0	4,7	50,1	45,2	95,3	7,99	-51,2
RPD_07/200_400	0,65	0	4,8	48,6	46,6	95,2	7,96	-48,8
RPD_07-08/000_050	0,76	0	1,3	75	23,7	98,7	7,81	-150,9
RPD_07-08/050_100	1,3	0	1,3	75,4	23,3	98,7	7,37	-143,2
RPD_07-08/100_200	1,1	0	3,5	72,7	23,8	96,5	7,30	-145,5
RPD_08/200_400	0,38	0	9	53,7	37,3	91	7,81	-39,9
RPD_09/200_400	0,6	0	2,7	48,5	48,8	97,3	7,90	-55,1
RPD_09-10/000_050	1,1	0	0,5	73,3	26,2	99,5	7,69	-133,9
RPD_09-10/050_100	0,96	0	0,3	78,4	21,3	99,7	7,40	-128,1
RPD_09-10/100_200	0,93	0	2,7	74,5	22,8	97,3	7,30	-125,1
RPD_10/200_400	0,51	0	3,2	48,1	48,7	96,8	7,84	-44,2
RPD_11/200_400	0,45	0	3,7	49,3	47	96,3	7,80	-38,1
RPD_11-12/000_050	1,3	0	4,8	72,6	22,6	95,2	7,65	-120,9
RPD_11-12/050_100	1	0	2,6	72,5	24,9	97,4	7,31	-157,7

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RISULTATI ANALISI FISICHE								
Codice_campione	Sostanza organica %	Ghiaia %	Sabbia %	Silt %	Argilla %	Pelite %	pH	eH
RPD_11-12/100_200	1,2	0	7,8	67,9	24,3	92,2	7,20	-141,2
RPD_12/200_400	0,68	0	0,1	50,3	49,6	99,9	7,84	-44,9
RPD_13/200_400	0,7	0	4,8	49,3	45,9	95,2	7,89	-49,5
RPD_13-14/000_050	1,2	0	2,3	77,3	20,4	97,7	7,75	-144,0
RPD_13-14/050_100	1,2	0	3,8	72,8	23,4	96,2	7,39	-137,0
RPD_13-14/100_200	1,5	0	1,2	73,3	25,5	98,8	7,30	-132,4
RPD_14/200_400	0,42	0	9,4	57,8	32,8	90,6	7,94	-53,5
RPD_15/200_400	0,54	0	12,1	51,5	36,4	87,9	7,81	-46,2
RPD_15-16/000_050	1,2	0	1,4	75	23,6	98,6	7,75	-142,7
RPD_15-16/050_100	1,4	0	1,1	73,6	25,3	98,9	7,40	-150,3
RPD_15-16/100_200	1,2	0	1,3	76,8	29,9	98,7	7,28	-140,4
RPD_16/200_400	0,8	0	9,2	52,6	38,2	90,8	7,94	-40,8
RPD_17/200_400	0,63	0	6,2	53,5	40,3	93,8	7,94	-49,8
RPD_17/400_600	0,42	0	5,8	48,2	46,1	94,3	7,89	-47,1
RPD_17-18/000_050	1,3	0	6,2	75,1	18,7	93,8	7,81	-142,1
RPD_17-18/050_100	1,5	0	0,1	75,4	24,5	99,9	7,35	-117,9
RPD_17-18/100_200	1	0	3	75,7	21,3	97	7,30	-120,3
RPD_18/200_400	0,48	0	3,7	47,6	48,7	96,3	7,90	-46,1
RPD_18/400_600	0,52	0	3,6	61,4	35	96,4	7,90	-47,0
RPD_19/000_050	1,3	0	3,5	75,7	20,8	96,5	7,85	-161,0
RPD_19/050_100	1,1	0	4,7	74	21,3	95,3	7,31	-125,3
RPD_19/100_200	0,88	0	5,6	76,5	17,9	94,4	7,28	-138,6
RPD_19/200_400	0,45	0	0,1	56,3	43,6	99,9	7,88	-49,1
RPD_19/400_600	0,56	0	5,8	51,5	42,7	94,2	7,90	-51,0
RPD_20/200_400	0,61	0	3,8	46,5	49,7	96,2	7,90	-52,9
RPD_20-21/000_050	1,1	0	1,6	77	21,4	98,4	7,60	-116,0
RPD_20-21/050_100	1,1	0	3,8	72,2	24	96,2	7,40	-162,2
RPD_20-21/100_200	1,2	0	2,9	73,8	23,3	97,1	7,34	-131,3
RPD_21/200_400	0,81	0	3,6	47,6	48,8	96,4	7,86	-50,0
RPD_22/200_400	0,66	0	0	43,2	56,8	100	7,78	-41,5
RPD_22-23/000_050	1,1	0	3,6	74,3	22,1	96,4	7,78	-115,1
RPD_22-23/050_100	1	0	1	76	23	99	7,30	-151,2
RPD_22-23/100_200	1,1	0	4,6	73,1	22,3	95,4	7,22	-140,3
RPD_23/200_400	1	0	9	52,9	38,1	91	7,88	-39,4
RPD_23/400_600	0,69	0	4,1	48,2	47,7	95,9	7,84	-44,4
RPD_24/200_400	0,4	0	5,4	47,7	46,9	94,6	7,87	-39,6
RPD_24/400_600	0,75	0	6,4	52,5	41,1	93,6	7,92	-45,1
RPD_24-25/000_050	0,64	0	3,8	78	18,2	96,2	7,68	-131,8
RPD_24-25/050_100	0,99	0	2	74,5	23,5	98	7,33	-164,0
RPD_24-25/100_200	1,1	0	0,8	74,2	25	99,2	7,35	-166,5
RPD_25/200_400	0,54	0	7,7	51	41,4	92,4	7,77	-41,9
RPD_25/400_600	0,6	0	6,1	48,9	45	93,9	7,84	-43,5

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RISULTATI ANALISI FISICHE								
Codice_campione	Sostanza organica %	Ghiaia %	Sabbia %	Silt %	Argilla %	Pelite %	pH	eH
RPD_26/000_050	1,3	0	0,1	76,3	23,6	99,9	7,82	-159,6
RPD_26/050_100	0,97	0	1,6	73,6	24,8	98,4	7,48	-132,2
RPD_26/100_200	0,98	0	3,1	74,2	22,7	96,9	7,39	-113,6
RPD_26/200_400	0,41	0	8,2	54,4	37,4	91,8	7,79	-46,1
RPD_26/400_600	1	0	3,7	47,2	49,1	96,3	7,84	-47,0
RPD_27/200_400	1,9	0	5,9	54,4	39,7	94,1	7,91	-44,1
RPD_27-28/000_050	1,2	0	1,6	76,3	22,1	98,4	7,70	-129,1
RPD_27-28/050_100	1	0	0,3	0	0	99,7	7,15	-139,8
RPD_27-28/100_200	1,1	0	4,4	0	0	95,6	7,22	-157,2
RPD_28/200_400	0,63	0	4,2	49,9	45,9	95,8	7,88	-46,2-
RPD_29/200_400	0,52	0	3,1	47,7	49,2	96,9	7,87	-54,2
RPD_29-30/000_050	1,5	0	3,7	78,9	17,4	96,3	7,66	-166,1
RPD_29-30/050_100	1,1	0	2,8	0	0	97,2	7,41	-158,0
RPD_29-30/100_200	1	0	4,3	0	0	95,7	7,33	-161,1
RPD_30/200_400	1	0	8,7	55,7	35,6	91,3	7,80	-46,3
RPD_30/400_600	0,8	0	2,5	46,4	51,1	97,5	7,84	-47,7
RPD_31/000_050	1,5	0	4	76,8	19,2	96	7,55	-123,1
RPD_31/050_100	1,1	0	0,5	0	0	99,5	7,38	-123,5
RPD_31/100_200	0,85	0	3,9	0	0	96,1	7,33	-122,1
RPD_31/200_400	0,58	0	3,7	48,3	48	96,3	8,01	-55,6
RPD_31/400_600	0,61	0	5,4	49,4	45,2	94,6	7,94	-57,1
RPD_32/100_200	0,68	0	6,8	55,3	37,9	93,2	7,88	-48,1
RPD_32/200_400	0,51	0	2,6	50,5	46,9	97,4	7,89	-49,6
RPD_32-33/000_050	1,2	0	1,1	75,2	23,7	98,9	7,64	-180,1
RPD_32-33/050_100	0,92	0	3,5	0	0	96,5	7,24	-146,1
RPD_33/100_200	0,37	0	0,2	61,2	38,6	99,8	7,98	-50,1
RPD_33/200_400	0,62	0	8,3	56,7	35	91,7	7,94	-54,6
RPD_34/000_050	1,1	0	2,5	76,3	21,2	97,5	7,64	-175,4
RPD_34/050_100	0,93	0	1,2	0	0	98,8	7,22	-139,3
RPD_34/100_200	0,41	0	6,8	60,6	32,6	93,2	8,05	-55,3
RPD_34/200_400	0,45	0	0,5	63,3	36,2	99,5	8,00	-54,1
RPD_35/200_400	0,57	0	2,5	48,9	48,6	97,5	7,79	-35,3
RPD_35-36/000_050	1,3	0	4,9	76,8	18,3	95,1	7,71	-200,6
RPD_35-36/050_100	0,87	0	3,1	0	0	96,9	7,33	-155,9
RPD_35-36/100_200	1,1	0	1,9	0	0	98,1	7,39	-153,9
RPD_36/200_400	0,84	0	3,3	50,2	46,5	96,7	7,84	-45,6
RPD_37/200_400	0,55	0	3,3	53,3	43,4	96,7	7,89	-49,3
RPD_37/400_600	0,64	0	6,3	54,8	38,9	93,7	7,92	-55,3
RPD_37-38/000_050	1,1	0	5,4	75,6	19	94,6	7,66	-223,6
RPD_37-38/050_100	0,9	0	0	0	0	100	7,50	-160,3
RPD_37-38/100_200	0,98	0	6	0	0	94	7,64	-169,2
RPD_38/200_400	0,51	0	5,8	56,3	37,9	94,2	7,78	-44,1

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RISULTATI ANALISI FISICHE								
Codice_campione	Sostanza organica %	Ghiaia %	Sabbia %	Silt %	Argilla %	Pelite %	pH	eH
RPD_38/400_600	0,63	0	2,2	47,8	50	97,8	7,83	-40,6
RPD_39/100_200	0,64	0	4	59,1	36,9	96	7,84	-50,6
RPD_39/200_400	0,67	0	5,3	51	43,7	94,7	7,89	-49,9
RPD_39-40/000_050	1,1	0	1,2	73,4	25,4	98,8	7,62	-184,1
RPD_39-40/050_100	0,84	0	0,1	0	0	99,9	7,34	-140,1
RPD_40/100_200	0,69	0	13,6	54	32,4	86,4	7,80	-40,8
RPD_40/200_400	0,67	0	2	74	51	98	7,79	-44,8
RPD_41/100_200	0,58	0	10,9	55,5	33,6	89,1	7,87	-40,4
RPD_41/200_400	0,8	0	3,2	49,3	47,5	96,8	7,86	-46,1
RPD_41-42/000_050	0,91	0	1	75,2	23,8	99	7,70	-194,1
RPD_41-42/050_100	1,1	0	0,1	0	0	99,9	7,45	-157,1
RPD_42/100_200	0,59	0	6,7	51,5	41,8	93,3	7,84	-38,1
RPD_42/200_400	0,39	0	7,8	56,1	36,1	92,2	7,80	-39,6
RPD_43/000_050	1,4	0	5	75,4	19,6	95	7,63	-189,7
RPD_43/050_100	1,2	0	0,3	0	0	99,7	7,33	-163,3
RPD_43/100_200	0,9	0	0,6	0	0	99,4	7,41	-157,1
RPD_43/200_400	0,66	0	4,2	49,8	46	95,8	7,90	-48,6
RPD_44/100_200	1,3	0	12,2	49,3	38,5	87,8	7,85	-43,3
RPD_44/200_400	0,71	0	3,8	46,2	50	96,2	7,83	-49,5
RPD_44-45/000_050	1,9	0	0,6	75,4	24	99,4	7,62	-165,2
RPD_44-45/050_100	1,2	0	0	0	0	100	7,32	-133,9
RPD_45/100_200	0,78	0	7,9	62	30,1	92,1	7,94	-53,3
RPD_45/200_400	0,42	0	9,2	54,7	36,1	90,8	7,96	-50,5
RPD_46/100_200	0,64	0	0	56,5	43,5	100	7,91	-49,3
RPD_46/200_400	0,68	0	4,8	48,5	46,7	95,2	7,92	-54,5
RPD_46-47/000_050	1,4	0	1,2	78	20,8	98,8	7,64	-175,2
RPD_46-47/050_100	1	0	3,1	0	0	96,9	7,41	-149,2
RPD_47/100_200	0,58	0	3,9	58,2	37,9	96,1	7,81	-44,6
RPD_47/200_400	0,73	0	3,9	47,9	48,2	96,1	7,84	-46,8
RPD_48/000_050	1,5	0	0,3	77,8	21,9	99,7	7,64	-194,4
RPD_48/050_100	0,97	0	2,9	0	0	97,1	7,48	-170,3
RPD_48/100_200	0,55	0	8	49,1	42,9	92	7,88	-47,7
RPD_48/200_400	0,73	0	4,5	51,3	44,2	95,5	7,84	-47,8
RPD_49/050_100	0,65	0	5,6	56,1	38,3	94,4	7,90	-43,7
RPD_49/100_200	0,54	0	11,6	56,8	31,6	88,4	7,91	-44,5
RPD_49-50/000_050	1,3	0	1,2	77,8	21	98,8	7,57	-132,1
RPD_50/050_100	1,2	0	5,8	61,9	32,3	94,2	7,88	-46,6
RPD_50/100_200	0,45	0	6,6	62,1	31,3	93,4	7,92	-44,5
RPD_50/200_400	0,84	0	5,4	54,9	39,7	94,6	7,94	-49,2
RPD_51/100_200	0,86	0	9,9	49,3	40,8	90,1	7,90	-49,4
RPD_51/200_400	0,68	0	7,6	62,6	29,8	92,4	7,91	-46,6
RPD_51-52/000_050	1,2	0	0,9	78,5	20,6	99,1	7,61	-166,8

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RISULTATI ANALISI FISICHE								
Codice_campione	Sostanza organica %	Ghiaia %	Sabbia %	Silt %	Argilla %	Pelite %	pH	eH
RPD_51-52/050_100	0,87	0	1,8	0	0	98,2	7,31	-132,9
RPD_52/100_200	0,39	0	5,2	56,6	38,2	94,8	7,88	-49,9
RPD_52/200_400	0,5	0	5,8	48,4	45,8	94,2	7,92	-44,3
RPD_53/000_050	1,1	0	2,7	78,8	18,5	97,3	7,66	-192,5
RPD_53/050_100	1,3	0	0	0	0	100	7,47	-183,2
RPD_53/100_200	0,44	0	7	57,1	35,9	93	7,84	-44,6
RPD_53/200_400	0,79	0	7	49,6	43,4	93	7,84	-47,0
RPD_54/050_100	0,65	0	0	57,7	42,3	100	7,96	-53,7
RPD_54/100_200	0,54	0	9,5	55,9	34,6	90,5	8,00	-50,5
RPD_54-55/000_050	1,4	0	1	77,8	21,2	99	7,69	-167,1
RPD_55/050_100	0,36	0	6,7	58,1	35,2	93,3	7,97	-43,7
RPD_55/100_200	0,47	0	10,8	51,2	38	89,2	7,91	-44,5
RPD_56/050_100	0,94	0	6,7	56,8	36,5	93,3	7,81	-46,1
RPD_56/100_200	0,71	0	6,4	49,9	43,7	93,6	7,85	-50,3
RPD_56-57/000_050	1,3	0	0,3	78,5	21,2	99,7	7,68	-172,4
RPD_57/050_100	0,75	0	7,1	54,5	38,4	92,9	7,78	-44,2
RPD_57/100_200	0,43	0	10	48	42	90	7,82	-46,3
RPD_57/200_400	0,56	0	4,3	49,8	45,9	95,7	7,80	-40,9
RPD_58/000_050	1,4	0	1,1	78,7	20,2	98,9	7,67	-174,1
RPD_58/050_100	0,67	0	8,5	51,5	40	91,5	7,84	-49,2
RPD_58/100_200	0,64	0	7,2	54,1	38,7	92,8	7,82	-46,6
RPD_58/200_400	0,62	0	2,9	45,9	51,2	97,1	7,81	-50,9
RPD_59/050_100	0,48	0	8,2	55	36,8	91,8	7,84	-50,7
RPD_59/100_200	0,49	0	9,9	53,2	37	90,2	7,82	-47,6
RPD_59-60/000_050	1,2	0	1,4	78,9	19,7	98,6	7,70	-158,1
RPD_60/050_100	0,53	0	1,4	62,6	36	98,6	7,94	-50,0
RPD_60/100_200	0,71	0	3,7	62,6	33,7	96,3	7,91	-49,9
RPD_61/050_100	0,64	0	8	58,1	33,9	92	7,90	-47,2
RPD_61/100_200	0,45	0	8,2	64	27,8	91,8	7,88	-49,4
RPD_61-62/000_050	1,2	0	1,4	78,4	20,2	98,6	7,67	-168,2
RPD_62/050_100	0,6	0	7,4	59,6	33	92,6	7,94	-44,1
RPD_62/100_200	0,57	0	0	54,6	45,4	100	7,89	-40,0
RPD_63/000_050	1,4	0	0,2	77	22,8	99,8	7,61	-172,5
RPD_63/050_100	0,61	0	0,8	66	33,2	99,2	7,92	-44,2
RPD_63/100_200	0,48	0	5,3	61,6	33,1	94,7	7,87	-43,6
RPD_64/050_100	0,66	0	8,2	55,7	36,1	91,8	7,78	-42,2
RPD_64/100_200	0,53	0	9,1	53,8	37,1	90,9	7,84	-46,6
RPD_64-65/000_050	1,3	0	1,3	79,3	19,4	98,7	7,71	-163,4
RPD_65/050_100	0,53	0	9,8	53,8	36,4	90,2	7,86	-48,8
RPD_65/100_200	0,7	0	6,9	54,4	38,7	93,1	7,84	-47,0
RPD_66/050_100	2,8	0	7,9	54,8	37,3	92,1	7,94	-52,4
RPD_66/100_200	0,83	0	8,8	53,4	37,8	91,2	7,90	-49,7

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RISULTATI ANALISI FISICHE								
Codice_campione	Sostanza organica %	Ghiaia %	Sabbia %	Silt %	Argilla %	Pelite %	pH	eH
RPD_66-67/000_050	1,4	0	1,3	78,7	20	98,7	7,76	-164,1
RPD_67/050_100	0,78	0	9	56,6	34,4	91	7,78	-45,5
RPD_67/100_200	0,53	0	6,8	52,5	40,7	93,2	7,83	-42,3
RPD_68/000_050	1,3	0	0,6	78,2	21,2	99,4	7,58	-156,2
RPD_68/050_100	0,45	0	10,4	57	32,6	89,6	7,90	-51,4
RPD_68/100_200	0,67	0	7,4	60,9	31,7	92,6	7,85	-47,6
C09/000_050	0,8	0	2	62,4	35,6	98	7,91	-54,6
C09/050_100	0,68	0	9	54,8	36,2	91	7,96	-52,7
C09/100_200	0,45	0	9,7	54,4	35,9	90,3	7,97	-58,8
C09/200_400	0,7	0	0	45,2	54,8	100	7,95	-57,4
C10/000_050	0,79	0	8,8	52,6	38,6	91,2	7,81	-44,6
C10/050_100	0,51	0	1,1	58,4	40,5	98,9	7,86	-49,1
C10/100_200	0,65	0	0,1	58,1	41,8	99,9	7,89	-46,6
C10/200_400	0,52	0	5,8	49,2	45	94,2	7,85	-43,2
C11/000_050	0,29	0	5,1	59,1	35,8	94,9	7,78	-39,8
C11/050_100	0,78	0	11,2	53,1	35,7	88,8	7,80	-41,2
C11/100_200	0,44	0	9,8	53,6	36,6	90,2	7,80	-40,9
C11/200_400	0,63	0	0	51,4	48,6	100	7,84	-43,6
C12/000_050	0,38	0	10,1	54,2	35,7	89,9	7,87	-44,2
C12/050_100	0,95	0	8,6	55,5	35,9	91,4	7,80	-51,5
C12/100_200	0,76	0	8	54,8	37,2	92	7,77	-48,8
C12/200_400	0,64	0	4,3	47	48,7	95,7	7,82	-47,4
C13/000_050	0,48	0	10	52,7	37,3	90	7,84	-48,8
C13/050_100	0,4	0	5,7	57,7	36,6	94,3	7,86	-45,2
C13/100_200	0,56	0	7,5	53,5	39	92,5	7,90	-46,6
C13/200_400	0,52	0	8,4	53,5	38,1	91,6	7,91	-43,5
C13/400_600	0,54	0	5,2	51,6	43,2	94,8	7,89	-45,3
C14/000_050	0,56	0	1,3	64,4	34,3	98,7	7,88	-44,8
C14/050_100	0,46	0	0,2	65,7	34,1	99,8	7,82	-47,2
C14/100_200	0,68	0	7,9	56,3	35,8	92,1	7,83	-48,9
C14/200_400	1,2	0	6,5	52	41,5	93,5	7,85	-42,1
C14/400_600	0,47	0	4,2	47,3	48,6	95,9	7,83	-44,6
C15/000_050	0,44	0	7	62,2	30,8	93	7,99	-51,2
C15/050_100	0,35	0	5,3	65	29,7	94,7	8,00	-54,2
C15/100_200	0,45	0	7,2	61,9	30,9	92,8	7,96	-53,5
C15/200_400	0,45	0	7	51,3	41,7	93	7,95	-54,8
C15/400_600	0,58	0	0	43,2	56,8	100	7,99	-50,5
C16/000_050	0,44	0	9,7	66,7	23,6	90,3	7,81	-47,7
C16/050_100	0,94	0	6,4	62,9	30,7	93,6	7,84	-54,4
C16/100_200	1,1	0	11	53,3	35,7	89	7,80	-48,5
C16/200_400		0	6,9	52,7	40,4	93,1	7,78	-44,8
C16/400_600	0,62	0	6,2	54,9	38,9	93,8	7,80	-49,5

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RISULTATI ANALISI FISICHE								
Codice_campione	Sostanza organica %	Ghiaia %	Sabbia %	Silt %	Argilla %	Pelite %	pH	eH
C17/000_050	0,64	0	8,3	57,2	34,5	91,7	7,79	-39,8
C17/050_100	0,35	0	4,3	64,7	31	95,7	7,82	-37,3
C17/100_200	0,46	0	7,2	58,1	34,7	92,8	7,84	-39,9
C17/200_400	2	0	5,2	59	35,8	94,8	7,81	-41,8
C17/400_600	0,51	0	2,6	46,8	50,6	97,4	7,80	-44,6
C18/000_050	0,45	0	9,7	62,3	28	90,3	7,78	-41,2
C18/050_100	0,42	0	7,3	61,3	31,4	92,7	7,80	-40,0
C18/100_200	0,4	0	9,1	56	34,9	90,9	7,81	-39,9
C18/200_400	0,43	0	6,6	57,4	36	93,4	7,81	-44,2
C18/400_600	0,47	0	2,7	46,2	51,1	97,3	7,80	-44,9
C19/000_050	0,57	0	3,1	65,6	31,3	96,9	7,99	-51,2
C19/050_100	0,45	0	7,3	54,1	39	93,1	8,00	-54,2
C19/100_200	0,45	0	8,4	59,7	31,9	91,6	7,96	-53,5
C19/200_400	0,5	0	8,6	53,5	37,9	91,4	7,95	-54,8
C19/400_600	0,6	0	2,3	48	49,7	97,7	7,99	-50,5
C20/000_050	0,94	0	7,7	53,5	38,8	92,3	7,91	-41,2
C20/050_100	0,5	0	7,2	49,8	43	92,8	7,89	-39,5
C20/100_200	0,87	0	8,7	57,9	33,4	91,3	7,95	-44,6
C21/000_050	1,2	0	8,7	56,1	35,2	91,3	7,71	-42,2
C21/050_100	0,59	0	8,3	52,8	38,9	91,7	7,69	-46,6
C21/100_200	0,64	0	0	56,3	43,7	100	7,75	-51,1
C22/000_050	0,46	0	7,2	54,3	38,5	92,8	7,88	-52,8
C22/050_100	0,65	0	8,8	56,3	34,9	91,2	7,91	-56,6
C22/100_200	0,45	0	7,9	55,8	36,3	92,1	7,89	-55,4
C23/000_050	0,62	0	9,9	58,5	31,6	90,1	7,99	-50,0
C23/050_100	0,65	0	6,6	47,9	45,5	93,4	8,04	-47,8
C23/100_200	0,44	0	9,7	52,2	38,1	90,3	7,95	-45,2
C24/000_050	0,57	0	0,8	59,7	39,5	99,2	7,78	-46,2
C24/050_100	0,47	0	8,6	58,8	32,9	91,7	7,84	-47,6
C24/100_200	0,38	0	12,6	49,9	37,5	87,4	7,83	-50,5
C24/200_400	0,53	0	0	47,2	52,8	100	7,86	-49,1
C25/000_050	0,41	0	9,3	54,6	36,1	90,7	7,88	-50,8
C25/050_100	0,53	0	9,4	53,3	37,6	90,9	7,91	-47,9
C25/100_200	0,75	0	8,1	58,2	36,7	94,9	7,87	-49,9
C25/200_400	0,5	0	4,3	47,5	47,8	95,3	7,89	-49,1
C26/000_050	0,41	0	8,8	55,9	35,3	91,2	7,91	-48,8
C26/050_100	0,58	0	0,4	59,7	39,9	99,6	7,92	-47,4
C26/100_200	1,6	0	0,3	61,4	38,3	99,7	7,93	-49,9
C26/200_400	0,41	0	6,8	57,1	36,1	93,2	7,92	-52,1
C27/000_050	0,59	6,8	8,4	55,7	35,9	91,6	7,77	-37,9
C27/050_100	0,51	0	8,2	55,8	36	91,8	7,80	-42,8
C27/100_200	0,5	0	9,7	53,6	37,7	90,3	7,83	-44,9

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RISULTATI ANALISI FISICHE								
Codice_campione	Sostanza organica %	Ghiaia %	Sabbia %	Silt %	Argilla %	Pelite %	pH	eH
C27/200_400	0,74	0	8,3	55,3	36,4	91,7	7,80	-42,6
C28/000_050	0,56	0	6,1	62,1	31,8	93,9	7,92	-49,1
C28/050_100	0,52	0	7	51,2	41,8	93	7,92	-49,2
C28/100_200	0,59	0	7,6	49,9	42,5	92,4	7,95	-45,9
C28/200_400	0,51	0	7,5	61,5	31	92,5	7,90	-48,5

Tabella 20 – Principali frazioni granulometriche e T.O.C

9.2.2 METALLI PESANTI

Le concentrazioni di tutti i metalli ricercati, nei vari livelli indagati, sono risultati inferiori ai limiti L1 previsti dal DM 173/2016 (fig.1), solo il Nichel ed il Cromo totale mostrano per tutti i campioni analizzati concentrazioni comprese tra il limite L1 ed il limite L2.

PARAMETRO	L1	L2
Elementi in tracce	[mg kg⁻¹] p.s.	
Arsenico	12	20
Cadmio	0,3	0,80
Cromo	50	150
Rame	40	52
Mercurio	0,3	0,80
Nichel	30	75
Piombo	30	70
Zinco	100	150
Contaminanti organici	[µg kg⁻¹] p.s.	
Composti organostannici	5 ⁽¹⁾	72 ⁽²⁾
Σ PCB ⁽³⁾	8	60
Σ DDD ⁽⁴⁾	0,8	7,8
Σ DDE ⁽⁴⁾	1,8	3,7
Σ DDT ⁽⁴⁾	1,0	4,8
Clordano	2,3	4,8
Aldrin	0,2	10 ⁷
Dieldrin	0,7	4,3
Endrin	2,7	10
α-HCH	0,2	10 ⁷
β-HCH	0,2	10 ⁷
γ-HCH (Lindano)	0,2	1,0
Eptacloro epossido	0,6	2,7
HCB	0,4	50 ⁷
Σ IPA(16) ⁽⁵⁾	900	4000
Antracene	24	245
Benzo[a]antracene	75	500
Benzo[a]pirene	30	100
Benzo[b]fluorantene	40	500 ⁷
Benzo[k]fluorantene	20	500 ⁷
Benzo[g,h,i]perilene	55	100 ⁷
Crisene	108	846
Indenopirene	70	100 ⁷
Fenantrene	87	544
Fluorene	21	144
Fluorantene	110	1494
Naftalene	35	391
Pirene	153	1398

Note: 1) Riferito al solo TBT; 2) Riferito alla sommatoria MBT, DBT, TBT; 3) Come sommatoria dei congeneri: 28, 52, 77, 81, 101, 118, 126, 128, 138, 153, 156, 169, 180; 4) Come sommatoria degli isomeri 2,4- e 4,4-; 5) Come sommatoria dei 16 IPA di maggiore rilevanza ambientale indicati da USEPA; 7) Concentrazione valida solo per attività di ripascimento emerso.

Figura 35. Livelli chimici di riferimento nazionali (Tabella 2.5 Allegato Tecnico D.M. 173/2016)

In particolare, il Cromo con valori sempre compresi tra il limite L1 ed il limite L2 con concentrazioni comprese tra 39.0 e 96.3(mg/kg.p.s.), mentre il Nichel con valori compresi tra 39.2 e 108.0 (mg/kg.p.s.).

L'arsenico sempre inferiore al limite L1(12mg/kg.s.s.) con valori compresi tra 4.21 e 11.0 mg/kg.s.s..

Il Cadmio (Cd) sempre inferiore al limite L1 (0.3 mg/kg.s.s.) con concentrazioni comprese tra 0,052 mg/kg.s.s. e 0.25 mg/kg.s.s..

Il Mercurio (Hg) sempre inferiore al limite L1 (0.3 mg/kg.s.s.) con concentrazioni tutte inferiori a 0.2 mg/kg.s.s.

Il Piombo (Pb) sempre inferiore al limite L1 (30 mg/kg.s.s.) con concentrazioni comprese tra 11.0 mg/kg.s.s. e 25.0 mg/kg.s.s..

Il Rame (Cu) sempre inferiore al limite L1 (40 mg/kg.s.s.) con concentrazioni comprese tra 16.0 mg/kg.s.s. e 36.0 mg/kg.s.s..

Lo Zinco (Zn) sempre inferiore al limite L1 (100 mg/kg.s.s.) con concentrazioni comprese tra 47.0 mg/kg.s.s. e 98.0 mg/kg.s.s..

9.2.3 IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (I.P.A.)

Per Idrocarburi Policiclici Aromatici, sia nelle singole sostanze, che nella loro sommatoria, sono risultate concentrazioni molto basse per tutti i campioni analizzati sempre al di sotto del limite L1.

9.2.4 Policlorobifenili (P.C.B.)

I Policlorobifenili (PCB) nella loro sommatoria, sono risultati con concentrazioni molto basse comprese tra il limite di rilevabilità e 8.02 µg/kg s.s. Si evidenzia che un solo campione supera la soglia del limite L1 (8µg/kg s.s.).

9.3 CARATTERISTICHE ECOTOSSICOLOGICHE

9.3.1 SAGGIO BIOLOGICO CON VIBRIO FISCHERI IN FASE SOLIDA

Vibrio fischeri (*Aliivibrio fischeri*) è un batterio marino Gram-negativo ed eterotrofo, appartenente alla famiglia delle Vibrionaceae. È una specie cosmopolita, ma con maggior diffusione nelle fasce temperate e subtropicali.

Il sistema Microtox® è un test biologico di tossicità acuta basato sulla misura della bioluminescenza naturale di questa specie. Poiché in presenza di contaminanti l'emissione di luce da parte di *V. fischeri* diminuisce, l'eventuale inibizione della bioluminescenza a seguito dell'esposizione del batterio ad una sostanza nota o ad un campione naturale di acqua o sedimento, consente di valutare il grado di tossicità della sostanza o della matrice testata.

Il sistema di misura risulta piuttosto versatile in quanto è applicabile a matrici naturali, in particolare acquose (acqua interstiziale, elutriato, ecc.) e solide (fanghi, sedimenti), nonché a soluzioni acquose di sostanze tossiche pure sia organiche che inorganiche.

Questo saggio è stato applicato entro 7 giorni dal campionamento direttamente alla fase solida, preparata per semplice centrifugazione refrigerata (1200xg a 4°C per 30'), eliminando successivamente l'acqua interstiziale come sovranatante.

Il metodo utilizzato è riconducibile al protocollo standard ISO 11348 (2006). In particolare, ai campioni di sedimento centrifugato è stato applicato il protocollo Solid Phase Test (SPT) con la procedura Large Sample Method (Azur Environmental, 1995) organizzato con 9-12 diluizioni e 3 controlli a seconda della granulometria del campione. Il test prevede una prima esposizione di 20 minuti durante i quali i batteri si trovano a diretto contatto con il sedimento ed una seconda fase di ulteriori 10 minuti in cui la risospensione batterica viene incubata nel luminometro.

Poiché il test in fase solida viene effettivamente applicato sulla frazione granulometrica < 1 mm e poiché la componente naturale della tossicità è funzione della frazione pelitica, l'analisi granulometrica è stata necessaria per la valutazione del reale livello di tossicità acuta. L'emissione della bioluminescenza è stata misurata all'interno del luminometro M500, dotato di pozzetti termostatati a 15 °C per i controlli e i campioni, e a 4°C per il reagente. La relazione dose risposta, ovvero concentrazione del campione-inibizione della bioluminescenza, è stata elaborata mediante il software dedicato (Microtox OmniTM v. 1.16).

9.3.2 SAGGIO BIOLOGICO CON PHAEODACTYLUM TRICORNUTUM

In accordo con il protocollo standard US EPA (1991) per l'esecuzione dei saggi in fase liquida, l'elutriato è stato preparato entro 14 giorni dalla data di campionamento. Così come indicato nel protocollo (US EPA 1991), quattro parti di acqua di mare filtrata sono state combinate in peso con una parte di sedimento; dopo agitazione per 1 h a 400 giri/min, la fase liquida è stata raccolta e centrifugata per 20 min a 1200xg.

Sub-campioni di surnatante sono stati congelati e utilizzati nei vari test, in modo da impiegare sempre lo stesso campione nel corso dei vari esperimenti. Il congelamento, infatti, non altera in modo significativo le caratteristiche dei nutrienti (NO₃ e PO₄) della fase liquida (Clementson e Wayte, 1992) e non determina differenze significative

tra la tossicità di campioni di matrici acquose appena estratte o congelate (Carr e Chapman, 1995). Il congelamento è pertanto un passaggio indispensabile per garantire la confrontabilità fra i dati sperimentali, in quanto permette di stoccare adeguatamente i sub-campioni rendendoli disponibili per la ripetizione del saggio in periodi diversi.

La metodica del saggio algale è stata aggiornata nella norma UNI ISO 10253 (2006) che prevede l'utilizzo di *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin, o *Skeletonema costatum*.

Entrambe le alghe possono essere impiegate utilizzando tale protocollo per saggi con elutriati, estratti da sedimento intero, con acqua sovranatante o interstiziale. Per i campioni in esame, il saggio biologico è stato eseguito con *P. tricornutum*.

Il principio del test consiste nell'esporre una coltura algale pura in fase di crescita esponenziale per diverse generazioni a concentrazioni note di campione, in condizioni fisico-chimiche standardizzate e con un definito e omogeneo apporto di nutrienti. Al termine del periodo d'incubazione viene confrontata la crescita algale nel campione con quella del controllo.

Le colture cellulari madri sono state mantenute in opportuno mezzo di crescita con periodici rinnovi per mantenerle nella fase di crescita esponenziale. A partire dalla coltura madre, una precoltura con una densità cellulare compresa tra 2×10^3 e 10^4 cells/ml è stata preparata 2-4 giorni prima dell'inizio del test ed incubata alle stesse condizioni previste per il test.

La densità cellulare raggiunta dalla precoltura è stata poi valutata immediatamente prima dell'utilizzo, per la preparazione della coltura di inoculo a densità cellulare definita.

L'elutriato ottenuto da ciascun campione di sedimento è stato testato tal quale. Un'aliquota della coltura di inoculo è stata quindi addizionata alla soluzione test (elutriato puro) insieme ad una appropriata quantità di mezzo di coltura concentrato.

La soluzione così ottenuta, con una densità cellulare compresa tra 8×10^3 e 1.2×10^4 cells/ml, è stata distribuita in triplice replica in piastre monouso sterili a 6 pozzetti (Environment Canada, 1992) e posta per 72h in camera termostatica a $20 \pm 2^\circ\text{C}$, con regime di illuminazione continua del tipo cool white e con una intensità compresa tra 7.000 e 8.000 lux.

Acqua di mare naturale filtrata, è stata considerata come controllo negativo. In contemporanea, un controllo positivo è stato effettuato utilizzando bicromato di potassio ($K_2Cr_2O_7$) come tossico di riferimento per controllare la procedura e la sensibilità del test.

Al termine del prefissato periodo di incubazione è stata determinata la crescita algale di ogni replicato, attraverso letture al microscopio ottico.

9.3.3 SAGGIO BIOLOGICO CON *ACARTIA TONSA*

Per il saggio biologico con *Acartia tonsa* è stato seguito il protocollo UNICHIM M.U. 2366.

Per l'esecuzione dei saggi in fase liquida l'elutriato è stato preparato entro 10 giorni dalla data di campionamento del sedimento tal quale conservato a 4 °C al buio e a -20 °C quando non saggiato entro le 24 ore.

La preparazione è avvenuta utilizzando quattro parti di acqua di mare filtrata combinate in peso con una parte di sedimento; dopo agitazione per 1 h a 400 giri/min, la fase liquida è stata raccolta e centrifugata per 20 min a 1200g.

Sub-campioni di surnatante sono stati congelati e utilizzati nei vari test, in modo da impiegare sempre lo stesso campione nel corso dei vari esperimenti. Il congelamento, infatti, non altera in modo significativo le caratteristiche dei nutrienti (NO₃ e PO₄) della fase liquida (Clementson e Wayte, 1992) e non determina differenze significative tra la tossicità di campioni di matrici acquose appena estratte o congelate (Carr e Chapman, 1995). Il congelamento è pertanto un passaggio indispensabile per garantire la confrontabilità fra i dati sperimentali, in quanto permette di stoccare adeguatamente i sub-campioni rendendoli disponibili per la ripetizione del saggio in periodi diversi.

Il test di embriotossicità è stato condotto con copepode marino *Acartia tonsa* (reperibile tutto l'anno e particolarmente disponibile in ambiente in marzo/aprile e ottobre/novembre in Alto Adriatico) e la matrice sottoposta alla valutazione ecotossicologica è stata l'elutriato testato tal quale (100%), preparato come già descritto precedentemente.

Gli organismi vengono collocati all'interno di una camera termostata, gli esemplari scelti vengono posti in acquari di vetro contenenti acqua di mare dotati di un sistema di areazione e di filtraggio. Periodicamente vengono controllati temperatura (16 ± 2°C), salinità (33‰ - 36‰), pH (7,8 - 8,2), ammoniaca e nitrati. In questo modo sono mantenuti in condizioni stabili.

La fase vera e propria del test consiste nell'ottenere gli zigoti attraverso l'unione della sospensione spermatica (concentrazione desiderata) con la sospensione di uova in un rapporto spermatozoi: uova di 10:1. Il saggio di embriotossicità viene eseguito esponendo una concentrazione fissa di uova fecondate alla soluzione test in cella termostatica al buio, a 24 ± 2°C per 48h, al fine di garantire che tutti gli zigoti raggiungano lo stadio di larva nel controllo negativo.

Oltre ai campioni e al controllo negativo, viene allestito un controllo positivo con un tossico di riferimento (nitrato di rame) per controllare la sensibilità dell'organismo test. I campioni e il controllo positivo sono allestiti in 3 repliche, il controllo negativo in 6 repliche. Dopo il tempo di esposizione previsto il test viene fermato con fissativo di Lugol ed etanolo. La stima della percentuale di larve normali avviene contando 100 larve. L'effetto tossico del campione viene determinato dalla percentuale di embrioni malformati rispetto a un controllo di acqua di mare applicando la correzione di Abbott (ASTM, 1995). Il test viene considerato valido se la percentuale di larve normo formate nel controllo è superiore all' 80% del totale degli embrioni contati.

La misura dei livelli di concentrazione dell'ammonio è stata eseguita su tutti gli elutriati testati in quanto tale composto potrebbe interferire significativamente con la corretta esecuzione del saggio di embriotossicità: tale ipotesi è attualmente oggetto di indagine in una ricerca congiunta tra ISPRA, ARPA Marche e Università Politecnica delle Marche sui sedimenti del porto di Ancona.

Per ogni campione di elutriato, un'aliquota di 4 mL è stata pretrattata per l'abbattimento dei cloruri, specie chimica che interferisce con l'analisi dell'ammonio, mediante uno specifico kit (Hach-Lange LCW 925) che ne prevede la precipitazione sotto forma di sali di argento, fino ad un massimo di 20000 mg/L con l'utilizzo di una siringa precaricata dei reattivi necessari consente di trattenere il precipitato al suo interno, separandolo dalla soluzione campione.

9.4 CLASSIFICAZIONE DELLA QUALITÀ DEI SEDIMENTI

I risultati analitici ottenuti per i sedimenti sono stati elaborati mediante il software SediQualsoft 109.0®, applicando i criteri di integrazione ponderata che sono stati recepiti dal DM n. 173 del 15 luglio 2016 “Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini”. La successiva integrazione con i risultati ecotossicologici ha permesso di determinare la classificazione della qualità dei sedimenti mediante la procedura descritta nell'allegato tecnico del DM 173/2016.

9.4.1 CLASSI DI PERICOLO CHIMICO

I criteri di integrazione ponderata elaborano un indice di pericolo chimico complessivo basato sul confronto tra le concentrazioni delle sostanze misurate nei sedimenti ed i riferimenti normativi nazionali L1 e L2 (DM 173/2016), che valuta il numero dei contaminanti che eccedono tali riferimenti, la pericolosità di tali parametri, e l'entità dei superamenti misurati. Viene dunque abbandonata la logica del mero superamento del valore tabellare, anche minimo e da parte di un unico parametro, come principio fondamentale per la classificazione chimica.

Tutti i parametri chimici di cui è prevista l'analisi, hanno un “peso” (da 1 a 1.3) a seconda che non siano contemplati dalla Direttiva 2013/39/UE (peso 1), o che al contrario siano inseriti nella lista delle sostanze “prioritarie” (peso 1.1) o in quella delle sostanze “pericolose e prioritarie” (peso 1.3). Il diverso peso assegnato ai vari composti ha lo scopo di conferire una maggiore rilevanza nella classificazione chimica dei sedimenti alla variazione di quegli inquinanti che siano caratterizzati da una più elevata tossicità, tendenza al bioaccumulo e persistenza nell'ambiente (Piva et al., 2011; Benedetti et al., 2012).

L'elaborazione dei dati chimici inizia con il confronto delle concentrazioni misurate per ciascun parametro rispetto ai valori indicati nei riferimenti normativi. In funzione del riferimento, per ciascun parametro chimico analizzato, viene calcolata la variazione rispetto al limite, ovvero il Ratio To Reference (RTR) (equazione 3 del flow-chart di Figura 34); il valore di RTR viene corretto in funzione del “peso” del contaminante per ottenere un valore di RTRw (equazione 4), al fine di enfatizzare l'importanza delle variazioni osservate per i contaminanti più pericolosi. Il calcolo dell'indice di pericolo quantitativo (Hazard

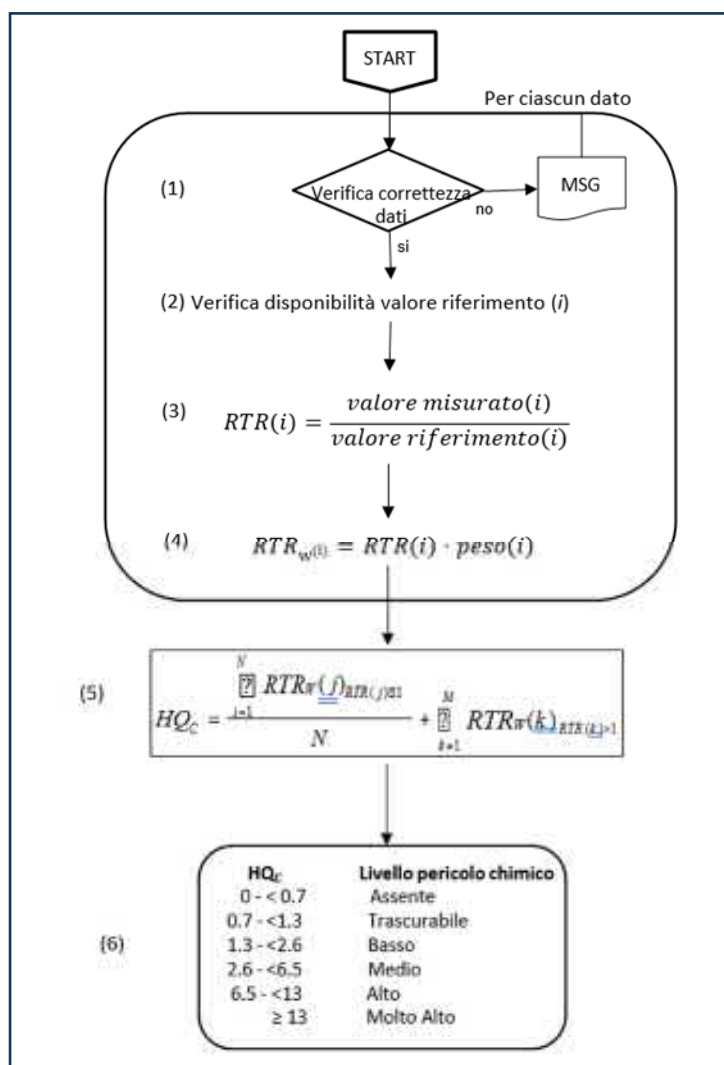


Figura 36. Processo di elaborazione dei dati chimici

Quotient), specifico per la caratterizzazione chimica dei sedimenti (HQC), è ottenuto dalla media di tutti gli RTRw dei parametri con $RTR \leq 1$ (cioè valori inferiori rispetto al limite del riferimento), addizionato con la sommatoria Σ degli RTRw di tutti i contaminanti con $RTR > 1$ (equazione 5), dove N e M sono il numero dei parametri con RTR rispettivamente ≤ 1 o > 1 , mentre j e k sono indici che permettono di ripetere il calcolo per N o M volte (Piva et al., 2011; Benedetti et al., 2012).

L'indice chimico HQC è assegnato ad una classe di pericolo (da assente a molto alto), identificata da un diverso colore: Assente/bianco se $HQC < 0.7$; Trascurabile/verde se $0.7 \geq HQC < 1.3$; Basso/azzurro se $1.3 \geq HQC < 2.6$; Medio/giallo se $2.6 \geq HQC < 6.5$; Alto/rosso se $6.5 \geq HQC < 13$; Molto Alto/nero se $HQC \geq 13$ (equazione 6).

CLASSI DI PERICOLO CHIMICO RISPETTO AI VALORI DI HQc	
HQc	CLASSE DI PERICOLO
0 - < 0.7	ASSENTE
0.7 - < 1.3	TRASCURABILE
1.3 - < 2.6	BASSO
2.6 - < 6.5	MEDIO
6.5 - < 13.0	ALTO
≥ 13.0	MOLTO ALTO

Tabella 21 – Classi di pericolo chimico rispetto ai valori HQc

Di seguito tabelle scaturite dalla elaborazione mediante software SediQualsoft 109.0 del pericolo chimico dei livelli superficiali dei campioni oggetto di caratterizzazione.

Il pericolo chimico è risultato Medio per il livello L1, per superamento di due sostanze (Nichel e Cromo totale) mentre Assente per il livello L2.

Campione	L1	L2	HQ (L1)	Max % contr a HQ (L1)	N. param. non conformi (L1)	HQ (L2)	Max % contr a HQ (L2)	N. param. non conformi (L2)
RPD_01/000_050	MEDIO	ASSENTE	4,03	56.1 - Ni	2	0,18		0
RPD_01/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,53	60.1 - Ni	2	0,2		0
RPD_01/100_200	MEDIO	ASSENTE	4,36	61.2 - Ni	2	0,19		0
RPD_01/200_400	MEDIO	ASSENTE	4,29	62.7 - Ni	2	0,18		0
RPD_02-03/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,76	55.5 - Ni	2	0,17		0
RPD_02-03/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,48	62.9 - Ni	2	0,16		0
RPD_02-03/100_200	ALTO	ASSENTE	9,68	60.8 - Fenantrene	3	0,23		0
RPD_02/200_400	MEDIO	ASSENTE	4,5	62.7 - Ni	2	0,18		0
RPD_03/200_400	MEDIO	ASSENTE	4,16	65.5 - Ni	2	0,18		0
RPD_04-05/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,71	57.3 - Ni	2	0,16		0
RPD_04-05/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,28	61.8 - Ni	2	0,19		0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Campione	L1	L2	HQ (L1)	Max % contr a HQ (L1)	N. param. non conformi (L1)	HQ (L2)	Max % contr a HQ (L2)	N. param. non conformi (L2)
RPD_04-05/100_200	MEDIO	ASSENTE	4,21	60.7 - Ni	2	0,19		0
RPD_04/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,51	66.5 - Ni	2	0,17		0
RPD_05/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,47	64.4 - Ni	2	0,16		0
RPD_06/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,82	56.3 - Ni	2	0,16		0
RPD_06/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,93	65.1 - Ni	2	0,19		0
RPD_06/100_200	MEDIO	ASSENTE	4,38	64.3 - Ni	2	0,2		0
RPD_06/200_400	MEDIO	ASSENTE	4,31	60.9 - Ni	2	0,18		0
RPD_07-08/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,89	55.7 - Ni	2	0,17		0
RPD_07-08/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,99	61.9 - Ni	2	0,18		0
RPD_07-08/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,43	67.2 - Ni	2	0,16		0
RPD_07/200_400	MEDIO	ASSENTE	4,3	60.8 - Ni	2	0,19		0
RPD_08/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,2	62.5 - Ni	2	0,15		0
RPD_09-10/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,9	55.9 - Ni	2	0,17		0
RPD_09-10/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,7	62.8 - Ni	2	0,17		0
RPD_09-10/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,69	63.5 - Ni	2	0,17		0
RPD_09/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,06	62.9 - Ni	2	0,15		0
RPD_10/200_400	BASSO	ASSENTE	1,99	100 - Ni	1	0,15		0
RPD_11-12/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,91	55.3 - Ni	2	0,17		0
RPD_11-12/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,69	62.9 - Ni	2	0,17		0
RPD_11-12/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,89	62.2 - Ni	2	0,18		0
RPD_11/200_400	BASSO	ASSENTE	1,93	100 - Ni	1	0,15		0
RPD_12/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,16	62.9 - Ni	2	0,15		0
RPD_13-14/000_050	MEDIO	ASSENTE	4,06	56.2 - Ni	2	0,17		0
RPD_13-14/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,75	61.9 - Ni	2	0,17		0
RPD_13-14/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,84	62.9 - Ni	2	0,18		0
RPD_13/200_400	MEDIO	ASSENTE	4	61.4 - Ni	2	0,18		0
RPD_14/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,21	62.4 - Ni	2	0,14		0
RPD_15-16/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,43	61.5 - Ni	2	0,17		0
RPD_15-16/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,73	62.6 - Ni	2	0,18		0
RPD_15-16/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,71	61.6 - Ni	2	0,17		0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Campione	L1	L2	HQ (L1)	Max % contr a HQ (L1)	N. param. non conformi (L1)	HQ (L2)	Max % contr a HQ (L2)	N. param. non conformi (L2)
RPD_15/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,09	63.2 - Ni	2	0,15		0
RPD_16/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,29	62.8 - Ni	2	0,16		0
RPD_17-18/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,11	61.2 - Ni	2	0,15		0
RPD_17-18/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,74	61.9 - Ni	2	0,17		0
RPD_17-18/100_200	MEDIO	ASSENTE	4,4	58.7 - Ni	2	0,19		0
RPD_17/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,47	60.8 - Ni	2	0,16		0
RPD_17/400_600	MEDIO	ASSENTE	3,61	60 - Ni	2	0,17		0
RPD_18/200_400	BASSO	ASSENTE	1,95	100 - Ni	1	0,14		0
RPD_18/400_600	MEDIO	ASSENTE	3,36	62.9 - Ni	2	0,15		0
RPD_19/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,77	59.5 - Ni	2	0,2		0
RPD_19/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,09	65.9 - Ni	2	0,19		0
RPD_19/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,89	63.7 - Ni	2	0,19		0
RPD_19/200_400	MEDIO	ASSENTE	2,93	63.5 - Ni	2	0,14		0
RPD_19/400_600	MEDIO	ASSENTE	3,7	62.2 - Ni	2	0,16		0
RPD_20-21/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,41	60.7 - Ni	2	0,15		0
RPD_20-21/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,89	59.7 - Ni	2	0,17		0
RPD_20-21/100_200	MEDIO	ASSENTE	4,15	59.6 - Ni	2	0,19		0
RPD_20/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,9	63.6 - Ni	2	0,18		0
RPD_21/200_400	MEDIO	ASSENTE	4,45	61.7 - Ni	2	0,19		0
RPD_22-23/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,58	59.3 - Ni	2	0,17		0
RPD_22-23/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,09	58.8 - Ni	2	0,18		0
RPD_22-23/100_200	MEDIO	ASSENTE	4,35	57.8 - Ni	2	0,19		0
RPD_22/200_400	MEDIO	ASSENTE	4,16	62.4 - Ni	2	0,18		0
RPD_23/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,17	62.2 - Ni	2	0,15		0
RPD_23/400_600	MEDIO	ASSENTE	3,83	62.2 - Ni	2	0,18		0
RPD_24-25/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,85	59.1 - Ni	2	0,18		0
RPD_24-25/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,19	58 - Ni	2	0,19		0
RPD_24-25/100_200	MEDIO	ASSENTE	4,03	60.6 - Ni	2	0,18		0
RPD_24/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,39	62.3 - Ni	2	0,16		0
RPD_24/400_600	MEDIO	ASSENTE	4,2	59.9 - Ni	2	0,18		0
RPD_25/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,49	63.1 - Ni	2	0,17		0
RPD_25/400_600	MEDIO	ASSENTE	3,6	63.7 - Ni	2	0,18		0
RPD_26/000_050	MEDIO	ASSENTE	4,24	55.5 - Ni	2	0,21		0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Campione	L1	L2	HQ (L1)	Max % contr a HQ (L1)	N. param. non conformi (L1)	HQ (L2)	Max % contr a HQ (L2)	N. param. non conformi (L2)
RPD_26/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,09	58.2 - Ni	2	0,19		0
RPD_26/100_200	MEDIO	ASSENTE	4,4	56.6 - Ni	2	0,21		0
RPD_26/200_400	BASSO	ASSENTE	1,95	100 - Ni	1	0,14		0
RPD_26/400_600	MEDIO	ASSENTE	3,57	62.5 - Ni	2	0,17		0
RPD_27-28/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,65	59.4 - Ni	2	0,16		0
RPD_27-28/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,28	57.9 - Ni	2	0,19		0
RPD_27-28/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,94	60.2 - Ni	2	0,18		0
RPD_27/200_400	MEDIO	TRASCURABILE	4,68	61.4 - Ni	2	1,25	100 - Ni	1
RPD_28/200_400	MEDIO	ASSENTE	4,5	60.6 - Ni	2	0,2		0
RPD_29-30/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,28	60.8 - Ni	2	0,16		0
RPD_29-30/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,19	59.6 - Ni	2	0,18		0
RPD_29-30/100_200	MEDIO	ASSENTE	4,13	59.6 - Ni	2	0,19		0
RPD_29/200_400	MEDIO	ASSENTE	4,51	59.3 - Ni	2	0,19		0
RPD_30/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,32	64.5 - Ni	2	0,16		0
RPD_30/400_600	MEDIO	ASSENTE	3,6	64.2 - Ni	2	0,18		0
RPD_31/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,55	59 - Ni	2	0,18		0
RPD_31/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,14	59.5 - Ni	2	0,19		0
RPD_31/100_200	MEDIO	ASSENTE	4,7	57.2 - Ni	2	0,21		0
RPD_31/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,39	59 - Ni	2	0,16		0
RPD_31/400_600	MEDIO	ASSENTE	4,09	60.3 - Ni	2	0,18		0
RPD_32-33/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,85	54.2 - Ni	2	0,17		0
RPD_32-33/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,35	59.9 - Ni	2	0,19		0
RPD_32/100_200	MEDIO	ASSENTE	4,49	57.3 - Ni	2	0,19		0
RPD_32/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,83	63.5 - Ni	2	0,17		0
RPD_33/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,35	62.6 - Ni	2	0,15		0
RPD_33/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,23	62.5 - Ni	2	0,14		0
RPD_34/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,39	57.6 - Ni	2	0,14		0
RPD_34/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,22	58.1 - Ni	2	0,19		0
RPD_34/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,4	61.4 - Ni	2	0,15		0
RPD_34/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,09	64.7 - Ni	2	0,14		0
RPD_35-36/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,72	56.3 - Ni	2	0,17		0
RPD_35-36/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,23	58.4 - Ni	2	0,19		0
RPD_35-36/100_200	MEDIO	ASSENTE	4,18	59.7 - Ni	2	0,19		0
RPD_35/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,57	62.5 - Ni	2	0,17		0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Campione	L1	L2	HQ (L1)	Max % contr a HQ (L1)	N. param. non conformi (L1)	HQ (L2)	Max % contr a HQ (L2)	N. param. non conformi (L2)
RPD_36/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,92	62.3 - Ni	2	0,17		0
RPD_37-38/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,43	57.4 - Ni	2	0,15		0
RPD_37-38/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,75	61.1 - Ni	2	0,16		0
RPD_37-38/100_200	MEDIO	ASSENTE	4,31	61.5 - Ni	2	0,2		0
RPD_37/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,58	60 - Ni	2	0,17		0
RPD_37/400_600	MEDIO	ASSENTE	4,6	59.4 - Ni	2	0,19		0
RPD_38/200_400	MEDIO	ASSENTE	4,02	61.2 - Ni	2	0,17		0
RPD_38/400_600	MEDIO	ASSENTE	3,79	60.4 - Ni	2	0,17		0
RPD_39-40/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,47	58.4 - Ni	2	0,16		0
RPD_39-40/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,41	57.7 - Ni	2	0,19		0
RPD_39/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,54	63.4 - Ni	2	0,16		0
RPD_39/200_400	MEDIO	ASSENTE	4,04	62.4 - Ni	2	0,17		0
RPD_40/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,25	63.1 - Ni	2	0,15		0
RPD_40/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,57	62.9 - Ni	2	0,17		0
RPD_41-42/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,7	58.6 - Ni	2	0,19		0
RPD_41-42/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,39	58.1 - Ni	2	0,19		0
RPD_41/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,12	63.8 - Ni	2	0,14		0
RPD_41/200_400	MEDIO	ASSENTE	4,05	62.9 - Ni	2	0,18		0
RPD_42/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,66	62.2 - Ni	2	0,17		0
RPD_42/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,75	61.1 - Ni	2	0,16		0
RPD_43/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,62	56.4 - Ni	2	0,16		0
RPD_43/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,12	58.7 - Ni	2	0,18		0
RPD_43/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,96	59.2 - Ni	2	0,17		0
RPD_43/200_400	MEDIO	ASSENTE	4,17	62.5 - Ni	2	0,18		0
RPD_44-45/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,7	56.6 - Ni	2	0,18		0
RPD_44-45/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,22	58.2 - Ni	2	0,19		0
RPD_44/100_200	MEDIO	ASSENTE	4,06	59.8 - Ni	2	0,18		0
RPD_44/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,85	62.6 - Ni	2	0,17		0
RPD_45/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,84	62.6 - Ni	2	0,17		0
RPD_45/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,83	63.1 - Ni	2	0,16		0
RPD_46-47/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,97	56.2 - Ni	2	0,18		0
RPD_46-47/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,18	59.9 - Ni	2	0,19		0
RPD_46/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,85	62.6 - Ni	2	0,17		0
RPD_46/200_400	MEDIO	ASSENTE	4,16	59.9 - Ni	2	0,18		0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Campione	L1	L2	HQ (L1)	Max % contr a HQ (L1)	N. param. non conformi (L1)	HQ (L2)	Max % contr a HQ (L2)	N. param. non conformi (L2)
RPD_47/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,34	63.2 - Ni	2	0,15		0
RPD_47/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,58	63.9 - Ni	2	0,16		0
RPD_48/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,67	56.4 - Ni	2	0,17		0
RPD_48/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,05	58.1 - Ni	2	0,18		0
RPD_48/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,44	62.3 - Ni	2	0,15		0
RPD_48/200_400	MEDIO	ASSENTE	4,14	63.8 - Ni	2	0,17		0
RPD_49-50/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,9	55.3 - Ni	2	0,18		0
RPD_49/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,22	63.5 - Ni	2	0,15		0
RPD_49/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,24	63.3 - Ni	2	0,14		0
RPD_50/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,19	63.6 - Ni	2	0,13		0
RPD_50/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,66	62.1 - Ni	2	0,17		0
RPD_50/200_400	MEDIO	ASSENTE	4,18	62.4 - Ni	2	0,17		0
RPD_51-52/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,42	60.5 - Ni	2	0,16		0
RPD_51-52/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,35	59.8 - Ni	2	0,2		0
RPD_51/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,94	59.3 - Ni	2	0,17		0
RPD_51/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,75	61.8 - Ni	2	0,16		0
RPD_52/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,55	59.9 - Ni	2	0,16		0
RPD_52/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,73	61.9 - Ni	2	0,17		0
RPD_53/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,46	61.6 - Ni	2	0,16		0
RPD_53/050_100	MEDIO	ASSENTE	4,06	64.3 - Ni	2	0,18		0
RPD_53/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,53	61.8 - Ni	2	0,16		0
RPD_53/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,88	61.7 - Ni	2	0,17		0
RPD_54-55/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,39	59.2 - Ni	2	0,16		0
RPD_54/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,57	61.7 - Ni	2	0,17		0
RPD_54/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,56	62.1 - Ni	2	0,15		0
RPD_55/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,61	62.5 - Ni	2	0,15		0
RPD_55/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,6	62 - Ni	2	0,17		0
RPD_56-57/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,55	60.4 - Ni	2	0,17		0
RPD_56/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,7	62.5 - Ni	2	0,17		0
RPD_56/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,81	58.3 - Ni	2	0,17		0
RPD_57/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,69	59.1 - Ni	2	0,17		0
RPD_57/100_200	MEDIO	ASSENTE	4,01	59.5 - Ni	2	0,17		0
RPD_57/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,85	59.3 - Ni	2	0,18		0
RPD_58/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,31	59.9 - Ni	2	0,16		0
RPD_58/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,53	61 - Ni	2	0,16		0
RPD_58/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,78	59.4 - Ni	2	0,17		0
RPD_58/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,84	59 - Ni	2	0,18		0
RPD_59-60/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,2	61.9 - Ni	2	0,16		0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Campione	L1	L2	HQ (L1)	Max % contr a HQ (L1)	N. param. non conformi (L1)	HQ (L2)	Max % contr a HQ (L2)	N. param. non conformi (L2)
RPD_59/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,82	59.1 - Ni	2	0,16		0
RPD_59/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,79	58.9 - Ni	2	0,18		0
RPD_60/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,79	60.7 - Ni	2	0,17		0
RPD_60/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,69	59.5 - Ni	2	0,17		0
RPD_61-62/000_050	MEDIO	ASSENTE	4,75	42.4 - Ni	3	0,17		0
RPD_61/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,68	65.4 - Ni	2	0,16		0
RPD_61/100_200	BASSO	ASSENTE	1,94	100 - Ni	1	0,14		0
RPD_62/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,63	60.3 - Ni	2	0,16		0
RPD_62/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,54	61.4 - Ni	2	0,16		0
RPD_63/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,47	59.9 - Ni	2	0,17		0
RPD_63/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,27	62.3 - Ni	2	0,15		0
RPD_63/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,41	63.1 - Ni	2	0,16		0
RPD_64-65/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,76	58.5 - Ni	2	0,18		0
RPD_64/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,39	63.5 - Ni	2	0,16		0
RPD_64/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,24	63 - Ni	2	0,15		0
RPD_65/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,6	61.1 - Ni	2	0,16		0
RPD_65/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,85	59.7 - Ni	2	0,17		0
RPD_66-67/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,3	61.2 - Ni	2	0,17		0
RPD_66/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,66	63.2 - Ni	2	0,17		0
RPD_66/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,4	64.7 - Ni	2	0,16		0
RPD_67/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,35	63 - Ni	2	0,15		0
RPD_67/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,52	61.7 - Ni	2	0,17		0
RPD_68/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,79	59.8 - Ni	2	0,19		0
RPD_68/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,83	60.8 - Ni	2	0,16		0
RPD_68/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,46	62.3 - Ni	2	0,16		0
C09/000_050	BASSO	ASSENTE	1,9	100 - Ni	1	0,14		0
C09/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,47	62.3 - Ni	2	0,17		0
C09/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,51	59.9 - Ni	2	0,16		0
C09/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,81	59.7 - Ni	2	0,18		0
C10/000_050	MEDIO	ASSENTE	2,96	61.4 - Ni	2	0,15		0
C10/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,53	56.5 - Ni	2	0,16		0
C10/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,53	59.1 - Ni	2	0,16		0
C10/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,61	57.9 - Ni	2	0,17		0
C11/000_050	BASSO	ASSENTE	1,88	100 - Ni	1	0,14		0
C11/050_100	BASSO	ASSENTE	1,74	100 - Ni	1	0,12		0
C11/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,07	64.6 - Ni	2	0,14		0
C11/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,03	64.7 - Ni	2	0,14		0
C12/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,43	59.5 - Ni	2	0,16		0
C12/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,61	59.6 - Ni	2	0,18		0
C12/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,36	61.3 - Ni	2	0,16		0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Campione	L1	L2	HQ (L1)	Max % contr a HQ (L1)	N. param. non conformi (L1)	HQ (L2)	Max % contr a HQ (L2)	N. param. non conformi (L2)
C12/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,85	59.7 - Ni	2	0,18		0
C13/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,57	59.9 - Ni	2	0,17		0
C13/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,67	60.6 - Ni	2	0,17		0
C13/100_200	MEDIO	ASSENTE	4	59.7 - Ni	2	0,18		0
C13/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,76	58.5 - Ni	2	0,18		0
C13/400_600	MEDIO	ASSENTE	3,76	59.3 - Ni	2	0,18		0
C14/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,09	62.1 - Ni	2	0,14		0
C14/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,21	62.7 - Ni	2	0,15		0
C14/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,02	63.1 - Ni	2	0,15		0
C14/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,07	63 - Ni	2	0,15		0
C14/400_600	MEDIO	ASSENTE	3,5	62.3 - Ni	2	0,17		0
C15/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,06	62.5 - Ni	2	0,14		0
C15/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,07	63.8 - Ni	2	0,14		0
C15/100_200	BASSO	ASSENTE	1,96	100 - Ni	1	0,14		0
C15/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,16	63.5 - Ni	2	0,15		0
C15/400_600	MEDIO	ASSENTE	3,57	63.7 - Ni	2	0,17		0
C16/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,34	63.8 - Ni	2	0,15		0
C16/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,01	62.9 - Ni	2	0,14		0
C16/100_200	MEDIO	ASSENTE	2,88	62.7 - Ni	2	0,14		0
C16/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,24	63.6 - Ni	2	0,16		0
C16/400_600	MEDIO	ASSENTE	3,76	61.8 - Ni	2	0,16		0
C17/000_050	BASSO	ASSENTE	2	100 - Ni	1	0,14		0
C17/050_100	BASSO	ASSENTE	1,65	100 - Ni	1	0,12		0
C17/100_200	BASSO	ASSENTE	1,93	100 - Ni	1	0,14		0
C17/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,21	62.9 - Ni	2	0,15		0
C17/400_600	MEDIO	BASSO	6,06	67.3 - Ni	2	1,74	100 - Ni	1
C18/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,67	60.1 - Ni	2	0,16		0
C18/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,24	61.5 - Ni	2	0,16		0
C18/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,32	61.5 - Ni	2	0,15		0
C18/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,59	60.7 - Ni	2	0,17		0
C18/400_600	MEDIO	ASSENTE	3,96	58.8 - Ni	2	0,18		0
C19/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,39	61 - Ni	2	0,16		0
C19/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,38	61.5 - Ni	2	0,16		0
C19/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,49	59.6 - Ni	2	0,16		0
C19/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,89	60.4 - Ni	2	0,17		0
C19/400_600	MEDIO	ASSENTE	3,79	60.9 - Ni	2	0,17		0
C20/000_050	MEDIO	ASSENTE	4,05	58.6 - Ni	2	0,19		0
C20/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,73	59.4 - Ni	2	0,17		0
C20/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,54	64.5 - Ni	2	0,16		0
C21/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,35	60.2 - Ni	2	0,15		0
C21/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,37	63.3 - Ni	2	0,16		0
C21/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,51	63.1 - Ni	2	0,16		0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Campione	L1	L2	HQ (L1)	Max % contr a HQ (L1)	N. param. non conformi (L1)	HQ (L2)	Max % contr a HQ (L2)	N. param. non conformi (L2)
C22/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,23	62.2 - Ni	2	0,16		0
C22/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,23	62.3 - Ni	2	0,16		0
C22/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,33	62.2 - Ni	2	0,15		0
C23/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,41	62.3 - Ni	2	0,17		0
C23/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,31	64.3 - Ni	2	0,16		0
C23/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,3	61.9 - Ni	2	0,15		0
C24/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,32	60 - Ni	2	0,16		0
C24/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,85	60.1 - Ni	2	0,18		0
C24/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,37	61.6 - Ni	2	0,15		0
C24/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,97	59.3 - Ni	2	0,19		0
C25/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,73	61 - Ni	2	0,18		0
C25/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,6	59.6 - Ni	2	0,17		0
C25/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,55	58.8 - Ni	2	0,16		0
C25/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,5	60.5 - Ni	2	0,16		0
C26/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,4	58.8 - Ni	2	0,16		0
C26/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,18	63.8 - Ni	2	0,15		0
C26/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,05	64.8 - Ni	2	0,15		0
C26/200_400	MEDIO	ASSENTE	2,95	63.2 - Ni	2	0,13		0
C27/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,16	62.3 - Ni	2	0,14		0
C27/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,14	63.4 - Ni	2	0,14		0
C27/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,34	61.7 - Ni	2	0,16		0
C27/200_400	MEDIO	ASSENTE	3,05	62.3 - Ni	2	0,14		0
C28/000_050	BASSO	ASSENTE	1,9	100 - Ni	1	0,13		0
C28/050_100	MEDIO	ASSENTE	3,25	61.3 - Ni	2	0,15		0
C28/100_200	MEDIO	ASSENTE	3,44	62.3 - Ni	2	0,16		0
C28/200_400	BASSO	ASSENTE	1,99	100 - Ni	1	0,13		0

Tabella 22 – Elaborazione Sediqualsoft109.0 del rischio chimico L1/L2 dei campioni



Figura 37. Elaborazione Sediqualsoft109.0 del rischio chimico L1/L2 dei campioni

Nelle immagini successive sono stati riportati i dati scaturiti dalla elaborazione mediante software SediQualSoft 109.0 del pericolo chimico di tutti i campioni (livelli superficiali & livelli profondi) delle aree oggetto di caratterizzazione.

The screenshot shows the 'Compare' tool interface. It features two side-by-side comparison panels for 'L3 (D Lgs. 173/16)'. Each panel displays a 'Coforte medio' (Average) and a 'Coforte medio' (Average) with a corresponding donut chart. The left panel shows a 'Coforte medio' of 4.34 and a 'Coforte medio' of 4.34. The right panel shows a 'Coforte medio' of 4.34 and a 'Coforte medio' of 4.34. Below the charts, there are tables of data for 'L3 (D Lgs. 173/16)'.

Max % (Lgs. 173/16)	Max % (Lgs. 173/16)
4.34	4.34
4.34	4.34
4.34	4.34
4.34	4.34
4.34	4.34

[illegible]

Pagina 107 di 376

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Figura 40. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_01/100_200



Figura 41. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_01/200_400



Figura 42. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_02-03/000_050



Figura 43. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_02-03/050_100



Figura 44. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_02-03/100_200



Figura 45. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_02/200_400

[illegible]

Pagina 111 di 376



Figura 48. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_04-05/050_100



Figura 49. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_04-05/100_200



Figura 50. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_04/200_400



Figura 51. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_05/200_400

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 52. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_06/000_050



Figura 53. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_06/050_100



Figura 54. Elaborazione del rischio chimico campione RPD 06/100 200



Figura 56. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_06/200_400



Figura 57. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_07-08/000_050



Figura 58. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_07-08/050_100

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 59. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_07-08/100_200



Figura 60. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_07/200_400

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 61. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_08/200_400



Figura 62. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_09-10/000_050



Figura 63. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_09-10/050_100



Figura 64. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_09-10/100_200



Figura 65. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_09/200_400



Figura 66. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_10/200_400



Figura 67. Elaborazione del rischio chimico campione RPD 11-12/000 050



Figura 68. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_11-12/050_100



Figura 69. Elaborazione del rischio chimico campione RPD 11-12/100 200



Figura 70. Elaborazione del rischio chimico campione RPD 11/200 400

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 71. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_12/200_400



Figura 72. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_13-14/000_050



Figura 73. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_13-14/050_100



Figura 74. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_13-14/100_200



Figura 75. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_13/200_400



Figura 76. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_14/200_400



Figura 77. Elaborazione del rischio chimico campione RPD 15-16/000 050



Figura 78. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_15-16/050_100



Figura 79. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_15-16/100_200



Figura 80. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_15/200_400

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 81. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_16/200_400



Figura 82. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_17-18/000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 83. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_17-18/050_100



Figura 84. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_17-18/100_200



Figura 85. Elaborazione del rischio chimico campione RPD 17/200 400



Figura 86. Elaborazione del rischio chimico campione RPD 17/400 600



Figura 87. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_18/200_400



Figura 88. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_18/400_600



Figura 89. Elaborazione del rischio chimico campione RPD 19/000 050



Figura 90. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_19/050_100



Figura 91. Elaborazione del rischio chimico campione RPD 19/100 200



Figura 92. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_19/200_400



Figura 93. Elaborazione del rischio chimico campione RPD 19/400 600



Figura 94. Elaborazione del rischio chimico campione RPD 20-21/000_050



Figura 95. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_20-21/050_100



Figura 96. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_20-21/100_200

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 97. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_20/200_400



Figura 98. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_21/200_400



Figura 99. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_22-23/000_050



Figura 100. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_22-23/050_100

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 101. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_22-23/100_200



Figura 102. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_22/200_400

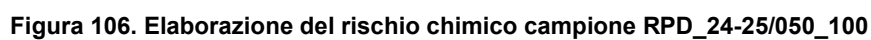


Figura 103. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_23/200_400



Figura 104. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_23/400_600

Figura 105. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_24-25/000_050



[illegible]

Pagina 141 di 376



Figura 109. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_24/400_600



Figura 110. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_25/200_400

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 111. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_25/400_600



Figura 112. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_26/000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 113. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_26/050_100



Figura 114. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_26/100_200



Figura 55. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_26/200_400



Figura 116. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_26/400_600



Figura 56. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_27-28/000_050



Figura 57. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_27-28/050_100

The screenshot displays the 'Campi' application interface. At the top, there are two main data cards: 'Campi connessi' (Connected Fields) and 'Campi non connessi' (Disconnected Fields). Each card shows a 'Data' section with a bar chart and a donut chart. The 'Campi connessi' card indicates 173/180 data points, while the 'Campi non connessi' card indicates 104/180. Below the cards is a table with columns for various metrics and a 'Seleziona' button.

Colonna	Valore	Unità	Stato	Seleziona
Campio	173/180		Connesso	Seleziona
Campio	104/180		Non Connesso	Seleziona

[illegible]

Pagina 147 di 376

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 60. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_28/200_400



Figura 61. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_29-30/000_050



Figura 62. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_29-30/050_100



Figura 63. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_29-30/100_200

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 64. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_29/200_400



Figura 65. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_30/200_400

[illegible]

Pagina 151 di 376



Figura 68. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_31/050_100



Figura 69. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_31/100_200

Pagina 153 di 376



Figura 72. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_32-33/000_050



Figura 73. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_32-33/050_100



Figura 74. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_32/100_200



Figura 75. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_32/200_400



Figura 76. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_33/100_200



Figura 77. Elaborazione del rischio chimico campione RPD 33/200 400



Figura 78. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_34/000_050



Figura 79. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_34/050_100



Figura 80. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_34/100_200



Figura 81. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_34/200_400

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 82. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_35-36/000_050



Figura 83. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_35-36/050_100

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 84. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_35-36/100_200



Figura 85. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_35/200_400



Figura 86. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_36/200_400



Figura 87. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_37-38/000_050



Figura 90. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_37/200_400



Figura 91. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_37/400_600



Figura 92. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_38/200_400



Figura 93. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_38/400_600

[illegible][illegible]

Pagina 165 di 376



Figura 96. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_39/100_200



Figura 97. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_39/200_400

[illegible][illegible]

Pagina 167 di 376



Figura 100. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_41-42/050_100



Figura 101. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_41/100_200

The screenshot displays the 'Compendio' (Summary) page of a software interface. The top navigation bar includes 'Compendio', 'Atti', and 'Riepilogo'. The main content area is split into two columns. The left column, under the heading 'Dati generali', shows '1.1 (D) Lgs. 173/16' and a circular gauge chart with a yellow needle pointing to '100%'. The right column, under the heading 'Note', shows '1.2 (D) Lgs. 173/16' and a similar circular gauge chart. Below these, there is a table with columns for 'Dati generali', 'Atti', and 'Riepilogo'. The table contains data for '1.1 (D) Lgs. 173/16' and '1.2 (D) Lgs. 173/16'.

Pagina 169 di 376

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 104. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_42/200_400



Figura 105. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_43/000_050

The screenshot displays the 'Compendio' (Summary) page of the software. It features two main sections, one for 'Sistema 1' and one for 'Sistema 2'. Each section contains a circular gauge chart and a table of data. The 'Sistema 1' gauge is yellow, indicating a 'Buono' (Good) status, while the 'Sistema 2' gauge is red, indicating a 'Pessimo' (Poor) status. The page also includes a table of data for each system, showing various parameters like 'CPU', 'RAM', and 'Disco'.

[illegible]

Pagina 171 di 376

Campione
HPT_12000_000

Controparametro
RFD_43

Dato
1.8 (p. 173/16)

Note
Lotto parentale standard non completo (Tabella 2-A, Allegato Tecnico)

Lotto parentale standard
1.8

Lotto parentale standard
1.2 (p. 173/16)

Pagina 172 di 376

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Figura 58. Elaborazione del rischio chimico campione RPD 44-45/050 100



Pagina 174 di 376



Figura 61. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_45/100_200



Figura 108. Elaborazione del rischio chimico campione RPD 45/200 400



Figura 62. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_46-47/000_050



Figura 63. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_46-47/050_100



Figura 64. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_46/100_200



Figura 109. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_46/200_400



Figura 65. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_47/100_200



Figura 66. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_47/200_400

[illegible][illegible]

Pagina 179 di 376

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 69. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_48/100_200



Figura 70. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_48/200_400

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 72. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_49-50/000_050



Figura 110. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_49/050_100

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 111. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_49/100_200



Figura 112. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_50/050_100



Figura 113. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_50/100_200



Figura 114. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_50/200_400



Figura 115. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_51-52/000_050



Figura 116. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_51-52/050_100

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Figura 117. Elaborazione del rischio chimico campione RPD 51/100 200



Figura 118. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_51/200_400

[illegible]

Pagina 186 di 376



Figura 121. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_53/000_050



Figura 122. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_53/050_100

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 123. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_53/100_200



Figura 124. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_53/200_400



Figura 125. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_54-55/000_050



Figura 126. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_54/050_100

Pagina 190 di 376



Figura 128. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_55/100_200



Figura 57. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_56-57/000_050



Figura 58. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_56/050_100



Figura 59. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_56/100_200



Figura 60. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_57/050_100



Figura 129. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_57/100_200



Figura 61. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_57/200_400



Figura 62. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_58/000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 63. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_58/050_100



Figura 64. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_58/100_200

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 65. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_58/200_400



Figura 66. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_59-60/000_050

Campione
RPO_09_00

Comparamento
RPO_09

Parametri
RPO_09

Note
Nota: parametri stimati non completi (Tabella 2-4, Allegato tecnico)

Parametro	Valore	Unità
HQ	0.00	
Area % con A-HQ	94.16	%
N. picchi non identificati	2	
N. picchi con identificazione	24	
N. picchi stimati	0	

[illegible]

Pagina 197 di 376

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 69. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_60/050_100



Figura 70. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_60/100_200



Figura 72. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_61-62/000_050



Figura 73. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_61/050_100



Figura 74. Elaborazione del rischio chimico campione RPD 61/100 200



Figura 75. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_62/050_100

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 76. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_62/100_200



Figura 77. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_63/000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 78. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_63/050_100



Figura 79. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_63/100_200

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 82. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_64-65/000_050



Figura 83. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_64/050_100



Figura 84. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_64/100_200



Figura 85. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_65/050_100

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 86. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_65/100_200



Figura 88. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_18/400_600



Figura 89. Elaborazione del rischio chimico campione RPD 66-67/000 050



Figura 90. Elaborazione del rischio chimico campione RPD 66/050 100

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 91. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_66/100_200



Figura 92. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_67/050_100

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 93. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_67/100_200



Figura 94. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_68/000_050



Figura 95. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_68/050_100



Figura 96. Elaborazione del rischio chimico campione RPD_68/100_200

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 130. Elaborazione del rischio chimico campione C9/000_050



Figura 131. Elaborazione del rischio chimico campione C9/050_100



Figura 132. Elaborazione del rischio chimico campione C9/100_200



Figura 133. Elaborazione del rischio chimico campione C9/200_400



Figura 134. Elaborazione del rischio chimico campione C10/000_050



Figura 135. Elaborazione del rischio chimico campione C10/050_100

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Figura 136. Elaborazione del rischio chimico campione C10/100_200



Figura 137. Elaborazione del rischio chimico campione C10/200_400



Figura 138. Elaborazione del rischio chimico campione C11/000_050



Figura 139. Elaborazione del rischio chimico campione C11/050_100



Figura 140. Elaborazione del rischio chimico campione C11/100_200



Figura 141. Elaborazione del rischio chimico campione C11/200_400

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 142. Elaborazione del rischio chimico campione C12/000_050



Figura 143. Elaborazione del rischio chimico campione C12/050_100



Figura 144. Elaborazione del rischio chimico campione C12/100_200



Figura 145. Elaborazione del rischio chimico campione C12/200_400



Figura 99. Elaborazione del rischio chimico campione C13/000_050



Figura 100. Elaborazione del rischio chimico campione C13/050_100



Figura 101. Elaborazione del rischio chimico campione C13/100_200



Figura 102. Elaborazione del rischio chimico campione C13/200_400

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 103. Elaborazione del rischio chimico campione C13/400_600



Figura 105. Elaborazione del rischio chimico campione C14/000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 106. Elaborazione del rischio chimico campione C14/050_100



Figura 107. Elaborazione del rischio chimico campione C14/100_200

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 108. Elaborazione del rischio chimico campione C14/200_400



Figura 109. Elaborazione del rischio chimico campione C14/400_600



Figura 110. Elaborazione del rischio chimico campione C15/000_050



Figura 111. Elaborazione del rischio chimico campione C15/050_100

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 114. Elaborazione del rischio chimico campione C15/100_200



Figura 146. Elaborazione del rischio chimico campione C15/200_400

Campione
C15488_000

Gestione
C15

Map
Visualizza mappa

Parametri
C15

Nota
Lista parametri standard non completa (Tabella 2.4, Allegato tecnico)

L1 (Classe: 15306)

Livello parametro chimico: BASSO

Livello parametro fisico: ALTO

Parametro	Valore
HC	0,07
Max % carb. a HC	10,75 - 16
N. partic. non combust.	0
N. partic. con combust.	34
N. partic. assorbiti	43

Parametro	Valore
HC	0,17
Max % carb. a HC	9%
N. partic. non combust.	0
N. partic. con combust.	30
N. partic. assorbiti	40

Tabella **Classe** **Visualizza**

Campione	Classe	Parametri	Max % carb. a HC	N. partic. non combust.	N. partic. con combust.	N. partic. assorbiti	HC	Max % carb. a HC	N. partic. non combust.	N. partic. con combust.	N. partic. assorbiti	HC
C15488_000	C15	15306	10,75 - 16	0	34	43	0,07	10,75 - 16	0	34	43	0,07

Showing 1 of 1 items

The figure displays two screenshots of a software interface. The left screenshot, titled 'Campione', shows a sample ID '110446_17/10' and a completion status of 100%. It includes a circular progress chart and a table with columns for 'Campione' and 'Nota'. The right screenshot, titled 'Nota', shows a note ID '120446_17/10' and a completion status of 100%. It also includes a circular progress chart and a table with columns for 'Campione' and 'Nota'.

Pagina 225 di 376

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Figura 148. Elaborazione del rischio chimico campione C16/050_100



Figura 149. Elaborazione del rischio chimico campione C16/100_200



Figura 150. Elaborazione del rischio chimico campione C16/200_400



Figura 103. Elaborazione del rischio chimico campione C16/400_600

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 151. Elaborazione del rischio chimico campione C17/000_050

Pagina 229 di 376



Figura 154. Elaborazione del rischio chimico campione C17/200_400



Figura 103. Elaborazione del rischio chimico campione C17/400_600

The figure displays two dashboards comparing the performance of two campaigns, 'Campagna_10' and 'Campagna_11'. Each dashboard includes a bar chart for 'Letti disponibili' (available beds) and a donut chart for 'Letti occupati' (occupied beds). The 'Campagna_10' dashboard shows 1.115 occupied beds (73.11%), while the 'Campagna_11' dashboard shows 1.2 occupied beds (73.71%).

Pagina 231 di 376



Figura 157. Elaborazione del rischio chimico campione C18/100_200



Figura 158. Elaborazione del rischio chimico campione C18/200_400



Figura 103. Elaborazione del rischio chimico campione C18/400_600



Figura 159. Elaborazione del rischio chimico campione C19/000_050



Figura 160. Elaborazione del rischio chimico campione C19/050_100



Figura 161. Elaborazione del rischio chimico campione C19/100_200



Figura 162. Elaborazione del rischio chimico campione C19 /200_400



Figura 103. Elaborazione del rischio chimico campione C19/400_600

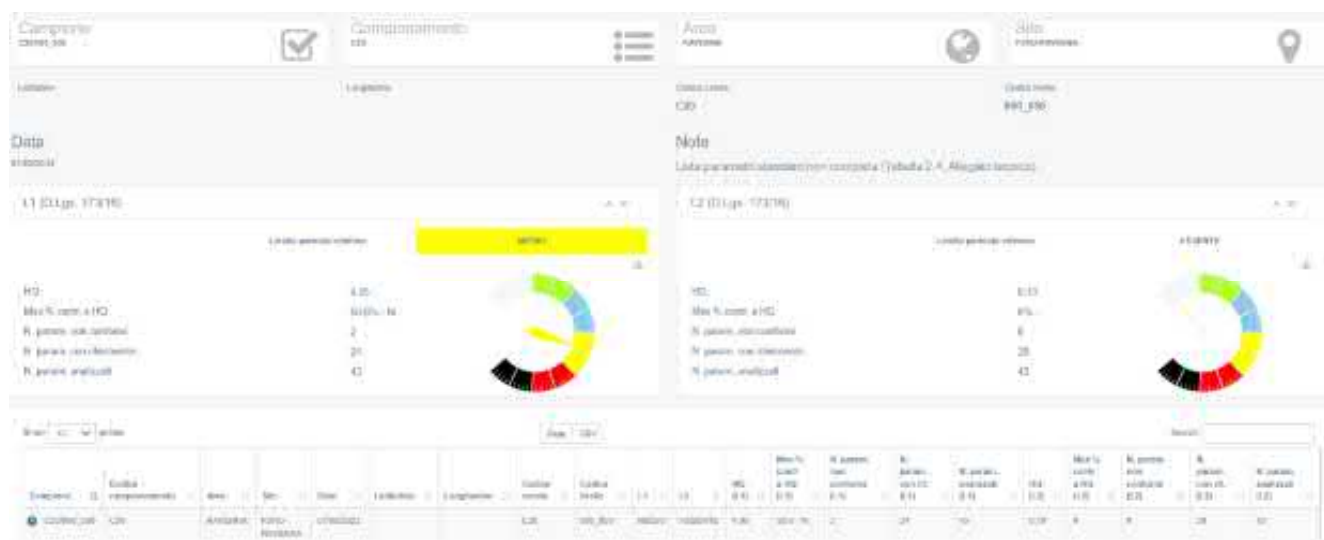


Figura 163. Elaborazione del rischio chimico campione C20/000_050



Figura 164. Elaborazione del rischio chimico campione C20/050_100



Figura 165. Elaborazione del rischio chimico campione C20/100_200

Campione
001

Anali
0010000

Data

LT (0 Lgs. 175ml)	LT (0 Lgs. 175ml)
Mol % con a HC	2.27
N. partic. con a HC	12.2%
N. partic. con a HC	2
N. partic. con a HC	24
N. partic. con a HC	43

Pagina 237 di 376

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 168. Elaborazione del rischio chimico campione C21/100_200



Figura 169. Elaborazione del rischio chimico campione C22/000_050



Figura 170. Elaborazione del rischio chimico campione C22/050_100



Figura 171. Elaborazione del rischio chimico campione C22/100_200



Figura 172. Elaborazione del rischio chimico campione C23/000_050



Figura 173. Elaborazione del rischio chimico campione C23/050_100

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 174. Elaborazione del rischio chimico campione C23/100_200

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Figura 175. Elaborazione del rischio chimico campione C24/000_050



Figura 176. Elaborazione del rischio chimico campione C24/050 100

[illegible]

The figure consists of two side-by-side screenshots of the 'Arca' software interface. The left screenshot shows the 'Campiamento' (Sampling) window, which includes a 'Campiamento' button and a 'Campiamento' button. The right screenshot shows the 'Arca' window, which includes a 'Campiamento' button and a 'Campiamento' button. Both screenshots show a 'Campiamento' button and a 'Campiamento' button.

Pagina 243 di 376

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Figura 179. Elaborazione del rischio chimico campione C25/000_050



Figura 180. Elaborazione del rischio chimico campione C25/050_100



Figura 181. Elaborazione del rischio chimico campione C25/100_200



Figura 182. Elaborazione del rischio chimico campione C25/200_400

Comportamento

Dati

10000

Note

100

Ritmo

Dati

10000

Note

100

[illegible]

Pagina 246 di 376



Figura 185. Elaborazione del rischio chimico campione C26/100_200



Figura 186. Elaborazione del rischio chimico campione C26/200_400

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 187. Elaborazione del rischio chimico campione C27/000_050



Figura 188. Elaborazione del rischio chimico campione C27/050_100



Figura 189. Elaborazione del rischio chimico campione C27/100_200



Figura 190. Elaborazione del rischio chimico campione C27/200_400



Figura 191. Elaborazione del rischio chimico campione C28/000_050



Figura 192. Elaborazione del rischio chimico campione C28/050_100



Figura 193. Elaborazione del rischio chimico campione C28/100_200



Figura 194. Elaborazione del rischio chimico campione C28/200_400

9.4.2 CLASSI DI PERICOLO ECOTOSSICOLOGICO

L'elaborazione dei risultati ecotossicologici dei sedimenti è stata effettuata applicando i criteri di integrazione ponderata che sono stati recepiti dal D.M. n. 173 del 15 luglio 2016 "Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini".

Tali criteri considerano aspetti importanti e caratteristiche specifiche dei singoli saggi biologici utilizzati nella batteria, tra cui la rilevanza tossicologica della risposta biologica misurata, l'entità e la significatività statistica della differenza di effetto tra campione e controllo, la sensibilità della specie testata, la tipologia di esposizione (acuta o cronica) e la matrice testata. In questo senso, per ciascuno dei saggi previsti nelle diverse tipologie di batterie è prevista una "soglia" di effetto che rappresenta la variazione minima ritenuta biologicamente significativa per ciascuna condizione sperimentale, e dei "pesi" che vengono attribuiti a ciascun saggio in funzione della rilevanza biologica dell'end-point misurato, della durata dell'esposizione, della matrice testata (Piva et al., 2011; Benedetti et al., 2012).

Vengono di seguito descritti i passaggi e le procedure di calcolo per l'integrazione dei risultati e la formulazione del giudizio di tossicità di cui è riportato uno schema complessivo nella tabella III.

- ✓ Dopo la verifica dei dati, per ciascun saggio biologico viene calcolato l'effetto (E_i), inteso come variazione percentuale dell'endpoint misurato, compensato tramite la correzione di Abbott rispetto alle variazioni osservate nel controllo (equazione 2 del flow chart di Figura 34);
- ✓ L'effetto E_i viene corretto in base alla significatività statistica della variazione rispetto ai controlli, applicando il coefficiente Z (punto 3).
- ✓ Questa correzione riduce progressivamente il peso complessivo di un saggio non statisticamente significativo, ma non ne elimina completamente il contributo alla batteria;
- ✓ Ciascun effetto (E_i) moltiplicato per il suo coefficiente Z , viene rapportato con la "soglia" specifica per quel saggio (equazione 4); l'effetto corretto (E_{iw}) così ottenuto indica di quante volte la variazione misurata in un saggio supera quella ritenuta biologicamente rilevante;
- ✓ Solo per determinati saggi, quando sia possibile ottenere un eventuale effetto ormetico (come nel caso della bioluminescenza batterica o della crescita algale), viene assegnato un valore di E_{iw} pari a 0 se l'effetto ormetico è $< 40\%$, 1.25 se l'effetto ormetico è $> 40\%$ ma $< 100\%$, pari a 1.5 se l'effetto ormetico è $> 100\%$;
- ✓ L'indice di pericolo complessivo della batteria di saggi ecotossicologici (Hazard Quotient, HQBatteria) viene calcolato come sommatoria degli effetti pesati (E_{iw}) dei singoli saggi (equazione 5 del flow-chart), ulteriormente corretti secondo il fattore W_2 che corrisponde al prodotto dei pesi assegnati in funzione della rilevanza biologica dell'endpoint considerato, della rilevanza ecologica della matrice testata, dell'esposizione acuta o cronica degli organismi.

Per l'attribuzione del livello di pericolo derivante dalla batteria di saggi ecotossicologici, il valore ottenuto per l'indice HQBatteria è normalizzato ad una scala compresa tra 0 e 10 (equazione 6), dove 1 corrisponde al valore di soglia della batteria (cioè il valore di HQ che si otterrebbe se tutti i saggi della batteria mostrassero un effetto pari alla rispettiva soglia) e 10 corrisponde al valore massimo della batteria (quando tutti i saggi mostrano il 100% di effetto). A seconda del valore dell'HQBatteria normalizzato, il livello di pericolo ecotossicologico viene attribuito ad una classe di gravità (da assente a molto alto), identificata da un diverso colore: Assente/bianco se HQBatteria <1; Basso/azzurro se HQBatteria ≥1 e <1.5; Medio/giallo se HQBatteria ≥1.5 e <3; Alto/rosso se HQBatteria ≥ 3 e <6; Molto Alto/nero se HQBatteria ≥6 (punto 6 del flow chart).

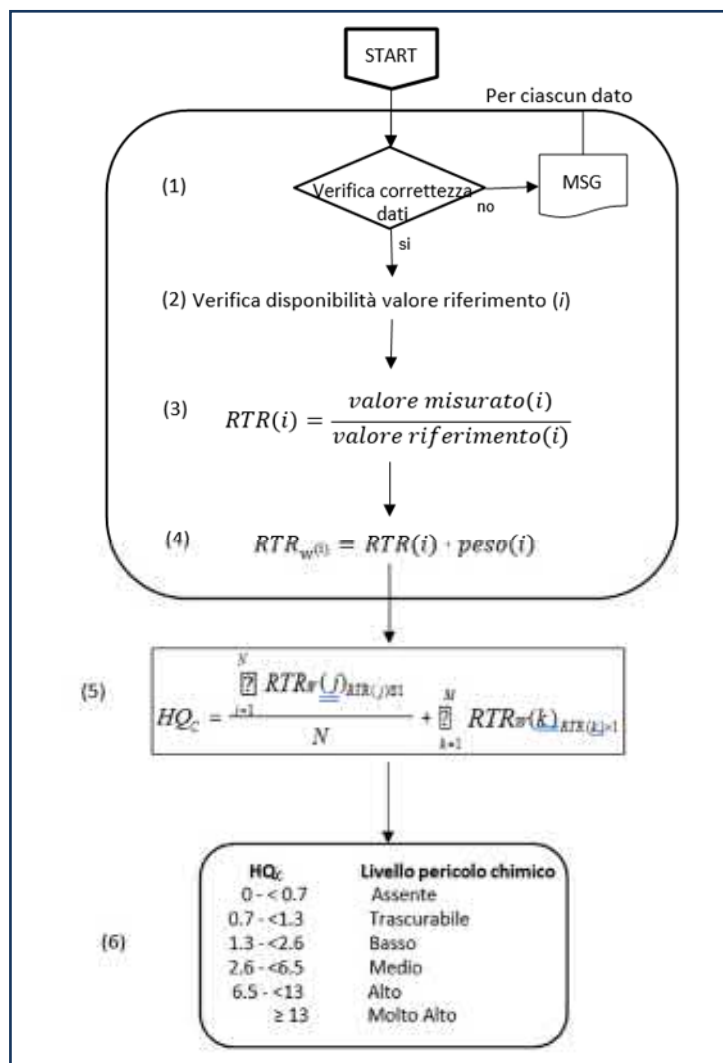


Figura 195. Processo di elaborazione dei dati Ecotossicologici

CLASSI DI PERICOLO ECO-TOSSICOLOGICO (HQ/BATTERIA)	
HQ BATTERIA	CLASSE DI PERICOLO
< 1.0	ASSENTE
≥ 1.0 ÷ 1.5	BASSO
≥ 1.0 ÷ 1.5	MEDIO
≥ 1.5 ÷ 3.0	ALTO
≥ 3.0 ÷ 6.0	MOLTO ALTO

Tabella 23 – Flow chart di elaborazione e Classi di pericolo eco-tossicologico (HQ/batteria)

Di seguito sono riportate le tabelle estratte dalla elaborazione mediante software SediQualsoft 109.0 del pericolo ecotossicologico (HQ/batteria) dei livelli superficiali delle aree oggetto di caratterizzazione (tabella).



Pagina 254 di 376

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 197. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_02-03/000_050



Figura 198. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_04-05/000_050



Figura 199. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_06/000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 200. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_07-08/000_050



Figura 201. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_09-10/000_050



Figura 202. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_11-12/000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 203. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_13-14/000_050



Figura 204. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_15-16/000_050



Figura 205. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_17-18/000_050



Figura 206. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD 19/000 050



Figura 207. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD 20-21/000 050



Figura 208. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD 22-23/000 050



Figura 209. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_24-25/000_050



Figura 210. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_26/000_050



Figura 211. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD 27-28/000_050



Figura 212. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_29-30/000_050



Figura 213. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_31/000_050



Figura 214. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_32-33/000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 215. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_34/000_050



Figura 216. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_35-36/000_050



Figura 217. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_37-38/000_050



Figura 218. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_39-40/000_050



Figura 219. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD 41-42/000 050



Figura 220. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_43/000_050



Figura 221. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_44-45/000_050



Figura 222. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_46-47/000_050



Figura 223. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_48/000_050



Figura 224. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_49-50/000_050



Figura 225. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_51-52/000_050



Figura 226. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_53/000_050



Figura 227. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_54-55/000_050



Figura 228. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_56-57/000_050



Figura 229. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_58/000_050



Figura 230. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_59-60/000_050



Figura 231. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_61-62/000_050



Figura 232. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_63/000_050



Figura 233. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_64-65/000_050



Figura 234. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_66-67/000_050



Figura 235. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione RPD_68/000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 236. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C1/000_050



Figura 237. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C2/000_050

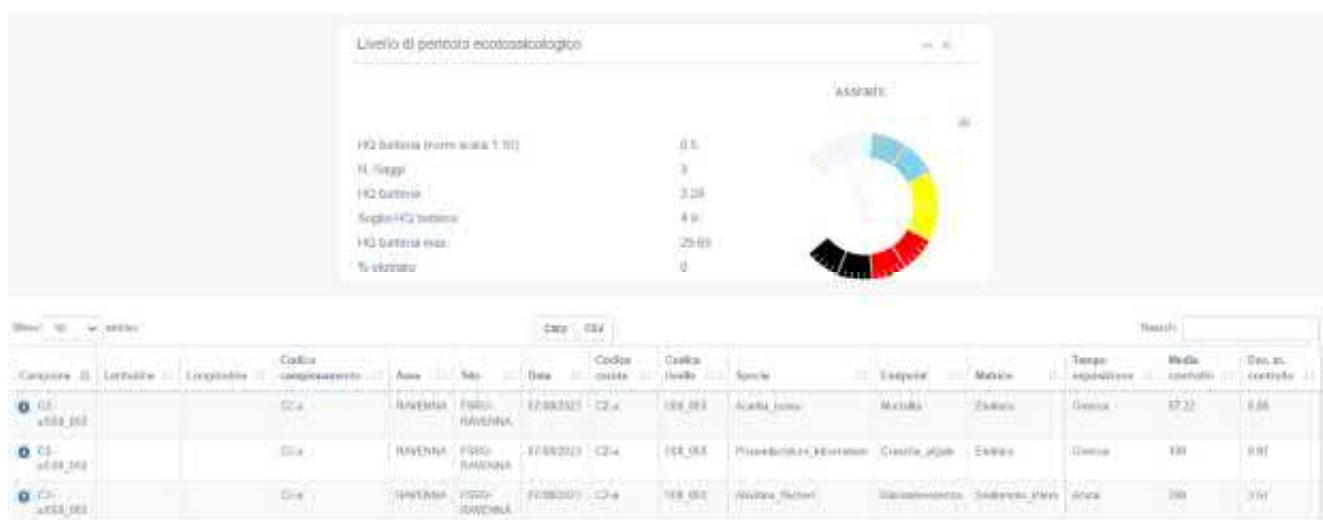


Figura 238. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C2-a/000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 239. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C9/000_050



Figura 240. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C10/000_050



Figura 241. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C11/000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 242. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C12/000_050



Figura 243. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C13/000_050



Figura 244. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C14/000_050



Figura 245. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C15/000_050



Figura 246. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C16/000_050



Figura 247. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C17/000_050



Figura 251. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C21/000_050



Figura 252. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C22/000_050



Figura 253. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C23/000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 254. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C24/000_050



Figura 255. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C25/000_050



Figura 256. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C26/000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Figura 257. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C27/000_050



Figura 258. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C28/000_050

9.4.3 CRITERI DI INTEGRAZIONE PONDERATA PER L'ELABORAZIONE DELLA CLASSE DI QUALITÀ DEI SEDIMENTI

L'attribuzione della Classe di Qualità dei sedimenti è data dall'integrazione della classificazione chimica ed ecotossicologica ottenuta attraverso l'applicazione dei criteri di integrazione ponderata descritti in precedenza.

La classificazione ponderata, che determina le successive opzioni di gestione, è stata determinata in accordo alla procedura descritta nell'Allegato tecnico del D.M. 173 del 2016.

CLASSIFICAZIONE DELLA QUALITÀ DEI SEDIMENTI SECONDO I CRITERI DI INTEGRAZIONE PONDERATA (HQC = HAZARD QUOTIENT CHIMICO)		
CLASSE DI PERICOLO ECOTOSSICOLOGICO	CLASSIFICAZIONE CHIMICA	CLASSE DI QUALITÀ DEL MATERIALE
ASSENTE	HQC (L2) ≤ Trascurabile	A
	Basso ≤ HQC (L2) ≤ Medio	B
	HQC (L2) = Alto	C
	HQC (L2) > Alto	D
BASSO	HQC (L1) ≤ Basso	A
	HQC (L1) ≥ Medio e HQC (L2) ≤ Basso	B
	Medio ≤ HQC (L2) ≤ Alto	C
	HQC (L2) > Alto	D
MEDIO	HQC (L2) ≤ Basso	C
	HQC (L2) ≥ Medio	D
ALTO	HQC (L2) ≤ Basso	D
	HQC (L2) ≥ Medio	E

Tabella 25 – Classificazione della Qualità dei sedimenti secondo i criteri di integrazione ponderata (HQC = Hazard Quotient chimico)

La valutazione integrata prevede cinque Classi di Qualità che vanno dalla A alla E con le rispettive opzioni di gestione dei materiali classificati. La Classe A corrisponde ai sedimenti di qualità ambientale più elevata mentre la E identifica la Classe di qualità peggiore che prevede un'eventuale rimozione in sicurezza del sedimento dall'ambiente marino dopo la valutazione di rischio. Nella tabella a seguire sono riportate le opzioni di gestione compatibili con ognuna delle cinque classi di Qualità del sedimento.

OPZIONI DI GESTIONE DEI SEDIMENTI	
CLASSE	OPZIONE
A	<ul style="list-style-type: none"> ➤ RIPASCIMENTO della spiaggia emersa con pelite $\leq 10\%$ o altro valore stabilito su base regionale; ➤ RIPASCIMENTO della spiaggia sommersa con frazione sabbiosa prevalente; ➤ IMMERSIONE DELIBERATA IN AREE MARINE NON COSTIERE (oltre 3 mn); ➤ IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO MARINO COSTIERO.
B	<ul style="list-style-type: none"> ➤ IMMERSIONE DELIBERATA IN AREE MARINE NON COSTIERE (oltre 3 mn) con monitoraggio ambientale; ➤ IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO in ambito portuale incluso capping, con monitoraggio ambientale;
C	<ul style="list-style-type: none"> ➤ IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO in ambito portuale in grado di trattenere tutte le frazioni granulometriche del sedimento, incluso capping all'internodi aree portuali con idonee misure di monitoraggio ambientale;
D	<ul style="list-style-type: none"> ➤ IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO IMPERMEABILIZZATO, con idonee misure di monitoraggio ambientale;
E	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EVENTUALE RIMOZIONE IN SICUREZZA DELL'AMBIENTE MARINO DOPO VALUTAZIONE DI RISCHIO, secondo quanto previsto dalla normativa vigente;

Tabella 26 – Opzioni di gestione dei sedimenti in relazione alla classe di qualità del sedimento

Ricordiamo che come previsto dal piano di caratterizzazione redatto dalla società RINA ed autorizzato dagli Enti di controllo (ARPAE/ISPRA), le caratteristiche ecotossicologiche del livello superficiale (000-050) sono state estese agli ulteriori livelli lungo la verticale (050-100), (100-200), (200-400) e (400-600).

Nella tabella seguente, vengono riassunte le classi di pericolo chimico, le classi di pericolo ecotossicologico ed il risultato della elaborazione con il software "SEDIQUALSOFT109.0" con la classificazione di qualità dei materiali di tutti i campioni superficiali oggetto di indagine.

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

INDICI DI QUALITÀ - CLASSI DI PERICOLO CHIMICO ED ECOTOSSICOLOGICO % PELITE								
Campione	Classe di pericolo ecotossicologico	% elutriato	Classificazione chimica	% pelite	Classe di qualità del materiale	Opzione gestione	Cod. Campionamento	Livello
RPD_01/000_050	ASSENTE	90,455 07389	HQc(L2) <= Trascurabile	100	A	NOTA 1	RPD_01	000_050
RPD_02-03/000_050	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	98,9	A	NOTA 1	RPD_02-03	000_050
RPD_04-05/000_050	ASSENTE	14,592 91911	HQc(L2) <= Trascurabile	98,5	A	NOTA 1	RPD_04-05	000_050
RPD_06/000_050	ASSENTE	51,009 5291	HQc(L2) <= Trascurabile	100	A	NOTA 1	RPD_06	000_050
RPD_07-08/000_050	ASSENTE	0	HQc(L2) <= Trascurabile	98,7	A	NOTA 1	RPD_07-08	000_050
RPD_09-10/000_050	ASSENTE	0	HQc(L2) <= Trascurabile	99,5	A	NOTA 1	RPD_09-10	000_050
RPD_11-12/000_050	ASSENTE	0	HQc(L2) <= Trascurabile	95,2	A	NOTA 1	RPD_11-12	000_050
RPD_13-14/000_050	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	97,7	A	NOTA 1	RPD_13-14	000_050
RPD_15-16/000_050	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	98,6	A	NOTA 1	RPD_15-16	000_050
RPD_17-18/000_050	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	93,8	A	NOTA 1	RPD_17-18	000_050
RPD_19/000_050	ASSENTE	1,5763 85959	HQc(L2) <= Trascurabile	96,5	A	NOTA 1	RPD_19	000_050
RPD_20-21/000_050	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	98,4	A	NOTA 1	RPD_20-21	000_050
RPD_22-23/000_050	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	96,4	A	NOTA 1	RPD_22-23	000_050
RPD_24-25/000_050	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	96,2	A	NOTA 1	RPD_24-25	000_050
RPD_26/000_050	ASSENTE	0	HQc(L2) <= Trascurabile	99,9	A	NOTA 1	RPD_26	000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RPD_27-28/000_05 0	ASSENTE	3,3440 45563	HQc(L2) <= Trascurabile	98, 4	A	NOTA 1	RPD_27-28	000 _05 0
RPD_29-30/000_05 0	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	96, 3	A	NOTA 1	RPD_29-30	000 _05 0
RPD_31/000_050	ASSENTE	0	HQc(L2) <= Trascurabile	96	A	NOTA 1	RPD_31	000 _05 0
RPD_32-33/000_05 0	ASSENTE	0	HQc(L2) <= Trascurabile	98, 9	A	NOTA 1	RPD_32-33	000 _05 0
RPD_34/000_050	ASSENTE	0	HQc(L2) <= Trascurabile	97, 5	A	NOTA 1	RPD_34	000 _05 0
RPD_35-36/000_05 0	ASSENTE	0,2232 49299	HQc(L2) <= Trascurabile	95, 1	A	NOTA 1	RPD_35-36	000 _05 0
RPD_37-38/000_05 0	ASSENTE	0	HQc(L2) <= Trascurabile	94, 6	A	NOTA 1	RPD_37-38	000 _05 0
RPD_39-40/000_05 0	ASSENTE	0	HQc(L2) <= Trascurabile	98, 8	A	NOTA 1	RPD_39-40	000 _05 0
RPD_41-42/000_05 0	ASSENTE	0	HQc(L2) <= Trascurabile	99	A	NOTA 1	RPD_41-42	000 _05 0
RPD_43/000_050	ASSENTE	0	HQc(L2) <= Trascurabile	95	A	NOTA 1	RPD_43	000 _05 0
RPD_44-45/000_05 0	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	99, 4	A	NOTA 1	RPD_44-45	000 _05 0
RPD_46-47/000_05 0	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	98, 8	A	NOTA 1	RPD_46-47	000 _05 0
RPD_48/000_050	ASSENTE	0	HQc(L2) <= Trascurabile	99, 7	A	NOTA 1	RPD_48	000 _05 0
RPD_49-50/000_05 0	ASSENTE	1,4466 82952	HQc(L2) <= Trascurabile	98, 8	A	NOTA 1	RPD_49-50	000 _05 0
RPD_51-52/000_05 0	ASSENTE	28,744 2506	HQc(L2) <= Trascurabile	99, 1	A	NOTA 1	RPD_51-52	000 _05 0
RPD_53/000_050	ASSENTE	0	HQc(L2) <= Trascurabile	97, 3	A	NOTA 1	RPD_53	000 _05 0
RPD_54-55/000_05 0	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	99	A	NOTA 1	RPD_54-55	000 _05 0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RPD_56-57/000_050	ASSENTE	9,164300613	HQc(L2) <= Trascurabile	99,7	A	NOTA 1	RPD_56-57	000_050
RPD_58/000_050	ASSENTE	24,56940194	HQc(L2) <= Trascurabile	98,9	A	NOTA 1	RPD_58	000_050
RPD_59-60/000_050	ASSENTE	19,0045475	HQc(L2) <= Trascurabile	98,6	A	NOTA 1	RPD_59-60	000_050
RPD_61-62/000_050	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	98,6	A	NOTA 1	RPD_61-62	000_050
RPD_63/000_050	ASSENTE	42,68854623	HQc(L2) <= Trascurabile	99,8	A	NOTA 1	RPD_63	000_050
RPD_64-65/000_050	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	98,7	A	NOTA 1	RPD_64-65	000_050
RPD_66-67/000_050	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	98,7	A	NOTA 1	RPD_66-67	000_050
RPD_68/000_050	ASSENTE	23,01012292	HQc(L2) <= Trascurabile	99,4	A	NOTA 1	RPD_68	000_050
C09/000_050	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	98	A	NOTA 1	C09	000_050
C10/000_050	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	91,2	A	NOTA 1	C10	000_050
C11/000_050	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	94,9	A	NOTA 1	C11	000_050
C12/000_050	ASSENTE	0	HQc(L2) <= Trascurabile	89,9	A	NOTA 1	C12	000_050
C13/000_050	ASSENTE	57,34421943	HQc(L2) <= Trascurabile	90	A	NOTA 1	C13	000_050
C14/000_050	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	98,7	A	NOTA 1	C14	000_050
C15/000_050	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	93	A	NOTA 1	C15	000_050
C16/000_050	ASSENTE	36,05410592	HQc(L2) <= Trascurabile	90,3	A	NOTA 1	C16	000_050
C17/000_050	ASSENTE	37,53552471	HQc(L2) <= Trascurabile	91,7	A	NOTA 1	C17	000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

C18/000_0 50	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	90,3	A	NOTA 1	C18	000_05_0
C19/000_0 50	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	96,9	A	NOTA 1	C19	000_05_0
C20/000_0 50	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	92,3	A	NOTA 1	C20	000_05_0
C21/000_0 50	ASSENTE	60,161 7868	HQc(L2) <= Trascurabile	91,3	A	NOTA 1	C21	000_05_0
C22/000_0 50	ASSENTE	51,192 8452	HQc(L2) <= Trascurabile	92,8	A	NOTA 1	C22	000_05_0
C23/000_0 50	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	90,1	A	NOTA 1	C23	000_05_0
C24/000_0 50	ASSENTE	0	HQc(L2) <= Trascurabile	99,2	A	NOTA 1	C24	000_05_0
C25/000_0 50	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	90,7	A	NOTA 1	C25	000_05_0
C26/000_0 50	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	91,2	A	NOTA 1	C26	000_05_0
C27/000_0 50	ASSENTE	0	HQc(L2) <= Trascurabile	91,6	A	NOTA 1	C27	000_05_0
C28/000_0 50	ASSENTE	100	HQc(L2) <= Trascurabile	93,9	A	NOTA 1	C28	000_05_0

Tabella 27 – Indici di qualità, classi di pericolo chimico ed ecotossicologico e % Pelite

Trasportando il risultato ecotossicologico dei campioni superficiali anche ai sottostanti livelli profondi (50-100), (100-200), (200-400) e (400-600 dove raggiunto) come concordato con gli Enti Autorizzativi si ottiene il seguente risultato riassunto nella tabella sottostante:

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

INDICI DI QUALITÀ - CLASSI DI PERICOLO CHIMICO ED ECOTOSSICOLOGICO % PELITE								
Campione	Classe di pericolo ecotossicologico	% elutriato	Classificazione chimica	% pelite	Classe di qualità del materiale	Opzione gestione	Cod. Campionamento	Levello
RPD_01/000_050	ASSENTE	90,46	HQc(L2) <= Trascurabile	100	A	NOTA 1	RPD_01	000_050
RPD_01/050_100	ASSENTE	90,46	HQc(L2) <= Trascurabile	98,3	A	NOTA 1	RPD_01	050_100
RPD_01/100_200	ASSENTE	90,46	HQc(L2) <= Trascurabile	96,6	A	NOTA 1	RPD_01	100_200
RPD_01/200_400	ASSENTE	90,46	HQc(L2) <= Trascurabile	92,6	A	NOTA 1	RPD_01	200_400
RPD_02-03/000_050	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	98,9	A	NOTA 1	RPD_02-03	000_050
RPD_02-03/050_100	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	99,2	A	NOTA 1	RPD_02-03	050_100
RPD_02-03/100_200	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	96,5	A	NOTA 1	RPD_02-03	100_200
RPD_02/200_400	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	93,8	A	NOTA 1	RPD_02	200_400
RPD_03/200_400	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	96,1	A	NOTA 1	RPD_03	200_400
RPD_04-05/000_050	ASSENTE	14,59	HQc(L2) <= Trascurabile	98,5	A	NOTA 1	RPD_04-05	000_050
RPD_04-05/050_100	ASSENTE	14,59	HQc(L2) <= Trascurabile	95,1	A	NOTA 1	RPD_04-05	050_100
RPD_04-05/100_200	ASSENTE	14,59	HQc(L2) <= Trascurabile	95,2	A	NOTA 1	RPD_04-05	100_200
RPD_04/200_400	ASSENTE	14,59	HQc(L2) <= Trascurabile	100	A	NOTA 1	RPD_04	200_400
RPD_05/200_400	ASSENTE	14,59	HQc(L2) <= Trascurabile	95,8	A	NOTA 1	RPD_05	200_400
RPD_06/000_050	ASSENTE	51,01	HQc(L2) <= Trascurabile	100	A	NOTA 1	RPD_06	000_050
RPD_06/050_100	ASSENTE	51,01	HQc(L2) <= Trascurabile	94,2	A	NOTA 1	RPD_06	050_100
RPD_06/100_200	ASSENTE	51,01	HQc(L2) <= Trascurabile	96	A	NOTA 1	RPD_06	100_200

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RPD_06/20 0_400	ASSENTE	51,01	HQc(L2) <= Trascurabile	95,3	A	NOTA 1	RPD_06	200 _40 0
RPD_07- 08/000_05 0	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	98,7	A	NOTA 1	RPD_07-08	000 _05 0
RPD_07- 08/050_10 0	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	98,7	A	NOTA 1	RPD_07-08	050 _10 0
RPD_07- 08/100_20 0	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	96,5	A	NOTA 1	RPD_07-08	100 _20 0
RPD_07/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	95,2	A	NOTA 1	RPD_07	200 _40 0
RPD_08/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	91	A	NOTA 1	RPD_08	200 _40 0
RPD_09- 10/000_05 0	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	99,5	A	NOTA 1	RPD_09-10	000 _05 0
RPD_09- 10/050_10 0	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	99,7	A	NOTA 1	RPD_09-10	050 _10 0
RPD_09- 10/100_20 0	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	97,3	A	NOTA 1	RPD_09-10	100 _20 0
RPD_09/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	97,3	A	NOTA 1	RPD_09	200 _40 0
RPD_10/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	96,8	A	NOTA 1	RPD_10	200 _40 0
RPD_11- 12/000_05 0	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	95,2	A	NOTA 1	RPD_11-12	000 _05 0
RPD_11- 12/050_10 0	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	97,4	A	NOTA 1	RPD_11-12	050 _10 0
RPD_11- 12/100_20 0	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	92,2	A	NOTA 1	RPD_11-12	100 _20 0
RPD_11/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	96,3	A	NOTA 1	RPD_11	200 _40 0
RPD_12/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	99,9	A	NOTA 1	RPD_12	200 _40 0
RPD_13- 14/000_05 0	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	97,7	A	NOTA 1	RPD_13-14	000 _05 0
RPD_13- 14/050_10 0	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	96,2	A	NOTA 1	RPD_13-14	050 _10 0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RPD_13-14/100_20_0	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	98,8	A	NOTA 1	RPD_13-14	100_20_0
RPD_13/20_0_400	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	95,2	A	NOTA 1	RPD_13	200_40_0
RPD_14/20_0_400	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	90,6	A	NOTA 1	RPD_14	200_40_0
RPD_15-16/000_05_0	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	98,6	A	NOTA 1	RPD_15-16	000_05_0
RPD_15-16/050_10_0	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	98,9	A	NOTA 1	RPD_15-16	050_10_0
RPD_15-16/100_20_0	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	98,7	A	NOTA 1	RPD_15-16	100_20_0
RPD_15/20_0_400	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	87,9	A	NOTA 1	RPD_15	200_40_0
RPD_16/20_0_400	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	90,8	A	NOTA 1	RPD_16	200_40_0
RPD_17-18/000_05_0	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	93,8	A	NOTA 1	RPD_17-18	000_05_0
RPD_17-18/050_10_0	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	99,9	A	NOTA 1	RPD_17-18	050_10_0
RPD_17-18/100_20_0	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	97	A	NOTA 1	RPD_17-18	100_20_0
RPD_17/20_0_400	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	93,8	A	NOTA 1	RPD_17	200_40_0
RPD_17/40_0_600	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	94,3	A	NOTA 1	RPD_17	400_60_0
RPD_18/20_0_400	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	96,3	A	NOTA 1	RPD_18	200_40_0
RPD_18/40_0_600	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	96,4	A	NOTA 1	RPD_18	400_60_0
RPD_19/00_0_050	ASSENTE	1,58	HQc(L2) <= Trascurabile	96,5	A	NOTA 1	RPD_19	000_05_0
RPD_19/05_0_100	ASSENTE	1,58	HQc(L2) <= Trascurabile	95,3	A	NOTA 1	RPD_19	050_10_0
RPD_19/10_0_200	ASSENTE	1,58	HQc(L2) <= Trascurabile	94,4	A	NOTA 1	RPD_19	100_20_0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RPD_19/20 0_400	ASSENTE	1,58	HQc(L2) <= Trascurabile	99,9	A	NOTA 1	RPD_19	200 _40 0
RPD_19/40 0_600	ASSENTE	1,58	HQc(L2) <= Trascurabile	94,2	A	NOTA 1	RPD_19	400 _60 0
RPD_20- 21/000_05 0	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	98,4	A	NOTA 1	RPD_20-21	000 _05 0
RPD_20- 21/050_10 0	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	96,2	A	NOTA 1	RPD_20-21	050 _10 0
RPD_20- 21/100_20 0	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	97,1	A	NOTA 1	RPD_20-21	100 _20 0
RPD_20/20 0_400	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	96,2	A	NOTA 1	RPD_20	200 _40 0
RPD_21/20 0_400	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	96,4	A	NOTA 1	RPD_21	200 _40 0
RPD_22- 23/000_05 0	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	96,4	A	NOTA 1	RPD_22-23	000 _05 0
RPD_22- 23/050_10 0	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	99	A	NOTA 1	RPD_22-23	050 _10 0
RPD_22- 23/100_20 0	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	95,4	A	NOTA 1	RPD_22-23	100 _20 0
RPD_22/20 0_400	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	100	A	NOTA 1	RPD_22	200 _40 0
RPD_23/20 0_400	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	91	A	NOTA 1	RPD_23	200 _40 0
RPD_23/40 0_600	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	95,9	A	NOTA 1	RPD_23	400 _60 0
RPD_24- 25/000_05 0	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	96,2	A	NOTA 1	RPD_24-25	000 _05 0
RPD_24- 25/050_10 0	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	98	A	NOTA 1	RPD_24-25	050 _10 0
RPD_24- 25/100_20 0	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	99,2	A	NOTA 1	RPD_24-25	100 _20 0
RPD_24/20 0_400	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	94,6	A	NOTA 1	RPD_24	200 _40 0
RPD_24/40 0_600	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	93,6	A	NOTA 1	RPD_24	400 _60 0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RPD_25/20 0_400	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	92,4	A	NOTA 1	RPD_25	200 _40 0
RPD_25/40 0_600	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	93,9	A	NOTA 1	RPD_25	400 _60 0
RPD_26/00 0_050	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	99,9	A	NOTA 1	RPD_26	000 _05 0
RPD_26/05 0_100	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	98,4	A	NOTA 1	RPD_26	050 _10 0
RPD_26/10 0_200	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	96,9	A	NOTA 1	RPD_26	100 _20 0
RPD_26/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	91,8	A	NOTA 1	RPD_26	200 _40 0
RPD_26/40 0_600	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	96,3	A	NOTA 1	RPD_26	400 _60 0
RPD_27- 28/000_05 0	ASSENTE	3,34	HQc(L2) <= Trascurabile	98,4	A	NOTA 1	RPD_27-28	000 _05 0
RPD_27- 28/050_10 0	ASSENTE	3,34	HQc(L2) <= Trascurabile	99,7	A	NOTA 1	RPD_27-28	050 _10 0
RPD_27- 28/100_20 0	ASSENTE	3,34	HQc(L2) <= Trascurabile	95,6	A	NOTA 1	RPD_27-28	100 _20 0
RPD_27/20 0_400	ASSENTE	3,34	HQc(L2) <= Trascurabile	94,1	A	NOTA 1	RPD_27	200 _40 0
RPD_28/20 0_400	ASSENTE	3,34	HQc(L2) <= Trascurabile	95,8	A	NOTA 1	RPD_28	200 _40 0
RPD_29- 30/000_05 0	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	96,3	A	NOTA 1	RPD_29-30	000 _05 0
RPD_29- 30/050_10 0	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	97,2	A	NOTA 1	RPD_29-30	050 _10 0
RPD_29- 30/100_20 0	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	95,7	A	NOTA 1	RPD_29-30	100 _20 0
RPD_29/20 0_400	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	96,9	A	NOTA 1	RPD_29	200 _40 0
RPD_30/20 0_400	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	91,3	A	NOTA 1	RPD_30	200 _40 0
RPD_30/40 0_600	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	97,5	A	NOTA 1	RPD_30	400 _60 0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RPD_31/00 0_050	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	96	A	NOTA 1	RPD_31	000 _05 0
RPD_31/05 0_100	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	99,5	A	NOTA 1	RPD_31	050 _10 0
RPD_31/10 0_200	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	96,1	A	NOTA 1	RPD_31	100 _20 0
RPD_31/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	96,3	A	NOTA 1	RPD_31	200 _40 0
RPD_31/40 0_600	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	94,6	A	NOTA 1	RPD_31	400 _60 0
RPD_32- 33/000_05 0	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	98,9	A	NOTA 1	RPD_32-33	000 _05 0
RPD_32- 33/050_10 0	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	96,5	A	NOTA 1	RPD_32-33	050 _10 0
RPD_32/10 0_200	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	93,2	A	NOTA 1	RPD_32	100 _20 0
RPD_32/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	97,4	A	NOTA 1	RPD_32	200 _40 0
RPD_33/10 0_200	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	99,8	A	NOTA 1	RPD_33	100 _20 0
RPD_33/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	91,7	A	NOTA 1	RPD_33	200 _40 0
RPD_34/00 0_050	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	97,5	A	NOTA 1	RPD_34	000 _05 0
RPD_34/05 0_100	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	98,8	A	NOTA 1	RPD_34	050 _10 0
RPD_34/10 0_200	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	93,2	A	NOTA 1	RPD_34	100 _20 0
RPD_34/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	99,5	A	NOTA 1	RPD_34	200 _40 0
RPD_35- 36/000_05 0	ASSENTE	0,22	HQc(L2) <= Trascurabile	95,1	A	NOTA 1	RPD_35-36	000 _05 0
RPD_35- 36/050_10 0	ASSENTE	0,22	HQc(L2) <= Trascurabile	96,9	A	NOTA 1	RPD_35-36	050 _10 0
RPD_35- 36/100_20 0	ASSENTE	0,22	HQc(L2) <= Trascurabile	98,1	A	NOTA 1	RPD_35-36	100 _20 0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RPD_35/20 0_400	ASSENTE	0,22	HQc(L2) <= Trascurabile	97,5	A	NOTA 1	RPD_35	200 _40 0
RPD_36/20 0_400	ASSENTE	0,22	HQc(L2) <= Trascurabile	96,7	A	NOTA 1	RPD_36	200 _40 0
RPD_37- 38/000_05 0	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	94,6	A	NOTA 1	RPD_37-38	000 _05 0
RPD_37- 38/050_10 0	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	100	A	NOTA 1	RPD_37-38	050 _10 0
RPD_37- 38/100_20 0	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	94	A	NOTA 1	RPD_37-38	100 _20 0
RPD_37/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	96,7	A	NOTA 1	RPD_37	200 _40 0
RPD_37/40 0_600	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	93,7	A	NOTA 1	RPD_37	400 _60 0
RPD_38/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	94,2	A	NOTA 1	RPD_38	200 _40 0
RPD_38/40 0_600	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	97,8	A	NOTA 1	RPD_38	400 _60 0
RPD_39- 40/000_05 0	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	98,8	A	NOTA 1	RPD_39-40	000 _05 0
RPD_39- 40/050_10 0	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	99,9	A	NOTA 1	RPD_39-40	050 _10 0
RPD_39/10 0_200	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	96	A	NOTA 1	RPD_39	100 _20 0
RPD_39/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	94,7	A	NOTA 1	RPD_39	200 _40 0
RPD_40/10 0_200	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	86,4	A	NOTA 1	RPD_40	100 _20 0
RPD_40/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	98	A	NOTA 1	RPD_40	200 _40 0
RPD_41- 42/000_05 0	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	99	A	NOTA 1	RPD_41-42	000 _05 0
RPD_41- 42/050_10 0	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	99,9	A	NOTA 1	RPD_41-42	050 _10 0
RPD_41/10 0_200	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	89,1	A	NOTA 1	RPD_41	100 _20 0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RPD_41/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	96,8	A	NOTA 1	RPD_41	200 _40 0
RPD_42/10 0_200	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	93,3	A	NOTA 1	RPD_42	100 _20 0
RPD_42/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	92,2	A	NOTA 1	RPD_42	200 _40 0
RPD_43/00 0_050	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	95	A	NOTA 1	RPD_43	000 _05 0
RPD_43/05 0_100	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	99,7	A	NOTA 1	RPD_43	050 _10 0
RPD_43/10 0_200	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	99,4	A	NOTA 1	RPD_43	100 _20 0
RPD_43/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	95,8	A	NOTA 1	RPD_43	200 _40 0
RPD_44- 45/000_05 0	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	99,4	A	NOTA 1	RPD_44-45	000 _05 0
RPD_44- 45/050_10 0	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	100	A	NOTA 1	RPD_44-45	050 _10 0
RPD_44/10 0_200	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	87,8	A	NOTA 1	RPD_44	100 _20 0
RPD_44/20 0_400	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	96,2	A	NOTA 1	RPD_44	200 _40 0
RPD_45/10 0_200	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	92,1	A	NOTA 1	RPD_45	100 _20 0
RPD_45/20 0_400	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	90,8	A	NOTA 1	RPD_45	200 _40 0
RPD_46- 47/000_05 0	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	98,8	A	NOTA 1	RPD_46-47	000 _05 0
RPD_46- 47/050_10 0	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	96,9	A	NOTA 1	RPD_46-47	050 _10 0
RPD_46/10 0_200	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	100	A	NOTA 1	RPD_46	100 _20 0
RPD_46/20 0_400	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	95,2	A	NOTA 1	RPD_46	200 _40 0
RPD_47/10 0_200	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	96,1	A	NOTA 1	RPD_47	100 _20 0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RPD_47/20 0_400	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	96,1	A	NOTA 1	RPD_47	200 _40 0
RPD_48/00 0_050	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	99,7	A	NOTA 1	RPD_48	000 _05 0
RPD_48/05 0_100	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	97,1	A	NOTA 1	RPD_48	050 _10 0
RPD_48/10 0_200	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	92	A	NOTA 1	RPD_48	100 _20 0
RPD_48/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	95,5	A	NOTA 1	RPD_48	200 _40 0
RPD_49- 50/000_05 0	ASSENTE	1,45	HQc(L2) <= Trascurabile	98,8	A	NOTA 1	RPD_49-50	000 _05 0
RPD_49/05 0_100	ASSENTE	1,45	HQc(L2) <= Trascurabile	94,4	A	NOTA 1	RPD_49	050 _10 0
RPD_49/10 0_200	ASSENTE	1,45	HQc(L2) <= Trascurabile	88,4	A	NOTA 1	RPD_49	100 _20 0
RPD_50/05 0_100	ASSENTE	1,45	HQc(L2) <= Trascurabile	94,2	A	NOTA 1	RPD_50	050 _10 0
RPD_50/10 0_200	ASSENTE	1,45	HQc(L2) <= Trascurabile	93,4	A	NOTA 1	RPD_50	100 _20 0
RPD_50/20 0_400	ASSENTE	1,45	HQc(L2) <= Trascurabile	94,6	A	NOTA 1	RPD_50	200 _40 0
RPD_51- 52/000_05 0	ASSENTE	28,74	HQc(L2) <= Trascurabile	99,1	A	NOTA 1	RPD_51-52	000 _05 0
RPD_51- 52/050_10 0	ASSENTE	28,74	HQc(L2) <= Trascurabile	98,2	A	NOTA 1	RPD_51-52	050 _10 0
RPD_51/10 0_200	ASSENTE	28,74	HQc(L2) <= Trascurabile	90,1	A	NOTA 1	RPD_51	100 _20 0
RPD_51/20 0_400	ASSENTE	28,74	HQc(L2) <= Trascurabile	92,4	A	NOTA 1	RPD_51	200 _40 0
RPD_52/10 0_200	ASSENTE	28,74	HQc(L2) <= Trascurabile	94,8	A	NOTA 1	RPD_52	100 _20 0
RPD_52/20 0_400	ASSENTE	28,74	HQc(L2) <= Trascurabile	94,2	A	NOTA 1	RPD_52	200 _40 0
RPD_53/00 0_050	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	97,3	A	NOTA 1	RPD_53	000 _05 0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RPD_53/05 0_100	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	100	A	NOTA 1	RPD_53	050 _10 0
RPD_53/10 0_200	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	93	A	NOTA 1	RPD_53	100 _20 0
RPD_53/20 0_400	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	93	A	NOTA 1	RPD_53	200 _40 0
RPD_54- 55/000_05 0	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	99	A	NOTA 1	RPD_54-55	000 _05 0
RPD_54/05 0_100	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	100	A	NOTA 1	RPD_54	050 _10 0
RPD_54/10 0_200	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	90,5	A	NOTA 1	RPD_54	100 _20 0
RPD_55/05 0_100	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	93,3	A	NOTA 1	RPD_55	050 _10 0
RPD_55/10 0_200	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	89,2	A	NOTA 1	RPD_55	100 _20 0
RPD_56- 57/000_05 0	ASSENTE	9,16	HQc(L2) <= Trascurabile	99,7	A	NOTA 1	RPD_56-57	000 _05 0
RPD_56/05 0_100	ASSENTE	9,16	HQc(L2) <= Trascurabile	93,3	A	NOTA 1	RPD_56	050 _10 0
RPD_56/10 0_200	ASSENTE	9,16	HQc(L2) <= Trascurabile	93,6	A	NOTA 1	RPD_56	100 _20 0
RPD_57/05 0_100	ASSENTE	9,16	HQc(L2) <= Trascurabile	92,9	A	NOTA 1	RPD_57	050 _10 0
RPD_57/10 0_200	ASSENTE	9,16	HQc(L2) <= Trascurabile	90	A	NOTA 1	RPD_57	100 _20 0
RPD_57/20 0_400	ASSENTE	9,16	HQc(L2) <= Trascurabile	95,7	A	NOTA 1	RPD_57	200 _40 0
RPD_58/00 0_050	ASSENTE	24,57	HQc(L2) <= Trascurabile	98,9	A	NOTA 1	RPD_58	000 _05 0
RPD_58/05 0_100	ASSENTE	24,57	HQc(L2) <= Trascurabile	91,5	A	NOTA 1	RPD_58	050 _10 0
RPD_58/10 0_200	ASSENTE	24,57	HQc(L2) <= Trascurabile	92,8	A	NOTA 1	RPD_58	100 _20 0
RPD_58/20 0_400	ASSENTE	24,57	HQc(L2) <= Trascurabile	97,1	A	NOTA 1	RPD_58	200 _40 0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RPD_59-60/000_05_0	ASSENTE	19,00	HQc(L2) <= Trascurabile	98,6	A	NOTA 1	RPD_59-60	000_05_0
RPD_59/05_0_100	ASSENTE	19,00	HQc(L2) <= Trascurabile	91,8	A	NOTA 1	RPD_59	050_10_0
RPD_59/10_0_200	ASSENTE	19,00	HQc(L2) <= Trascurabile	90,2	A	NOTA 1	RPD_59	100_20_0
RPD_60/05_0_100	ASSENTE	19,00	HQc(L2) <= Trascurabile	98,6	A	NOTA 1	RPD_60	050_10_0
RPD_60/10_0_200	ASSENTE	19,00	HQc(L2) <= Trascurabile	96,3	A	NOTA 1	RPD_60	100_20_0
RPD_61-62/000_05_0	ASSENTE	100,0_0	HQc(L2) <= Trascurabile	98,6	A	NOTA 1	RPD_61-62	000_05_0
RPD_61/05_0_100	ASSENTE	100,0_0	HQc(L2) <= Trascurabile	92	A	NOTA 1	RPD_61	050_10_0
RPD_61/10_0_200	ASSENTE	100,0_0	HQc(L2) <= Trascurabile	91,8	A	NOTA 1	RPD_61	100_20_0
RPD_62/05_0_100	ASSENTE	100,0_0	HQc(L2) <= Trascurabile	92,6	A	NOTA 1	RPD_62	050_10_0
RPD_62/10_0_200	ASSENTE	100,0_0	HQc(L2) <= Trascurabile	100	A	NOTA 1	RPD_62	100_20_0
RPD_63/00_0_050	ASSENTE	42,69	HQc(L2) <= Trascurabile	99,8	A	NOTA 1	RPD_63	000_05_0
RPD_63/05_0_100	ASSENTE	42,69	HQc(L2) <= Trascurabile	99,2	A	NOTA 1	RPD_63	050_10_0
RPD_63/10_0_200	ASSENTE	42,69	HQc(L2) <= Trascurabile	94,7	A	NOTA 1	RPD_63	100_20_0
RPD_64-65/000_05_0	ASSENTE	100,0_0	HQc(L2) <= Trascurabile	98,7	A	NOTA 1	RPD_64-65	000_05_0
RPD_64/05_0_100	ASSENTE	100,0_0	HQc(L2) <= Trascurabile	91,8	A	NOTA 1	RPD_64	050_10_0
RPD_64/10_0_200	ASSENTE	100,0_0	HQc(L2) <= Trascurabile	90,9	A	NOTA 1	RPD_64	100_20_0
RPD_65/05_0_100	ASSENTE	100,0_0	HQc(L2) <= Trascurabile	90,2	A	NOTA 1	RPD_65	050_10_0
RPD_65/10_0_200	ASSENTE	100,0_0	HQc(L2) <= Trascurabile	93,1	A	NOTA 1	RPD_65	100_20_0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

RPD_66-67/000_05_0	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	98,7	A	NOTA 1	RPD_66-67	000_05_0
RPD_66/050_100	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	92,1	A	NOTA 1	RPD_66	050_100
RPD_66/100_200	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	91,2	A	NOTA 1	RPD_66	100_200
RPD_67/050_100	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	91	A	NOTA 1	RPD_67	050_100
RPD_67/100_200	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	93,2	A	NOTA 1	RPD_67	100_200
RPD_68/000_050	ASSENTE	23,01	HQc(L2) <= Trascurabile	99,4	A	NOTA 1	RPD_68	000_050
RPD_68/050_100	ASSENTE	23,01	HQc(L2) <= Trascurabile	89,6	A	NOTA 1	RPD_68	050_100
RPD_68/100_200	ASSENTE	23,01	HQc(L2) <= Trascurabile	92,6	A	NOTA 1	RPD_68	100_200
C09/000_050	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	98	A	NOTA 1	C09	000_050
C09/050_100	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	91	A	NOTA 1	C09	050_100
C09/100_200	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	90,3	A	NOTA 1	C09	100_200
C09/200_400	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	100	A	NOTA 1	C09	200_400
C10/000_050	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	91,2	A	NOTA 1	C10	000_050
C10/050_100	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	98,9	A	NOTA 1	C10	050_100
C10/100_200	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	99,9	A	NOTA 1	C10	100_200
C10/200_400	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	94,2	A	NOTA 1	C10	200_400
C11/000_050	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	94,9	A	NOTA 1	C11	000_050
C11/050_100	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	88,8	A	NOTA 1	C11	050_100

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

C11/100_2 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	90,2	A	NOTA 1	C11	100 _20 0
C11/200_4 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	100	A	NOTA 1	C11	200 _40 0
C12/000_0 50	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	89,9	A	NOTA 1	C12	000 _05 0
C12/050_1 00	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	91,4	A	NOTA 1	C12	050 _10 0
C12/100_2 00	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	92	A	NOTA 1	C12	100 _20 0
C12/200_4 00	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	95,7	A	NOTA 1	C12	200 _40 0
C13/000_0 50	ASSENTE	57,34	HQc(L2) <= Trascurabile	90	A	NOTA 1	C13	000 _05 0
C13/050_1 00	ASSENTE	57,34	HQc(L2) <= Trascurabile	94,3	A	NOTA 1	C13	050 _10 0
C13/100_2 00	ASSENTE	57,34	HQc(L2) <= Trascurabile	92,5	A	NOTA 1	C13	100 _20 0
C13/200_4 00	ASSENTE	57,34	HQc(L2) <= Trascurabile	91,6	A	NOTA 1	C13	200 _40 0
C13/400_6 00	ASSENTE	57,34	HQc(L2) <= Trascurabile	94,8	A	NOTA 1	C13	400 _60 0
C14/000_0 50	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	98,7	A	NOTA 1	C14	000 _05 0
C14/050_1 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	99,8	A	NOTA 1	C14	050 _10 0
C14/100_2 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	92,1	A	NOTA 1	C14	100 _20 0
C14/200_4 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	93,5	A	NOTA 1	C14	200 _40 0
C14/400_6 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	95,9	A	NOTA 1	C14	400 _60 0
C15/000_0 50	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	93	A	NOTA 1	C15	000 _05 0
C15/050_1 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	94,7	A	NOTA 1	C15	050 _10 0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

C15/100_2 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	92,8	A	NOTA 1	C15	100 _20 0
C15/200_4 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	93	A	NOTA 1	C15	200 _40 0
C15/400_6 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	100	A	NOTA 1	C15	400 _60 0
C16/000_0 50	ASSENTE	36,05	HQc(L2) <= Trascurabile	90,3	A	NOTA 1	C16	000 _05 0
C16/050_1 00	ASSENTE	36,05	HQc(L2) <= Trascurabile	93,6	A	NOTA 1	C16	050 _10 0
C16/100_2 00	ASSENTE	36,05	HQc(L2) <= Trascurabile	89	A	NOTA 1	C16	100 _20 0
C16/200_4 00	ASSENTE	36,05	HQc(L2) <= Trascurabile	93,1	A	NOTA 1	C16	200 _40 0
C16/400_6 00	ASSENTE	36,05	HQc(L2) <= Trascurabile	93,8	A	NOTA 1	C16	400 _60 0
C17/000_0 50	ASSENTE	37,54	HQc(L2) <= Trascurabile	91,7	A	NOTA 1	C17	000 _05 0
C17/050_1 00	ASSENTE	37,54	HQc(L2) <= Trascurabile	95,7	A	NOTA 1	C17	050 _10 0
C17/100_2 00	ASSENTE	37,54	HQc(L2) <= Trascurabile	92,8	A	NOTA 1	C17	100 _20 0
C17/200_4 00	ASSENTE	37,54	HQc(L2) <= Trascurabile	94,8	A	NOTA 1	C17	200 _40 0
C17/400_6 00	ASSENTE	37,54	HQc(L2) >= Basso e HQc(L2) <= Medio	97,4	B	NOTA 1	C17	400 _60 0
C18/000_0 50	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	90,3	A	NOTA 1	C18	000 _05 0
C18/050_1 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	92,7	A	NOTA 1	C18	050 _10 0
C18/100_2 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	90,9	A	NOTA 1	C18	100 _20 0
C18/200_4 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	93,4	A	NOTA 1	C18	200 _40 0
C18/400_6 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	97,3	A	NOTA 1	C18	400 _60 0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

C19/000_050	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	96,9	A	NOTA 1	C19	000_050
C19/050_100	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	93,1	A	NOTA 1	C19	050_100
C19/100_200	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	91,6	A	NOTA 1	C19	100_200
C19/200_400	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	91,4	A	NOTA 1	C19	200_400
C19/400_600	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	97,7	A	NOTA 1	C19	400_600
C20/000_050	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	92,3	A	NOTA 1	C20	000_050
C20/050_100	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	92,8	A	NOTA 1	C20	050_100
C20/100_200	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	91,3	A	NOTA 1	C20	100_200
C21/000_050	ASSENTE	60,16	HQc(L2) <= Trascurabile	91,3	A	NOTA 1	C21	000_050
C21/050_100	ASSENTE	60,16	HQc(L2) <= Trascurabile	91,7	A	NOTA 1	C21	050_100
C21/100_200	ASSENTE	60,16	HQc(L2) <= Trascurabile	100	A	NOTA 1	C21	100_200
C22/000_050	ASSENTE	51,19	HQc(L2) <= Trascurabile	92,8	A	NOTA 1	C22	000_050
C22/050_100	ASSENTE	51,19	HQc(L2) <= Trascurabile	91,2	A	NOTA 1	C22	050_100
C22/100_200	ASSENTE	51,19	HQc(L2) <= Trascurabile	92,1	A	NOTA 1	C22	100_200
C23/000_050	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	90,1	A	NOTA 1	C23	000_050
C23/050_100	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	93,4	A	NOTA 1	C23	050_100
C23/100_200	ASSENTE	100,00	HQc(L2) <= Trascurabile	90,3	A	NOTA 1	C23	100_200
C24/000_050	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	99,2	A	NOTA 1	C24	000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

C24/050_1 00	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	91,7	A	NOTA 1	C24	050 _10 0
C24/100_2 00	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	87,4	A	NOTA 1	C24	100 _20 0
C24/200_4 00	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	100	A	NOTA 1	C24	200 _40 0
C25/000_0 50	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	90,7	A	NOTA 1	C25	000 _05 0
C25/050_1 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	90,9	A	NOTA 1	C25	050 _10 0
C25/100_2 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	94,9	A	NOTA 1	C25	100 _20 0
C25/200_4 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	95,3	A	NOTA 1	C25	200 _40 0
C26/000_0 50	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	91,2	A	NOTA 1	C26	000 _05 0
C26/050_1 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	99,6	A	NOTA 1	C26	050 _10 0
C26/100_2 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	99,7	A	NOTA 1	C26	100 _20 0
C26/200_4 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	93,2	A	NOTA 1	C26	200 _40 0
C27/000_0 50	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	91,6	A	NOTA 1	C27	000 _05 0
C27/050_1 00	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	91,8	A	NOTA 1	C27	050 _10 0
C27/100_2 00	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	90,3	A	NOTA 1	C27	100 _20 0
C27/200_4 00	ASSENTE	0,00	HQc(L2) <= Trascurabile	91,7	A	NOTA 1	C27	200 _40 0
C28/000_0 50	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	93,9	A	NOTA 1	C28	000 _05 0
C28/050_1 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	93	A	NOTA 1	C28	050 _10 0
C28/100_2 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	92,4	A	NOTA 1	C28	100 _20 0

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

C28/200_4 00	ASSENTE	100,0 0	HQc(L2) <= Trascurabile	92,5	A	NOTA 1	C28	200 _40 0
-----------------	---------	------------	----------------------------	------	----------	--------	-----	-----------------

Tabella 28 – Indici di qualità, classi di pericolo chimico ed ecotossicologico e % Pelite

Tutti i campioni corrispondenti ai livelli superficiali e profondi analizzati nella fase di caratterizzazione, sono risultati in classe di qualità "A" ed uno solo ricade in classe di qualità "B" e quindi movimentabili con le opzioni di gestione previste dal D.M. 173/2016 da tenere in considerazione nella futura progettazione insieme ad eventuali prescrizioni che saranno fissate dagli Enti Autorizzativi al fine di minimizzare e mitigare gli impatti.

10.0 RISULTATI AREA PRELIEVO MICROTUNNEL E DEPOSITO TEMPORANEO

10.1 COORDINATE STAZIONI DI PRELIEVO CAMPIONI

Qui di seguito è riportata la tabella che indica nome, posizione, lunghezza della carota e tipologia di analisi a cui sottoporre i sedimenti.

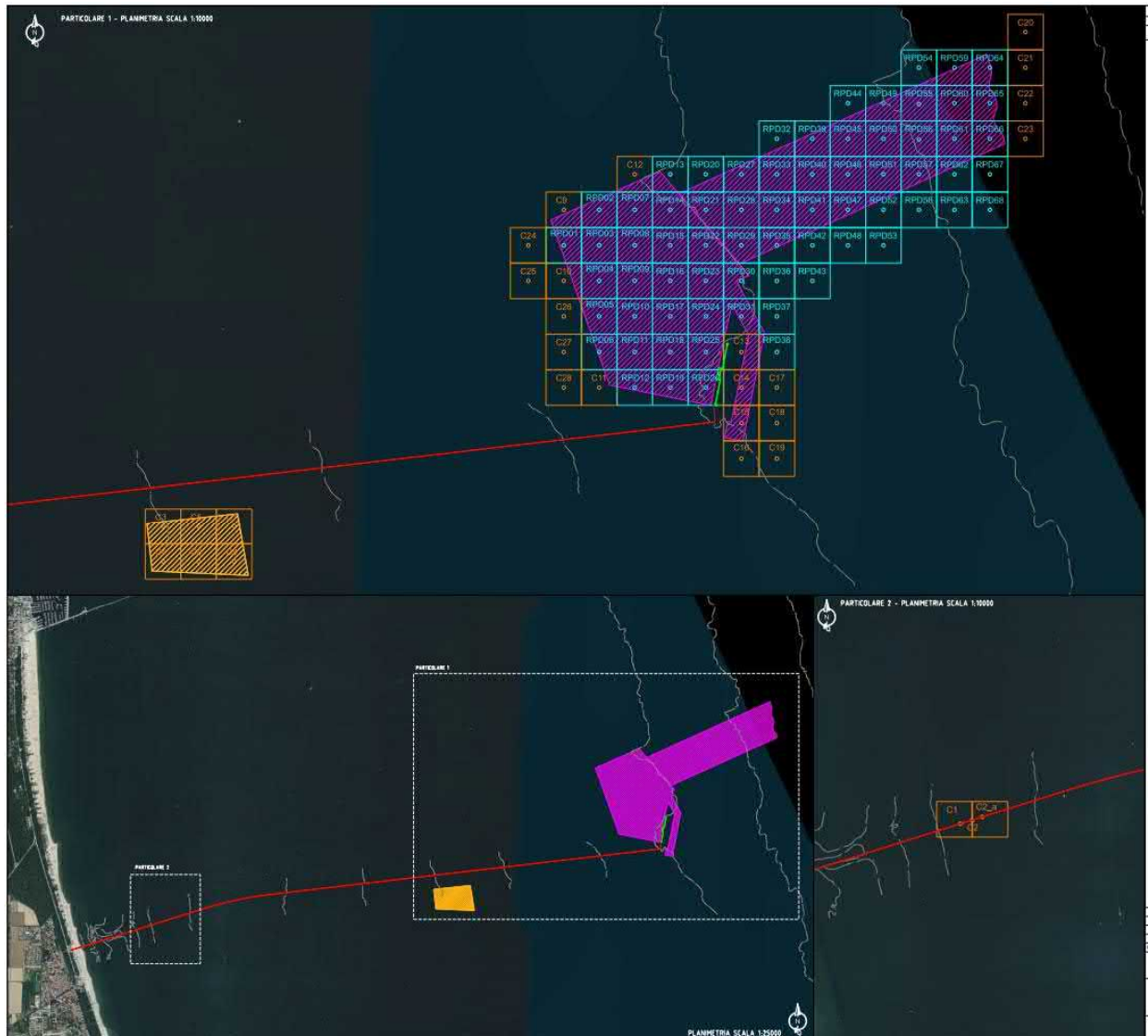


Figura 259. Stazioni di indagine microtunnel

ELENCO STAZIONI DI INDAGINE PRELIEVO MICROTUNNEL					
N° CAROTA	NOME CAROTA	EST (m)	NORD (m)	LUNGHEZZA CAROTAGGIO	PROCEDURA / SET
1	C1	285951.52	4925401.14	8.00 m	D.M. 173/2016
2	C2	286018.17	4925422.05	6.00 m	D.M. 173/2016
3	C2-a	286075.85	4925438.85	4.00 m	D.M. 173/2016
ELENCO STAZIONI DI INDAGINE DEPOSITO TEMPORANEO					
N° CAROTA	NOME CAROTA	EST (m)	NORD (m)	LUNGHEZZA CAROTAGGIO	PROCEDURA / SET
1	C3	289901,302	4925846,297	0.50 m	D.M. 173/2016
2	C4	289903,847	4925644,553	0.50 m	D.M. 173/2016
3	C5	290103,413	4925844,222	0.50 m	D.M. 173/2016
4	C6	290101,971	4925646,217	0.50 m	D.M. 173/2016
5	C7	290303,84	4925847,025	0.50 m	D.M. 173/2016
6	C8	290303,476	4925644,987	0.50 m	D.M. 173/2016
7	C0N	290133,905	4926325,622	0.50 m	D.M. 173/2016
8	C0S	290070,595	4925165,622	0.50 m	D.M. 173/2016

Tabella 29. Elenco stazioni d'indagine microtunnel (prelievo e deposito temporaneo)

10.2 MATERIALI E METODI

10.2.1 Metodologia rilievo batimetrico MBES

Tutte le fasi di pianificazione del rilievo batimetrico, la sua esecuzione, il processing e l'elaborazione cartografica finale, sono state eseguite da personale specializzato e formato, sotto la direzione e supervisione dell'Idrografo di Classe B Geom. Mancini Stefano. I tecnici hanno operato sempre in conformità ai requisiti della normativa vigente in materia di rilievi idrografici emessi dall'Istituto Idrografico della Marina Militare Italiana e seguendo le procedure di qualità e sicurezza aziendale interne definite dalle norme UNI EN ISO 9001/2015 nonché le procedure stabilite dal produttore dei software e degli hardware utilizzati.

Per quanto sopra descritto, coerentemente allo scopo del lavoro ed alle specifiche a cui è stato necessario attenersi, l'attività di acquisizione e raccolta dei dati, indispensabili a garantire lo scopo del lavoro, è stata eseguita mediante l'utilizzo di un sistema Batimetrico Multi Beam Echo Sounder installato a palo. I rilievi sono stati realizzati con trasduttore installato in modalità standard (testa parallela al fondale) mediante apposito supporto posizionato a murata dell'imbarcazione utilizzata.



Figura 260. installazione sistema MBES a bordo della M/B Maestrale Primo.

Il Multi Beam scelto ed utilizzato, è un sistema capace di acquisire un elevato numero di dati (256 Beam) a frequenze e velocità di campionamento molto elevate (440Khz – 50Hz Pulse Rate) in grado di garantire una risoluzione verticale del dato batimetrico acquisito inferiore ad un centimetro (6mm). È accoppiato ad una sonda per il calcolo della velocità del suono in continuo (SVS), un sistema di posizionamento INS (sistema di posizionamento inerziale) in grado di rilevare dati in modalità RTK, un sistema integrato MRU-GYRO, e ad un sistema di posizionamento secondario composta da un ricevitore GPS in modalità RT. Il tutto è gestito e controllato dal software di navigazione/acquisizione in grado di sincronizzare e registrare tutti i sistemi impiegati.

Il sistema satellitare di posizionamento superficiale primario utilizzato per i rilievi è un GPS-RTK-INS Applanix Wave Master II, costituito da due ricevitori detti Primario e Secondario integrato con un MRU ad immersione, il tutto collegato ad un demodulatore. Questo è un sistema completamente modulare e può ricevere satelliti GPS singola o doppia frequenza o la nuova frequenza L5, può inoltre tracciare anche i satelliti Glonass. Il sistema è compatibile anche con i servizi di correzione RTK ItalPos o Netgeo, mediante collegamento VRS alla rete nazionale N-TRIP.

Il sistema satellitare di posizionamento superficiale secondario adottato è invece un GPS-RTK Trimble GNSS R10-2. Questa antenna può ricevere satelliti GPS da tutte le costellazioni attualmente in orbita (GPS, GLONASS, Galileo, Beidou e QZSS), sia singola o doppia frequenza oltre che la nuova frequenza L5. Anche questo sistema è compatibile oltre che con la rete di correzione RTK proprietaria Trimble (Netgeo) anche con quella ItalPos, mediante connessione GPRS.

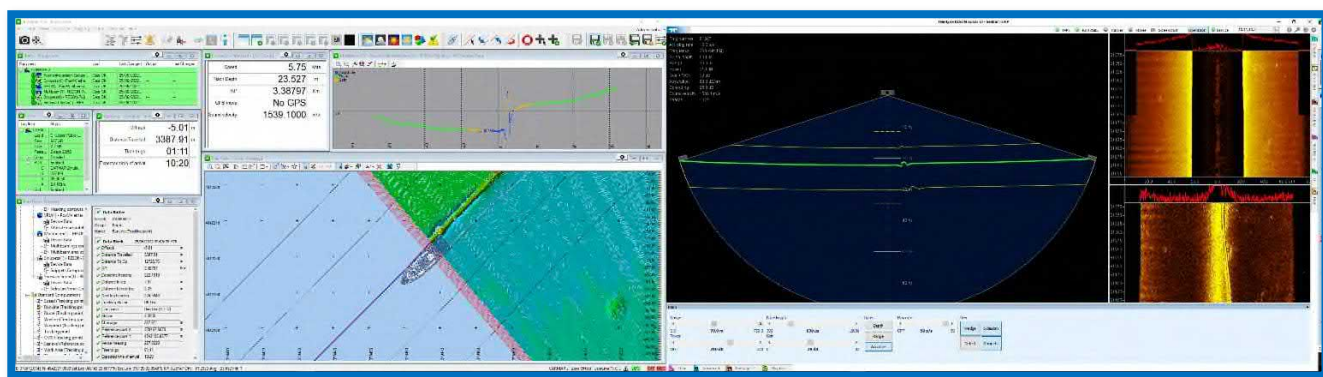


Figura 261. MBES e Software di Navigazione in fase di acquisizione

Tutti i sistemi idrografici sia hardware che software, in fase di acquisizione sono stati settati al fine di acquisire i dati secondo gli standard indicati dal Disciplinare Tecnico per la Standardizzazione dei Rilievi Idrografici. Sia il software di acquisizione che gli apparati sono stati impostati al fine di registrare i dati di posizione, movimento con una frequenza di campionamento di 200Hz, mentre i dati di velocità del suono e profondità con una frequenza di campionamento di 50Hz, così da poter sfruttare a pieno le potenzialità della strumentazione impiegata.

È possibile accedere all'elenco completo ed alla descrizione dettagliata di tutte le caratteristiche della strumentazione impiegata per la realizzazione dell'intero rilievo negli omonimi paragrafi dedicati.

I sistemi di acquisizione appena descritti sono stati installati tutti sullo steso palo a murata dell'imbarcazione. Al fine di garantire il più alto standard qualitativo possibile dei dati acquisiti, sulla base dell'esperienza ed in considerazione del particolare scopo del lavoro, è stato da noi progettato e realizzato un sistema di installazione a palo ad hoc per il presente progetto, tale da garantire i seguenti criteri:

- Resistenza all'attrito durante la navigazione;
- Rigidità della struttura;
- Capacità di assorbire eventuali urti accidentali;
- Adeguato pescaggio e forma al fine di eliminare totalmente le turbolenze attorno al trasduttore;
- Minimizzare gli offset ed i lever arms tra i vari sensori;
- Peso contenuto;
- Facilità nell'installare e disinstallare il sistema di fissaggio;

Tutta la strumentazione utilizzata per questa fase operativa è stata installata in sito durante le operazioni di MOB. Per garantire l'accuratezza e l'affidabilità delle misurazioni di profondità, tutti gli offset di installazione sono stati accuratamente misurati e calcolati. In fase di settaggio prima dell'inizio delle fasi di acquisizione, tali offset sono stati opportunamente inseriti all'interno del software di Navigazione utilizzato. Come da procedura standard, prima dell'inizio delle operazioni di acquisizione è stata effettuata la calibrazione sia del sistema di posizionamento che del sistema MBES. Per ulteriori dettagli su tali operazioni si fa riferimento al MOB Report.

Le antenne GPS-RTK installate sulla motobarca hanno registrato le coordinate (X, Y, Z) dei singoli sensori con accuratezza sub decimetrica mediante segnale di correzione differenziale di tipo G2+. Contestualmente una antenna RTK installata sul caposaldo di riferimento, durante le attività di campo ha acquisito dei dati raw delle effemeridi giornalieri in formato RINEX. Per mezzo del software "POSPac Mobile Mapping Suite" tutti i dati di posizione assetto ed orientamento sono stati successivamente rielaborati e riferiti al caposaldo di riferimento stabilito mediante l'utilizzo dei file Rinex registrati durante tutto l'arco delle giornate di acquisizione, garantendo in questo modo mediante la metodologia detta PPK di avere dati di posizione in modalità RTK di accuratezza centimetrica.

I livelli di marea (escursione del livello del mare) necessari per la correzione dei dati batimetrici, sono stati sia misurati direttamente on-line dall'antenna GPS-RTK utilizzata per l'acquisizione, oltre che scaricati dal mareografo di Ravenna che fa parte della rete mareografica nazionale.

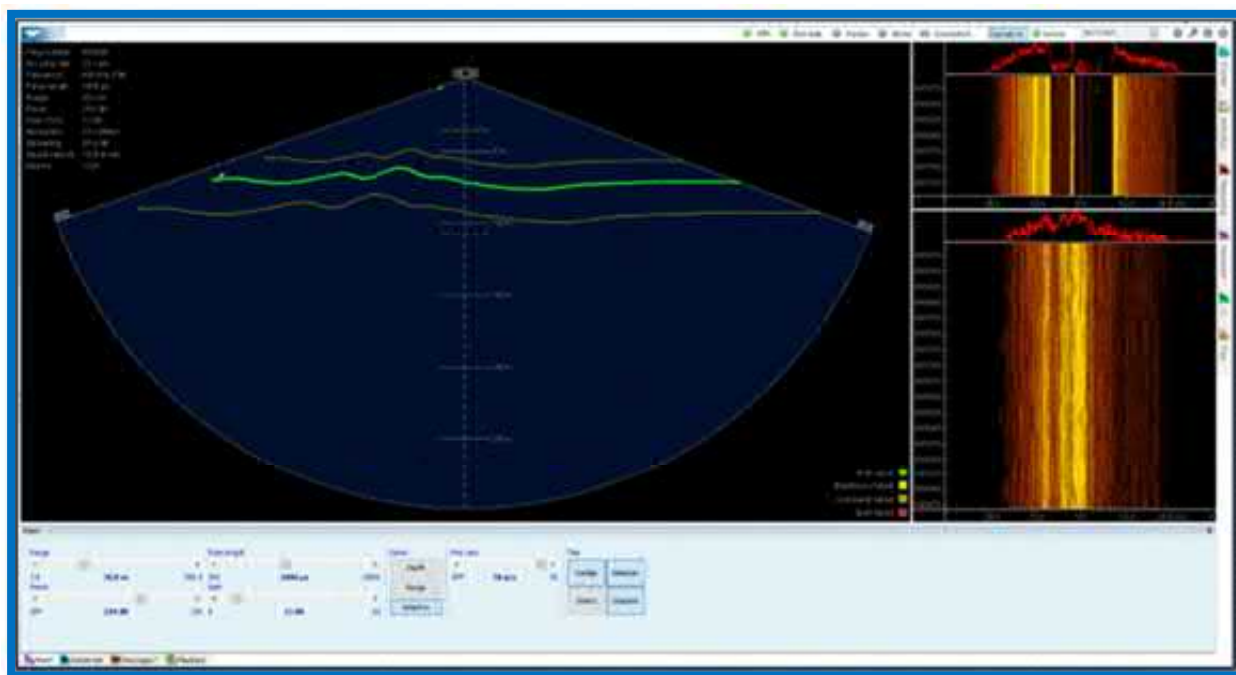


Figura 262. schermata di gestione sistema MBES

Grazie all'architettura adottata è stato possibile associare in tempo reale ai dati Multi Beam la posizione mediante coordinate tridimensionali di ogni singolo punto batimetrico. I dati Multi Beam sono stati acquisiti utilizzando un apposito software prodotto dalla Teledyne RESON (PDS) mediante il modulo MBES On-Line e successivamente processati ed interpretati nei nostri uffici attraverso le utility di Editing presenti all'interno dello stesso software.

L'hardware ed il software di acquisizione utilizzati, hanno consentito la gestione di diverse porte seriali per la comunicazione e la sincronizzazione di tutti i dati acquisiti in tempo reale. L'architettura del sistema creata e la modalità di acquisizione ed archiviazione messa a punto ha permesso di effettuare un doppio Quality Control dei

dati sia on-line, durante le attività di acquisizione, sia off-line, una volta terminata l'acquisizione di tutti i dati. Il controllo di qualità e l'analisi dei dati di profondità acquisiti è stato eseguito in Real-time dal tecnico preposto a bordo dell'imbarcazione di supporto alle operazioni secondo le seguenti modalità:

- a. Controllo qualità dei dati MBES;
- b. Controllo qualità del segnale DGPS primario;
- c. Monitoraggio della velocità massima dell'imbarcazione;
- d. Monitoraggio delle condizioni meteo;
- e. Controllo qualità degli swath acquisiti;
- f. Controllo qualità del DTM di acquisizione;
- g. Controllo qualità dei dati SVS / SVP;
- h. Corretta copertura dell'area da indagare;
- i. Conformità dell'archiviazione dei dati

La mole di dati batimetrici acquisiti sul campo durante le operazioni è stata trattata ed elaborata in maniera preliminare direttamente in cantiere e successivamente rielaborata in maniera definitiva presso gli uffici dell'esecutrice secondo le modalità previste dalle procedure IHO ed adottate dall'Istituto Idrografico della Marina Militare Italiana (maggiori dettagli sulle procedure di elaborazione sono riportati all'interno dei paragrafi successivi).

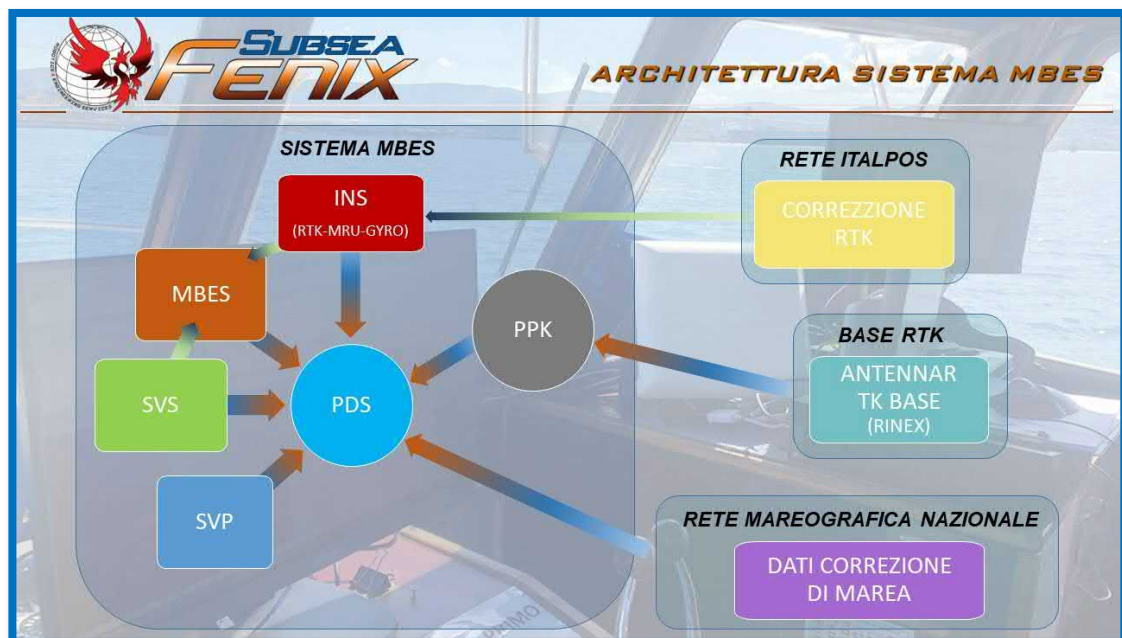


Figura 263. Architettura Sistema MBES

10.2.2 Metodologia rilievo morfologico Side Scan Sonar

Le indagini geofisiche previste a copertura dell'area hanno l'obiettivo di ricostruire con cura la morfologia che caratterizza l'intera superficie indagata e di determinare con precisione la presenza sul fondo di qualsiasi tipo di oggetto ed ostacolo che possano in qualche modo risultare di interesse all'ancoraggio del mezzo navale e alle successive fasi del progetto.

L'attività di acquisizione e raccolta dei dati, è stata eseguita mediante l'utilizzo di un sistema Side Scan Sonar (Sonar a scansione laterale Edgetech 4125-P ULTRA HIGH RESOLUTION di ultima generazione, capace di acquisire in contemporanea tracciati in bassa ed alta frequenza (Rispettivamente 400/900 KHz). Il sistema è stato utilizzato in configurazione "towed", trainato a poppa del mezzo dell'imbarcazione geofisica utilizzata.



Figura 264. Schermata di acquisizione del Side Scan Sonar.

Con l'intento di soddisfare lo scopo del lavoro sono stati eseguiti tre record di acquisizione con il Side Scan Sonar impostato per acquisire dati in alta frequenza con un Range laterale di cinquanta metri (50 m) (100 m di corridoio di copertura per ogni record di acquisizione), tale da individuare al meglio la morfologia del fondale e mettere in evidenza anche la presenza di oggetti di piccole dimensioni. L'attività di acquisizione dei dati morfologici Side Scan Sonar è stata eseguita contestualmente a quella di acquisizione dei dati batimetrici MBES. Al fine di eliminare eventuali problemi dovuti al posizionamento, i record registrati su linee contigue sono stati acquisiti sempre in senso contrario uno rispetto all'altro. Per l'esecuzione dell'attività morfologica è stata pianificata l'esecuzione di rotte parallele tra loro ed equi distanziate di 30 m come riportato nel capitolo del piano teorico di navigazione. Il Side Scan Sonar utilizzato è stato trainato il più possibile allineato con la rotta di navigazione e mantenuto per quanto possibile ad una quota di volo dal fondo di circa il 10-15% del range laterale, compatibilmente con l'andamento batimetrico del fondale.

La posizione del sistema SSS è stata calcolata mediante applicazione del metodo del Layback effettuato dal sistema di navigazione presente a bordo dell'imbarcazione, metodo che in questo contesto ha garantito un corretto posizionamento del trasduttore al traino. L'imbarcazione di supporto è stata invece dotata di un sistema di posizionamento superficiale INS che ha lavorato in modalità RTK utilizzando come correzione il segnale ricevuto mediante connessione GPRS dalla rete di correzione fissa Italpos. I dati morfologici sono stati

acquisiti mediante un apposito software (Edgtech Discover) che in tempo reale oltre ad associare le coordinate della posizione del trasduttore in acqua visualizzava ed acquisiva i dati morfologici del fondale.



Figura 265. Side Scan Sonar

L'hardware ed il software di acquisizione utilizzati, hanno consentito la gestione dei diversi flussi di dati in modo totalmente sincronizzato, oltre che permettere un doppio Quality Control dei dati sia on-line, durante le attività di acquisizione, sia off-line, una volta terminata l'acquisizione di tutti i dati. Il controllo di qualità e l'analisi dei dati stratigrafici è stato eseguito in contemporanea ed in Real-time sia dal tecnico navigatore che dal tecnico geofisico secondo le seguenti modalità:

- | | |
|--|--|
| ✓ Controllo qualità dei dati SSS; | ✓ Monitoraggio dell'altezza del trasduttore dal fondale; |
| ✓ Controllo qualità del segnale RTK; | ✓ Verifica della sincronizzazione dei dati; |
| ✓ Monitoraggio delle condizioni meteo; | ✓ Corretta copertura dell'area da indagare; |
| ✓ Monitoraggio della velocità massima dell'imbarcazione; | ✓ Conformità dell'archiviazione dei dati; |

Il risultato finale del rilievo Side Scan Sonar è una serie di tracciati geomorfologici che una volta uniti in un unico Fotomosaico Georeferenziato, realizzato grazie al software SeaView della Mogasofth ha permesso di individuare previa interpretazione la reale e dettagliata morfologia dell'area indagata, oltre che permettere l'individuazione di eventuali relitti, anomalie del fondale e rottami presenti sul fondo. Il Fotomosaico caratterizzato da una serie di immagini digitali dove ciascun pixel rappresenta una cella di fondale, permette di visualizzare la superficie del fondo del mare come un unico sonogramma che corrisponde ad una pseudo-fotografia in scala di grigi. Questa immagine ritrae le caratteristiche del fondale evidenziandole per scala di riflessione/assorbimento. La fase successiva alla mosaicatura è stata l'interpretazione del risultato e l'individuazione di oggetti.

Una volta terminati i rilievi, i dati strumentali ottenuti sul campo sono stati processati ed elaborati in maniera definitiva presso i nostri uffici da personale specializzato ed esperto in questo tipo di attività (maggiori dettagli sulle modalità di processing sono descritti nei paragrafi successivi).



Figura 266. Architettura Sistema SSS

10.2.3 Rilievo delle caratteristiche idrologiche

Presso ciascuna delle stazioni di campionamento riportate in Tabella 1 sono state rilevate le principali caratteristiche idrologiche. Nello specifico, mediante sonda multiparametrica configurata come riportato in Tabella, sono stati acquisiti profili verticali, lungo l'intera colonna d'acqua, delle seguenti variabili chimico-fisiche:

- Profondità;
- Temperatura;
- Salinità;
- Ossigeno Disciolto;
- Torbidità.
- Trasparenza.

La profondità è stata verificata anche mediante un'apposita fettuccia invar metrata mentre, per la misura della trasparenza, è stato utilizzato un Disco di Secchi equipaggiato con cima graduata (Cicero e Di Girolamo, 2001a).

Le misure sono state eseguite in accordo con le metodiche di riferimento nazionali ed internazionali (Cicero e Di Girolamo, 2001b; UNESCO, 1988). Ad ogni stazione, la sonda è stata calata manualmente ad una velocità inferiore a 1 m s⁻¹ dalla superficie al fondo, mantenendo lo strumento ad una distanza di sicurezza dal sedimento. Ciascuna calata è stata preceduta da una fase di acclimatazione, in superficie, per il tempo necessario a massimizzare la precisione delle misure effettuate. La sonda CTD ed i sensori associati sono stati calibrati secondo protocolli standard internazionali (UNESCO, 1988, 1993). I dati CTD, registrati di volta in volta nella memoria interna della sonda sono stati scaricati, verificati ed elaborati in laboratorio mediante il pacchetto software Seasoft (SeaTerm v.1.59 e SBE Data Processing v.7.26.7), nel rispetto delle procedure standard internazionali (Fofonoff and Millard, 1983; UNESCO, 1991; 1993). Le anomalie rilevate sono state eliminate in fase di processamento. Per ciascun profilo acquisito, i dati sono stati mediati a intervalli di profondità di 0.5 m.

Sensore	Produttore	Modello	Range di misura	Risoluzione	Accuratezza
Conducibilità	SeaBird Electronics inc.	SBE 19 plus	C: 0 – 9 S/m	C: 0.00005 S/m	C: 0.0005 S/m
Temperatura			T: -5 – +35 °C	T: 0.0001 °C	T: 0.005 °C
Pressione			P: 0 – 7000 m	P: 0.002% of full scale range	P: 0.1% of full scale range
pH	SeaBird Electronics inc.	SBE 27	0 – 14	0.001	0.1
Potenziale Red-Ox			± 1250 mV	0.0001 mV	± 1.0 mV
Ossigeno Disciolto	SeaBird Electronics inc.	SBE 43	120 % della saturaz. Superficiale	0.01% of saturation	2% of saturation
Torbidità	Seapoint	Turbidity Meter	0 – 25; 0 – 125; 0 – 500; < 750 FTU (selectable with "Jumper" cables)	0.03 FTU	0.05 FTU

Tabella 30 – Classificazione di qualità dei materiali analizzati

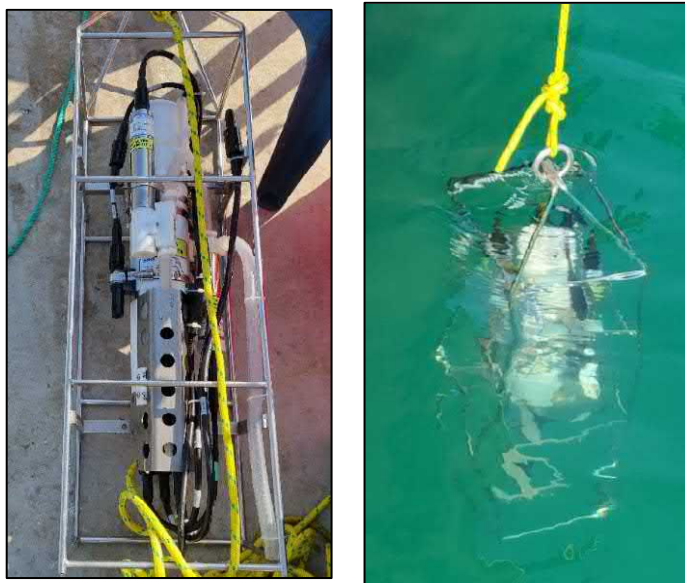


Figura 267. Sonda multi parametrica

10.2.4 Prelievo di campioni di sedimento

Il campionamento dei sedimenti marini è stato svolto utilizzando una benna Van Veen, in accordo con le procedure standard indicate da ICRAM (Cicero e Di Girolamo, 2001c). Presso ciascuna stazione si è proceduto al prelievo dei sedimenti mediante benna di volume di 25 L e superficie di presa 0.1 m².

Al fine di evitare contaminazioni incrociate, la benna è stata sempre sciacquata con acqua di mare immergendola ripetutamente in superficie prima del campionamento. La benna è stata calata fino al fondo e recuperata delicatamente in modo da permettere un corretto prelievo del sedimento.

Dopo il recupero a bordo, il contenuto della benna è stato ispezionato tramite appositi sportelli superiori, così da verificare l'accettabilità del campione, in accordo con le linee guida US-EPA (U.S. EPA, 2001).

I sedimenti prelevati con la prima bennata sono stati utilizzati per la descrizione macroscopica dei sedimenti, per le misure chimico-fisiche e per il prelievo di aliquote da destinare alle successive analisi di laboratorio sedimentologiche, chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche. Il contenuto delle tre successive bennate è stato dedicato alle determinazioni qualitative e quantitative del macro-zoobenthos.

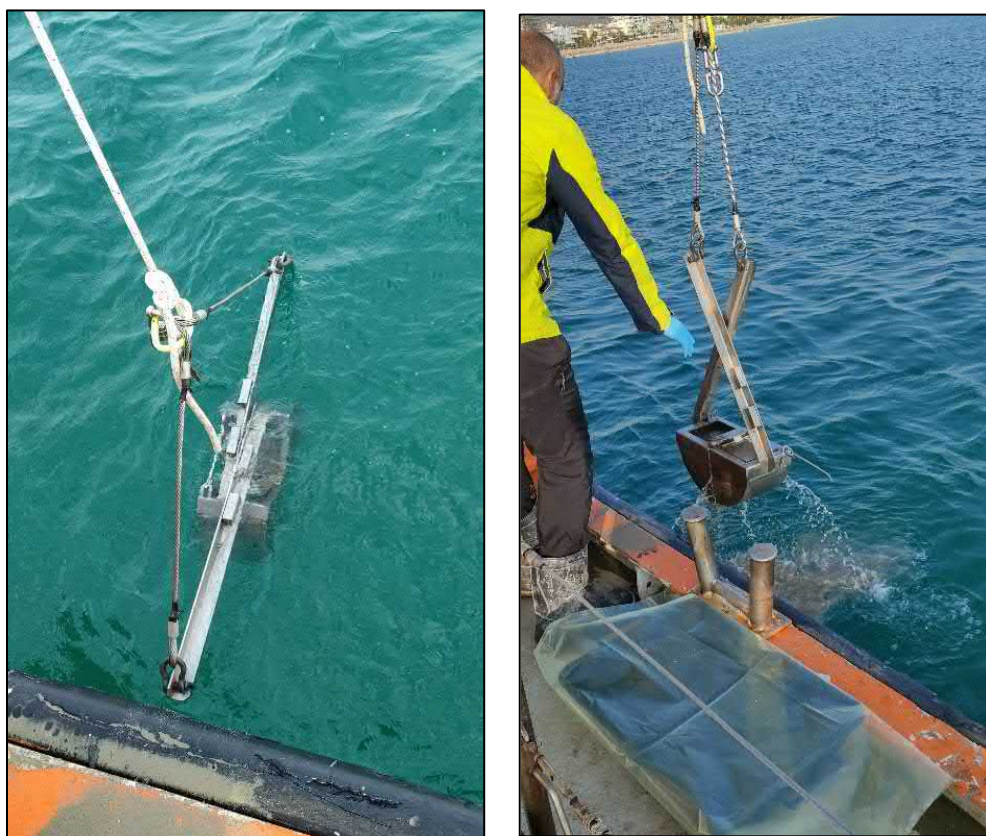


Figura 268. Benna di Van-Veen



Figura 269. Campionamento sedimenti stazioni C03/C04/C05/C06/C07/C08/C05/C0N

10.2.5 Caratterizzazione delle comunità macrozoobentoniche

I sedimenti prelevati mediante la seconda, terza e quarta calata della benna sono stati dedicati allo studio qualitativo e quantitativo del macro-zoobenthos, secondo la procedura descritta da ICRAM (Cicero e Di Girolamo, 2001d). Dopo ciascuna di queste tre operazioni, il contenuto della benna è stato setacciato mediante setacci in acciaio inox con maglia di 0.5 mm utilizzando un flusso d'acqua di mare a bassa intensità, per evitare danni agli organismi.

Al termine dell'operazione di setacciatura, il residuo è stato trasferito in contenitori in HDPE e fissato con soluzione di fissativo "Accustain Formalin Free Fixative" (10% di concentrazione finale). I campioni sono stati conservati a temperatura ambiente fino alle determinazioni di laboratorio.



Figura 270. Setacciatura dei sedimenti per la determinazione del macrozoobenthos

I contenitori per le indagini del macrobenthos sono stati adeguatamente etichettati al fine di rendere perfettamente riconoscibili il singolo campione e la singola replica riportando, in etichetta, le seguenti informazioni:

- **Campagna** – nome del progetto / località;
- **ID Stazione** – codice identificativo della stazione di campionamento;
- **Data** – data di campionamento;
- **Matrice** – sedimento;
- **Analisi** – Macrozoobenthos – RX (dove RX è il numero di replica: R1, R2 o R3).

10.2.6 Elaborazione dati biologici e calcolo indici di biodiversità

Su tutti i campioni di macrobenthos analizzati sono stati determinati: i) numero di individui totali e per specie, ii) numero di specie, iii) indice di diversità specifica (Shannon e Weaver, 1949), iv) indice di dominanza (Simpson, 1949), v) indice di ricchezza specifica (Margalef, 1958), vi) indice di equitabilità (i.e. evenness, Pielou 1966). Sono stati inoltre calcolati gli indici biotici AMBI e M-AMBI (Borja et al., 2000; Muxika et al., 2007).

10.2.7 Catena di custodia

Una specifica Catena di Custodia (CoC) è stata predisposta e associata ai campioni a partire dal momento del campionamento fino alla loro consegna al laboratorio incaricato sia per le analisi fisico-chimiche-ecotossicologiche e sia delle analisi del macrozoobenthos, in modo tale da garantire il mantenimento delle corrette modalità di conservazione durante le fasi di trasporto e monitorarne gli spostamenti.

La CoC è stata trasportata insieme ai campioni e consegnata al laboratorio di riferimento permettendo così di controllare la presenza ed il corretto stato dei campioni prima della loro accettazione.

10.3 RISULTATI

10.3.1 RILIEVO BATIMETRICO DELL'AREA DI DEPOSITO TEMPORANEO

Il rilievo batimetrico e la successiva generazione del DTM a maglia 0.25 m x 0.25 m hanno permesso di ricostruire in maniera dettagliata l'andamento della profondità nell'area oggetto di indagine e che sarà utilizzata come sito di deposito temporaneo dei sedimenti derivanti dall'escavo di un microtunnel. .

Partendo dall'estremità verso terra le isobate variano in modo regolare e procedendo verso ovest.

Il fondo marino nell'area indagata si presenta omogeneo e sub pianeggiante, le profondità variano da batimetrica -10.87 m a -11.56 m.

Dall'analisi del DTM non si evidenziano forme e geometrie del fondale riconducibili a fenomeni erosivi o di trasporto dei sedimenti.

Qui di seguito sono riportate alcune immagini del DTM elaborato.

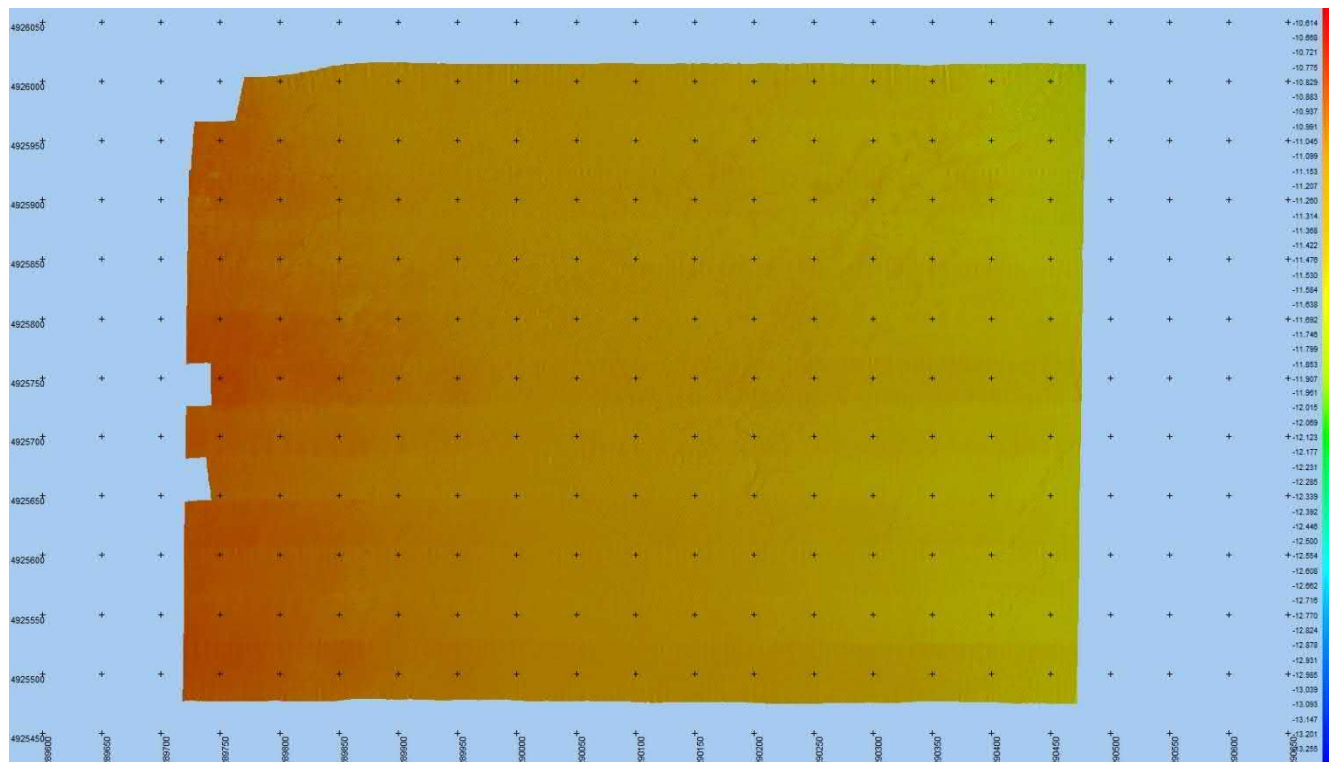


Figura 271. DTM dell'area di deposito temporaneo

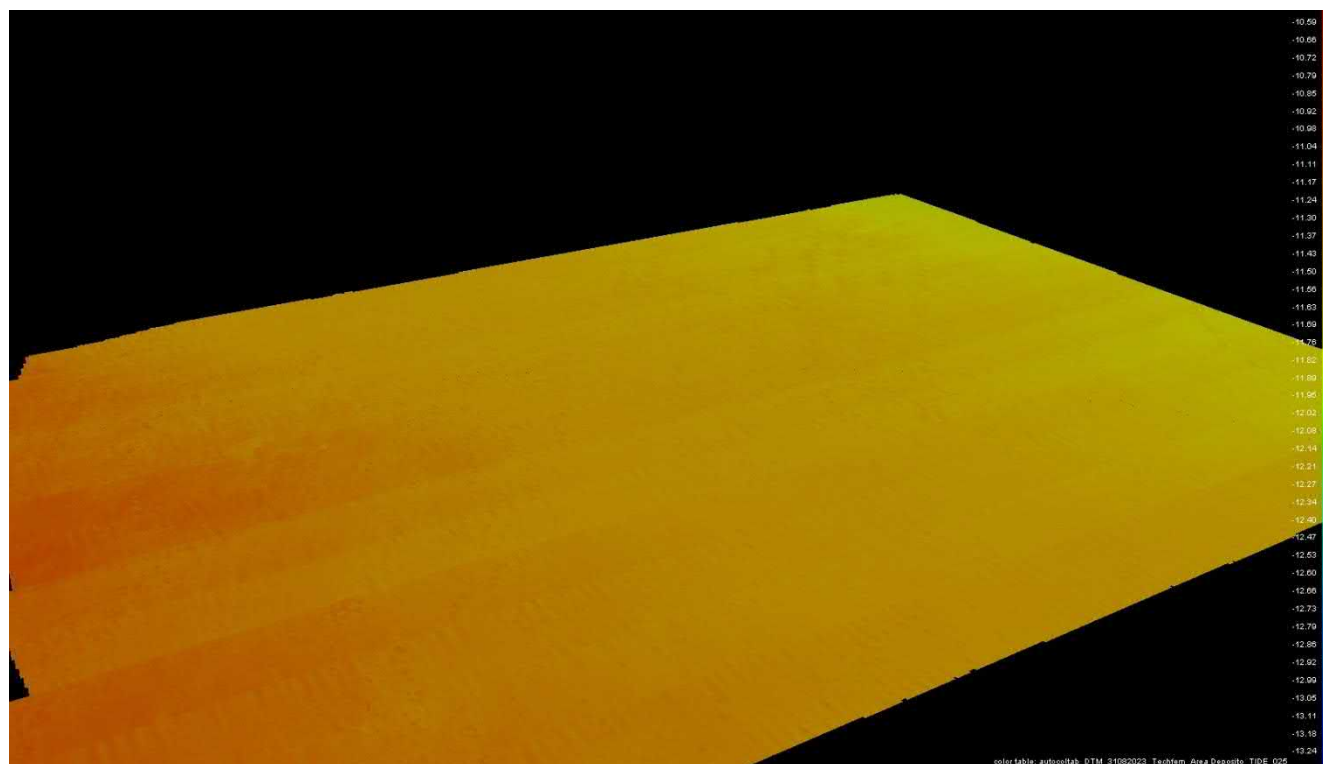


Figura 272. DTM dell'area di deposito temporaneo

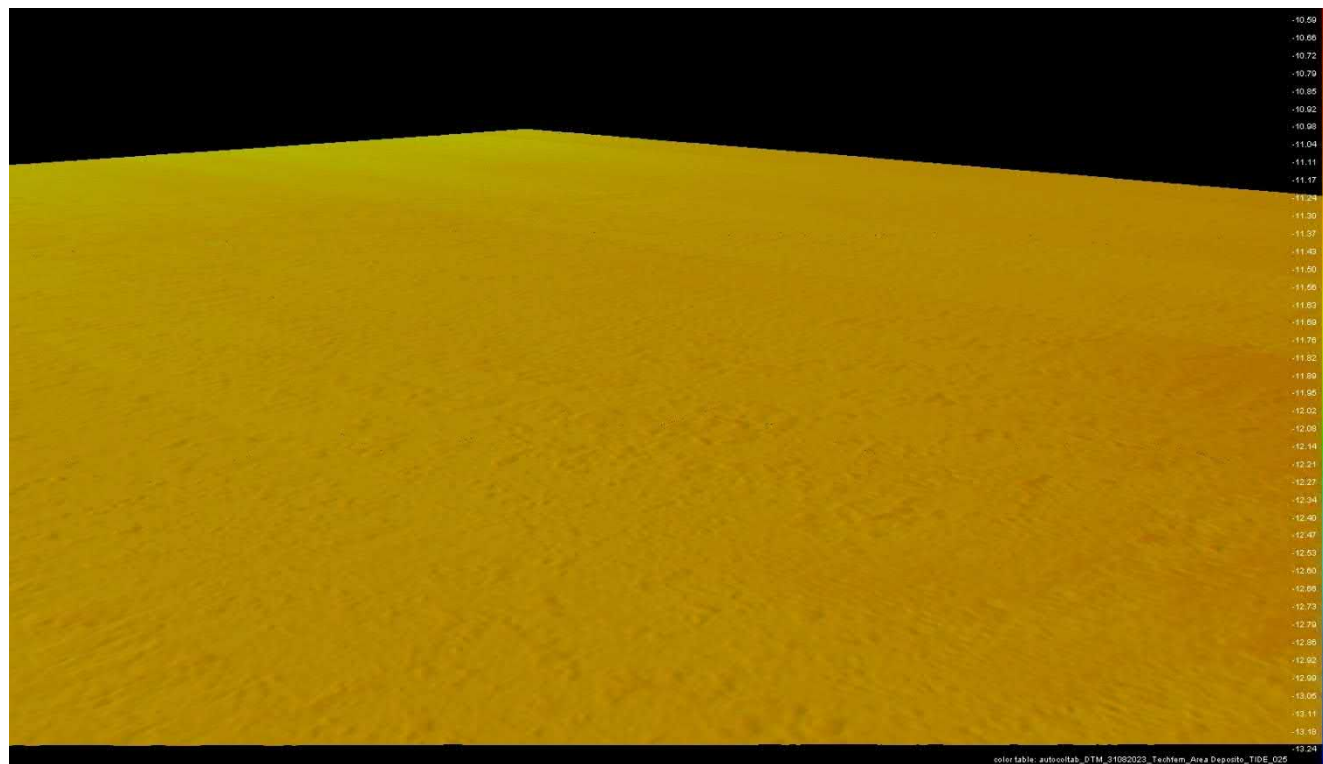


Figura 273. DTM dell'area di deposito temporaneo

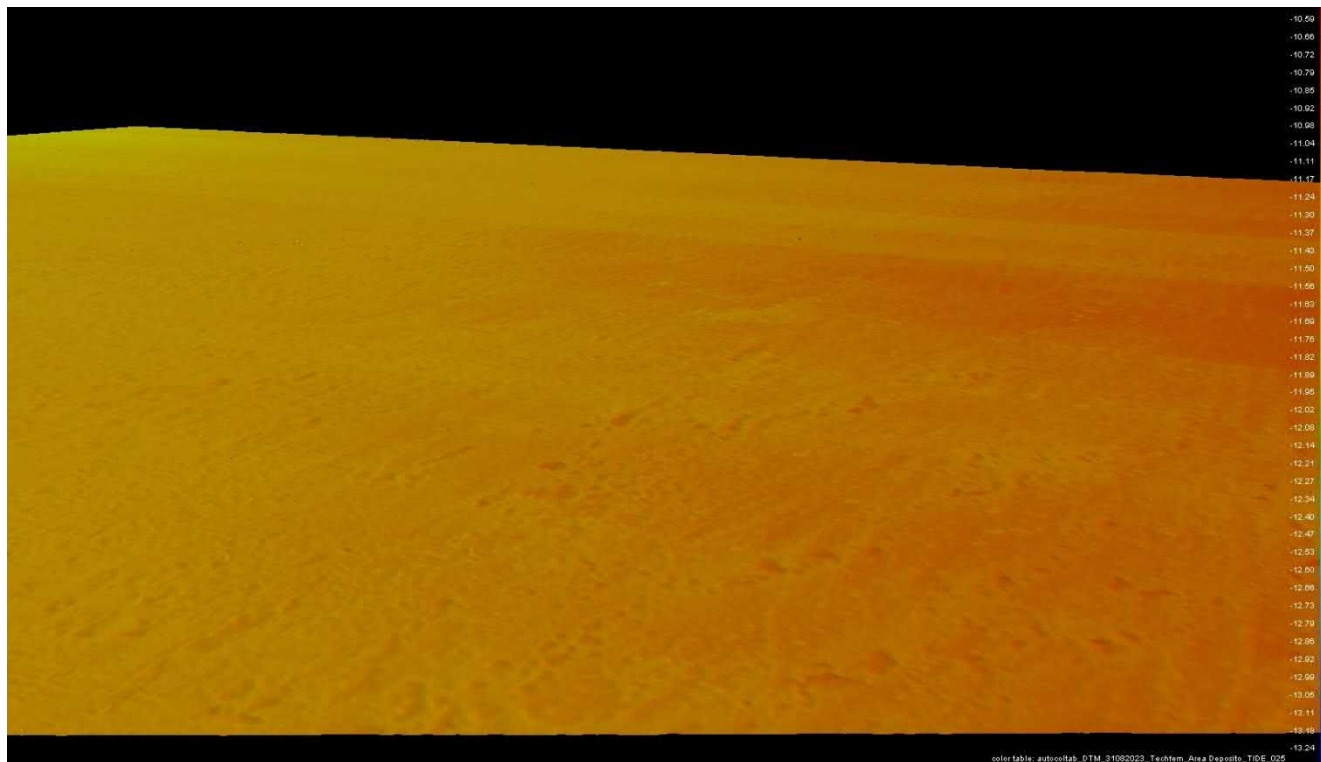


Figura 274. DTM dell'area di deposito temporaneo

10.3.2 RILIEVO SIDE SCAN SONAR DELL'AREA DI DEPOSITO TEMPORANEO

Sull'area di indagine, e che sarà utilizzata da deposito temporaneo dei sedimenti derivanti dall'escavo di un microtunnel, è stata oggetto di un rilievo Side Scan Sonar (SSS) che ha consentito di verificarne la morfologia e di integrare il rilievo batimetrico con informazioni derivanti dall'interpretazione del fotomosaico prodotto.

Qui di seguito vengono riportate alcune viste di dettaglio del fotomosaico SSS dell'area di deposito.

Come già evidenziato dal rilievo batimetrico, i dati SSS confermano che l'area in oggetto ha una morfologia estremamente piatta e regolare, dall'analisi del fotomosaico non si evidenziano asperità, irregolarità o tracce a fondo mare derivanti da attività antropica (reti a strascico o solchi di ancora).

Analizzando il dato di backscatter e di risposta del SSS è possibile evidenziare alcune aree nel fotomosaico più chiare. Sulla base di rilievi analoghi e verifiche eseguite in aree non lontane da quella oggetto di questa campagna di rilievi, è verosimilmente plausibile supporre che le aree più chiare nel fotomosaico siano interessate dalla presenza in superficie di bioclasti (principalmente costituiti da gusci di bivalvi).

Tali depositi generano accumuli di spessore non significativo con una geometria a cordone che si estendono in direzione NE-SW.

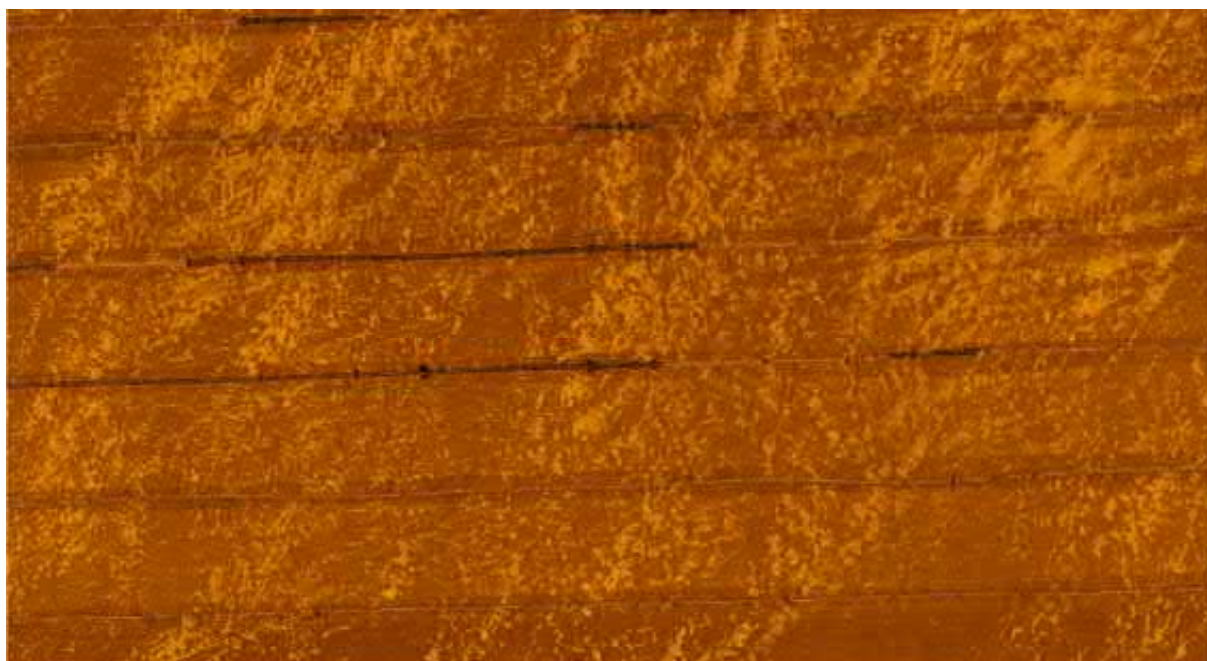


Figura 275. Fotomosaico da dati SSS dell'area di deposito temporaneo



Figura 276. Fotomosaico da dati SSS dell'area di deposito temporaneo



Figura 277. Fotomosaico da dati SSS dell'area di deposito temporaneo

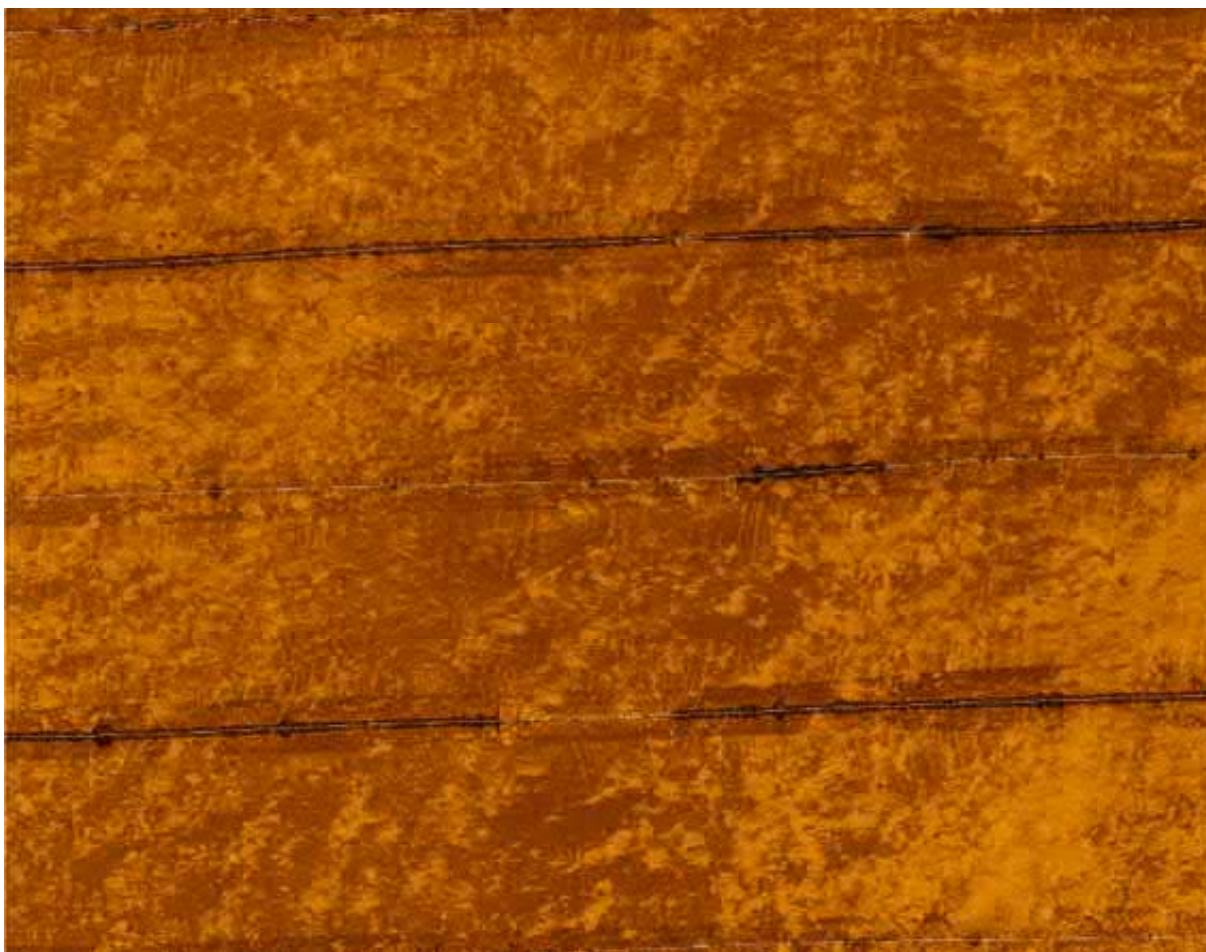


Figura 278. Fotomosaico da dati SSS dell'area di deposito temporaneo

10.3.3 CARATTERIZZAZIONE IDROLOGICA DELLA COLONNA D'ACQUA

TEMPERATURA

La temperatura nell'area di studio ha mostrato variazioni particolarmente limitate, sia lungo la colonna d'acqua, sia fra le diverse stazioni di campionamento, evidenziando una condizione di relativa uniformità termica, certamente favorita dalle ridotte profondità del sito indagato. Nelle singole stazioni di campionamento sono state registrate scarse variazioni di temperatura, con la tendenza ad un lieve decremento verso il fondo ed una massima escursione termica registrata di 2,9°. Complessivamente, la temperatura delle acque indagate è risultata compresa fra una minima di 24,67 °C, rilevata al fondo, ed una massima di 27.86 °C, alla superficie.

SALINITA'

La salinità ha mostrato una variabilità ancor più scarsa, risultando compresa entro un intervallo di valori limitatissimo, indicando l'assenza di un gradiente spaziale evidente fra le diverse stazioni di campionamento. I valori sono risultati compresi fra un minimo di 36.26 PSU, registrato alla superficie ed un massimo di 38.12 PSU, sul fondo. Sebbene l'andamento di questa variabile sia risultato caratterizzato da un lieve incremento verso il fondo, i valori riscontrati hanno messo in luce il probabile apporto di acqua dolce provenienti dai corsi d'acqua locali.

OSSIGENO DISCIOLTO

Il comportamento tipico di questa variabile nelle acque costiere nord-adriatiche è contraddistinto da una riduzione dei valori nella stagione calda, favorita dagli aumenti di temperatura e salinità, comunemente associata ad un incremento dei tassi di respirazione biologica (Ministero dell'Ambiente, Servizio Difesa del Mare – ICRAM, 2000). Un rialzo delle concentrazioni nei mesi freddi è normalmente subordinato all'incremento di solubilità dell'ossigeno legato al diminuire della temperatura, ed al rimescolamento della colonna d'acqua per effetto del maggior idrodinamismo. Analogamente a quanto osservato per le altre variabili chimico-fisiche misurate, le concentrazioni di DO nelle acque indagate hanno presentato variazioni spaziali ridotte, essendo comprese con valori minimi di 5.07 ml l⁻¹ (fondo) ed una massima di 6.48 ml l⁻¹ (superficie).

Tali valori sono apparsi con andamento decrescente con aumento della profondità, e le corrispondenti saturazioni percentuali d'ossigeno, hanno evidenziato una condizione di lieve sovrasaturazione d'ossigeno, in risposta presumibilmente ad uno spostamento dell'equilibrio verso i processi di produzione biologica.

TORBIDITA'

La torbidità ha mostrato valori compresi fra un minimo di 3.35 NTU (sulla superficie) ed un massimo di 10.48 NTU (in profondità) distribuiti, pressoché in tutte le stazioni di campionamento, secondo un trend leggermente crescente al crescere della profondità. I valori registrati in tutta l'area di studio, hanno suggerito una condizione di media trasparenza delle acque.

Tale condizione è apparsa favorita principalmente di apporti terrigeni dalle fluviali dal bacino padano, oltreché e/o di materia organica accumulata al fondo o di intense fioriture fitoplanctoniche in atto al momento del campionamento.

TRASPARENZA (*profondità di scomparsa del Disco di Secchi*)

L'area di studio è soggetta frequentemente a vistosi incrementi della torbidità, legati a fenomeni di vento intenso ed elevato moto ondoso, all'apporto di materiale terrigeno attraverso i corsi d'acqua, con conseguente forte riduzione della trasparenza delle acque. In risposta a tali fattori, come noto, non sono infrequenti valori di trasparenza inferiori ad 1,0 m.

Tuttavia, durante il campionamento, eseguito in condizioni meteo-marine favorevoli e stabili, le misure della profondità di scomparsa del Disco di Secchi hanno confermato la condizione di scarsa trasparenza suggerita dai dati di torbidità acquisiti lungo la colonna d'acqua, con visibilità fino a circa 2 metri dalla superficie

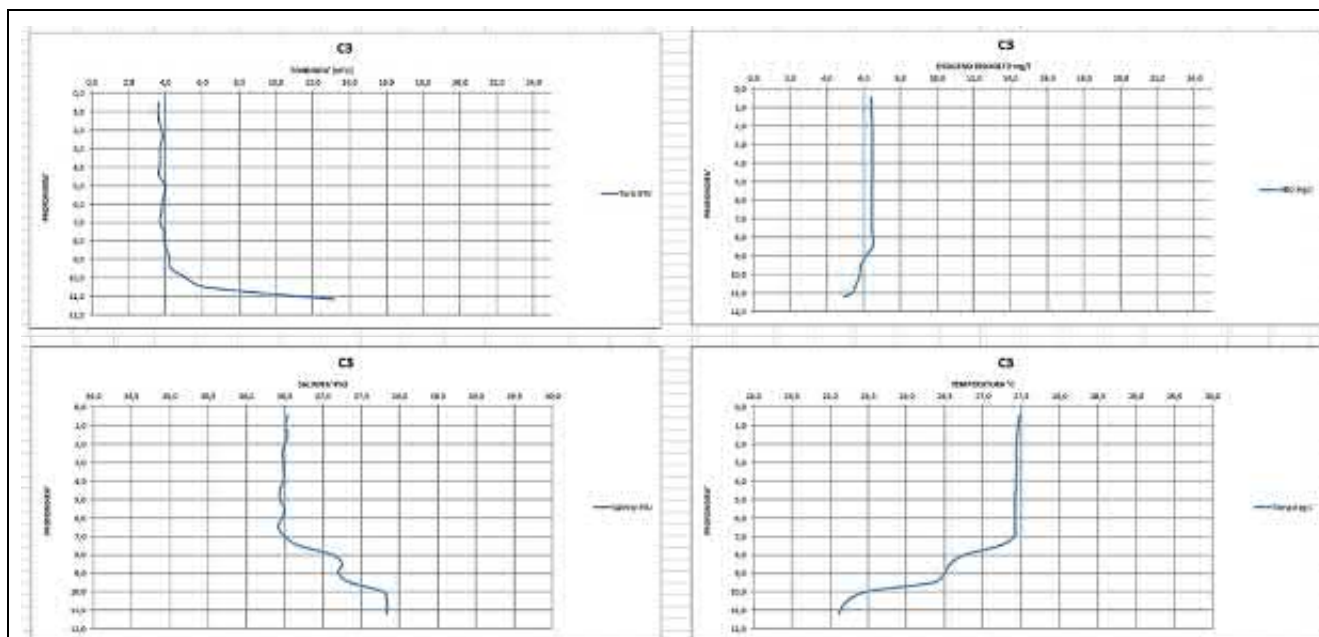


Figura 279. Stazione C3 – profili verticali delle principali variabili chimico-fisiche della colonna d'acqua

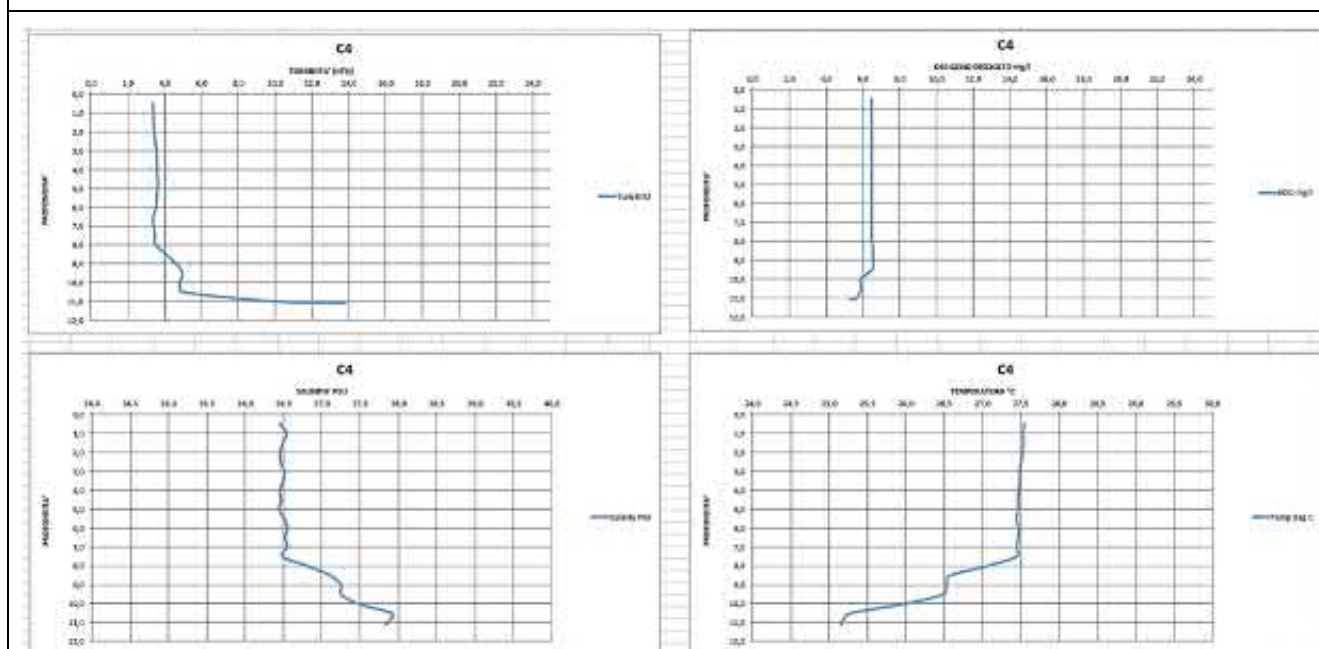


Figura 280. Stazione C4 – profili verticali delle principali variabili chimico-fisiche della colonna d'acqua

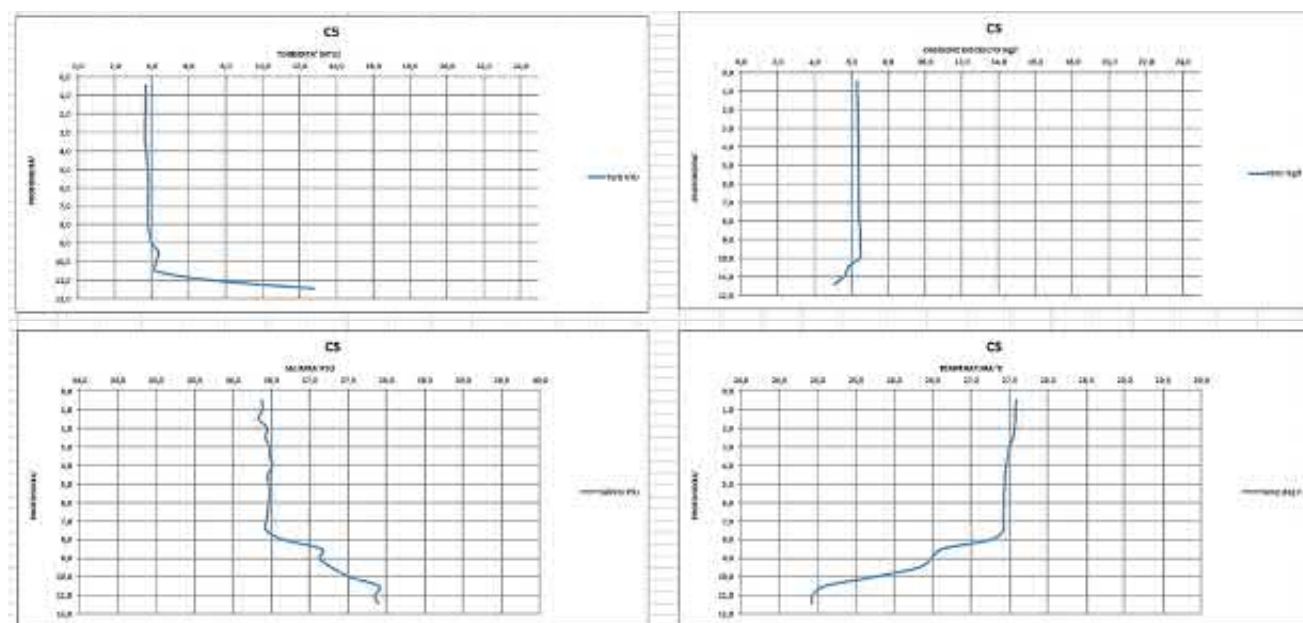


Figura 281. Stazione C5 – profili verticali delle principali variabili chimico-fisiche della colonna d'acqua

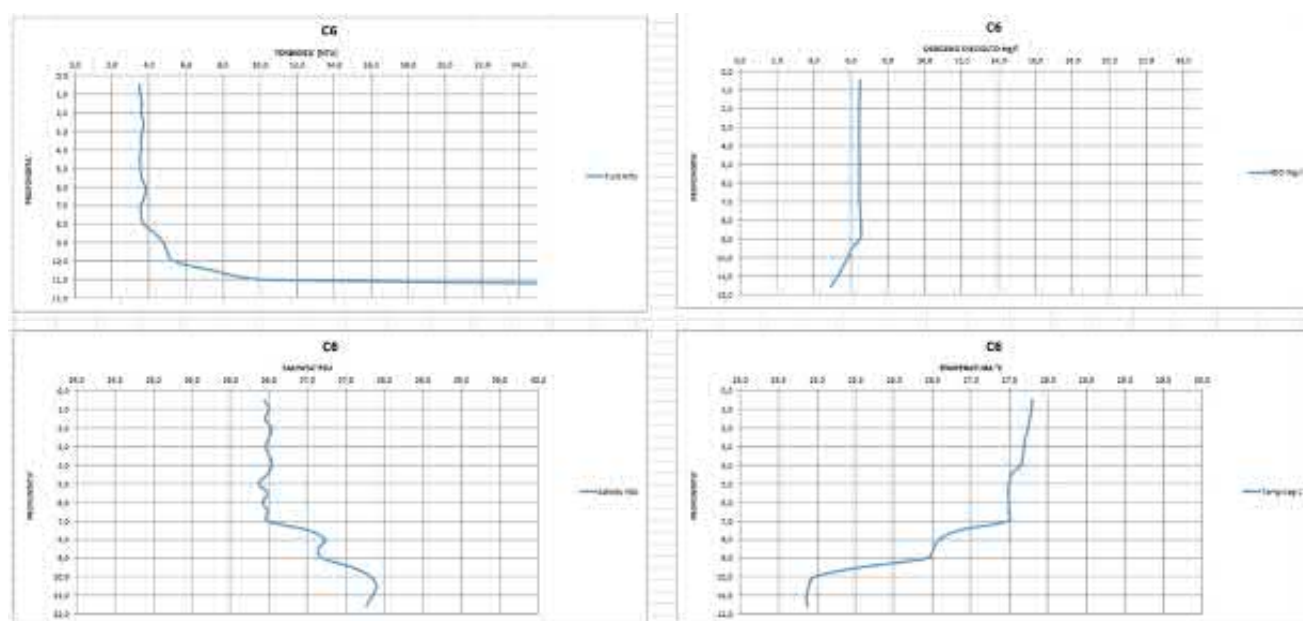


Figura 282. Stazione C6 – profili verticali delle principali variabili chimico-fisiche della colonna d'acqua

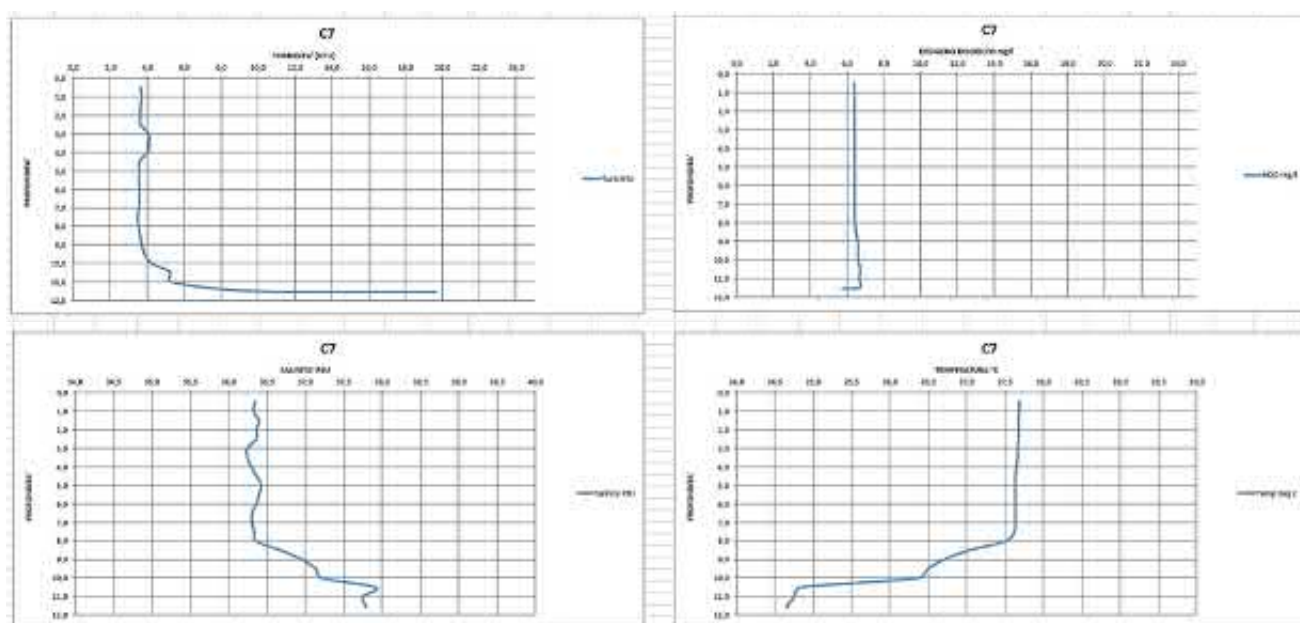


Figura 283. Stazione C7 – profili verticali delle principali variabili chimico-fisiche della colonna d'acqua

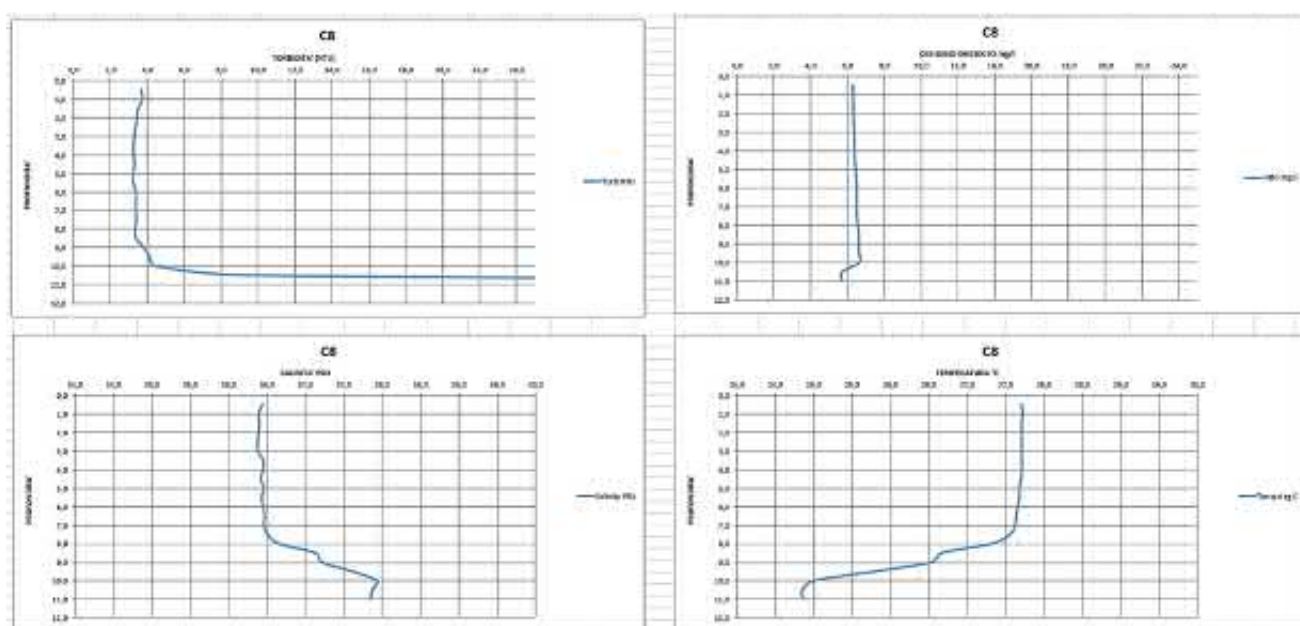


Figura 284. Stazione C8 – profili verticali delle principali variabili chimico-fisiche della colonna d'acqua

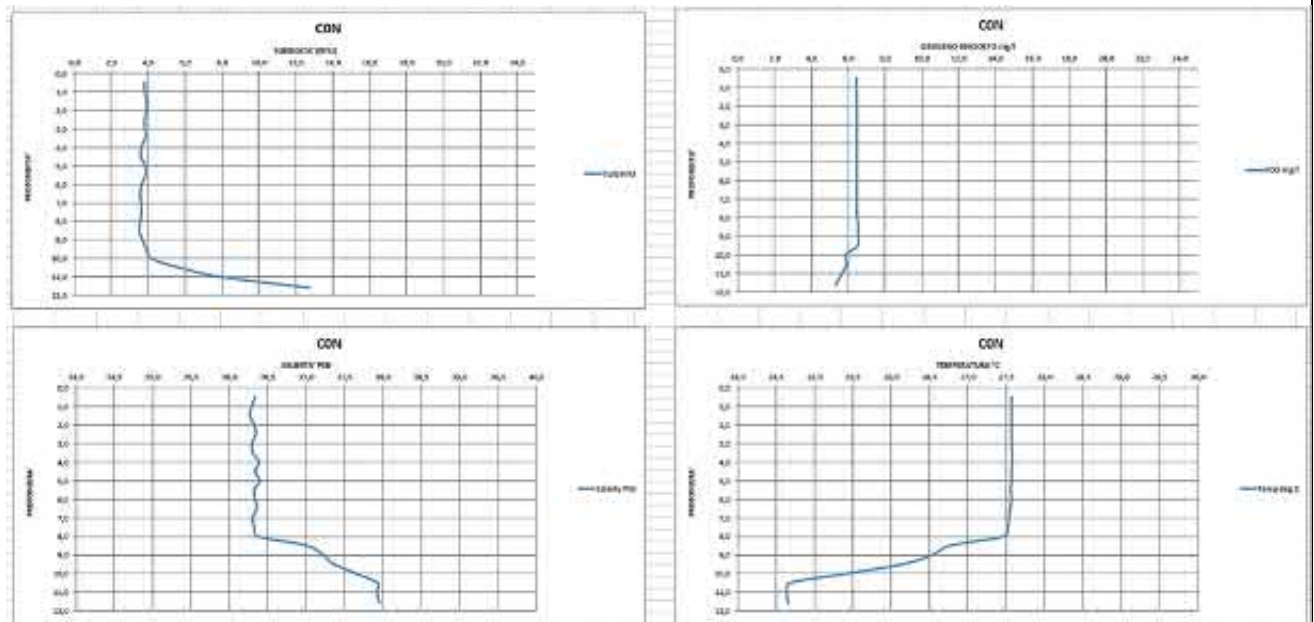


Figura 285. Stazione C0N – profili verticali delle principali variabili chimico-fisiche della colonna d'acqua

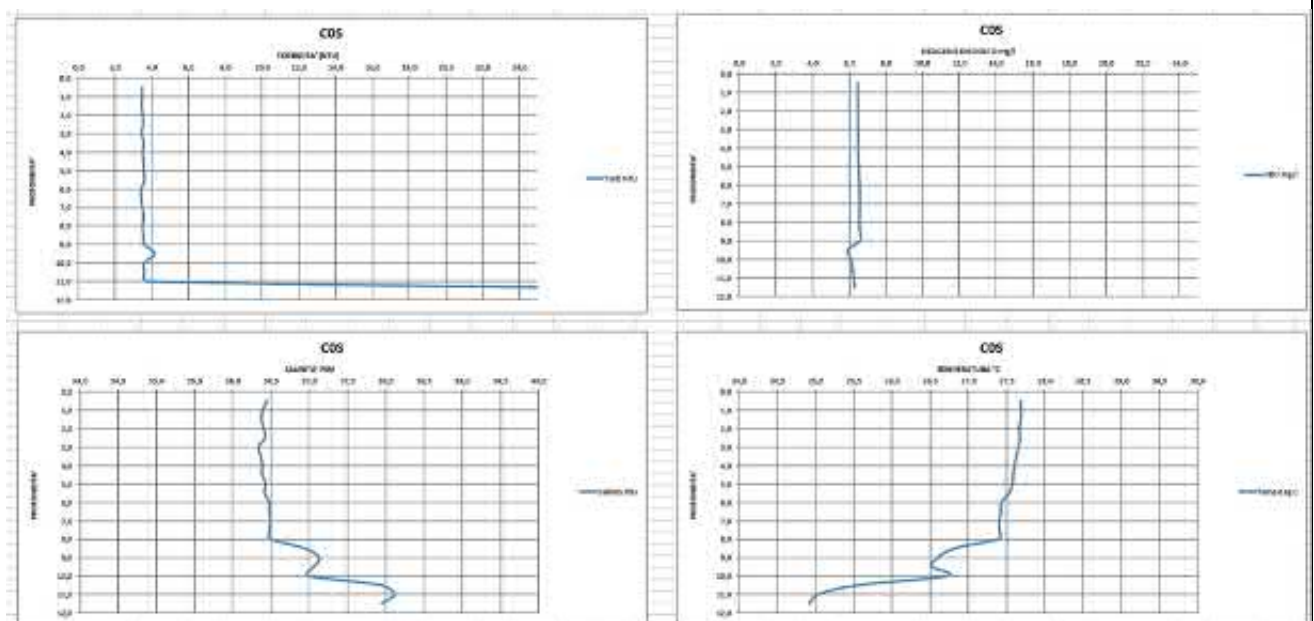


Figura 286. Stazione C0S – profili verticali delle principali variabili chimico-fisiche della colonna d'acqua

10.3.4 ANALISI DEL MACROBENTHOS

ABBONDANZA E DIVERSITA' DEL MACROBENTHOS

Relativamente ai dati di presenza/assenza ed abbondanza delle specie del macrozoobenthos, sono state effettuate restituzioni semplici (check-list e numero di individui) per ogni stazione di campionamento ed elaborazioni statistiche finalizzate alla determinazione degli indici di qualità dei sedimenti che consentono di valutare lo stato qualitativo della comunità al momento del campionamento.

La comunità macrozoobentonica, per i siti campionati, è composta da un totale di 475 individui, corrispondenti ad un totale di 109 taxa (classificati a livello di specie quando possibile), appartenenti a 64 generi. Per il 18% degli individui rilevati non è stato possibile estendere l'identificazione a livello di specie. I rapporti di prova relativi alle identificazioni tassonomiche condotte sono riportati in Allegato a cui si rimanda per il dettaglio della lista tassonomica.

Il gruppo tassonomico maggiormente rappresentato è quello degli Annelida (68%) seguito dai dagli Arthropoda (22% del totale) e dai Mollusca (6% dell'abbondanza totale) infine gli Echinodermata rappresentano il 4% del totale. Inoltre, è stato rilevato un unico organismo appartenente al Phylum dei Platyhelminthes.

La distribuzione percentuale complessiva dei gruppi tassonomici è riportata nella figura a seguire.

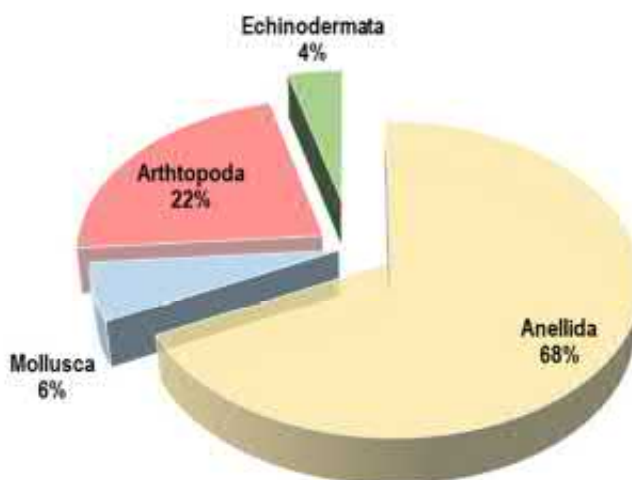


Figura 287. Dominanze numeriche dei principali gruppi tassonomici riscontrati in questa campagna di indagine e calcolati come percentuale di individui per ogni gruppo rispetto all'abbondanza totale.

Di seguito sono riportate la ricchezza in specie e le abbondanze assolute dei principali gruppi tassonomici riscontrate per ogni stazione di campionamento.

Si nota come ci sia una ripartizione piuttosto omogenea in base al numero di taxa (Figura 2); tuttavia, in funzione delle abbondanze il gruppo degli Arthropoda è numericamente molto abbondante nelle repliche delle stazioni C5, C8 e C0S, in rispondenza probabilmente di un sedimento più pelitico vista la tipologia di specie riscontrate.

Ulteriore contributo significativo al numero totale di individui è apportato dai Mollusca, anche in questo caso con predominanza di una sola specie di organismi, principalmente nelle stazioni C5 e C0S. Infine, è possibile apprezzare come, nonostante l'alta ricchezza in specie, il taxon degli Anellida sia il meno rappresentato.

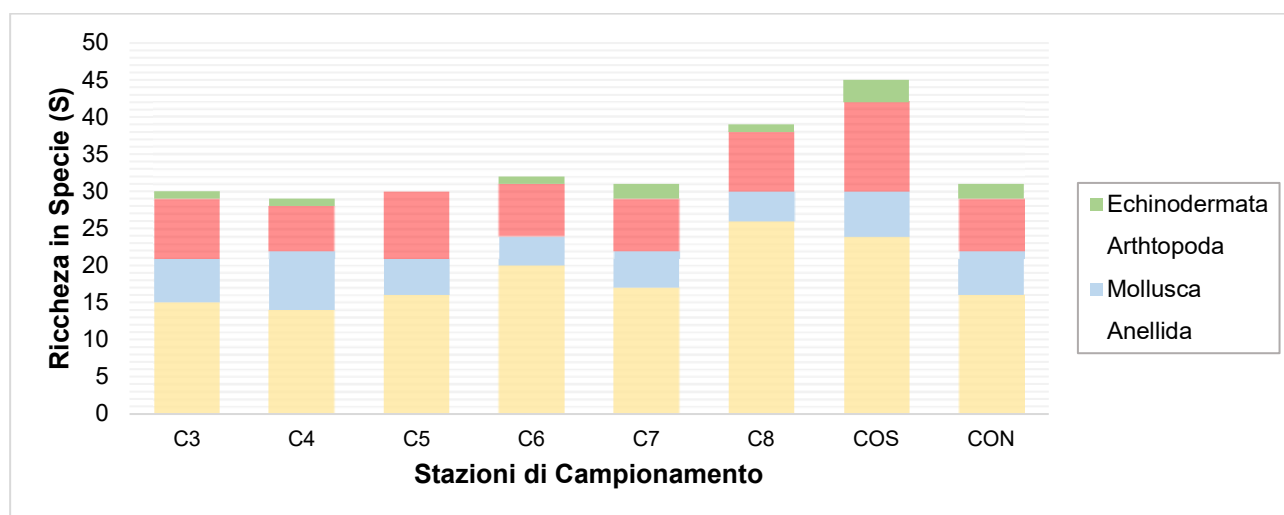


Figura 288. Ricchezza in specie dei principali gruppi tassonomici riscontrati in questa campagna di indagine. I risultati sono restituiti per il campione completo delle repliche. I principali gruppi tassonomici Anellidi, Molluschi ed Artropodi sono rappresentati rispettivamente con le barre in colore blu, verde e rosa.

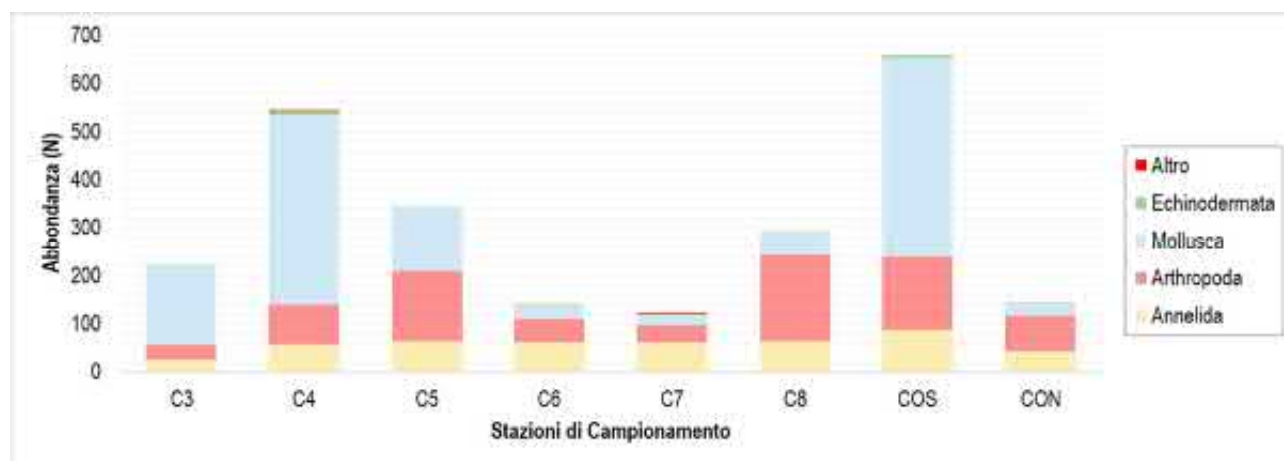


Figura 289. Abbondanze assolute dei principali gruppi tassonomici riscontrati in questa campagna di indagine. I risultati sono restituiti per singola replica di analisi. I principali gruppi tassonomici Anellidi, Molluschi ed Artropodi sono rappresentati rispettivamente con le basse in colore blu, verde e rosa.

INDICI STRUTTURALI DI COMUNITA'

A seguito della determinazione tassonomica, per gli organismi rinvenuti sono stati calcolati gli indici strutturali di comunità. I valori di diversità di Shannon Weaver (H' , Shannon e Wiener, 1949) calcolati per punto di campionamento non evidenziano un buon grado di biodiversità per tutte le stazioni, condizione che è riflessa anche nei risultati ottenuti per l'indice di Margalef (D). Dall'analisi dell'Evenness di Pielou (J) risultano popolamenti misti, solo alcune stazioni hanno una distribuzione uniforme tra le specie, mentre nella maggior parte dei siti si ha la dominanza di una o due specie che spostano l'equilibrio della comunità. Tali valori sono confermati anche dall'indice di Simpson.

Dalla comparazione dei vari indici calcolati è evidente che il sito COS; è quello con una maggiore ricchezza in specie ma non con la maggiore biodiversità, anzi la numerosità di organismi della stessa specie altera i valori di tutti gli indici di comunità. Da un punto di vista strutturale la stazione C7 risulta essere quella più in equilibrio, con valori più alti di biodiversità ($H'=4,36$) ed Evenness ($J=0,88$).

In generale il numero di individui presenta una marcata variabilità anche tra le repliche delle singole stazioni, il maggior numero di taxa si registra in COS ($S=47$), mentre quello minore in C4 ($S=29$). Il maggior numero di individui (N) si osserva in COS ($N=657$), quello minore in C7 ($N=122$).

L'indice di Pielou (Evenness, J') presenta valori maggiori a 0,80 per le stazioni C6, C7 e CON. Il valore minimo è stato riscontrato in C4 (0,47).

Il valore di diversità di Shannon-Wiener (H') più elevato si osserva in C7 con $H'=4,36$; il valore minore di diversità si riscontra invece in C4 con $H'=2,29$.

L'indice di dominanza di Simpson (D) infine varia da 0,07 in C7 a 0,42 in C3.

I grafici relativi ai valori degli indici strutturali calcolati per le stazioni di campionamento sono riportati nelle figure a seguire.

Ricchezza in Specie (S)

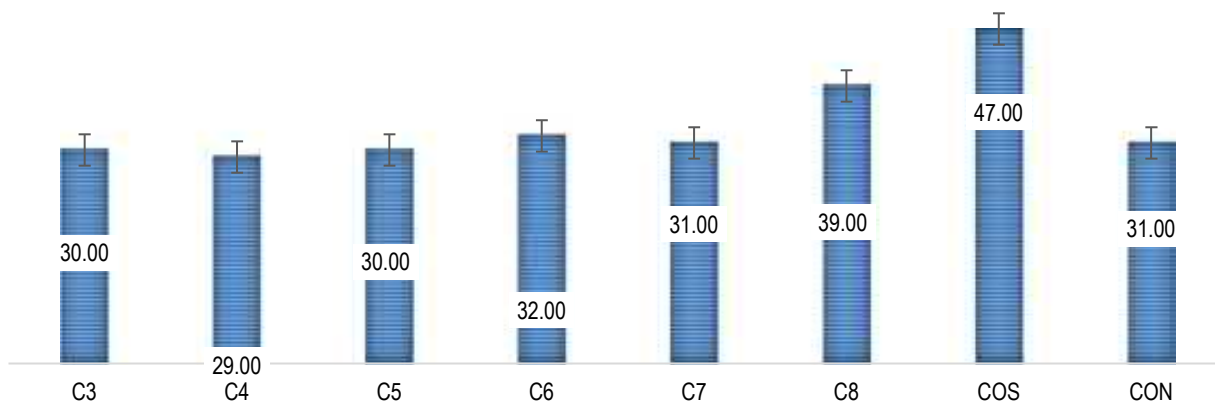


Figura 290. Valori di Ricchezza in specie (S) per le otto stazioni di campionamento.

Abbondanza Assoluta (N)

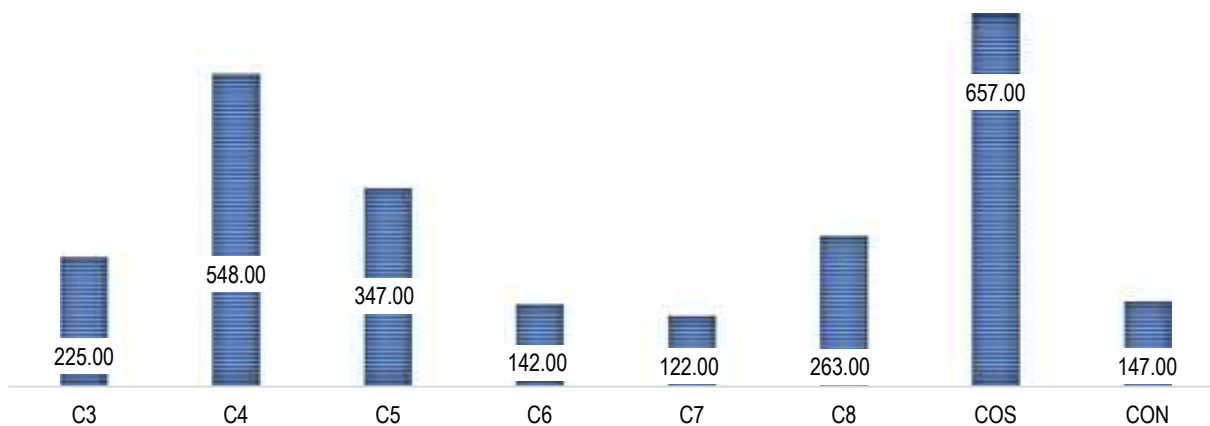


Figura 291. Valori delle abbondanze assolute di individui (N) per le otto stazioni di campionamento

Indice di Pielou (J')

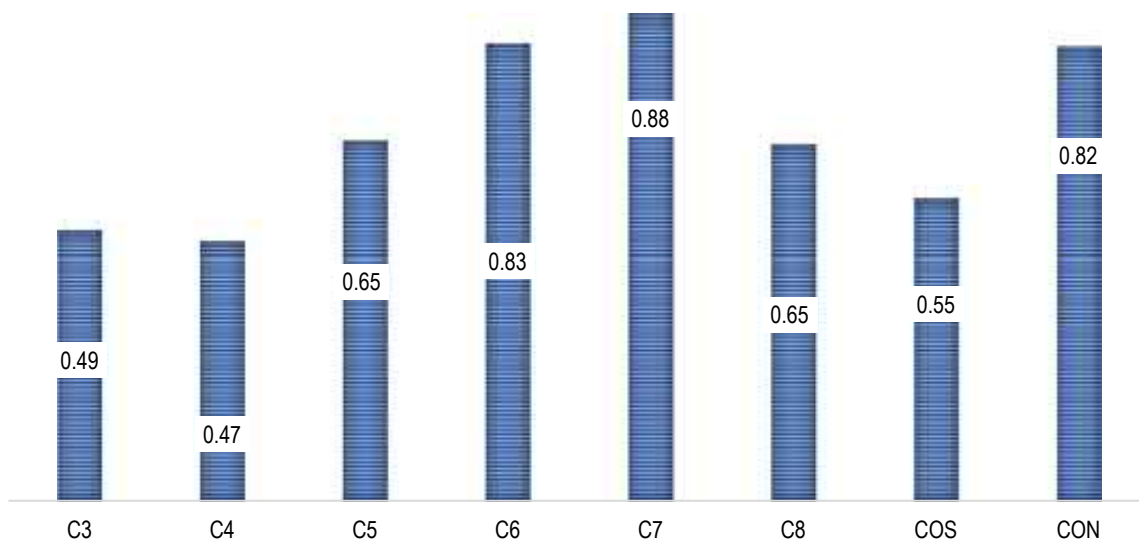


Figura 292. Valori dell'indice di Equipartizione di Pielou (J') per le otto stazioni di campionamento.

Diversità di Shannon Wiener (H')

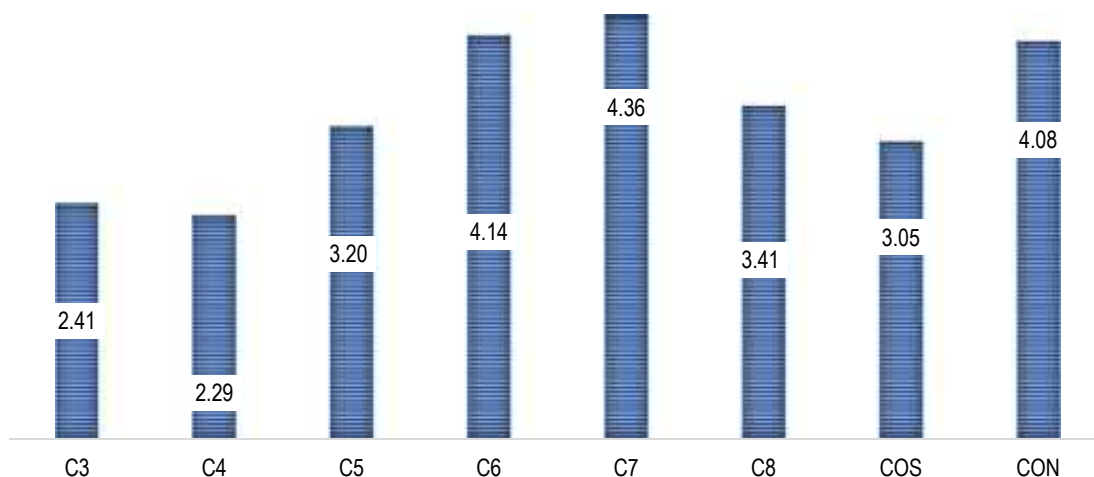


Figura 293. Valori dell'indice di diversità di Shannon-Wiener (H') per le otto stazioni di campionamento.

Dominanza di Simpson (D)

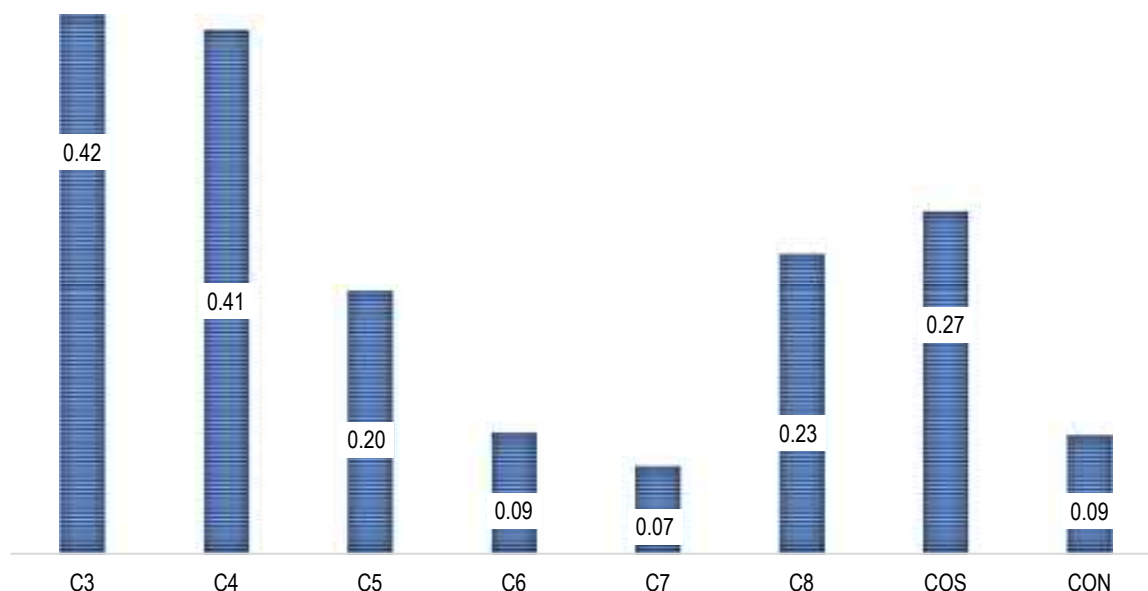


Figura 294. Valori dell'indice di dominanza di Simpson (D) per le otto stazioni di campionamento.

Nella tabella a seguire per ciascuna stazione sono riportati i valori degli indici strutturali calcolati per i siti campionati.

Tabella 31 – Indici strutturali calcolati

Stazione	Ricchezza in specie (S)	Abbondanza (N)	Indice di Shannon (H')	Indice di Margalef (d)	Eveness Equiripartizione (J)	Indice di Simpson (D)
C3	30,00	225,00	2,41	5,35	0,49	0,42
C4	29,00	548,00	2,29	4,44	0,47	0,41
C5	30,00	347,00	3,20	4,96	0,65	0,20
C6	32,00	142,00	4,14	6,26	0,83	0,09
C7	31,00	122,00	4,36	6,24	0,88	0,07
C8	39,00	263,00	3,41	6,82	0,65	0,23
COS	47,00	657,00	3,05	7,09	0,55	0,27
CON	31,00	147,00	4,08	6,01	0,82	0,09

Le specie più rappresentate sia per abbondanza assoluta che relativa sono il Mollusco, non endemico del Mediterraneo *Anadara transversa* (N=945) e gli Anfipodi del genere *Ampelisca antennata* (N=557). Tali specie sono presenti in tutti i siti campionati, tuttavia sono più numerose nei siti C4, C8 e COS. In realtà specie presenti in modo trasversale tra le stazioni appartengono al phylum degli Annelida e sono rappresentati da Capitellidi quali *Capitella capitata* (N=38) e *Notomastus latericeus* (N=24), e dall'Onuphidae *Diopatra neapolitana* (N=29).

STATO DI COMUNITA' ECOLOGICA

La definizione dello stato di qualità ecologica permette di individuare aspetti di tipo gestionale del sito di studio. Ai fini gestionali l'unico limite importante è quello classificato come Buono/Sufficiente in quanto discrimina tra necessità o meno di intervento.

La classificazione è stata effettuata a scopo descrittivo e indicativo della qualità ambientale. Nei sedimenti prossimi alla linea di costa il numero di specie rilevato è generalmente basso anche in condizioni di non perturbazione in quanto sono ambienti naturalmente soggetti a elevato idrodinamismo naturale che determina una condizione di stress ambientale selettivo per molti organismi non adatti a tali condizioni. Questo può ripercuotersi sull'applicazione dell'inferenza statistica nel calcolo degli indici di classificazione stessi i quali possono mostrare una minore significatività statistica associata al risultato di calcolo.

Nella Tabella a seguire sono riportati i criteri di interpretazione dei risultati ottenuti dagli indici AMBI e M-AMBI. I limiti di riferimento indicati nel D.M. 260/10 per l'alta qualità degli ecosistemi in merito all'indice di diversità ($H' \log 2$) sono definiti come >4 .

AMBI	Giudizio	Diversità	Ricchezza	M-AMBI	Giudizio
6	Severely disturbed	0	0	0	Pessimo
0	Undisturbed	32	32	1	Elevato

Tabella 32 – Criteri di interpretazione degli indici di qualità ambientale AMBI e M-AMBI

Nella tabella a seguire sono riassunti i valori di AMBI, calcolato per gli organismi attribuiti ai gruppi ecologici previsti. Mediante l'applicazione di tale indice, che si basa sulla composizione in gruppi ecologici, l'habitat risulta "Non disturbato", corrispondente allo stato di qualità ambientale Elevato, nella stazione C8, mentre nelle altre "Lievemente disturbate" lo stato di qualità attribuito è Buono. La percentuale di organismi non assegnati ad alcun gruppo ecologico rientra nei limiti di accettabilità, variando dal 2,70% in C8 allo 0,30% in COS.

Tabella 33 – Indice AMBI calcolato per le otto stazioni di campionamento

Stazione	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	AMBI Medio	Classificazione disturbo	Ricchezza	Diversità	Specie non assegn. (%)
C3	12	10,7	4	71,4	2,2	3,20	Slightly disturbed	30	2,47	0,40
C4	20	5,8	2,6	70,3	0,9	2,27	Slightly disturbed	29	2,29	0,00
C5	40	11,1	2,9	39,4	7	2,28	Slightly disturbed	30	3,2	1,20
C6	34	28,1	11,5	20,9	5,8	2,05	Slightly disturbed	32	4,14	2,10
C7	23	45,1	12,3	15,6	4,1	1,98	Slightly disturbed	31	4,36	0,00
C8	68	17,6	6,3	7	0,8	1,01	Undisturbed	39	3,41	2,70

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

COS	28	9,6	3,4	58,5	1,1	2,42	Slightly disturbed	47	3,05	0,30
CON	54	23,8	4,1	17	1,4	1,33	Slightly disturbed	31	4,08	0,00

La combinazione dei risultati dell'indice AMBI con ricchezza in specie e diversità, nel calcolo della multivariata M-AMBI restituisce la misura diretta della qualità ambientale rilevata. Tali valori riportano uno stato Elevato per i siti C6, C7, C8, COS e CON e Buono nelle altre.

Tabella 34 – Indice M-AMBI calcolato per le otto stazioni di campionamento.

Stazione	AMBI	Diversità	Ricchezza	M-AMBI	Stato
C3	1,42	2,47	30,00	0,59	Good
C4	1,56	2,29	29,00	0,63	Good
C5	0,92	3,20	30,00	0,71	Good
C6	1,12	4,14	32,00	0,80	High
C7	1,66	4,36	31,00	0,82	High
C8	1,48	3,41	39,00	0,87	High
COS	2,02	3,05	47,00	0,81	High
CON	2,90	4,08	31,00	0,84	High

L'indice BENTIX per i siti di indagine evidenzia una situazione da Povera a Moderata. Tali valori sono determinati da una predominanza di organismi di categoria II sia tra i Molluschi che tra i Policheti, sia in termini di abbondanza che di presenza di specie considerate tolleranti a disturbo o stress che quindi possono rispondere all'arricchimento di carico organico o ad altre fonti di inquinamento con aumento delle densità. Stessa tendenza è osservata tra i Crostacei, la maggioranza delle specie determinate è tollerante ai disturbi di origine antropica, solo tra gli Echinodermi sono più le specie sensibili alle sollecitazioni ambientali.

Tabella 35 – Classificazione BENTIX delle stazioni analizzate

Campione	BENTIX	Giudizio
C3	2,12	POOR
C4	2,16	POOR
C5	2,09	POOR
C6	2,38	POOR
C7	2,54	MODERATE
C8	2,46	POOR
COS	2,48	POOR
CON	3,06	MODERATE

I risultati ottenuti sui siti sono caratteristici di un'area su cui insistono disturbi, in parte legati anche alla presenza predominante di specie alloctone che spostano gli equilibri generali dell'ecosistema anche se ormai presente da

molti anni ma le cui caratteristiche di invasività possono determinare i risultati ottenuti (Lodola et al., 2011). Tali risultati sono giustificati dalla ratio con cui sono distribuite le specie nei gruppi ecologici. Infatti, si ha una presenza costante di specie di categoria IV con percentuali significative anche di specie di categoria II e III in tutti i siti campionati, ovvero rispettivamente di specie opportuniste, indifferenti o tolleranti l'arricchimento da parte della sostanza organica. Tra questi sono inclusi anche organismi sospensivori, alcuni carnivori poco selettivi e scavatori, come rinvenuto tra Policheti, Crostacei e Molluschi.

CONSIDERAZIONI ECOLOGICHE GENERALI

Relativamente agli indici strutturali che caratterizzano le popolazioni analizzate, il numero di taxa risulta oscillare da 47 in COS a 29 in C4. L'indice di diversità risulta superiore ai limiti per l'alta qualità ($H'=4$) per i siti C6, C7 e CON che infatti risultano avere un'Elevata qualità ambientale, mentre il minimo è riscontrato nella stazione C4.

L'indice di Shannon-Wiener (H'), risentendo sia del numero di specie che della loro equiripartizione ($H'=2,29-4,36$), presenta i valori più bassi nelle stazioni C4 ($H'=2,29$) e C3 ($H'=2,41$) in cui si ha la predominanza di una o due sole specie come *Anadara transversa* e *Ampelisca antennata*. Le stazioni con valori di H' superiori a 4 hanno un popolamento equamente redistribuito anche se con valori di abbondanza assoluta più bassi rispetto agli altri siti, questo perché le stazioni con abbondanze tra 300 e 700 organismi devono tali valori ad anomalie specie specifiche.

L'indice di dominanza (D) conferma quanto affermato con variazioni marcate tra le stazioni ($D=0,07-0,42$) registrando nelle stazioni interessate dalle anomalie i valori più alti. A completare l'inquadramento del popolamento l'indice di Pielou (J') evidenzia le stesse deviazioni variando leggermente in base al numero di specie e alle abbondanze ($J'=0,47-0,88$). I siti caratterizzati dalla forte presenza del mollusco *Anadara transversa*, ben ambientato nel Mediterraneo Orientale e prospero generalmente in zone portuali, o in aree dai forti arricchimenti organici e disturbi ambientali, per la tipologia di sedimento riscontrato suggerisce la sua sostituzione a specie ben più sensibili come ad esempio *Cardites antiquatus* e *Moerella pulchella*, generalmente numerose in fondi detritici tendenti al detritico infangato e comunque presenti nella zona intertidale su fondi prevalentemente pelitici. Pertanto, la predominanza numerica di pochi taxa è associata alla scomparsa di specie sensibili, alla riduzione dell'abbondanza di quelle tolleranti e all'aumento del numero di individui di poche specie opportuniste, indicative di condizioni disturbate e di comunità destrutturate (Pearson & Rosenberg, 1978). I valori calcolati per l'indice AMBI mostrano una condizione generale lievemente disturbata su quasi tutte le stazioni. Nella figura sottostante è possibile apprezzare come tale risultato sia dovuto alla massiccia presenza di specie opportunistiche di secondo livello, la cui percentuale scende per le stazioni C8 che infatti risulta "Indisturbata" e CON dove però la situazione di lieve disturbo permane a causa della presenza di specie tolleranti. La percentuale di organismi non assegnati ad alcun gruppo ecologico varia dal 2,70% in C8, principalmente dovuta alla presenza di Decapodi non presenti nell'elenco specie del software, al 0,30% in COS; in entrambi i casi rientra nei limiti previsti per non inficiare la valutazione dello stato di qualità ottenuta mediante AMBI/M-AMBI.

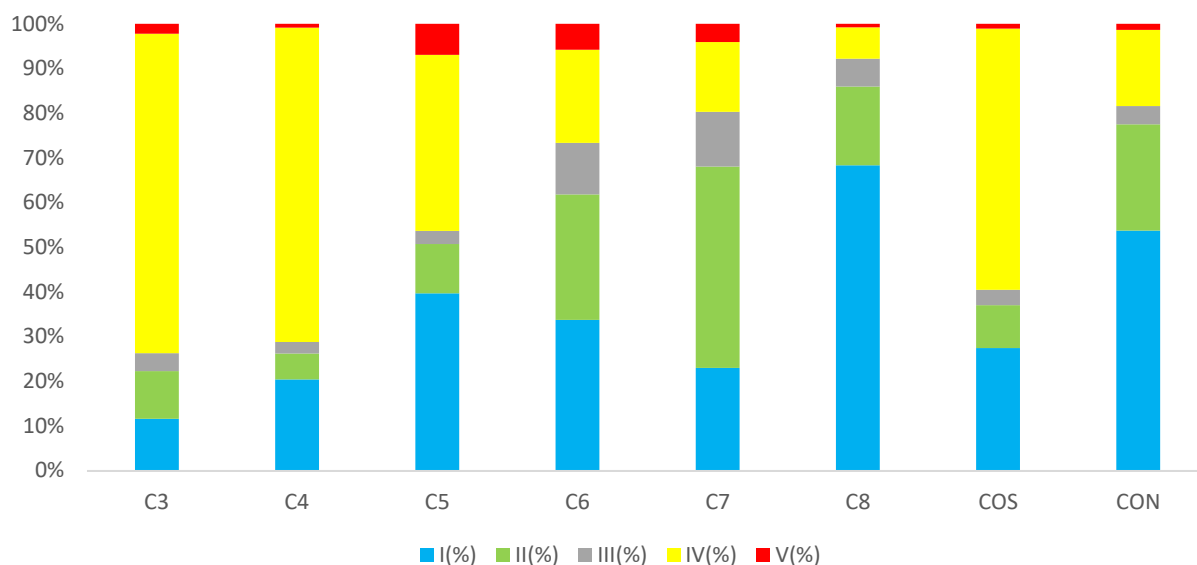


Figura 295. Rappresentazione dell'indice AMBI, composizione in gruppi ecologici (sensibili, sensibili/tolleranti, tolleranti, opportuniste di II ordine, opportuniste di I ordine) delle specie riscontrate nelle aree di indagine alla diversa profondità.

La composizione in gruppi ecologici nelle stazioni rientra nel quadro naturale di comunità relativamente poco perturbate secondo il paradigma di Pearson & Rosenberg (1978).

Relativamente ai raggruppamenti ecologici riscontrati le specie appartenenti al gruppo I presentano percentuali che variano tra il 20% ed il 70%. Al gruppo I appartengono le specie molto sensibili ad arricchimento organico e presenti solo in condizioni ambientali ottimali. Tale gruppo include i carnivori specialisti e alcuni Policheti tubicoli come *Diopatra neapolitana*. Analogamente rappresentate le specie di gruppo II, cioè che possono tollerare alterazioni delle condizioni ottimali come i policheti del genere *Nephtys* o il Crostaceo Decapode *Brachynotus sexdentatus*.

Scarsamente rappresentato il gruppo III le cui specie sono tolleranti a un eccessivo arricchimento organico nei sedimenti.

Queste specie possono essere presenti in condizioni normali, ma le loro popolazioni sono stimolate da un aumento di sostanza organica. Si tratta prevalentemente di detritivori superficiali, come il Cirratulide *Chaetozone corona* o il Mollusco Bivalve *Abra nitida*.

Molto presenti risultano le specie appartenenti al gruppo IV ossia opportuniste di secondo ordine; principalmente piccoli Policheti detritivori sub-superficiali, come i Cirratulidi *Chaetozone carpenteri* e *Kirkegaardia heterochaeta*.

In quasi tutte le stazioni è stata riscontrata *Capitella capitata* o *Pseudoleiocardia fauveli* Policheti appartenenti al gruppo V, ossia le specie opportuniste di primo ordine, detritivori che proliferano in sedimenti poco ossigenati e ridotti.

In linea generale dunque gli indici calcolati, sia descrittori della comunità macrozoobentonica che biotici indicano un ambiente sottoposto a perturbazioni, seppur lievi, aggravate dalla presenza di specie dominanti che influiscono sul popolamento avvantaggiando specie opportunistiche e rendendo più complessa la permanenza di specie sensibili.

L'applicazione degli indici di qualità ambientale AMBI e M-AMBI inoltre mostra uno stato da poco a non perturbato (AMBI) e uno stato di qualità ambientale da Elevato (M-AMBI) a Buono per i siti indagati che pertanto risulta pienamente soddisfacente in tutte le stazioni ai sensi del D.M. 260/10.

10.3.5 CARATTERISTICHE CHIMICO FISICHE

GRANULOMETRIA, T.O.C., pH E eH

Le analisi granulometriche effettuate sui campioni di sedimento, hanno confermato una tessitura prevalentemente pelitica (>87.9%) con tenori di sabbia molto bassi compresi tra 0 a 12.1%.

Le concentrazioni del Carbonio Organico Totale (TOC) sono risultate con valori compresi tra 0.20% e 0.89%.

I valori misurati di pH e Eh sono stati misurati in campo e riportati nel verbale che viene allegato alla presente relazione, sono comunque indicati anche all'interno della tabella qui di seguito inserita.

RISULTATI ANALISI FISICHE								
AREA LIVELLO	T.O.C. %	GHIAIA %	SABBIA %	LIMO %	ARGILLA %	PELITE %	pH	eH mV
C1/000_050	0	0	10	47,7	42,3	90	7.90	-44.2
C1/050_100	0,42	0	24,2	49,1	26,7	75,8	7.91	-42,2
C1/100_200	0,52	0	12,2	53,9	33,9	87,8	7.88	-49.9
C1/200_400	0,35	0	10,3	59,8	29,9	89,7	7.96	-50.5
C1/400_600	0,89	0	6,1	60,4	33,5	93,9	7.94	-47.6
C1/600_800	0,85	0	3,1	69,9	27	96,9	7.89	-48.7
C2/000_050	0,73	0	13,1	45,4	41,5	86,9	7.77	-53.8
C2/050_100	0,31	0	38,8	44,2	17	61,2	7.81	-52,2
C2/100_200	0,72	0	11,6	55,1	33,3	88,4	7.88	-49.5
C2/200_400	0,53	0	7,2	52,2	40,6	92,8	7.90	-48,2
C2/400_600	0,86	0	9	61,1	29,9	91	7.87	-46.7
C2-a/000_050	0,83	0	15,4	51,4	33,2	84,6	7.89	-43.8
C2-a/050_100	0,53	0	10,2	51,6	38,2	89,8	7.91	-44,2
C2-a/100_200	0,74	0	8,1	53,9	38	91,9	8.06	-48.6
C2-a/200_400	0,56	0	5,7	55,9	38,4	94,3	7.98	-45.5
C3/000_050	0,20	0	8,8	59,1	32,1	91,2	8,8	-52,3
C4/000_050	0,63	0	15,6	60,3	24,1	84,4	8,12	-45,1
C5/000_050	0,39	0	9	60,7	30,3	91	8,22	-52,8
C6/000_050	0,68	0	8,3	65,5	26,2	91,7	8,19	-53,2
C7/000_050	0,41	0	7,1	58,6	34,3	92,9	8,12	-53,4
C8/000_050	0,46	0	15,1	59,2	25,7	84,9	8,19	-53,8
C0N/000_050	0,43	0	6,3	59,9	33,8	93,7	8,05	-47,7
C0S/000_050	0,27	0	13	62,8	24,2	87	8,11	-47,4

Tabella 36 – Principali frazioni granulometriche e T.O.C

METALLI PESANTI

Le concentrazioni di tutti i metalli ricercati, nei vari livelli indagati, sono risultati inferiori ai limiti L1 previsti dal DM 173/2016 (fig.1), solo il Nichel ed il Cromo totale mostrano per tutti i campioni analizzati concentrazioni comprese tra il limite L1 ed il limite L2.

PARAMETRO	L1	L2
Elementi in tracce	[mg kg⁻¹] p.s.	
Arsenico	12	20
Cadmio	0,3	0,80
Cromo	50	150
Rame	40	52
Mercurio	0,3	0,80
Nichel	30	75
Piombo	30	70
Zinco	100	150
Contaminanti organici	[µg kg⁻¹] p.s.	
Composti organostannici	5 ⁽¹⁾	72 ⁽²⁾
Σ PCB ⁽³⁾	8	60
Σ DDD ⁽⁴⁾	0,8	7,8
Σ DDE ⁽⁴⁾	1,8	3,7
Σ DDT ⁽⁴⁾	1,0	4,8
Clordano	2,3	4,8
Aldrin	0,2	10 ⁷
Dieldrin	0,7	4,3
Endrin	2,7	10
α-HCH	0,2	10 ⁷
β-HCH	0,2	10 ⁷
γ-HCH (Lindano)	0,2	1,0
Eptacloro epossido	0,6	2,7
HCB	0,4	50 ⁷
Σ IPA(16) ⁽⁵⁾	900	4000
Antracene	24	245
Benzo[a]antracene	75	500
Benzo[a]pirene	30	100
Benzo[b]fluorantene	40	500 ⁷
Benzo[k]fluorantene	20	500 ⁷
Benzo[g,h,i]perilene	55	100 ⁷
Crisene	108	846
Indenopirene	70	100 ⁷
Fenantrene	87	544
Fluorene	21	144
Fluorantene	110	1494
Naftalene	35	391
Pirene	153	1398

Note: 1) Riferito al solo TBT; 2) Riferito alla sommatoria MBT, DBT, TBT; 3) Come sommatoria dei congeneri: 28, 52, 77, 81, 101, 118, 126, 128, 138, 153, 156, 169, 180; 4) Come sommatoria degli isomeri 2,4- e 4,4-; 5) Come sommatoria dei 16 IPA di maggiore rilevanza ambientale indicati da USEPA; 7) Concentrazione valida solo per attività di ripascimento emerso.

Figura 296. Livelli chimici di riferimento nazionali (Tabella 2.5 Allegato Tecnico D.M. 173/2016)

In particolare, il Cromo con valori sempre compresi tra il limite L1 ed il limite L2 con concentrazioni comprese tra 45.0 e 91.0 (mg/kg.p.s.), mentre il Nichel con valori compresi tra 39.2 e 68.2 (mg/kg.p.s.).

L'arsenico sempre inferiore al limite L1 (12mg/kg.s.s.) con valori compresi tra 5.0 e 8.6 mg/kg.s.s.

Il Cadmio (Cd) sempre inferiore al limite L1 (0.3 mg/kg.s.s.) con concentrazioni comprese tra 0,12 mg/kg.s.s. e 0.25 mg/kg.s.s..

Il Mercurio (Hg) sempre inferiore al limite L1 (0.3 mg/kg.s.s.) con concentrazioni tutte inferiori al Limit of Detection (LOD).

Il Piombo (Pb) sempre inferiore al limite L1 (30 mg/kg.s.s.) con concentrazioni comprese tra 11.0 mg/kg.s.s. e 17.0 mg/kg.s.s.

Il Rame (Cu) sempre inferiore al limite L1 (40 mg/kg.s.s.) con concentrazioni comprese tra 16.0 mg/kg.s.s. e 27.0 mg/kg.s.s.

Lo Zinco (Zn) sempre inferiore al limite L1 (100 mg/kg.s.s.) con concentrazioni comprese tra 47.0 mg/kg.s.s. e 69.0 mg/kg.s.s.

IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (I.P.A.)

Per gli Idrocarburi Policiclici Aromatici, la quasi totalità dei campioni ha dato concentrazioni inferiori ai limiti stabiliti dal D.M. 173/2016. Solo nel campione C1 ed in particolare nell'aliquota più superficiale (0.00 m – 0.50 m) sono stati riscontrati superamenti della soglia L1 per Naftalene (38 µg/kg s.s), Antracene (36 µg/kg s.s), Fluorene (43 µg/kg s.s) e Benzo(k)fluorantene (31 µg/kg s.s) pur restando al di sotto della soglia L2. Nelle aliquote più profonde le concentrazioni diminuiscono sensibilmente fino ad avere un valore minore del *limit of detection* (LOD).

A livello di sommatoria dei 16 IPA di maggiore rilevanza ambientale il valore ottenuto per tutti i campioni risulta inferiore al limite L1 previsto.

Policlorobifenili (P.C.B.)

I Policlorobifenili (PCB) nella loro sommatoria, sono risultati con concentrazioni molto basse, inferiori al limite di rilevabilità e quindi anche al di sotto del limite L1 (8µg/kg s.s.).

10.3.6 CARATTERISTICHE ECOTOSSICOLOGICHE

SAGGIO BIOLOGICO CON VIBRIO FISCHERI IN FASE SOLIDA

Vibrio fischeri (*Aliivibrio fischeri*) è un batterio marino Gram-negativo ed eterotrofo, appartenente alla famiglia delle Vibrionaceae. È una specie cosmopolita, ma con maggior diffusione nelle fasce temperate e subtropicali.

Il sistema Microtox® è un test biologico di tossicità acuta basato sulla misura della bioluminescenza naturale di questa specie. Poiché in presenza di contaminanti l'emissione di luce da parte di *V. fischeri* diminuisce, l'eventuale inibizione della bioluminescenza a seguito dell'esposizione del batterio ad una sostanza nota o ad un campione naturale di acqua o sedimento, consente di valutare il grado di tossicità della sostanza o della matrice testata.

Il sistema di misura risulta piuttosto versatile in quanto è applicabile a matrici naturali, in particolare acquose (acqua interstiziale, elutriato, ecc.) e solide (fanghi, sedimenti), nonché a soluzioni acquose di sostanze tossiche pure sia organiche che inorganiche.

Questo saggio è stato applicato entro 7 giorni dal campionamento direttamente alla fase solida, preparata per semplice centrifugazione refrigerata (1200xg a 4°C per 30'), eliminando successivamente l'acqua interstiziale come sovranatante.

Il metodo utilizzato è riconducibile al protocollo standard ISO 11348 (2006). In particolare, ai campioni di sedimento centrifugato è stato applicato il protocollo Solid Phase Test (SPT) con la procedura Large Sample Method (Azur Environmental, 1995) organizzato con 9-12 diluizioni e 3 controlli a seconda della granulometria del campione. Il test prevede una prima esposizione di 20 minuti durante i quali i batteri si trovano a diretto contatto con il sedimento ed una seconda fase di ulteriori 10 minuti in cui la risospensione batterica viene incubata nel luminometro.

Poiché il test in fase solida viene effettivamente applicato sulla frazione granulometrica < 1 mm e poiché la componente naturale della tossicità è funzione della frazione pelitica, l'analisi granulometrica è stata necessaria per la valutazione del reale livello di tossicità acuta. L'emissione della bioluminescenza è stata misurata all'interno del luminometro M500, dotato di pozzetti termostatati a 15 °C per i controlli e i campioni, e a 4°C per il reagente. La relazione dose risposta, ovvero concentrazione del campione-inibizione della bioluminescenza, è stata elaborata mediante il software dedicato (Microtox Omni™ v. 1.16).

SAGGIO BIOLOGICO CON PHAEODACTYLUM TRICORNUTUM

In accordo con il protocollo standard US EPA (1991) per l'esecuzione dei saggi in fase liquida, l'elutriato è stato preparato entro 14 giorni dalla data di campionamento. Così come indicato nel protocollo (US EPA 1991), quattro parti di acqua di mare filtrata sono state combinate in peso con una parte di sedimento; dopo agitazione per 1 h a 400 giri/min, la fase liquida è stata raccolta e centrifugata per 20 min a 1200xg.

Sub-campioni di surnatante sono stati congelati e utilizzati nei vari test, in modo da impiegare sempre lo stesso campione nel corso dei vari esperimenti. Il congelamento, infatti, non altera in modo significativo le caratteristiche dei nutrienti (NO_3 e PO_4) della fase liquida (Clementson e Wayte, 1992) e non determina differenze significative

tra la tossicità di campioni di matrici acquose appena estratte o congelate (Carr e Chapman, 1995). Il congelamento è pertanto un passaggio indispensabile per garantire la confrontabilità fra i dati sperimentali, in quanto permette di stoccare adeguatamente i sub-campioni rendendoli disponibili per la ripetizione del saggio in periodi diversi.

La metodica del saggio algale è stata aggiornata nella norma UNI ISO 10253 (2006) che prevede l'utilizzo di *Phaeodactylum tricornutum* Bohlin, o *Skeletonema costatum*.

Entrambe le alghe possono essere impiegate utilizzando tale protocollo per saggi con elutriati, estratti da sedimento intero, con acqua sovranatante o interstiziale. Per i campioni in esame, il saggio biologico è stato eseguito con *P. tricornutum*.

Il principio del test consiste nell'esporre una coltura algale pura in fase di crescita esponenziale per diverse generazioni a concentrazioni note di campione, in condizioni fisico-chimiche standardizzate e con un definito e omogeneo apporto di nutrienti. Al termine del periodo d'incubazione viene confrontata la crescita algale nel campione con quella del controllo.

Le colture cellulari madri sono state mantenute in opportuno mezzo di crescita con periodici rinnovi per mantenerle nella fase di crescita esponenziale. A partire dalla coltura madre, una precoltura con una densità cellulare compresa tra 2×10^3 e 10^4 cells/ml è stata preparata 2-4 giorni prima dell'inizio del test ed incubata alle stesse condizioni previste per il test.

La densità cellulare raggiunta dalla precoltura è stata poi valutata immediatamente prima dell'utilizzo, per la preparazione della coltura di inoculo a densità cellulare definita.

L'elutriato ottenuto da ciascun campione di sedimento è stato testato tal quale. Un'aliquota della coltura di inoculo è stata quindi addizionata alla soluzione test (elutriato puro) insieme ad una appropriata quantità di mezzo di coltura concentrato.

La soluzione così ottenuta, con una densità cellulare compresa tra 8×10^3 e 1.2×10^4 cells/ml, è stata distribuita in triplice replica in piastre monouso sterili a 6 pozzetti (Environment Canada, 1992) e posta per 72h in camera termostatica a $20 \pm 2^\circ\text{C}$, con regime di illuminazione continua del tipo cool white e con una intensità compresa tra 7.000 e 8.000 lux.

Acqua di mare naturale filtrata, è stata considerata come controllo negativo. In contemporanea, un controllo positivo è stato effettuato utilizzando bicromato di potassio ($K_2Cr_2O_7$) come tossico di riferimento per controllare la procedura e la sensibilità del test.

Al termine del prefissato periodo di incubazione è stata determinata la crescita algale di ogni replicato, attraverso letture al microscopio ottico.

SAGGIO BIOLOGICO CON ACARTIA TONSA

Per il saggio biologico con *Acartia tonsa* è stato seguito il protocollo UNICHIM M.U. 2366.

Per l'esecuzione dei saggi in fase liquida l'elutriato è stato preparato entro 10 giorni dalla data di campionamento del sedimento tal quale conservato a 4 °C al buio e a -20 °C quando non saggiato entro le 24 ore.

La preparazione è avvenuta utilizzando quattro parti di acqua di mare filtrata combinate in peso con una parte di sedimento; dopo agitazione per 1 h a 400 giri/min, la fase liquida è stata raccolta e centrifugata per 20 min a 1200g.

Sub-campioni di surnatante sono stati congelati e utilizzati nei vari test, in modo da impiegare sempre lo stesso campione nel corso dei vari esperimenti. Il congelamento, infatti, non altera in modo significativo le caratteristiche dei nutrienti (NO₃ e PO₄) della fase liquida (Clementson e Wayte, 1992) e non determina differenze significative tra la tossicità di campioni di matrici acquose appena estratte o congelate (Carr e Chapman, 1995). Il congelamento è pertanto un passaggio indispensabile per garantire la confrontabilità fra i dati sperimentali, in quanto permette di stoccare adeguatamente i sub-campioni rendendoli disponibili per la ripetizione del saggio in periodi diversi.

Il test di embriotossicità è stato condotto con copepode marino *Acartia tonsa* (reperibile tutto l'anno e particolarmente disponibile in ambiente in marzo/aprile e ottobre/novembre in Alto Adriatico) e la matrice sottoposta alla valutazione ecotossicologica è stata l'elutriato testato tal quale (100%), preparato come già descritto precedentemente.

Gli organismi vengono collocati all'interno di una camera termostata, gli esemplari scelti vengono posti in acquari di vetro contenenti acqua di mare dotati di un sistema di areazione e di filtraggio. Periodicamente vengono controllati temperatura ($16 \pm 2^\circ\text{C}$), salinità (33‰ - 36‰), pH (7,8 - 8,2), ammoniaca e nitrati. In questo modo sono mantenuti in condizioni stabili.

La fase vera e propria del test consiste nell'ottenere gli zigoti attraverso l'unione della sospensione spermatica (concentrazione desiderata) con la sospensione di uova in un rapporto spermatozoi: uova di 10:1. Il saggio di embriotossicità viene eseguito esponendo una concentrazione fissa di uova fecondate alla soluzione test in cella termostatica al buio, a $24 \pm 2^\circ\text{C}$ per 48h, al fine di garantire che tutti gli zigoti raggiungano lo stadio di larva nel controllo negativo.

Oltre ai campioni e al controllo negativo, viene allestito un controllo positivo con un tossico di riferimento (nitrato di rame) per controllare la sensibilità dell'organismo test. I campioni e il controllo positivo sono allestiti in 3 repliche, il controllo negativo in 6 repliche. Dopo il tempo di esposizione previsto il test viene fermato con fissativo di Lugol ed etanolo. La stima della percentuale di larve normali avviene contando 100 larve. L'effetto tossico del campione viene determinato dalla percentuale di embrioni malformati rispetto a un controllo di acqua di mare applicando la correzione di Abbott (ASTM, 1995). Il test viene considerato valido se la percentuale di larve normo formate nel controllo è superiore all' 80% del totale degli embrioni contati.

La misura dei livelli di concentrazione dell'ammonio è stata eseguita su tutti gli elutriati testati in quanto tale composto potrebbe interferire significativamente con la corretta esecuzione del saggio di embriotossicità: tale ipotesi è attualmente oggetto di indagine in una ricerca congiunta tra ISPRA, ARPA Marche e Università Politecnica delle Marche sui sedimenti del porto di Ancona.

Per ogni campione di elutriato, un'aliquota di 4 mL è stata pretrattata per l'abbattimento dei cloruri, specie chimica che interferisce con l'analisi dell'ammonio, mediante uno specifico kit (Hach-Lange LCW 925) che ne prevede la precipitazione sotto forma di sali di argento, fino ad un massimo di 20000 mg/L con l'utilizzo di una siringa precaricata dei reattivi necessari consente di trattenere il precipitato al suo interno, separandolo dalla soluzione campione.

10.3.7 CLASSIFICAZIONE DELLA QUALITÀ DEI SEDIMENTI

I risultati analitici ottenuti per i sedimenti sono stati elaborati mediante il software SediQualsoft 109.0®, applicando i criteri di integrazione ponderata che sono stati recepiti dal DM n. 173 del 15 luglio 2016 “Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini”. La successiva integrazione con i risultati ecotossicologici ha permesso di determinare la classificazione della qualità dei sedimenti mediante la procedura descritta nell'allegato tecnico del DM 173/2016.

CLASSI DI PERICOLO CHIMICO

I criteri di integrazione ponderata elaborano un indice di pericolo chimico complessivo basato sul confronto tra le concentrazioni delle sostanze misurate nei sedimenti ed i riferimenti normativi nazionali L1 e L2 (DM 173/2016), che valuta il numero dei contaminanti che eccedono tali riferimenti, la pericolosità di tali parametri, e l'entità dei superamenti misurati. Viene dunque abbandonata la logica del mero superamento del valore tabellare, anche minimo e da parte di un unico parametro, come principio fondamentale per la classificazione chimica.

Tutti i parametri chimici di cui è prevista l'analisi, hanno un “peso” (da 1 a 1.3) a seconda che non siano contemplati dalla Direttiva 2013/39/UE (peso 1), o che al contrario siano inseriti nella lista delle sostanze “prioritarie” (peso 1.1) o in quella delle sostanze “pericolose e prioritarie” (peso 1.3). Il diverso peso assegnato ai vari composti ha lo scopo di conferire una maggiore rilevanza nella classificazione chimica dei sedimenti alla variazione di quegli inquinanti che siano caratterizzati da una più elevata tossicità, tendenza al bioaccumulo e persistenza nell'ambiente (Piva et al., 2011; Benedetti et al., 2012).

L'elaborazione dei dati chimici inizia con il confronto delle concentrazioni misurate per ciascun parametro rispetto ai valori indicati nei riferimenti normativi. In funzione del riferimento, per ciascun parametro chimico analizzato, viene calcolata la variazione rispetto al limite, ovvero il Ratio To Reference (RTR) (equazione 3 del flow-chart di Figura 34); il valore di RTR viene corretto in funzione

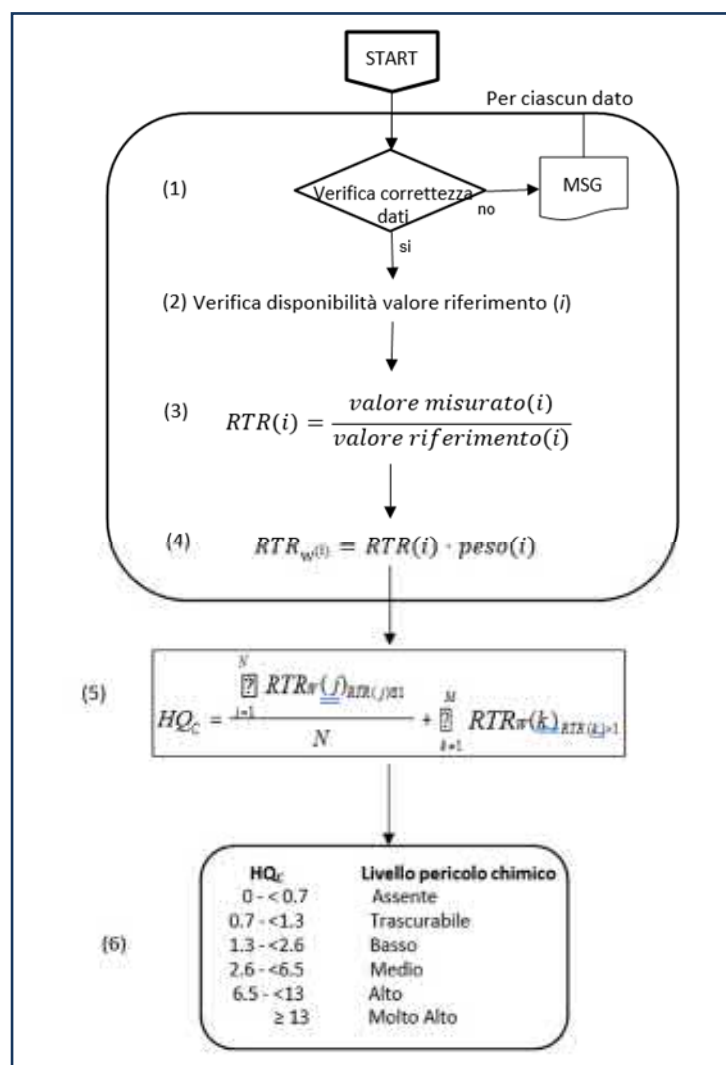


Figura 297. Processo di elaborazione dei dati chimici

del “peso” del contaminante per ottenere un valore di RTRw (equazione 4), al fine di enfatizzare l'importanza delle variazioni osservate per i contaminanti più pericolosi. Il calcolo dell'indice di pericolo quantitativo (Hazard

Quotient), specifico per la caratterizzazione chimica dei sedimenti (HQC), è ottenuto dalla media di tutti gli RTRw dei parametri con $RTR \leq 1$ (cioè valori inferiori rispetto al limite del riferimento), addizionato con la sommatoria Σ degli RTRw di tutti i contaminanti con $RTR > 1$ (equazione 5), dove N e M sono il numero dei parametri con RTR rispettivamente \leq o > 1 , mentre j e k sono indici che permettono di ripetere il calcolo per N o M volte (Piva et al., 2011; Benedetti et al., 2012).

L'indice chimico HQC è assegnato ad una classe di pericolo (da assente a molto alto), identificata da un diverso colore: Assente/bianco se $HQC < 0.7$; Trascurabile/verde se $0.7 \geq HQC < 1.3$; Basso/azzurro se $1.3 \geq HQC < 2.6$; Medio/giallo se $2.6 \geq HQC < 6.5$; Alto/rosso se $6.5 \geq HQC < 13$; Molto Alto/nero se $HQC \geq 13$ (equazione 6).

CLASSI DI PERICOLO CHIMICO RISPETTO AI VALORI DI HQc	
HQc	CLASSE DI PERICOLO
0 - < 0.7	ASSENTE
0.7 - < 1.3	TRASCURABILE
1.3 - < 2.6	BASSO
2.6 - < 6.5	MEDIO
6.5 - < 13.0	ALTO
≥ 13.0	MOLTO ALTO

Tabella 37 – Classi di pericolo chimico rispetto ai valori HQc

Di seguito tabelle scaturite dalla elaborazione mediante software SediQualsoft 109.0 del pericolo chimico dei livelli superficiali dei campioni oggetto di caratterizzazione.

Il pericolo chimico per la maggioranza delle aliquote dei campioni è risultato Medio per il livello L1, per superamento di Nichel, Alto per l'aliquota più superficiale del campione C1, per il superamento della concentrazione di Fluorene e Basso per l'aliquota 050/100 del campione C02. Per il livello L2 il pericolo chimico risulta Assente per tutte le aliquote.

PUNTI PRELIEVO AREA MICROTUNNEL								
Campione	L1	L2	HQ (L1)	Max % contr a HQ (L1)	N. param. non conformi (L1)	HQ (L2)	Max % contr a HQ (L2)	N. param. non conformi (L2)
C01/000_050	ALTO	ASSENTE	10.54	20.4 - Fluorene	6	0.21		0
C01/050_100	MEDIO	ASSENTE	2.74	59.9 - Ni	2	0.13		0
C01/100_200	MEDIO	ASSENTE	2.77	59.7 - Ni	2	0.13		0
C01/200_400	MEDIO	ASSENTE	2.9	57.9 - Ni	2	0.14		0
C01/400_600	MEDIO	ASSENTE	3.92	59 - Ni	2	0.17		0
C01/600_800	MEDIO	ASSENTE	4.46	57.9 - Ni	2	0.17		0
C02-a/000_050	MEDIO	ASSENTE	2.72	58.4 - Ni	2	0.12		0
C02-a/050_100	MEDIO	ASSENTE	3.08	57.7 - Ni	2	0.14		0
C02-a/100_200	MEDIO	ASSENTE	2.96	57.7 - Ni	2	0.13		0
C02-a/200_400	MEDIO	ASSENTE	3.01	58.2 - Ni	2	0.14		0
C02/000_050	MEDIO	ASSENTE	3.04	58.4 - Ni	2	0.15		0
C02/050_100	BASSO	ASSENTE	1.58	100 - Ni	1	0.11		0
C02/100_200	MEDIO	ASSENTE	2.85	58.9 - Ni	2	0.13		0
C02/200_400	MEDIO	ASSENTE	3.15	58.2 - Ni	2	0.14		0
C02/400_600	MEDIO	ASSENTE	3.84	59.5 - Ni	2	0.16		0
AREA DEPOSITO TEMPORANEO								
Campione	L1	L2	HQ (L1)	Max % contr a HQ (L1)	N. param. non conformi (L1)	HQ (L2)	Max % contr a HQ (L2)	N. param. non conformi (L2)
C03/000_050	BASSO	ASSENTE	1,7	100 - Ni	1	0,12		0
C04/000_050	MEDIO	ASSENTE	2,78	59.6 - Ni	2	0,11		0
C05/000_050	BASSO	ASSENTE	1,7	100 - Ni	1	0,1		0
C06/000_050	MEDIO	ASSENTE	2,81	61 - Ni	2	0,12		0
C07/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,14	62.1 - Ni	2	0,12		0
C08/000_050	BASSO	ASSENTE	1,73	100 - Ni	1	0,12		0
C0N/000_050	MEDIO	ASSENTE	3,1	62.1 - Ni	2	0,12		0
C0S/000_050	MEDIO	ASSENTE	2,73	60.6 - Ni	2	0,11		0

Tabella 38 – Elaborazione Sediqualssoft109.0 del rischio chimico L1/L2 dei campioni



Figura 298. Elaborazione Sediqualssoft109.0 del rischio chimico L1/L2 dei campioni

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

Nelle immagini successive sono stati riportati i dati scaturiti dalla elaborazione mediante software SediQualSoft 109.0 del pericolo chimico di tutti i campioni (livelli superficiali e livelli profondi) delle aree oggetto di caratterizzazione.



Figura 299. Elaborazione del rischio chimico campione C1/000_050



Figura 300. Elaborazione del rischio chimico campione C1/050_100

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 301. Elaborazione del rischio chimico campione C1/100_200



Figura 302. Elaborazione del rischio chimico campione C1/200_400

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 303. Elaborazione del rischio chimico campione C1/400_605



Figura 304. Elaborazione del rischio chimico campione C1/600_800

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 305. Elaborazione del rischio chimico campione C2/000_050



Figura 306. Elaborazione del rischio chimico campione C2/050_100

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 307. Elaborazione del rischio chimico campione C2/100_200



Figura 308. Elaborazione del rischio chimico campione C2/200_400

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 309. Elaborazione del rischio chimico campione C2/400_600



Figura 310. Elaborazione del rischio chimico campione C2-a/000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 311. Elaborazione del rischio chimico campione C2-a/050_100



Figura 312. Elaborazione del rischio chimico campione C2-a/100_200

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 313. Elaborazione del rischio chimico campione C2-a/200_400



Figura 314. Elaborazione del rischio chimico campione C3/000_050

[illegible][illegible]

Pagina 359 di 376



Figura 317. Elaborazione del rischio chimico campione C6/000_050



Figura 318. Elaborazione del rischio chimico campione C7/000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 319. Elaborazione del rischio chimico campione C8/000_050



Figura 320. Elaborazione del rischio chimico campione C0N/000_050



Figura 321. Elaborazione del rischio chimico campione C0S/000_050

CLASSI DI PERICOLO ECOTOSSICOLOGICO

L'elaborazione dei risultati ecotossicologici dei sedimenti è stata effettuata applicando i criteri di integrazione ponderata che sono stati recepiti dal D.M. n. 173 del 15 luglio 2016 "Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini".

Tali criteri considerano aspetti importanti e caratteristiche specifiche dei singoli saggi biologici utilizzati nella batteria, tra cui la rilevanza tossicologica della risposta biologica misurata, l'entità e la significatività statistica della differenza di effetto tra campione e controllo, la sensibilità della specie testata, la tipologia di esposizione (acuta o cronica) e la matrice testata. In questo senso, per ciascuno dei saggi previsti nelle diverse tipologie di batterie è prevista una "soglia" di effetto che rappresenta la variazione minima ritenuta biologicamente significativa per ciascuna condizione sperimentale, e dei "pesi" che vengono attribuiti a ciascun saggio in funzione della rilevanza biologica dell'end-point misurato, della durata dell'esposizione, della matrice testata (Piva et al., 2011; Benedetti et al., 2012).

Vengono di seguito descritti i passaggi e le procedure di calcolo per l'integrazione dei risultati e la formulazione del giudizio di tossicità di cui è riportato uno schema complessivo nella tabella III.

- ✓ Dopo la verifica dei dati, per ciascun saggio biologico viene calcolato l'effetto (E_i), inteso come variazione percentuale dell'endpoint misurato, compensato tramite la correzione di Abbott rispetto alle variazioni osservate nel controllo (equazione 2 del flow chart di Figura 34);
- ✓ L'effetto E_i viene corretto in base alla significatività statistica della variazione rispetto ai controlli, applicando il coefficiente Z (punto 3).
- ✓ Questa correzione riduce progressivamente il peso complessivo di un saggio non statisticamente significativo, ma non ne elimina completamente il contributo alla batteria;
- ✓ Ciascun effetto (E_i) moltiplicato per il suo coefficiente Z , viene rapportato con la "soglia" specifica per quel saggio (equazione 4); l'effetto corretto (E_{iw}) così ottenuto indica di quante volte la variazione misurata in un saggio supera quella ritenuta biologicamente rilevante;
- ✓ Solo per determinati saggi, quando sia possibile ottenere un eventuale effetto ormetico (come nel caso della bioluminescenza batterica o della crescita algale), viene assegnato un valore di E_{iw} pari a 0 se l'effetto ormetico è $< 40\%$, 1.25 se l'effetto ormetico è $> 40\%$ ma $< 100\%$, pari a 1.5 se l'effetto ormetico è $> 100\%$;
- ✓ L'indice di pericolo complessivo della batteria di saggi ecotossicologici (Hazard Quotient, HQBatteria) viene calcolato come sommatoria degli effetti pesati (E_{iw}) dei singoli saggi (equazione 5 del flow-chart), ulteriormente corretti secondo il fattore W_2 che corrisponde al prodotto dei pesi assegnati in funzione della rilevanza biologica dell'endpoint considerato, della rilevanza ecologica della matrice testata, dell'esposizione acuta o cronica degli organismi.

Per l'attribuzione del livello di pericolo derivante dalla batteria di saggi ecotossicologici, il valore ottenuto per l'indice HQBatteria è normalizzato ad una scala compresa tra 0 e 10 (equazione 6), dove 1 corrisponde al valore di soglia della batteria (cioè il valore di HQ che si otterrebbe se tutti i saggi della batteria mostrassero un effetto pari alla rispettiva soglia) e 10 corrisponde al valore massimo della batteria (quando tutti i saggi mostrano il 100% di effetto). A seconda del valore dell'HQBatteria normalizzato, il livello di pericolo ecotossicologico viene attribuito ad una classe di gravità (da assente a molto alto), identificata da un diverso colore: Assente/bianco se HQBatteria <1; Basso/azzurro se HQBatteria ≥1 e <1.5; Medio/giallo se HQBatteria ≥1.5 e <3; Alto/rosso se HQBatteria ≥ 3 e <6; Molto Alto/nero se HQBatteria ≥6 (punto 6 del flow chart).

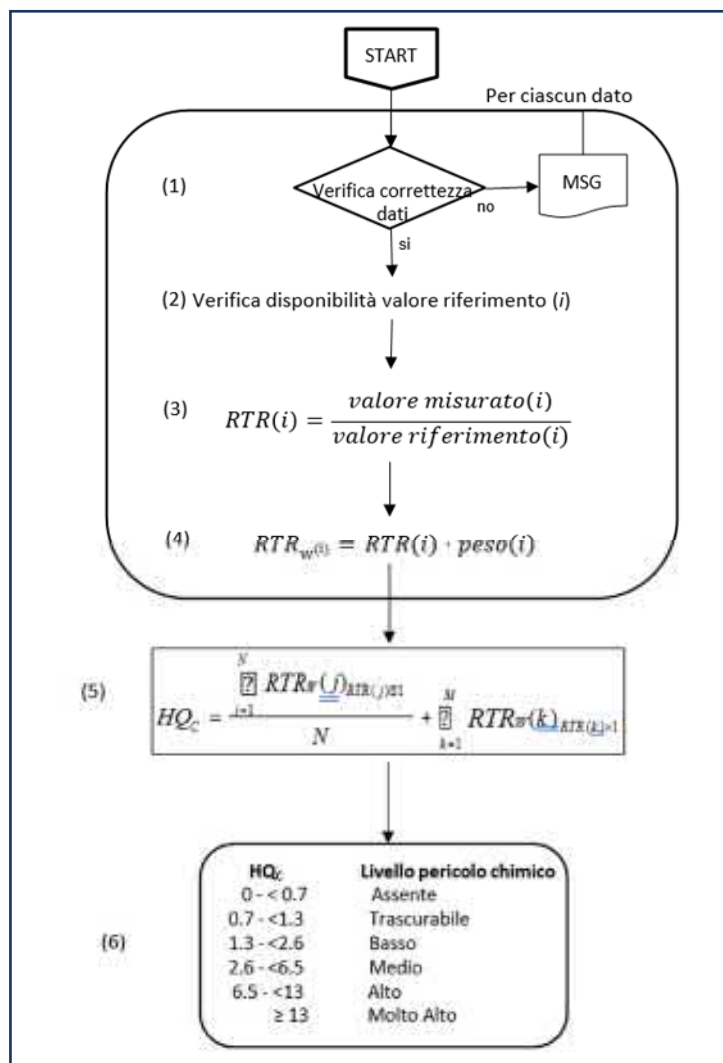


Figura 322. Processo di elaborazione dei dati Ecotossicologici

CLASSI DI PERICOLO ECO-TOSSICOLOGICO (HQ/BATTERIA)	
HQ BATTERIA	CLASSE DI PERICOLO
< 1.0	ASSENTE
≥ 1.0 ÷ 1.5	BASSO
≥ 1.0 ÷ 1.5	MEDIO
≥ 1.5 ÷ 3.0	ALTO
≥ 3.0 ÷ 6.0	MOLTO ALTO

Tabella 39 – Flow chart di elaborazione e Classi di pericolo eco-tossicologico (HQ/batteria)

Di seguito sono riportate le tabelle estratte dalla elaborazione mediante software SediQualsoft 109.0 del pericolo ecotossicologico (HQ/batteria) dei livelli superficiali delle aree oggetto di caratterizzazione (tabella).

AREA PRELIEVO MICROTUNNEL

Caratterizzazione ecotossicologica

Show 25 entries

Dettaglio	Campione	Livello di pericolo ecotossicologico
Q	C1000_001	ASSENTE
Q	C1000_100	ASSENTE
Q	C24000_400	ASSENTE
Q	C2000_100	ASSENTE
Q	C1000_050	ASSENTE
Q	C24000_800	ASSENTE
Q	C2000_400	ASSENTE
Q	C1000_400	ASSENTE
Q	C24000_300	ASSENTE
Q	C2000_300	ASSENTE
Q	C1000_200	ASSENTE
Q	C2000_050	ASSENTE
Q	C24000_600	ASSENTE
Q	C1000_050	ASSENTE
Q	C24000_100	ASSENTE

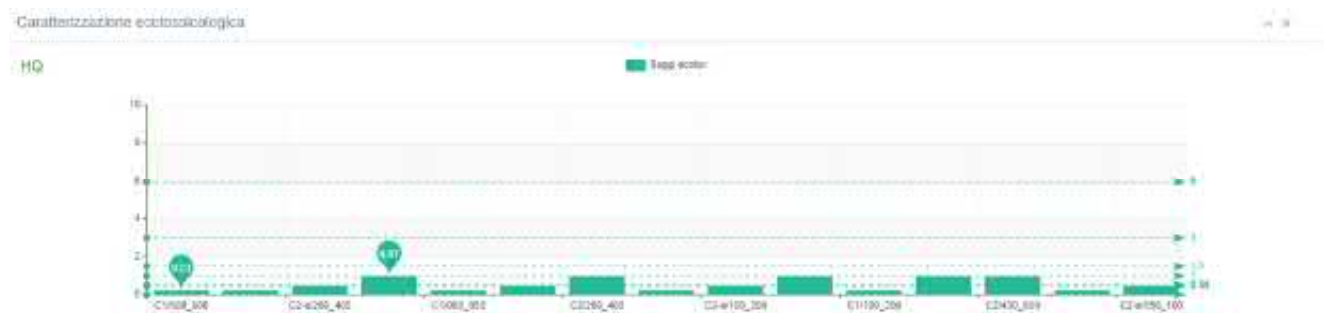


Tabella 40 – Elaborazione del pericolo ecotossicologico del totale dei campioni superficiali

Di seguito il dettaglio della elaborazione per i singoli livelli indagati.



Figura 323. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C1/000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 324. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C2/000_050



Figura 325. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C2-a/000_050

AREA DEPOSITO TEMPORANEO SEDIMENTI MICROTUNNEL

Caratterizzazione ecotossicologica

Caratterizzazione ecotossicologica Risultati

Show 10 entries

Copy CSV Excel

Search:

Campione	Area	Sito	Codice campionamento	Codice livello	HQ Batteria	Livello di pericolo ecotossicologico	N. Saggi	% elutriato	Note	Dettagli
C03/(000_050)	Area Deposito	Ravenna-PIR	C3	000_050	0.28	ASSENTE	3	21		Q
C04/(000_050)	Area Deposito	Ravenna-PIR	C4	000_050	0	ASSENTE	3	0		Q
C05/(000_050)	Area Deposito	Ravenna-PIR	C5	000_050	0.12	ASSENTE	3	100		Q
C06/(000_050)	Area Deposito	Ravenna-PIR	C6	000_050	0	ASSENTE	3	0		Q
C07/(000_050)	Area Deposito	Ravenna-PIR	C7	000_050	0	ASSENTE	3	0		Q
C08/(000_050)	Area Deposito	Ravenna-PIR	C8	000_050	0.29	ASSENTE	3	92		Q
C0N/(000_050)	Area Deposito	Ravenna-PIR	C0N	000_050	0.06	ASSENTE	3	100		Q
C0S/(000_050)	Area Deposito	Ravenna-PIR	C0S	000_050	0	ASSENTE	3	0		Q

Showing 1 to 8 of 8 entries

Previous 1 Next

HQ

Saggi ecotox

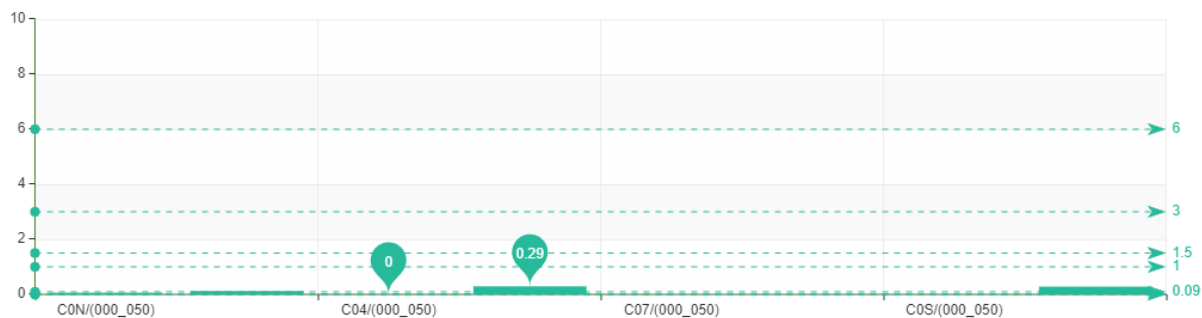


Tabella 41 – Elaborazione del pericolo ecotossicologico del totale dei campioni superficiali

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA

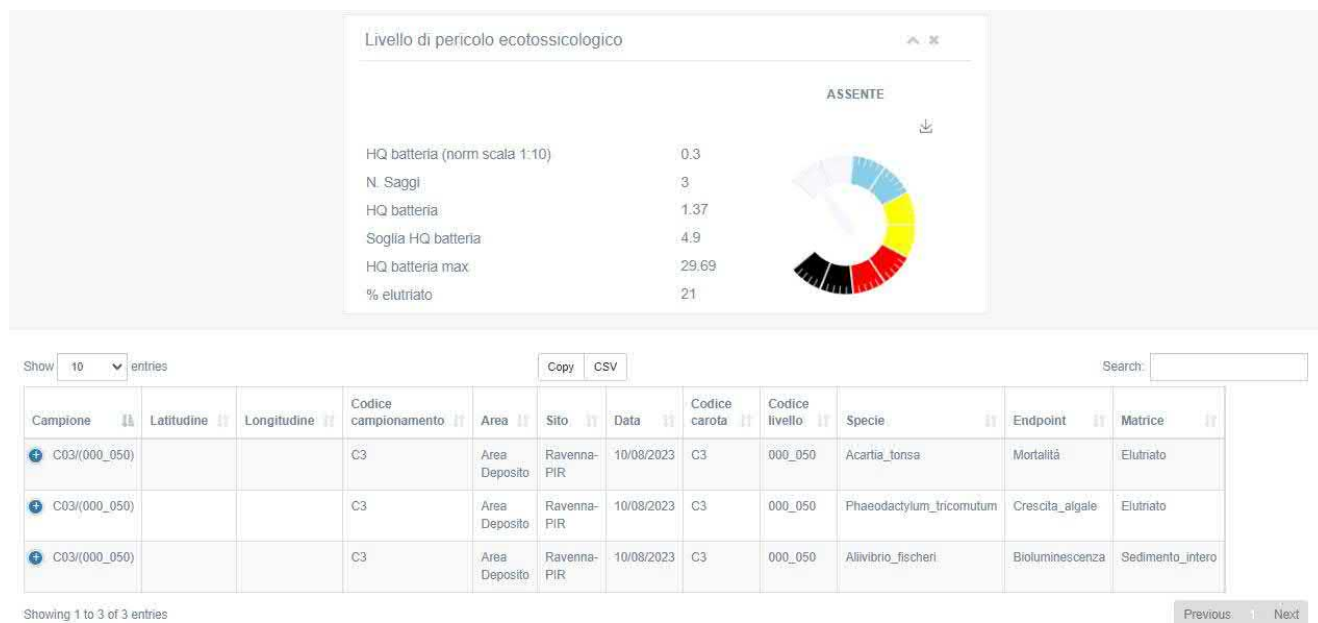


Figura 326. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C3/000_050



Figura 327. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C4/000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 328. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C5/000_050



Figura 329. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C6/000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 330. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C7/000_050



Figura 331. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C8/000_050

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA



Figura 332. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C0N/000_050

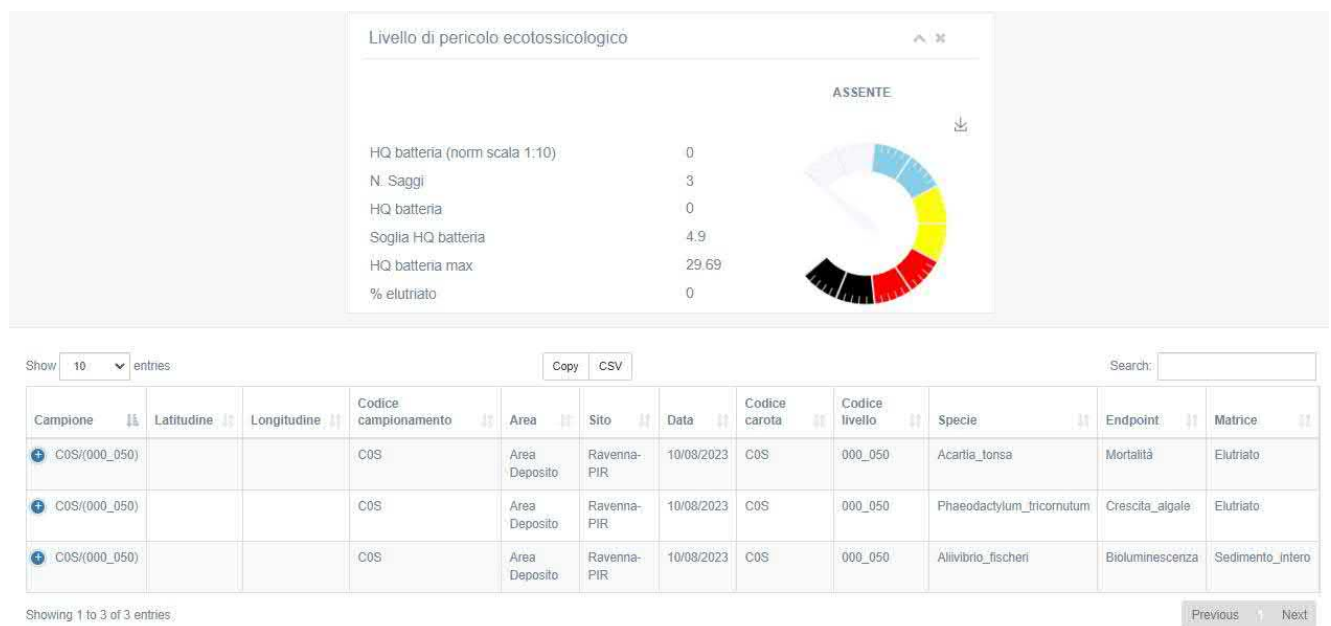


Figura 333. Elaborazione del rischio ecotossicologico del campione C0S/000_050

CRITERI DI INTEGRAZIONE PONDERATA PER L'ELABORAZIONE DELLA CLASSE DI QUALITÀ DEI SEDIMENTI

L'attribuzione della Classe di Qualità dei sedimenti è data dall'integrazione della classificazione chimica ed ecotossicologica ottenuta attraverso l'applicazione dei criteri di integrazione ponderata descritti in precedenza.

La classificazione ponderata, che determina le successive opzioni di gestione, è stata determinata in accordo alla procedura descritta nell'Allegato tecnico del D.M. 173 del 2016.

CLASSIFICAZIONE DELLA QUALITÀ DEI SEDIMENTI SECONDO I CRITERI DI INTEGRAZIONE PONDERATA (HQC = HAZARD QUOTIENT CHIMICO)		
CLASSE DI PERICOLO ECOTOSSICOLOGICO	CLASSIFICAZIONE CHIMICA	CLASSE DI QUALITÀ DEL MATERIALE
ASSENTE	HQC (L2) ≤ Trascurabile	A
	Basso ≤ HQC (L2) ≤ Medio	B
	HQC (L2) = Alto	C
	HQC (L2) > Alto	D
BASSO	HQC (L1) ≤ Basso	A
	HQC (L1) ≥ Medio e HQC (L2) ≤ Basso	B
	Medio ≤ HQC (L2) ≤ Alto	C
	HQC (L2) > Alto	D
MEDIO	HQC (L2) ≤ Basso	C
	HQC (L2) ≥ Medio	D
ALTO	HQC (L2) ≤ Basso	D
	HQC (L2) ≥ Medio	E

Tabella 42 – Classificazione della Qualità dei sedimenti secondo i criteri di integrazione ponderata (HQC = Hazard Quotient chimico)

La valutazione integrata prevede cinque Classi di Qualità che vanno dalla A alla E con le rispettive opzioni di gestione dei materiali classificati. La Classe A corrisponde ai sedimenti di qualità ambientale più elevata mentre la E identifica la Classe di qualità peggiore che prevede un'eventuale rimozione in sicurezza del sedimento dall'ambiente marino dopo la valutazione di rischio. Nella tabella a seguire sono riportate le opzioni di gestione compatibili con ognuna delle cinque classi di Qualità del sedimento.

OPZIONI DI GESTIONE DEI SEDIMENTI	
CLASSE	OPZIONE
A	<ul style="list-style-type: none"> ➤ RIPASCIMENTO della spiaggia emersa con pelite $\leq 10\%$ o altro valore stabilito su base regionale; ➤ RIPASCIMENTO della spiaggia sommersa con frazione sabbiosa prevalente; ➤ IMMERSIONE DELIBERATA IN AREE MARINE NON COSTIERE (oltre 3 mn); ➤ IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO MARINO COSTIERO.
B	<ul style="list-style-type: none"> ➤ IMMERSIONE DELIBERATA IN AREE MARINE NON COSTIERE (oltre 3 mn) con monitoraggio ambientale; ➤ IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO in ambito portuale incluso capping, con monitoraggio ambientale;
C	<ul style="list-style-type: none"> ➤ IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO in ambito portuale in grado di trattenere tutte le frazioni granulometriche del sedimento, incluso capping all'internodi aree portuali con idonee misure di monitoraggio ambientale;
D	<ul style="list-style-type: none"> ➤ IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO IMPERMEABILIZZATO, con idonee misure di monitoraggio ambientale;
E	<ul style="list-style-type: none"> ➤ EVENTUALE RIMOZIONE IN SICUREZZA DELL'AMBIENTE MARINO DOPO VALUTAZIONE DI RISCHIO, secondo quanto previsto dalla normativa vigente;

Tabella 43 – Opzioni di gestione dei sedimenti in relazione alla classe di qualità del sedimento

Ricordiamo che come previsto dal piano di caratterizzazione redatto dalla società RINA ed autorizzato dagli Enti di controllo (ARPAE/ISPRA), le caratteristiche ecotossicologiche del livello superficiale (000-050) sono state estese agli ulteriori livelli lungo la verticale (050-100), (100-200), (200-400) e (400-600).

Nella tabella seguente, vengono riassunte le classi di pericolo chimico, le classi di pericolo ecotossicologico ed il risultato della elaborazione con il software "SEDIQUALSOFT109.0" con la classificazione di qualità dei materiali di tutti i campioni superficiali oggetto di indagine

INDICI DI QUALITÀ - CLASSI DI PERICOLO CHIMICO ED ECOTOSSICOLOGICO % PELITE								
CAMPIONE	CLASSE DI PERICOLO ECOTOSSICOLOGICO	% ELUTRATO	CLASSIFICAZIONE CHIMICA	% PELITE	CLASSE DI QUALITÀ DEL SEDIMENTO	OPZIONE GESTIONE	CODICE CAMPIONAMENTO	LIVELLO
C1/000_050	ASSENTE	63.17 0932 85	HQc(L2) <= Trascurabile	90	A	NOTA 1	C1	000_050
C2-a/000_050	ASSENTE	0	HQc(L2) <= Trascurabile	84.6	A	NOTA 1	C2-a	000_050
C2/000_050	ASSENTE	5.904 5772 8	HQc(L2) <= Trascurabile	86.9	A	NOTA 1	C2	000_050
NOTA 1: "Valori superiori a quanto indicato per ripascimento emerso (Allegato tecnico. Nota 7 Tab 2.5)"								

Tabella 44 – Indici di qualità, classi di pericolo chimico ed ecotossicologico e % Pelite

Trasportando il risultato ecotossicologico dei campioni superficiali anche ai sottostanti livelli profondi (50-100), (100-200), (200-400) e (400-600 dove raggiunto) come concordato con gli Enti Autorizzativi si ottiene il seguente risultato riassunto nella tabella sottostante:

CLASSIFICAZIONE DI QUALITÀ DEI MATERIALI ANALIZZATI				
AREA (LIVELLO) CODICE CAMPIONE	CLASSE PERICOLO ECOTOSSICOLOGICO	CLASSE PERICOLO CHIMICO	% PELITE	CLASSE QUALITÀ DEL MATERIALE
C1/000_050	ASSENTE	TRASCURABILE	90	A
C1/050_100	ASSENTE	TRASCURABILE	75.8	A
C1/100_200	ASSENTE	TRASCURABILE	87.8	A
C1/200_400	ASSENTE	TRASCURABILE	89.7	A
C1/400_600	ASSENTE	TRASCURABILE	93.9	A
C1/600_800	ASSENTE	TRASCURABILE	96.9	A
C2-a/000_050	ASSENTE	TRASCURABILE	84.6	A
C2-a/050_100	ASSENTE	TRASCURABILE	89.8	A
C2-a/100_200	ASSENTE	TRASCURABILE	91.9	A
C2-a/200_400	ASSENTE	TRASCURABILE	94.3	A
C2/000_050	ASSENTE	TRASCURABILE	86.9	A
C2/050_100	ASSENTE	TRASCURABILE	61.2	A
C2/100_200	ASSENTE	TRASCURABILE	88.4	A
C2/200_400	ASSENTE	TRASCURABILE	92.8	A
C2/400_600	ASSENTE	TRASCURABILE	91	A

Tabella 45 – Classificazione di qualità dei materiali analizzati

Tutti i campioni corrispondenti ai livelli superficiali e profondi analizzati nella fase di caratterizzazione, sono risultati in classe di qualità “A” e quindi movimentabili con le opzioni di gestione previste dal D.M. 173/2016. Da tenere in considerazione nella futura progettazione insieme ad eventuali prescrizioni che saranno fissate dagli Enti Autorizzativi al fine di minimizzare e mitigare gli impatti.

11.0 DATI CONSEGNATI

11.1 ELABORATI FINALI

A conclusione della campagna svolta, i dati raccolti sono stati utilizzati per la realizzazione di una serie di elaborati finali che verranno consegnati al cliente a completamento del servizio in oggetto. Questi sono stati consegnati esclusivamente su supporto digitale al fine di ridurre l'impatto ambientale della campagna di rilievo.

All'interno della tabella qui sotto riportata vengono elencati tutti gli elaborati, i dati e gli allegati che verranno consegnati.

ELABORATO FINALE	ALLEGATO	FORMATO	SUPPORTO
RELAZIONE TECNICA FINALE	N/A	.PDF	DIGITALE
RAPPORTI DI PROVA	1	.PDF	DIGITALE
DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA	2	.jpg	DIGITALE
TAVOLE RILIEVI BATIMETRICI E MORFOLOGICI	3	.PDF	DIGITALE

Tabella 46 – Elenco Elaborati Prodotti

BIBLIOGRAFIA

- ✓ ARPAT, 1998. Metodologia di saggio algale per il controllo dei corpi idrici e delle acque di scarico: 191 pp.
- ✓ ASTM (1995). Standard guide for conducting static acute toxicity tests with echinoid embryos- E 1563-95. American Society for Testing and Materials, Philadelphia, pp. 1029-1046
- ✓ ASTM, 2016. Standard Test Method for Automated Analyses of Cells-the Electrical Sensing Zone Method of Enumerating and Sizing Single Cell Suspensions- F2149-16. American Society for Testing and Materials, Philadelphia
- ✓ Azur Environmental, 1995. Microtox acute toxicity basic test procedures, 63
- ✓ Benedetti, M., Ciaprinì, F., Piva, F., Onorati, F., Fattorini, D., Notti, A., Ausili, A., Regoli, F., 2012. A multidisciplinary weight of evidence approach toward polluted sediments: integrating sediment chemistry, bioavailability, biomarkers responses and bioassays. *Environment International*, 38, pp. 17-28
- ✓ Carr, R.S., Chapman, D.C. 1995. Comparison of methods for conducting marine and estuarine sediment porewater toxicity tests – extraction, storage and handling techniques. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 28, 69–77
- ✓ Clementson L. A. and Wayte S. E. 1992. The effects of frozen storage of open-ocean seawater sample on the concentration of dissolved Phosphate and Nitrate. *Water Research*, 26 (9): 1171-1176
- ✓ DM 173 del 15 luglio 2016. Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini. GU Serie Generale n.208 del 06-09-2016 - Suppl. Ordinario n. 40
- ✓ ICES (2013). International Council for the Exploration of the Sea. doi.org/10.17895/ices.pub.5082
- ✓ IRSA, 1978. Metodologia di saggio algale per lo studio della contaminazione delle acque marine.
- ✓ IRSA-CNR, Quaderni dell'Istituto di Ricerca sulle Acque n. 39 - IT ISSN 0390-6329. Milano
- ✓ ISO (2006). Water quality: determination of the inhibitory effect of water samples on the light emission of *Vibrio fischeri* (luminescent bacteria test) – part 3: method using freeze-dried bacteria. ISO/CD 11348-3.
- ✓ ISO International Organization for Standardization 2006. Water quality - Marine algal growth inhibition test with *Skeletonema costatum* and *Phaeodactylum tricornutum*. International Standard ISO/DIS 102531. ISO, Genève, Switzerland.
- ✓ Piva F., Ciaprinì F., Onorati F., Benedetti M., Fattorini D., Ausili A., Regoli F. 2011. Assessing sediment hazard through a Weight of Evidence approach with bioindicator organisms: a practical model to elaborate data from sediment chemistry, bioavailability, biomarkers and ecotoxicological bioassays. *Chemosphere* 83: 475-485.
- ✓ UNI EN ISO 10253, 2006. Water quality – Marine algal growth inhibition test with *Skeletonema costatum* and *Phaeodactylum tricornutum*.
- ✓ USEPA (1991). Earle-Standard Operating Procedure Conducting the Sea Urchin *Arbacia punctulata* Fertilization Test. Environmental Research Laboratory, Narragansett, RI, pp 125-131.