



Commissario straordinario delegato per la realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio idrogeologico per la Regione Sardegna - Accordo di programma 23 dicembre 2010



## PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ED ECONOMICA

### OLBIA E LE SUE ACQUE

**Opere di mitigazione del rischio idraulico e recupero del rapporto della città con i suoi fiumi**

**MACROAREA 3 - AMBITO URBANO**

PROGETTAZIONE RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI IMPRESE:

(Capogruppo mandataria)

(Mandanti)



IL SINDACO:  
Settimo Nizzi

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE: Ing. Simone Venturini

TITOLO

Elaborati descrittivi - D) Studio di Impatto Ambientale  
Aspetti ambientali  
Quadro di riferimento ambientale

IL DIRIGENTE:  
Ing. Diego Ciceri

CODICE ELABORATO

D.4.1

SCALA

-

DATA

DICEMBRE 2023

NOME FILE

D.4.1\_00.docx

ELABORAZIONE PROGETTUALE

REVISIONI

Metassociati s.r.l.

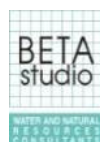
Ing. G.A.Mura  
Ordine degli Ingegneri  
della Provincia di Nuoro  
N.107

|      |               |           |               |               |                  |
|------|---------------|-----------|---------------|---------------|------------------|
|      |               |           |               |               |                  |
|      |               |           |               |               |                  |
|      |               |           |               |               |                  |
| 0    | Dicembre 2023 | Emissione | Ing. E.Rubanu | Ing. G.A.Mura | Ing. S.Venturini |
| REV. | DATA          | MOTIVO    | REDATTO       | VERIFICATO    | APPROVATO        |

## SOMMARIO

|                                                                                                                                             |           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>SOMMARIO</b>                                                                                                                             | <b>I</b>  |
| <b>INDICE DELLE FIGURE</b>                                                                                                                  | <b>V</b>  |
| <b>1 ATMOSFERA</b>                                                                                                                          | <b>1</b>  |
| 1.1 Caratterizzazione generale del clima                                                                                                    | 1         |
| 1.1.1 Dati storici                                                                                                                          | 3         |
| 1.1.2 Dati climatici 2022                                                                                                                   | 8         |
| 1.1.3 La carta bioclimatica                                                                                                                 | 14        |
| 1.2 Analisi della qualità dell’aria                                                                                                         | 19        |
| 1.2.1 Inquadramento normativo                                                                                                               | 19        |
| 1.2.2 Stato della qualità dell’aria                                                                                                         | 23        |
| 1.3 Individuazione e valutazione degli impatti                                                                                              | 30        |
| 1.3.1 Stima delle polveri diffuse                                                                                                           | 30        |
| 1.3.2 Stima delle emissioni inquinanti NO <sub>x</sub> , CO, CO <sub>2</sub>                                                                | 46        |
| 1.4 Sintesi dei risultati                                                                                                                   | 48        |
| 1.5 Individuazione misure di mitigazione e monitoraggio                                                                                     | 51        |
| <b>2 AMBIENTE IDRICO</b>                                                                                                                    | <b>55</b> |
| 2.1 Inquadramento ambientale a macroscala delle acque superficiali                                                                          | 55        |
| 2.1.1 Bacino idrografico del Rio Seligheddu: Rio Seligheddu e affluenti                                                                     | 56        |
| 2.1.2 Rio Pasana                                                                                                                            | 56        |
| 2.1.3 Rio Tannaule                                                                                                                          | 56        |
| 2.1.4 Rio Gadduresu e affluenti                                                                                                             | 57        |
| 2.1.5 Affluente di sinistra del Gadduresu Zona “Via Dessì – Via San Michele”                                                                | 58        |
| 2.1.6 Affluente di destra Zona “Via Vesuvio – Via Pinturicchio”                                                                             | 58        |
| 2.1.7 Rio Paule Longa                                                                                                                       | 59        |
| 2.1.8 Canale Zozò                                                                                                                           | 59        |
| 2.1.9 Rio San Nicola e affluenti                                                                                                            | 60        |
| 2.1.10 Rio Abba Fritta                                                                                                                      | 60        |
| 2.1.11 Derivazione Zozò                                                                                                                     | 61        |
| 2.1.12 Rio Padrongianus                                                                                                                     | 61        |
| 2.2 Tipizzazione dei corpi idrici                                                                                                           | 61        |
| 2.3 Monitoraggio e classificazione delle acque superficiali                                                                                 | 65        |
| 2.3.1 Monitoraggio e classificazione dello stato ecologico                                                                                  | 65        |
| 2.3.2 Monitoraggio e classificazione dello stato chimico                                                                                    | 66        |
| 2.3.3 Analisi delle pressioni sui corpi idrici superficiali e misure specifiche per il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale | 69        |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



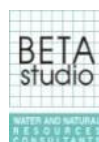
|            |                                                                           |            |
|------------|---------------------------------------------------------------------------|------------|
| 2.4        | Inquadramento Ambientale a macroscale delle acque sotterranee             | 72         |
| 2.4.1      | Individuazione dei corpi idrici sotterranei                               | 72         |
| 2.4.2      | Vulnerabilità dei Corpi Idrici Sotterranei                                | 77         |
| 2.4.3      | Pressioni significative sullo stato chimico e sullo stato quantitativo    | 78         |
| 2.4.4      | Monitoraggio chimico 2016 – 2021                                          | 78         |
| 2.5        | Valutazione degli impatti potenziali                                      | 82         |
| 2.5.1      | Esame del progetto                                                        | 84         |
| 2.5.2      | Valutazione impatti potenziali per ogni singolo intervento                | 86         |
| 2.5.3      | Interazione delle opere di progetto alle foci con la salinità della falda | 89         |
| 2.5.4      | Modellazione numerica                                                     | 94         |
| 2.5.5      | Stato di fatto                                                            | 97         |
| 2.5.6      | Soluzione SdP2 ottimizzata (a e b)                                        | 98         |
| 2.6        | Mitigazione degli impatti                                                 | 99         |
| <b>3</b>   | <b>SUOLO E SOTTOSUOLO</b>                                                 | <b>104</b> |
| 3.1        | Premessa                                                                  | 104        |
| 3.2        | Aspetti geologici e geomorfologici generali                               | 104        |
| 3.3        | Aspetti idrogeologici                                                     | 109        |
| 3.4        | Caratterizzazione geotecnica                                              | 110        |
| 3.5        | Aspetti progettuali                                                       | 115        |
| 3.5.1      | Considerazione interazioni terreno-struttura                              | 118        |
| 3.6        | Valutazione degli impatti potenziali                                      | 120        |
| 3.6.1      | Valutazione degli impatti potenziali per ogni singolo intervento          | 120        |
| 3.7        | Mitigazione degli impatti                                                 | 122        |
| <b>4</b>   | <b>VEGETAZIONE, FAUNA ED ECOSISTEMI</b>                                   | <b>124</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Serie di vegetazione</b>                                               | <b>124</b> |
| 4.1.1      | Rilievi                                                                   | 128        |
| 4.1.2      | Caratterizzazione della vegetazione nell'area di Colcò                    | 129        |
| 4.1.3      | Caratterizzazione della vegetazione - Opera di scarico nel Padrongianus   | 140        |
| 4.1.4      | Caratterizzazione della vegetazione - Opera di presa sul rio Paule Longa  | 146        |
| 4.1.5      | Caratterizzazione della vegetazione - Opera di presa sul Rio Pasana       | 148        |
| 4.1.6      | Caratterizzazione della vegetazione - Opera di presa sul rio Seligheddu   | 153        |
| 4.1.7      | Caratterizzazione della vegetazione - Opera di presa sul rio San Nicola   | 157        |
| 4.1.8      | Caratterizzazione della vegetazione - Opera di presa sul rio Abba Fritta  | 162        |
| <b>4.2</b> | <b>Fauna e biodiversità</b>                                               | <b>164</b> |
| 4.2.1      | Materiali e metodi                                                        | 167        |
| 4.2.2      | Analisi dei dati                                                          | 181        |
| 4.2.3      | Ittiofauna                                                                | 184        |
| 4.2.4      | Erpetofauna                                                               | 185        |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

//

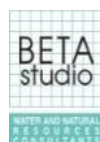


(Capogruppo mandataria)



|          |                                                                   |            |
|----------|-------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.2.5    | Ornitofauna                                                       | 186        |
| 4.2.6    | Mammalofauna                                                      | 187        |
| 4.2.7    | Considerazioni conclusive                                         | 188        |
| 4.3      | Ecosistemi                                                        | 188        |
| 4.3.1    | Ecosistema fluviale                                               | 189        |
| 4.3.2    | Agroecosistema                                                    | 191        |
| 4.4      | Habitat e indicatori ecologici                                    | 193        |
| 4.4.1    | Indicatori per la stima del Valore Ecologico                      | 196        |
| 4.4.2    | Indicatori per la stima della Sensibilità Ecologica               | 198        |
| 4.4.3    | Indicatori per la stima della Pressione Antropica                 | 200        |
| 4.4.4    | Fragilità Ambientale                                              | 201        |
| 4.5      | Valutazione degli impatti potenziali e misure di mitigazione      | 203        |
| 4.5.1    | Potenziali impatti nella fase di cantiere                         | 203        |
| 4.5.2    | Potenziali impatti nella fase di esercizio                        | 214        |
| <b>5</b> | <b>SALUTE PUBBLICA</b>                                            | <b>216</b> |
| 5.1      | Premessa                                                          | 216        |
| 5.2      | Caratterizzazione dello stato di salute ante-operam               | 216        |
| 5.3      | Analisi degli impatti del progetto sulla salute pubblica          | 219        |
| <b>6</b> | <b>TRAFFICO</b>                                                   | <b>221</b> |
| 6.1      | Metodologia HCM                                                   | 223        |
| <b>7</b> | <b>RUMORE</b>                                                     | <b>227</b> |
| 7.1      | Premessa                                                          | 227        |
| 7.2      | Quadro normativo di riferimento                                   | 227        |
| 7.3      | Emissione del rumore da parte dei mezzi d’opera usati in cantiere | 231        |
| 7.4      | Classe di destinazione d’uso                                      | 233        |
| 7.5      | Recettori                                                         | 234        |
| 7.6      | Calcolo previsionale                                              | 236        |
| 7.7      | Mitigazioni                                                       | 240        |
| <b>8</b> | <b>VIBRAZIONI IN SOTTERRANEO</b>                                  | <b>242</b> |
| 8.1      | Scolmatore 2 “Abba Fritta – Cabu Abbas”                           | 242        |
| 8.1.1    | Descrizione e tracciato dell’opera                                | 242        |
| 8.1.2    | Metodologia di scavo della galleria naturale                      | 246        |
| 8.2      | Monitoraggio delle vibrazioni e spostamenti                       | 251        |
| 8.2.1    | Vibrazioni                                                        | 251        |
| 8.2.2    | Monitoraggi di superficie e in galleria                           | 257        |
| <b>9</b> | <b>PAESAGGIO</b>                                                  | <b>260</b> |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

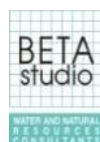


|     |                                   |     |
|-----|-----------------------------------|-----|
| 9.1 | Premessa                          | 260 |
| 9.2 | Impatto paesaggistico delle opere | 261 |

## INDICE DELLE FIGURE

|                                                                                                                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1.1 Stazioni meteo nel comune di Olbia - Mappa Stazioni delle Reti ARPAS.....                                                                                                                                                                        | 3  |
| Figura 1.2 - grafico delle temperature minime trentennali.....                                                                                                                                                                                              | 5  |
| Figura 1.3 Velocità medie del vento onshore nel 2022 a 50 m s.l.t. (a sinistra) e 75 m s.l.t. (a destra) – Atlante Eolico Italiano .....                                                                                                                    | 11 |
| Figura 1.4 Velocità medie del vento onshore nel 2022 a 100 m s.l.t. (a sinistra) e 125 m s.l.t. (a destra) – Atlante Eolico Italiano .....                                                                                                                  | 12 |
| Figura 1.5 Indici Bioclimatici. - Carta Bioclimatica della Sardegna. Fonte: ARPAS, 2014 .                                                                                                                                                                   | 16 |
| Figura 1.6 Carta Bioclimatica della Sardegna. Fonte: ARPAS, 2014.....                                                                                                                                                                                       | 17 |
| Figura 1.7 Zoom Carta Bioclimatica della Sardegna. Fonte: ARPAS, 2014.....                                                                                                                                                                                  | 18 |
| Figura 1.8 Mappa di zonizzazione per la Regione Sardegna (a sinistra) e Zona Ozono (a sinistra). Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021. Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato della Difesa dell'Ambiente ARPAS..... | 24 |
| Figura 1.9 Posizione delle stazioni di misura di Olbia Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021. Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato della Difesa dell'Ambiente ARPAS. ....                                          | 25 |
| Figura 2.1: Corsi d'acqua superficiali nell'area vasta di Olbia .....                                                                                                                                                                                       | 55 |
| Figura 2.2: Tipizzazione dei corsi d'acqua .....                                                                                                                                                                                                            | 64 |
| Figura 2.3: Localizzazione delle indagini di perizia. ....                                                                                                                                                                                                  | 68 |
| Figura 2.4: Corpi Idrici degli acquiferi sedimentari pilo-aternari .....                                                                                                                                                                                    | 74 |
| Figura 2.5: Corpi idrici degli acquiferi granitoidi paleozoici .....                                                                                                                                                                                        | 76 |
| Figura 2.6: Stato chimico dei corpi idrici sotterranei CIS 0411.....                                                                                                                                                                                        | 79 |
| Figura 2.7: Stato quantitativo corpi idrici sotterranei CIS 0411 .....                                                                                                                                                                                      | 79 |
| Figura 2.8: Stato chimico corpi idrici sotterranei CIS 2832 .....                                                                                                                                                                                           | 80 |
| Figura 2.9: Stato quantitativo corpi idrici sotterranei CIS 3832 .....                                                                                                                                                                                      | 81 |
| Figura 2.10: Ubicazione dei punti di campionamento dei sedimenti (verde) e acque (azzurro)                                                                                                                                                                  |    |

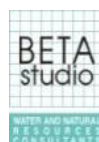
Raggruppamento temporaneo di progettisti:



|                                                                                                                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| .....                                                                                                                                                                               | 90  |
| Figura 2.11: Seligheddu: ubicazione dei punti di campionamento dei sedimenti (in verde) e delle acque (in azzurro) .....                                                            | 91  |
| Figura 2.12: San Nicola-Zozò: ubicazione dei punti di campionamento dei sedimenti (in verde) e delle acque (in azzurro) .....                                                       | 92  |
| Figura 2.13: Piezometri attrezzati con sonda multi parametrica .....                                                                                                                | 93  |
| Figura 2.14: Schematizzazione delle condizioni al contorno nella modellazione dell'intrusione salina in Feflow .....                                                                | 95  |
| Figura 2.15: Schematizzazione delle condizioni al contorno nella modellazione dello stato di fatto.....                                                                             | 97  |
| Figura 2.16: Andamento delle linee di isoconcentrazione nello stato di fatto.....                                                                                                   | 98  |
| Figura 2.17: Andamento delle linee di isoconcentrazione nella configurazione prevista dall'alternativa SdP2 ottimizzata a e SdP2 ottimizzata b .....                                | 99  |
| Figura 2.18: sezioni di cantierizzazione e finite per la realizzazione del canale scolmatore 1 negli strati di granito arenizzato e per le sezioni a cielo aperto e cut&cover ..... | 101 |
| Figura 3.1: estratto Carta Geologica d'Italia, Foglio 182 Olbia.....                                                                                                                | 105 |
| Figura 3.2: carta geologica di progetto. MZN= Monzograniti; Ydt= manti eluviali dei graniti; fa= filoni; ba= alluvionali; RP= riporti; h1r/ha= strutture antropiche.....            | 106 |
| Figura 3.3: schema litologico di riferimento per l'area di progetto (fonte: studio PAI del Comune di Olbia).....                                                                    | 107 |
| Figura 3.4: Carota di granito integro estratta al sondaggio S12 lungo l'asse della galleria scolmatrice principale – scolmatore 1 .....                                             | 114 |
| Figura 3.5: Carota di granito integro estratta al sondaggio S12 lungo l'asse della galleria scolmatrice principale – scolmatore 1 .....                                             | 114 |
| Figura 4.1: Stralcio della Carta delle serie di vegetazione dell'Alta Gallura. Piano forestale ambientale regionale.....                                                            | 125 |

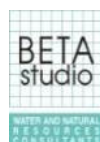
*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

VI



|                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 4.2: Area Colcò – suddivisione e perimetri interni.....                                                | 130 |
| Figura 4.3: Suolo Colcò .....                                                                                 | 131 |
| Figura 4.4: usi suolo .....                                                                                   | 131 |
| Figura 4.5: Fronte all’Ex ostello .....                                                                       | 135 |
| Figura 4.6: Fronte ex ostello .....                                                                           | 135 |
| Figura 4.7: Retro ex ostello.....                                                                             | 136 |
| Figura 4.8: Porzione di Colcò utilizzata per il pascolamento di bovini.....                                   | 136 |
| Figura 4.9: Vegetazione nei pressi del canale e canale con sponde cementate.....                              | 137 |
| Figura 4.10: Esemplare di <i>Dipsacus ferox</i> in fiore rinvenuto nel retro dell’Ex Ostello .....            | 138 |
| Figura 4.11: Retro Ex Ostello.....                                                                            | 138 |
| Figura 4.12: Esemplare di <i>Dipsacus ferox</i> rinvenuto nella corte dell’ex ostello.....                    | 139 |
| Figura 4.13: Perimetro opera di scarico .....                                                                 | 140 |
| Figura 4.14: Campo interessato dall’opera di scarico .....                                                    | 142 |
| Figura 4.15: Vegetazione nei pressi della sponda del Padrongianus, in primo piano <i>Dipsacus ferox</i> ..... | 143 |
| Figura 4.16: Ex blocchificio .....                                                                            | 143 |
| Figura 4.17: Opera di presa Consorzio di Bonifica .....                                                       | 144 |
| Figura 4.18: Padrongianus visto dal blocchificio .....                                                        | 144 |
| Figura 4.19: Letto del Padrongianus a valle dell’opera di presa del Consorzio di Bonifica .....               | 145 |
| Figura 4.20: Localizzazione opera di presa rio Paule Longa .....                                              | 146 |
| Figura 4.21: Localizzazione opera di presa rio Paule Longa .....                                              | 146 |
| Figura 4.22: Opera di presa su rio Paule Longa, percentuale area vegetazione arborea/arbustiva .....          | 147 |
| Figura 4.23: Localizzazione opera di presa rio Pasana .....                                                   | 148 |

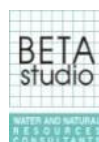
*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 4.24: Opera di presa sul Rio Pasana .....                                                  | 148 |
| Figura 4.25: opera di presa su rio Pasana, percentuale area vegetazione arborea/arbustiva .....   | 149 |
| Figura 4.26 Panoramica opera di presa rio Pasana.....                                             | 151 |
| Figura 4.27 Area opera di presa rio Pasana .....                                                  | 151 |
| Figura 4.28 Area opera di presa sul rio Pasana.....                                               | 152 |
| Figura 4.29 Localizzazione opera di presa rio Seligheddu.....                                     | 153 |
| Figura 4.30 Localizzazione opera di presa rio Seligheddu.....                                     | 153 |
| Figura 4.31 Opera di presa su rio Seligheddu, percentuale area vegetazione arborea/arbustiva..... | 154 |
| Figura 4.32 vegetazione sul Rio Seligheddu.....                                                   | 156 |
| Figura 4.33 Typha angustifolia L. ed Equisetum ramosissimum Desf .....                            | 156 |
| Figura 4.34 Localizzazione opera di presa rio San Nicola .....                                    | 157 |
| Figura 4.35 Localizzazione opera di presa rio San Nicola .....                                    | 157 |
| Figura 4.36 Opera di presa su rio San Nicola, percentuale area vegetazione arborea/arbustiva..... | 158 |
| Figura 4.37 Vegetazione opera di presa Rio S. Nicola .....                                        | 160 |
| Figura 4.38 Vegetazione opera di presa Rio S. Nicola .....                                        | 160 |
| Figura 4.39 Vegetazione opera di presa Rio S. Nicola .....                                        | 161 |
| Figura 4.40 Localizzazione opera di presa rio Abba Fritta .....                                   | 162 |
| Figura 4.41 Localizzazione opera di presa rio Abba Fritta .....                                   | 162 |
| Figura 4.42 Opera di presa Abba Fritta.....                                                       | 163 |
| Figura 4.43 – Punti di osservazione e ascolto .....                                               | 168 |
| Figura 4.44 - Visuale punto 1 – Rio Padrongianus .....                                            | 169 |
| Figura 4.45 – Visuale punto 2 - Cimitero.....                                                     | 170 |

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

VIII

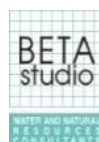


|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 4.46 – Visuale punto 3 – Ex Ostello.....                                                        | 170 |
| Figura 4.47 – Visuale punto 4 – Abba Fritta.....                                                       | 171 |
| Figura 4.48 – Transetti lineari .....                                                                  | 172 |
| Figura 4.49 – Transetto lineare 1 – Rio Seligheddu.....                                                | 173 |
| Figura 4.50 – Tratto del canale Rio Seligheddu più interno alla città .....                            | 174 |
| Figura 4.51 – Transetto 2 Rio Seligheddu .....                                                         | 175 |
| Figura 4.52 – Tratto del canale rio Seligheddu più esterno alla città .....                            | 176 |
| Figura 4.53 – Transetto 3 – Rio Gadduresu.....                                                         | 177 |
| Figura 4.54 – Tratto del canale rio Gadduresu .....                                                    | 178 |
| Figura 4.55 – Transetto 4 rio San Nicola .....                                                         | 179 |
| Figura 4.56 – Tratto del canale rio San Nicola.....                                                    | 180 |
| Figura 4.57 – Gruppo di testuggine palustre americana presso rio San Nicola .....                      | 180 |
| Figura 4.58: Carta degli Habitat, ISPRA – Sistema Informativo di Carta Della Natura ....               | 195 |
| Figura 4.59 Carta del valore Ecologico. ISPRA - Sistema Informativo di Carta della Natura .....        | 197 |
| Figura 4.60 Carta della Sensibilità Ecologica. ISPRA - Sistema Informativo di Carta della Natura ..... | 199 |
| Figura 4.61 Carta della pressione antropica. ISPRA - Sistema Informativo di Carta della Natura .....   | 200 |
| Figura 4.62 Carta della Fragilità ambientale. ISPRA - Sistema Informativo di Carta della Natura .....  | 202 |
| Figura 8.1: Planimetria del canale scolmatore 2 Abba Fritta – Cabu Abbas (tratto iniziale) .....       | 243 |
| Figura 8.2: Planimetria del canale scolmatore 2 Abba Fritta – Cabu Abbas (tratto iniziale) .....       | 244 |
| Figura 8.3: Profilo longitudinale del canale scolmatore 2 Abba Fritta-Cabu Abbas. L'abitato            |     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| di Sa Minda Noa risulta localizzato sul rilevato, ove i ricoprimenti della galleria variano dai 18-25m circa .....                                                                                                                                                                                                               | 245 |
| Figura 8.4: A sinistra è raffigurata la modalità di taglio del lato inferiore; al centro, la modalità di taglio per la superficie laterale; a destra, la modalità di taglio del lato posteriore. I tratteggi bianchi rappresentano i fori complanari ed intersecanti nei quali far scorrere il filo diamantato (in giallo) ..... | 246 |
| Figura 8.5: Esperienza in cava: la modalità di taglio della superficie laterale del blocco .                                                                                                                                                                                                                                     | 247 |
| Figura 8.6: Esperienza in cava. A sinistra, particolare del filo diamantato; al centro, particolare della carrucola posta superiormente al blocco da tagliare (la sua forma e posizione dipende dalla superficie da tagliare); a destra, i fanghi prodotti durante il taglio .....                                               | 248 |
| Figura 8.7: Scolmatore 2 - predisposizione del fronte scavo per la realizzazione del canale pilota. Prima dell'esplosione risulta necessario disconnettere l'ammasso di granito tramite una perforazione multipla a fori contigui .....                                                                                          | 249 |
| Figura 8.8: Scolmatore 2 – realizzazione della disconnessione della calotta tramite fori contigui e taglio a filo e successiva fiorettatura dei due blocchi .....                                                                                                                                                                | 250 |
| Figura 8.9: Scolmatore 2 – installazione delle carrucole e taglio dei blocchi .....                                                                                                                                                                                                                                              | 250 |
| Figura 8.10: DIN 4150-3 Limiti vibrazionali ammissibili espressi in velocità.....                                                                                                                                                                                                                                                | 253 |
| Figura 8.11: SN 640312. Limiti vibrazionali ammissibili espressi in velocità .....                                                                                                                                                                                                                                               | 253 |
| Figura 8.12: Legge empirica di attenuazione della sismicità indotta .....                                                                                                                                                                                                                                                        | 256 |
| Figura 8.13 – In rosso le aree oggetto di monitoraggio.....                                                                                                                                                                                                                                                                      | 258 |

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

X



## 1 ATMOSFERA

### 1.1 Caratterizzazione generale del clima

Le condizioni climatiche della fascia costiera della costa gallurese, oltre che dei noti fattori di carattere geografico comuni a tutte le coste della Sardegna, sono dovuti alla posizione occupata dall'Isola al centro del Mediterraneo occidentale e in particolare all'orientamento della linea di costa, che dal punto di vista climatico può essere suddiviso in tre parti:

- orientamento medio da SO a NE (dalla foce del Coghinas al C. Testa);
- orientamento da O ad E (dal Capo Testa al Capo Ferro);
- orientamento approssimativo da N a S o meglio da NNOSSE (dal Capo Ferro a Capo Coda Cavallo).

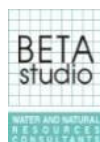
La parte di basse colline inferiori ai 500 metri nel tratto di costa ad orientamento SO-NE è limitata ad una stretta fascia di una decina di chilometri, oltre i quali inizia subito la regione montana. Gli altri due tratti di costa, ad eccezione di alcuni monti isolati (M. Plebi, M. Nieddu), continuano internamente con la piana di Olbia e bassi rilievi, inferiori ai 500 metri, i quali formano una fascia più ampia, in media dai 20 ai 30 Km. Questo stretto, situato tra la Sardegna e la Corsica, convoglia, a causa della sua configurazione ed orientamento, tutte le correnti provenienti dai settori occidentali e quelle dei settori orientali in due correnti fondamentali dirette prevalentemente da O a E e viceversa. Il clima delle coste galluresi subisce una netta influenza per il permanere delle masse d'aria occidentali secondo le caratteristiche fisiche che le distinguono. Così la prevalenza di masse d'aria temperate e mediterranee in qualunque stagione e la piccola percentuale di ore di masse artiche in inverno e di masse tropicali in estate danno subito un chiaro indizio della mitezza del clima in queste zone. Naturalmente sia per l'effetto della latitudine che per l'orientamento del litorale, nel settore costiero della Gallura si verifica una leggera percentuale in più per le masse d'aria fredda in inverno rispetto alle coste meridionali sarde. Ciò si ripercuote naturalmente in una media leggermente più bassa nella temperatura e più elevata nella nuvolosità e nelle precipitazioni.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*



Pur predominando lineamenti climatici tipicamente mediterraneo insulare, il clima assume tuttavia caratteristiche di particolare mitezza dovute all'effetto termoregolatore del mare ed alla azione mitigatrice dei venti che si succedono nelle varie stagioni. Sostanzialmente, trattasi di un clima bistagionale: breve periodo invernale in cui si concentrano gran parte delle precipitazioni ed una stagione caldo arida con forte deficit idrico.

Nel territorio di Olbia sono presenti cinque stazioni meteo facenti parte della rete ARPAS: Olbia Molo Brin, Olbia c.ra Putzolu, Olbia c.ra Murta Maria e Olbia S. Pantaleo sono le stazioni della Rete Unica Regionale di monitoraggio meteorologico e idro-pluviometrico; la stazione Rio Padrongianu-SS125 fa invece parte della Rete Primaria ARPAS (Rete Fiduciaria in tempo reale di Protezione Civile) i cui dati vengono trasmessi in tempo reale al Centro acquisizione dati dell'ARPAS e della Protezione Civile.

| Nome Stazione            | Codice Stazione | wgs84_lon | wgs84_lat | Quota | Distanza dal mare | Tipo di Rete    | Presenza Termometro | Presenza Pluviometro | Presenza Idrometro | Provincia | Stato stazione |
|--------------------------|-----------------|-----------|-----------|-------|-------------------|-----------------|---------------------|----------------------|--------------------|-----------|----------------|
| OLBIA MOLO BRIN          | SS014B799       | 9,51      | 40,92     | 7     | 250               | ReteUnica       | SI                  | SI                   | NO                 | SS        | A              |
| OLBIA C.RA PUTZOLU       | SS014B768       | 9,4       | 40,91     | 95    | 7.787             | ReteUnica       | SI                  | SI                   | NO                 | SS        | A              |
| OLBIA C.RA MURTA MARIA   | SS014B797       | 9,58      | 40,89     | 9     | 1.250             | ReteUnica       | SI                  | SI                   | NO                 | SS        | A              |
| OLBIA SAN PANTALEO       | SS014B741       | 9,47      | 41,05     | 171   | 4.258             | ReteUnica       | SI                  | SI                   | NO                 | SS        | A              |
| RIO PADRONGIANU - SS 125 | SS014B619       | 9,54      | 40,9      | 8     |                   | Rete Fiduciaria | NO                  | SI                   | SI                 | SS        | A              |

*Tabella 1-1: Stazioni di rilevamento meteo nel Comune di Olbia – Mappa Stazioni delle Reti*

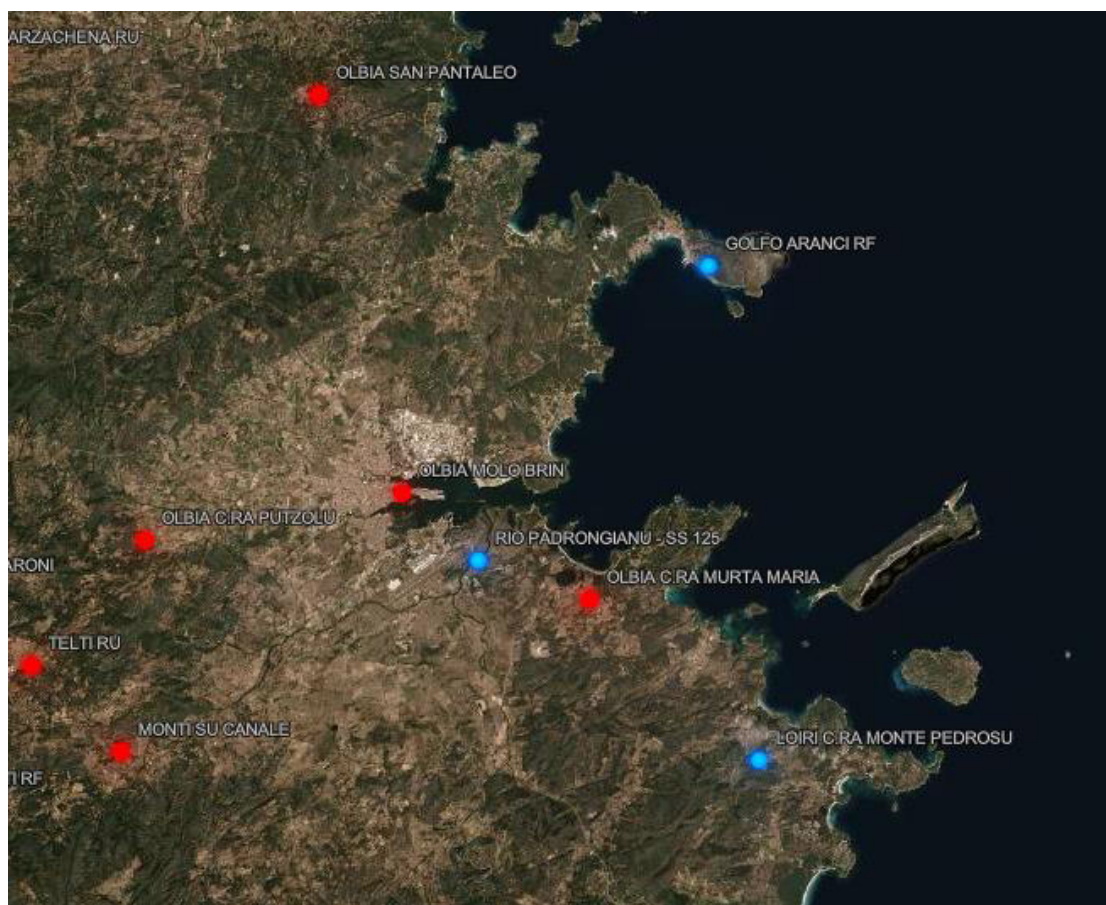


Figura 1.1: Stazioni meteo nel comune di Olbia - Mappa Stazioni delle Reti ARPAS

Per definire la situazione climatica del territorio in esame sono stati analizzati i dati raccolti dalle stazioni di monitoraggio dell'ARPAS nel trentennio 1981-2010 e i dati relativi al 2022.

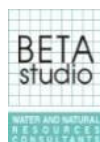
### 1.1.1 Dati storici

L'analisi dei dati storici è stata condotta attraverso i dati raccolti da ARPAS, in collaborazione con ISPRA, e pubblicati in Climatologia della Sardegna per il trentennio 1981-2010, dove attraverso l'analisi ed elaborazione delle serie storiche di precipitazione e temperatura provenienti dalle stazioni meteorologiche distribuite sul territorio regionale, è stato possibile determinare i valori normali climatici per il trentennio 1981-2010, relativi ad una selezione di stazioni che hanno mostrato idonee caratteristiche di completezza e omogeneità, seguendo

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



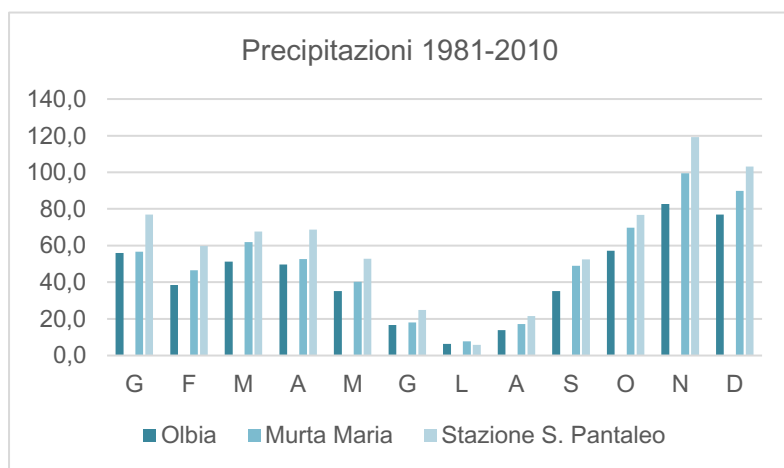
le linee guida stabilite dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO).

### 1.1.1.1 Precipitazioni

Di seguito vengono riportati i normali climatici standard (WMO) mensili e annuali per le precipitazioni (mm) calcolati per il trentennio 1981-2010. Delle 4 stazioni presenti nel comune di Olbia si riportano i dati della stazione di Olbia Molo Brin, di Murta Maria e Olbia S. Pantaleo.

| Stazione Olbia       |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |       |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|-----|------|------|------|------|-------|
| Cumulato             | G    | F    | M    | A    | M    | G    | L   | A    | S    | O    | N    | D     |
| 519,5                | 55,9 | 38,5 | 51,2 | 49,7 | 35,2 | 16,7 | 6,3 | 13,9 | 35,1 | 57,2 | 82,7 | 77,0  |
| Stazione Murta Maria |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |       |
| Cumulato             | G    | F    | M    | A    | M    | G    | L   | A    | S    | O    | N    | D     |
| 609,5                | 56,7 | 46,6 | 62,0 | 52,7 | 40,3 | 18,1 | 7,8 | 17,1 | 49,0 | 69,8 | 99,5 | 89,8  |
| Stazione S. Pantaleo |      |      |      |      |      |      |     |      |      |      |      |       |
| Cumulato             | G    | F    | M    | A    | M    | G    | L   | A    | S    | O    | N    | D     |
| 729,9                | 76,9 | 59,8 | 67,7 | 68,8 | 52,8 | 24,9 | 5,9 | 21,5 | 52,4 | 76,8 | 119  | 103,1 |

Tabella 1-2: Medie mensili dei cumulati di pioggia trentennali



Dai dati trentennali si evince che il mese più piovoso è quello di Novembre con 82,7 mm per la stazione di Olbia, 99,5 mm per la stazione di Murta Maria e 119 mm nella stazione di San Pantaleo. I cumulati delle precipitazioni medie trentennali sono rispettivamente di 519,5

mm, 609,5 mm e 729,9 mm.

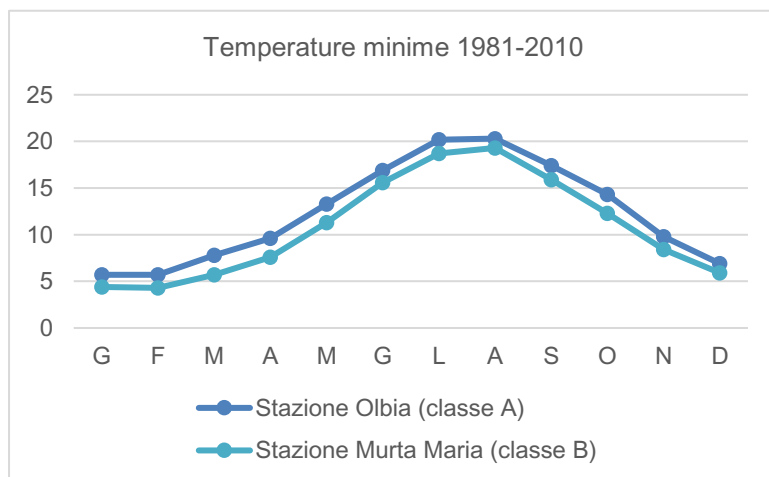
### 1.1.1.2 Temperature minime

Di seguito vengono riportati i valori climatologici mensili e annuali per le temperature minime (°C) calcolati per il trentennio 1981-2010. In questo caso le stazioni sono divise in classi in base alla disponibilità di dati su base annuale; più precisamente:

- per le stazioni di classe A i valori climatologici ("normali climatici standard", WMO) sono calcolati su almeno 24 anni di dati disponibili;
- per le stazioni di classe B i valori climatologici ("normali climatici standard", WMO) sono calcolati su almeno 20 anni di dati disponibili;
- per le stazioni di classe C i valori climatologici ("normali climatici standard", WMO) sono calcolati su almeno 15 anni di dati disponibili.

| T min °C - Stazione Olbia (classe A)       |     |     |     |     |      |      |    |      |      |      |     |     |
|--------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|----|------|------|------|-----|-----|
| Media                                      | G   | F   | M   | A   | M    | G    | L  | A    | S    | O    | N   | D   |
| 12,3                                       | 5,7 | 5,7 | 7,8 | 9,6 | 13,3 | 16,9 | 20 | 20,3 | 17,4 | 14,3 | 9,8 | 6,9 |
| T min °C - Stazione Murta Maria (classe B) |     |     |     |     |      |      |    |      |      |      |     |     |
| Media                                      | G   | F   | M   | A   | M    | G    | L  | A    | S    | O    | N   | D   |
| 10,8                                       | 4,4 | 4,3 | 5,7 | 7,6 | 11,3 | 15,6 | 19 | 19,3 | 15,9 | 12,3 | 8,4 | 5,9 |

Tabella 1-3: Media delle temperature minime trentennali



Le medie dei dati trentennali evidenziano gennaio e febbraio come mesi più freddi con 5,7 °C registrati nella stazione di Olbia e 4,4 e 4,3 °C nella stazione di Murta Maria. La media delle temperature minime è di 12,3 °C (Olbia) e 10,8 °C (Murta Maria).

Figura 1.2: grafico delle temperature minime trentennali

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

### 1.1.1.3 Temperature massime

Di seguito sono riportati i valori climatologici mensili e annuali per le temperature massime ( C) calcolati nel trentennio 1981-2010 per la stazione di Murta Maria e Olbia S. Pantaleo. La classificazione delle stazioni è la stessa delle temperature minime.

| Stazione Murta Maria (classe B) |      |      |      |    |    |      |    |      |    |      |      |    |
|---------------------------------|------|------|------|----|----|------|----|------|----|------|------|----|
| Media                           | G    | F    | M    | A  | M  | G    | L  | A    | S  | O    | N    | D  |
| 22,3                            | 14   | 14,8 | 17,3 | 19 | 24 | 29,2 | 32 | 32,3 | 28 | 23,3 | 18,4 | 15 |
| StazioneS. Pantaleo (classe C)  |      |      |      |    |    |      |    |      |    |      |      |    |
| Media                           | G    | F    | M    | A  | M  | G    | L  | A    | S  | O    | N    | D  |
| 20,5                            | 12,1 | 12,6 | 15,3 | 18 | 22 | 27,1 | 31 | 30,8 | 26 | 22,1 | 16,7 | 13 |

Tabella 1-4: Tabella delle temperature massime trentennali

I dati trentennali dimostrano che il mese più caldo è agosto con una media di 32,3 C registrati nella stazione Murta Maria e 30,8 C nella stazione Olbia S. Pantaleo. La media delle temperature massime nel trentennio è rispettivamente di 23,3 C e 20,5 C.

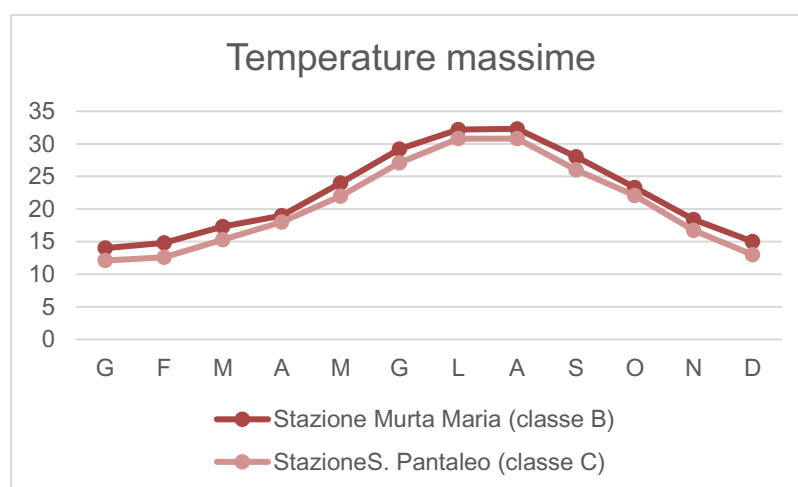


Grafico 1: Grafico delle temperature massime trentennali

#### 1.1.1.4 Escursione Termica

Di seguito sono riportati i valori climatologici mensili e annuali di escursione termica ( C) calcolati per il trentennio 1981-2010 nella stazione di Murta Maria. La classificazione delle stazioni è la stessa delle temperature minime e massime.

| Tmax–Tmin °C - Stazione Murta Maria (classe B) |     |      |      |      |      |      |    |      |      |    |    |     |
|------------------------------------------------|-----|------|------|------|------|------|----|------|------|----|----|-----|
| Media                                          | G   | F    | M    | A    | M    | G    | L  | A    | S    | O  | N  | D   |
| 11,5                                           | 9,6 | 10,5 | 11,6 | 11,9 | 12,7 | 13,6 | 14 | 12,9 | 11,9 | 11 | 10 | 9,1 |

Tabella 1-5: Medie mensili delle escursioni termiche trentennali

L'escursione termica più alta si registra nel mese di luglio con 14°C di differenza tra temperatura diurna e notturna. La media delle escursioni termiche è pari a 11,5 C.

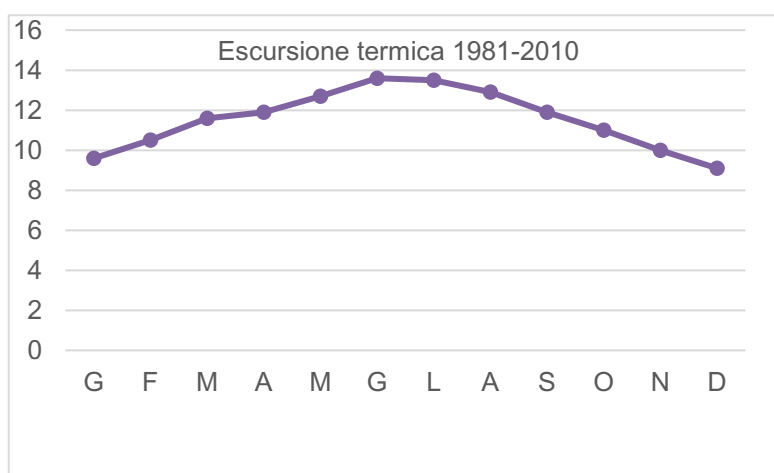
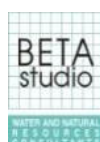


Grafico 2: Grafico delle escursioni termiche trentennali

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



### 1.1.2 Dati climatici 2022

Per definire la situazione climatica attuale si è fatto riferimento ai dati registrati dalle stazioni meteo ARPAS nell'anno 2022 e pubblicati nel sito <https://dati-annuali-rete-arpas-2021-arpas.hub.arcgis.com>.

Le stazioni hanno registrato giornalmente temperatura media giornaliera, temperatura massima, temperatura minima e cumulo delle precipitazioni.

Delle cinque stazioni presenti vengono di seguito analizzati i dati della stazione Olbia Molo brin, Olbia c.ra Putzolu, Olbia c.ra Murta Maria, Olbia San Pantaleo; la stazione Rio Padrongianu non è stata considerata per assenza di dati. Si vedano di seguito la tabella dei dati annuali e mensili delle quattro stazioni considerate.

| STAZIONI               | T media | Massime °C |       | Minime °C |       | Precipitazioni mm |                 |
|------------------------|---------|------------|-------|-----------|-------|-------------------|-----------------|
|                        |         | media      | T max | media     | T min | Cumulato          | Max giornaliero |
| OLBIA MOLO BRIN        | 17,8    | 22,3       | 37,8  | 13,4      | 0,3   | 343               | 47,6            |
| OLBIA C.RA PUTZOLU     | 16,8    | 23,7       | 39,4  | 10,9      | -1    | 505,6             | 46              |
| OLBIA C.RA MURTA MARIA | 17      | 23,1       | 39,3  | 11        | -2,6  | 477               | 117,8           |
| OLBIA SAN PANTALEO     | 17,5    | 22,6       | 39,3  | 13,5      | 0     | 499,2             | 70,4            |

Tabella 1-6: Sintesi dei dati annuali

|          | MOLO BRIN            |                      |                | PUTZOLU              |                      |                | MURTA                |                      |                | PANTALEO             |                      |                |
|----------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------------|----------------------|----------------|
|          | Media<br>T Max<br>°C | Media<br>T Min<br>°C | Cumulato<br>mm | Media<br>T Max<br>°C | Media<br>T Min<br>°C | Cumulato<br>mm | Media<br>T Max<br>°C | Media<br>T Min<br>°C | Cumulato<br>mm | Media<br>T Max<br>°C | Media<br>T Min<br>°C | Cumulato<br>mm |
| <b>G</b> | 14,2                 | 5,2                  | 5,0            | 14,0                 | 2,9                  | 10,0           | 14,7                 | 3,1                  | 8,8            | 13,6                 | 6,5                  | 8,0            |
| <b>F</b> | 15,5                 | 6,5                  | 4,6            | 16,9                 | 4,7                  | 12,2           | 16,9                 | 4,6                  | 3,2            | 16,0                 | 7,3                  | 6,4            |
| <b>M</b> | 14,1                 | 6,4                  | 36,6           | 15,2                 | 3,7                  | 83,4           | 15,0                 | 4,6                  | 76,0           | 14,1                 | 7,3                  | 59,4           |
| <b>A</b> | 17,9                 | 9,0                  | 21,2           | 19,2                 | 6,3                  | 33,0           | 18,8                 | 6,5                  | 19,4           | 18,1                 | 9,2                  | 33,6           |
| <b>M</b> | 23,9                 | 14,8                 | 31,8           | 26,5                 | 12,5                 | 79,6           | 25,3                 | 12,1                 | 41,2           | 25,4                 | 14,8                 | 53,0           |
| <b>G</b> | 29,8                 | 20,6                 | 0,2            | 32,8                 | 18,0                 | 0,8            | 31,1                 | 18,5                 | 0,2            | 31,5                 | 20,0                 | 0,6            |
| <b>L</b> | 32,4                 | 22,0                 | 0,2            | 36,1                 | 19,4                 | 0,0            | 33,8                 | 19,3                 | 0,0            | 34,3                 | 21,8                 | 0,0            |
| <b>A</b> | 31,2                 | 21,9                 | 21,6           | 34,2                 | 19,6                 | 33,8           | 32,6                 | 20,0                 | 12,2           | 32,4                 | 21,9                 | 13,0           |
| <b>S</b> | 28,1                 | 19,2                 | 19,4           | 29,9                 | 16,6                 | 31,8           | 29,3                 | 17,2                 | 14,2           | 27,2                 | 17,6                 | 14,0           |
| <b>O</b> | 24,0                 | 14,7                 | 66,4           | 26,0                 | 12,8                 | 49,4           | 25,1                 | 12,3                 | 148,2          | 24,5                 | 15,8                 | 67,2           |
| <b>N</b> | 19,2                 | 11,3                 | 94,4           | 19,3                 | 9,6                  | 119,4          | 19,9                 | 9,6                  | 118,2          | 18,8                 | 11,4                 | 183,2          |
| <b>D</b> | 17,3                 | 8,6                  | 41,6           | 16,9                 | 7,2                  | 52,2           | 17,7                 | 6,7                  | 35,4           | 16,8                 | 9,3                  | 60,8           |

Tabella 1-7: Sintesi dei dati mensili

Il mese più piovoso del 2022 è stato novembre, con un cumulato di 395,8 mm di pioggia, e dove nella sola stazione Olbia S. Pantaleo si sono registrati 183,2 mm di pioggia. Il cumulato giornaliero maggiore, 117,8 mm, viene registrato nella stazione di Murta Maria il giorno 12 Ottobre 2022

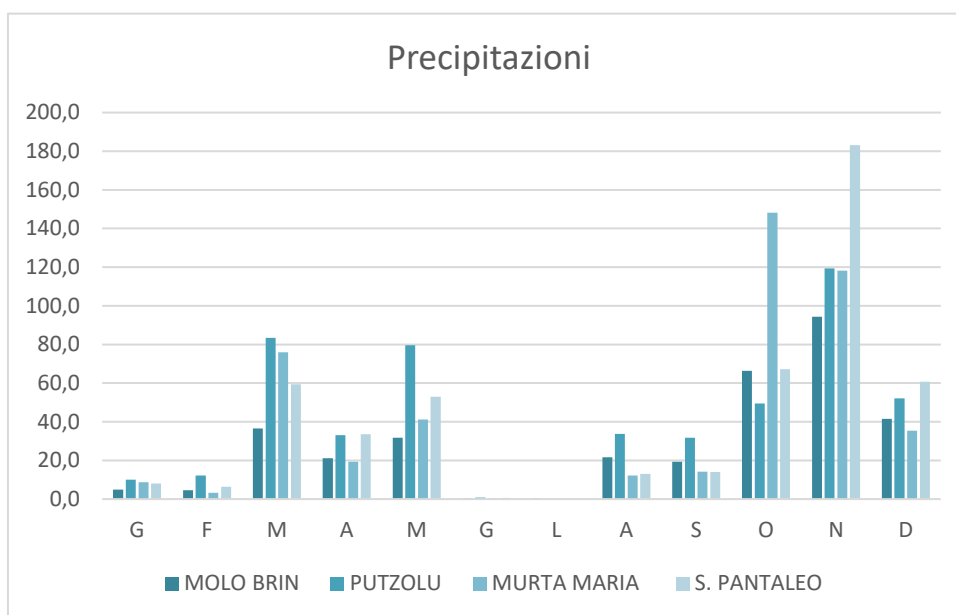


Grafico 3: Grafico dei cumulati mensili delle precipitazioni nel 2022

Il mese più freddo è stato gennaio dove la media delle temperature minime è di 4,4 C; il giorno più freddo è stato il 14 Gennaio dove la stazione Olbia c.ra Murta Maria ha registrato una temperatura di -2,6 C.

Il mese più caldo è stato luglio dove la media delle temperature massime delle stazioni è di 34,1 C. Il giorno in cui si è registrata la temperatura più alta è stato il 6 Luglio dove nella stazione di Olbia c.ra Putzolu è stata registrata la temperatura di 39,4 C.

|          | Media T<br>Max °C | Media T<br>Min °C |
|----------|-------------------|-------------------|
| <b>G</b> | 14,1              | 4,4               |
| <b>F</b> | 16,3              | 5,8               |
| <b>M</b> | 14,6              | 5,5               |
| <b>A</b> | 18,5              | 7,8               |
| <b>M</b> | 25,3              | 13,6              |
| <b>G</b> | 31,3              | 19,3              |
| <b>L</b> | 34,1              | 20,7              |
| <b>A</b> | 32,6              | 20,8              |
| <b>S</b> | 28,6              | 17,7              |
| <b>O</b> | 24,9              | 13,9              |
| <b>N</b> | 19,3              | 10,5              |
| <b>D</b> | 17,2              | 7,9               |

Tabella 1-8: media delle temperature minime e massime registrate nelle stazioni meteo

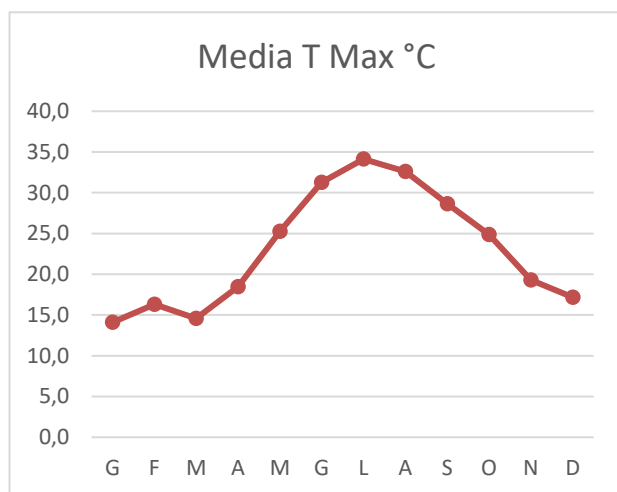


Grafico 5: Temperature massime registrate nel 2022

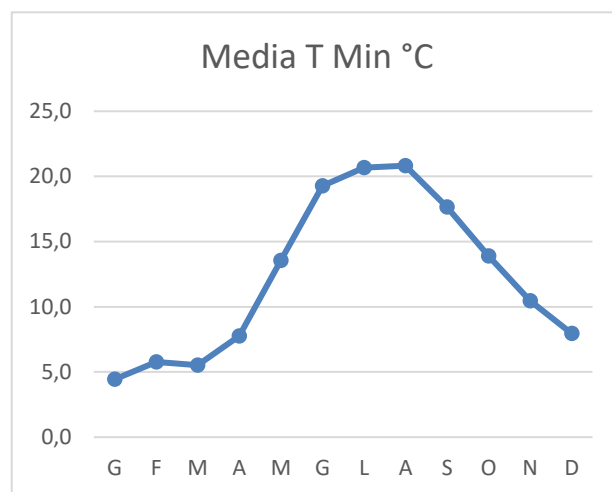


Grafico 5: Temperature minime registrate nel 2022

Tramite l'Atlante Eolico Italiano si sono ottenute le informazioni necessarie riguardanti la velocità del vento onshore ed offshore media nell'anno 2022.

Dalle immagini estrapolate dall'Atlante Eolico si può notare che nella maggior parte della superficie comunale la velocità media annua del vento onshore a 50 m s.l.t. è compresa tra 5 e 6 m/s.

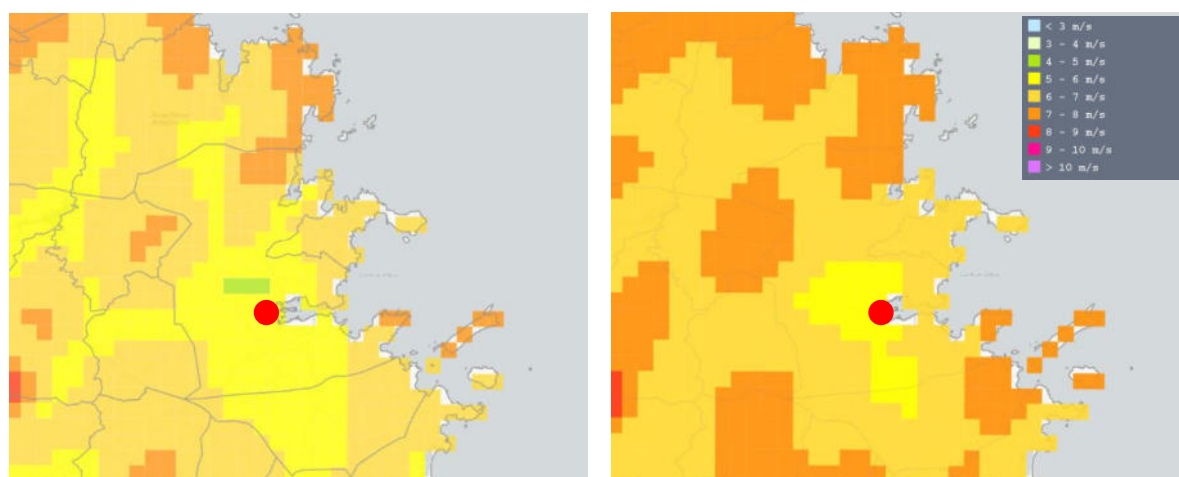


Figura 1.3: Velocità medie del vento onshore nel 2022 a 50 m s.l.t. (a sinistra) e 75 m s.l.t. (a destra) – Atlante Eolico Italiano

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

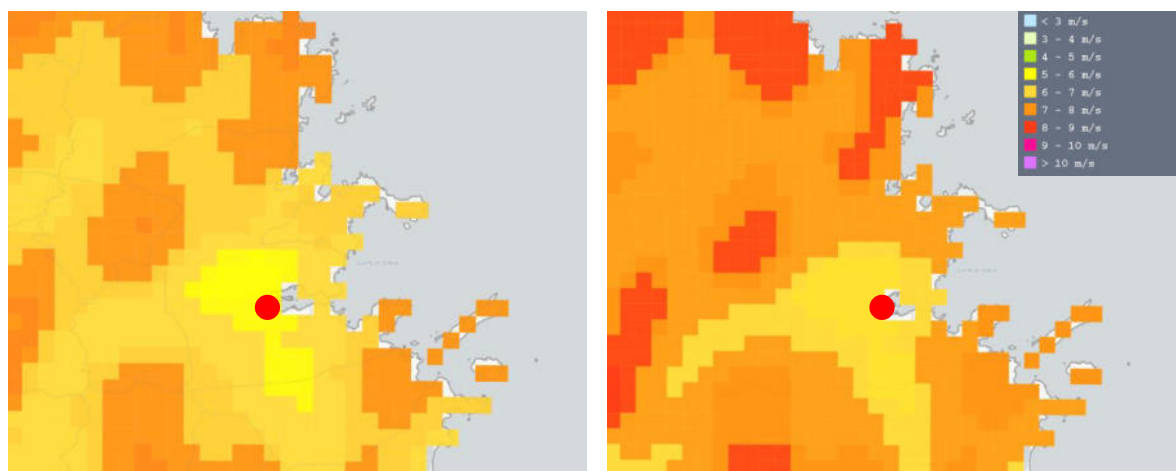


Figura 1.4: Velocità medie del vento onshore nel 2022 a 100 m s.l.t. (a sinistra) e 125 m s.l.t. (a destra) – Atlante Eolico Italiano

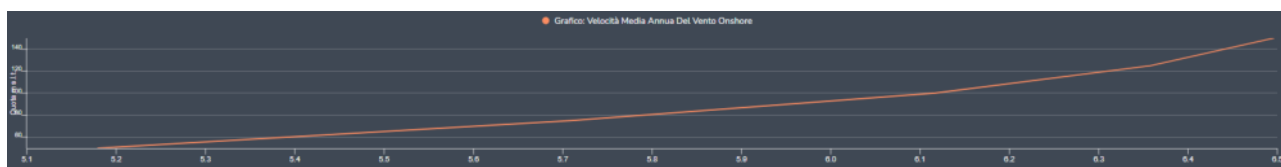
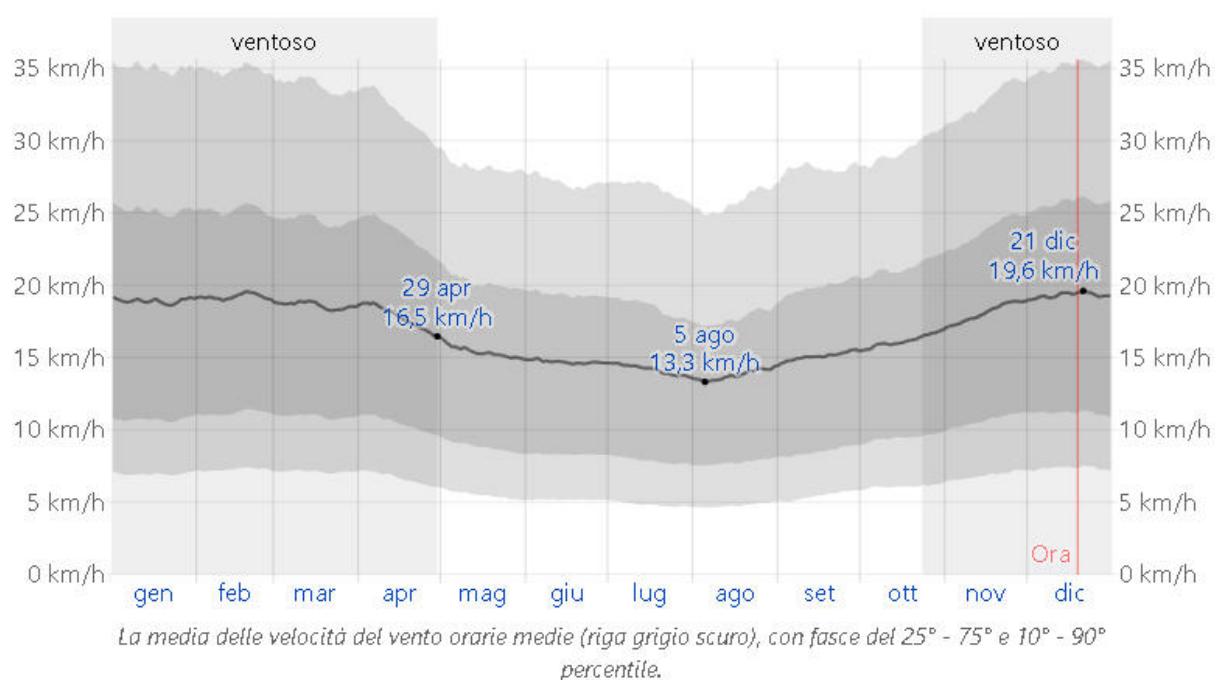


Grafico 6: Grafico della velocità media annua del vento onshore (2022) – Atlante Eolico Italiano



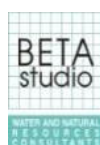
|                          | gen  | feb  | mar  | apr  | mag  | giu  | lug  | ago  | set  | ott  | nov  | dic  |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Velocità del vento (kph) | 18.9 | 19.2 | 18.6 | 17.7 | 15.3 | 14.7 | 14.1 | 13.8 | 15.1 | 16.2 | 18.2 | 19.3 |

**Grafico 8: velocità media annua del vento Stazione Olbia Costa Smeralda**

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



### 1.1.3 La carta bioclimatica

La Carta Bioclimatica della Sardegna è stata ottenuta attraverso la sovrapposizione spaziale tra i dati medi mensili delle temperature minime, massima e media relativi a 68 stazioni termopluviometriche, dati medi mensili di precipitazione relativi a 203 stazioni pluviometriche. L'arco temporale a cui fanno riferimento è il trentennio 1971-2000. L'analisi bioclimatica del territorio regionale è stata effettuata seguendo il modello bioclimatico denominato "Worldwide Bioclimatic Classification System" (WBCS), (Rivas-Martinez, 2011). Si tratta di una classificazione numerica che mette in relazione le grandezze numeriche dei fattori climatici (temperatura e precipitazione) con gli areali di distribuzione delle piante e delle comunità vegetali, allo scopo di comprendere le influenze del clima sulla distribuzione delle popolazioni e delle biocenosi. È impostata su un sistema gerarchico che comprende 5 macrocategorie climatiche definite Macrobioclimi, che a loro volta si dividono in 27 unità tassonomiche di rango inferiore definite Bioclimi. I Bioclimi sono, a loro volta, ulteriormente suddivisi sulla base delle variazioni nei ritmi stagionali della temperatura e delle precipitazioni attraverso l'utilizzo di indici termotipici, ombrotipici e di continentalità. La classificazione bioclimatica di Rivas-Martinez consente, attraverso la determinazione di una serie di indici calcolati in base ai dati termici e pluviometrici, di definire il clima di una specifica area geografica e, conseguentemente, individuare le principali caratteristiche in termini di fisionomia generale della vegetazione potenziale e reale del luogo. L'obiettivo di tale modello è arrivare all'identificazione degli isobioclimi costituiti da un'unità bioclimatica formata da un Bioclima, un Termotipo e un Ombrotipo (Rivas-Martinez, 2008). Il risultato finale e principale di questo studio è la Carta Bioclimatica della Sardegna, riferita ad un arco temporale recente e sufficientemente lungo da caratterizzare in modo realistico il rapporto tra clima e vegetazione attuale (1971-2000). La mappa degli Isobioclimi rappresenta l'elaborazione finale in cui tutte le informazioni relative ai singoli indici vengono considerate nel loro insieme per ogni singola area omogenea (Figura 18. Carta Bioclimatica della Sardegna). La mappa è stata ottenuta attraverso un overlay spaziale tra i diversi layers relativi ai Macrobioclima, Piani Fitoclimatici, Indice Ombrotermico e Indice di Continentalità.

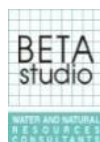
L’overlay spaziale ha generato un nuovo strato informativo che presenta tutte le combinazioni possibili dei valori relativi agli indici bioclimatici di input, per cui ciascun poligono generato dall’overlay è caratterizzato da più aspetti bioclimatici, quali, primo fra tutti, il tipo di macrobioclima, seguito dal piano fitoclimatico, dall’ombrotipo e dalla continentalità.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*



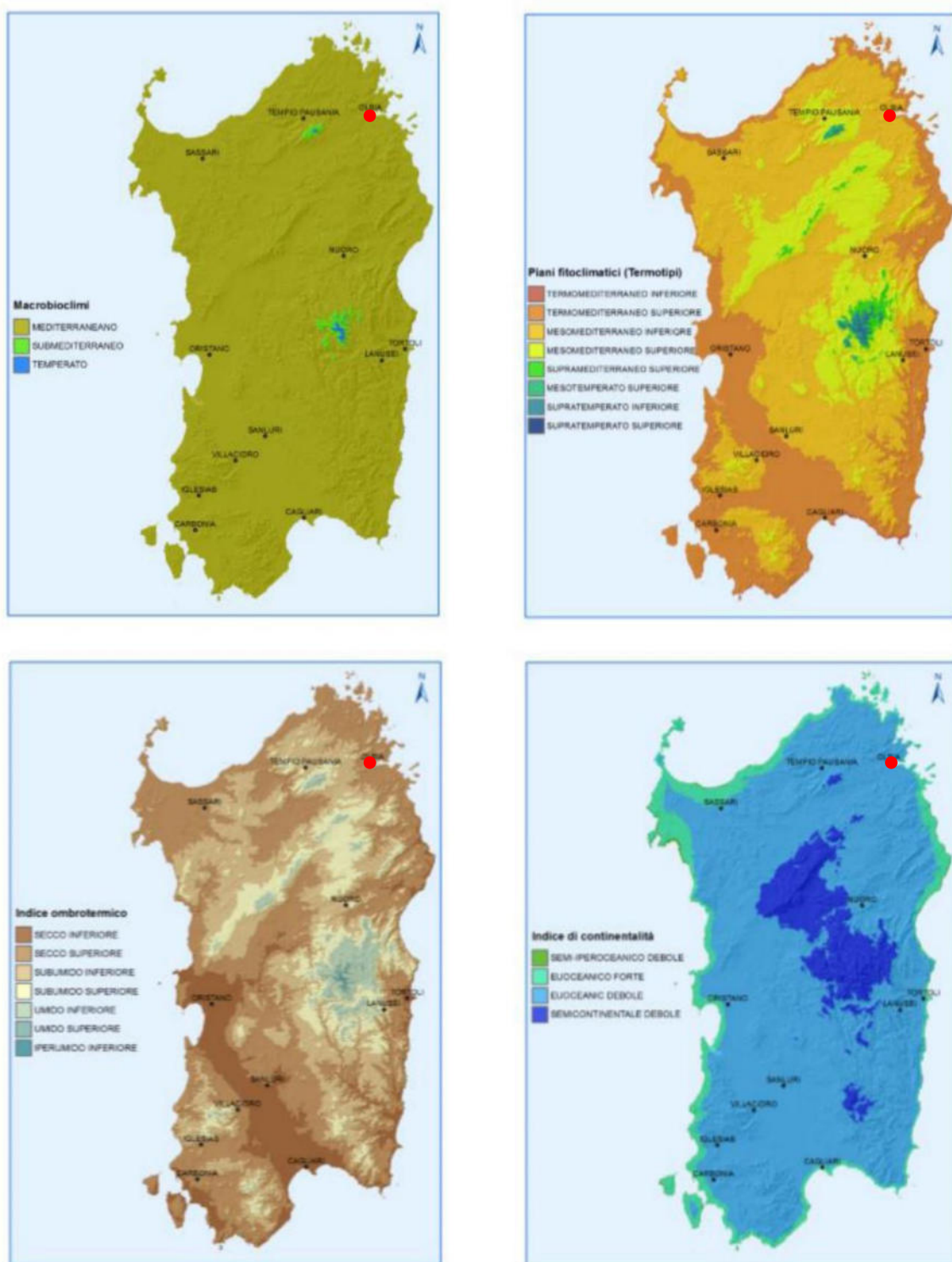


Figura 1.5: Indici Bioclimatici. - Carta Bioclimatica della Sardegna. Fonte: ARPAS, 2014

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

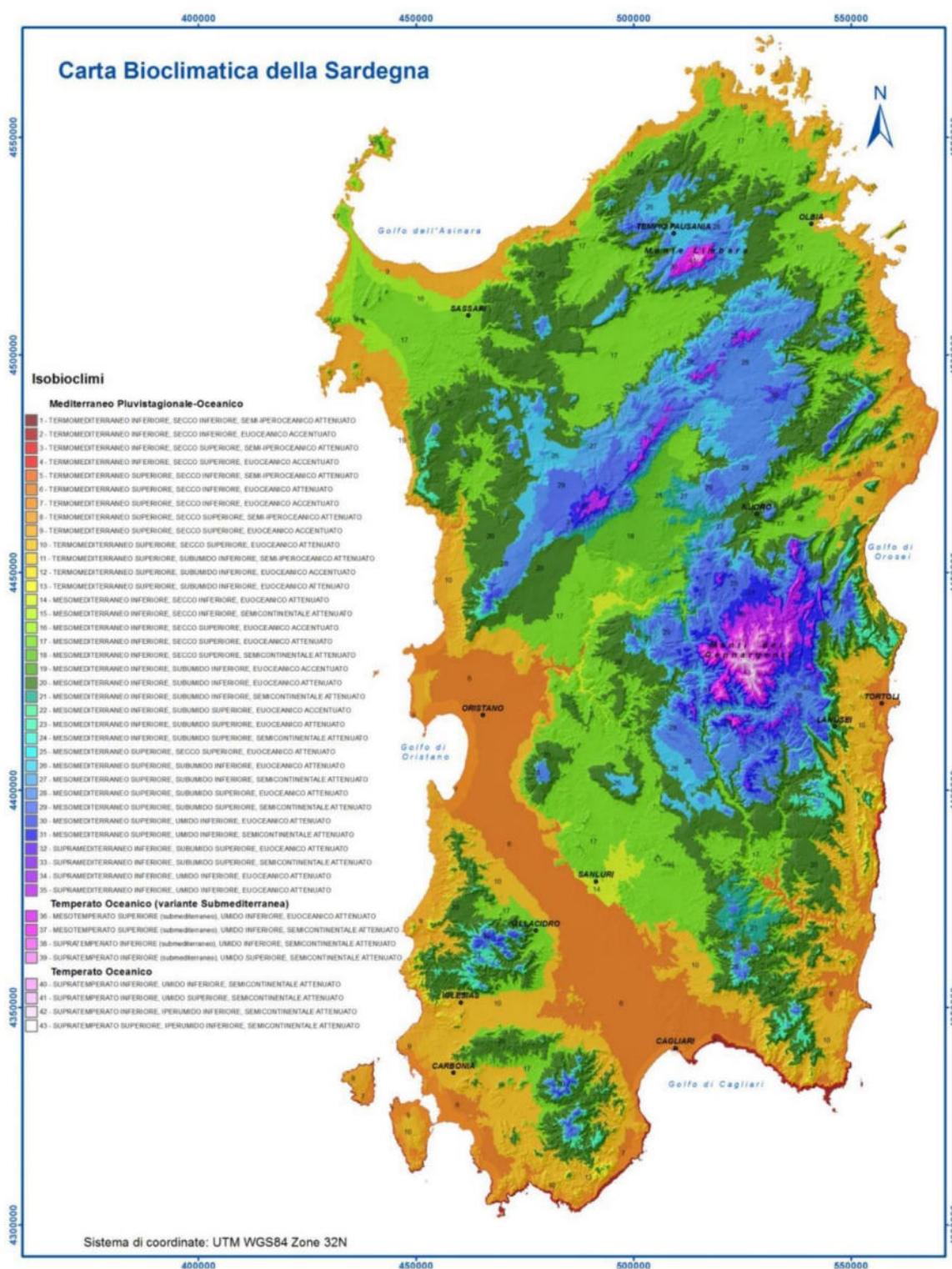
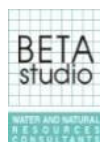


Figura 1.6: Carta Bioclimatica della Sardegna. Fonte: ARPAS, 2014

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



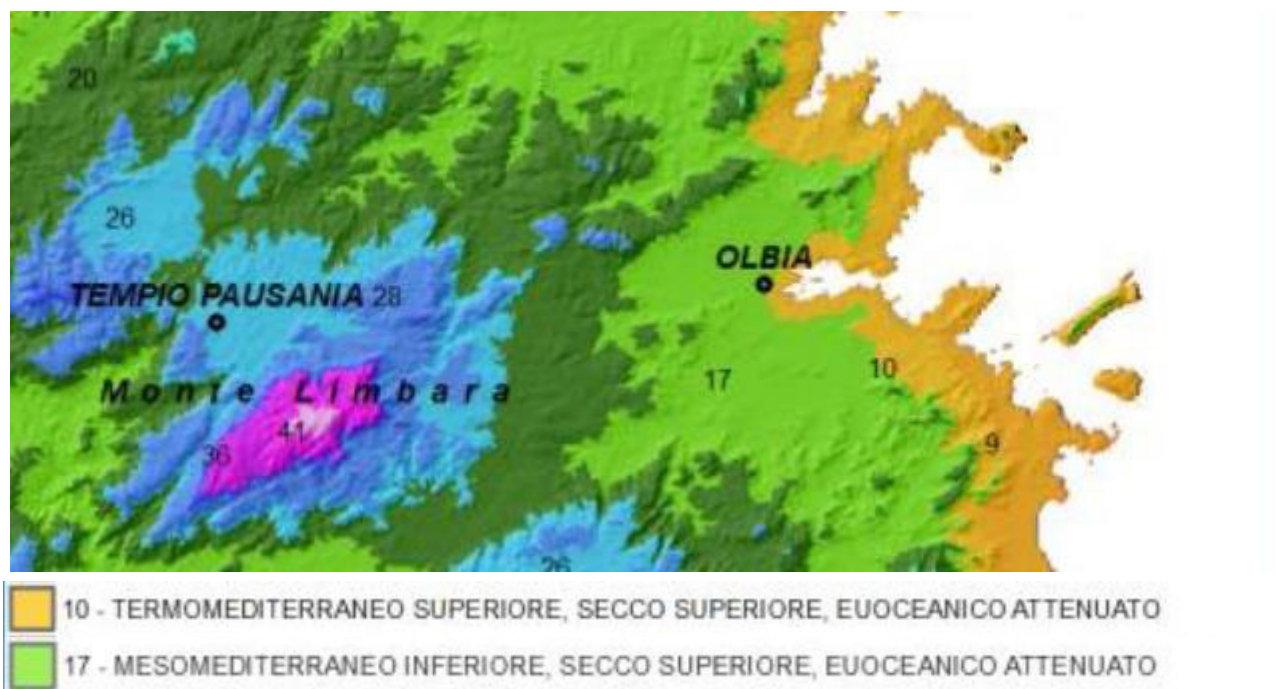


Figura 1.7: Zoom Carta Bioclimatica della Sardegna. Fonte: ARPAS, 2014

Dalla carta bioclimatica si evince che il territorio in esame ricade all'interno delle classi isobioclimatiche 10 e 17:

- *Termomediterraneo superiore, secco superiore, euoceanico attenuato* che occupa tutta la fascia costiera dell'isola;
- *Mesomediterraneo inferiore, secco superiore, euoceanico attenuato* tipico delle aree submontane.

## 1.2 Analisi della qualità dell'aria

### 1.2.1 Inquadramento normativo

Al fine di valutare l'entità dell'impatto delle opere oggetto del presente studio è necessario approfondire la situazione attuale della qualità dell'aria e quali sono gli obiettivi di qualità a cui si deve far riferimento, in base alla normativa vigente in Italia e in Europa.

Il quadro normativo di riferimento per la valutazione e gestione della qualità dell'aria è costituito dal D.Lgs 155/2010, successivamente integrato e modificato dal D.M. Ambiente 29 novembre 2012, dal D.Lgs n. 250 del 24 dicembre 2012 e dal D.M. Ambiente 22 febbraio 2013. È stato recentemente approvato il Decreto-legge 12 settembre 2023, n.121 che contiene misure urgenti in materia di pianificazione della qualità dell'aria e limitazioni della circolazione stradale, varato per assicurare l'esecuzione delle sentenze della Corte di Giustizia dell'Unione Europea del 10 Novembre 2020 per inadempimento dell'Italia rispetto all'esecuzione della Direttiva 2008/50/CE, la normativa europea relativa alla qualità dell'aria ambiente.

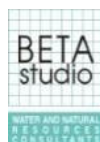
Il Decreto 155/2010 ss. mm. ii recepisce nell'ordinamento giuridico nazionale le disposizioni comunitarie incluse nella Direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa e nella direttiva 2004/107/CE concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente.

Il Decreto istituisce un quadro normativo unitario in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente finalizzato a:

- Individuare gli obiettivi di qualità dell'aria ambiente volti a evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso;
- valutare la qualità dell'aria ambiente sulla base di metodi e criteri comuni su tutto il territorio nazionale;
- ottenere informazioni sulla qualità dell'aria ambiente come base per individuare le misure da adottare per contrastare l'inquinamento e gli effetti nocivi dell'inquinamento sulla salute umana e sull'ambiente e per monitorare le tendenze a lungo termine, nonché i miglioramenti dovuti alle misure adottate;

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



- mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove buona, e migliorarla negli altri casi;
- garantire al pubblico le informazioni sulla qualità dell'aria ambiente;
- realizzare una migliore cooperazione tra gli Stati dell'Unione europea in materia di inquinamento atmosferico.

Ai fini della valutazione e della gestione della qualità dell'aria ambiente il Decreto stabilisce:

- i valori limite per le concentrazioni nell'aria dell'ambiente di biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo e PM10;
- i livelli critici per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e ossidi di azoto;
- le soglie di allarme per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e biossido di azoto;
- il valore limite, il valore obiettivo, l'obbligo di concentrazione dell'esposizione e l'obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione per le concentrazioni nell'aria ambiente di PM2,5;
- i valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene.

La tabella seguente riassume i limiti e le soglie di legge, su base annuale, per il controllo dei dati di qualità dell'aria.

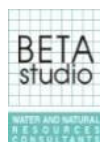
| Inquinante                                  | Parametro                                 | Valore                    | Riferimento                                                                                                             |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)</b> | Media annuale                             | 5 µg/m <sup>3</sup>       | Valore limite per la protezione della salute umana                                                                      |
| <b>Ossido di Carbonio (CO)</b>              | Massima media mobile giornaliera di 8 ore | 10 mg/m <sup>3</sup>      | Valore limite per la protezione della salute umana                                                                      |
| <b>Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)</b>   | Media oraria                              | 200 µg/m <sup>3</sup>     | Valore limite per la protezione della salute umana da non superare più di 18 volte per anno civile                      |
|                                             | Media oraria                              | 400 µg/m <sup>3</sup>     | Soglia di allarme da non superare per più di due ore consecutive                                                        |
|                                             | Media annuale                             | 40 µg/m <sup>3</sup>      | Valore limite per la protezione della salute umana                                                                      |
| <b>Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>)</b>     | Media annuale                             | 30 µg/m <sup>3</sup>      | Livello critico annuale per la protezione della vegetazione                                                             |
| <b>Ozono (O<sub>3</sub>)</b>                | Media oraria                              | 180 µg/m <sup>3</sup>     | Soglia di informazione                                                                                                  |
|                                             | Media oraria                              | 240 µg/m <sup>3</sup>     | Soglia di allarme da non superare per più di due ore consecutive                                                        |
|                                             | Massima media mobile giornaliera di 8 ore | 120 µg/m <sup>3</sup>     | Valore obiettivo per la protezione della salute umana da non superare più di 25 per anno civile come media sui tre anni |
|                                             | Massima media mobile giornaliera di 8 ore | 120 µg/m <sup>3</sup>     | Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana                                                          |
|                                             | AOT40                                     | 18000 µg·h/m <sup>3</sup> | Valore obiettivo per la protezione della vegetazione come media sui cinque anni                                         |
|                                             | AOT40                                     | 6000 µg·h/m <sup>3</sup>  | Obiettivo a lungo termine per la protezione della vegetazione                                                           |
| <b>PM<sub>10</sub></b>                      | Media giornaliera                         | 50 µg/m <sup>3</sup>      | Valore limite per la protezione della salute umana da non superare più di 35 volte per anno civile                      |
|                                             | Media annuale                             | 40 µg/m <sup>3</sup>      | Valore limite per la protezione della salute umana                                                                      |
| <b>PM<sub>2,5</sub></b>                     | Media annuale                             | 25 µg/m <sup>3</sup>      | Valore limite per la protezione della salute umana                                                                      |
| <b>Biossido di Zolfo (SO<sub>2</sub>)</b>   | Media oraria                              | 350 µg/m <sup>3</sup>     | Valore limite per la protezione della salute umana da non superare più di 24 volte per anno civile.                     |
|                                             | Media oraria                              | 500 µg/m <sup>3</sup>     | Soglia di allarme da non superare per più di due ore consecutive                                                        |
|                                             | Media giornaliera                         | 125 µg/m <sup>3</sup>     | Valore limite per la protezione della salute umana da non superare più di 3 volte per anno civile                       |
|                                             | Media annuale                             | 20 µg/m <sup>3</sup>      | Livello critico annuale per la protezione della vegetazione                                                             |
|                                             | Media invernale                           | 20 µg/m <sup>3</sup>      | Livello critico invernale per la protezione della vegetazione                                                           |

*Tabella 1-9: Limiti di legge e le soglie di legge, su base annuale, per il controllo dei dati di qualità dell'aria. - Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021. Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato della Difesa dell'Ambiente Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna – ARPAS*

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



In relazione al contenuto di inquinanti nella frazione PM10 del particolato atmosferico, di seguito si riporta la tabella riepilogativa con i valori di riferimento per ciascun metallo, calcolato come media su anno civile.

| Inquinante    | Parametro     | Valore                 | Riferimento                                                |
|---------------|---------------|------------------------|------------------------------------------------------------|
| Arsenico (As) | Media annuale | 6,0 ng/m <sup>3</sup>  | Valore obiettivo annuale                                   |
| Cadmio (Cd)   | Media annuale | 5,0 ng/m <sup>3</sup>  | Valore obiettivo annuale                                   |
| Nichel (Ni)   | Media annuale | 20,0 ng/m <sup>3</sup> | Valore obiettivo annuale                                   |
| Piombo (Pb)   | Media annuale | 0,5 µg/m <sup>3</sup>  | Valore limite annuale per la protezione della salute umana |

*Tabella 1-10: Valori di riferimento annuali dei metalli nella frazione PM10. Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021. Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato della Difesa dell'Ambiente ARPAS*

Infine, rispetto al contenuto di idrocarburi policiclici aromatici (IPA) nella frazione PM10, sebbene in natura esista una moltitudine di composti di assimilabili a questa classe di idrocarburi [benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantrene, benzo(k)fluorantrene, benzo(j)fluorantrene, dibenzo(a,h)antracene, indeno(1,2,3-cd)pirene], la normativa individua il solo composto benzo(a)pirene come tracciante e caratterizzante l'inquinamento da IPA e ne individua il valore obiettivo annuale, riportato nella seguente tabella.

| Inquinante           | Parametro     | Valore                | Riferimento              |
|----------------------|---------------|-----------------------|--------------------------|
| Benzo(a)pirene (BaP) | Media annuale | 1,0 ng/m <sup>3</sup> | Valore obiettivo annuale |

*Tabella 1-11: Valore obiettivo annuale del benzo(a)pirene nella frazione PM10. Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021. Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato della Difesa dell'Ambiente ARPAS*

### 1.2.2 Stato della qualità dell'aria

Per ottenere un quadro completo sulla qualità dell'aria nell'area di progetto si è fatto riferimento alla Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021 (Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato della Difesa dell'Ambiente Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna – ARPAS), pubblicata il 31 Gennaio 2023, che descrive il monitoraggio della qualità dell'aria nella Regione Sardegna, effettuato attraverso la Rete di Misura per l'anno 2022, ai sensi del D.Lgs n.155 del 13 agosto 2010 e successive modificazioni e integrazioni, attuativo della direttiva 2008/50/CE che prevede l'utilizzo del monitoraggio della qualità dell'aria come uno degli strumenti per il controllo dell'inquinamento atmosferico.

Il territorio regionale, al fine di conformarsi alle disposizioni del decreto e collaborare al processo di armonizzazione messo in atto dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (attualmente Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica), è stato suddiviso in zone di qualità dell'aria, atte alla gestione delle criticità ambientali grazie all'accorpamento di aree il più possibile omogenee in termini di tipologia di pressioni antropiche sull'aria ambiente; le zone e gli agglomerati sono classificati ai sensi dell'articolo 4 del D.Lgs. 155/2010, il quale prescrive che “ai fini della valutazione della qualità dell'aria, la classificazione delle zone e degli agglomerati è effettuata, per ciascun inquinante di cui all'articolo 1, comma 2, sulla base delle soglie di valutazione superiori e inferiori previste dall'allegato II, sezione I, e secondo la procedura prevista dall'allegato II, sezione II”.

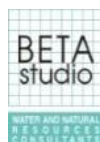
La zonizzazione nella Regione Sardegna è esclusivamente relativa alla protezione della salute umana dai seguenti inquinanti: materiale particolato (PM10 e PM2,5), biossido di azoto (NO2), biossido di zolfo (SO2), monossido di carbonio (CO), piombo (Pb), benzene, arsenico (As), cadmio (Cd), nichel (Ni), benzo(a)pirene (BaP) e ozono (O3) e al momento non prevede zone ai fini della valutazione della qualità dell'aria con riferimento alla vegetazione ed agli ecosistemi.

La zonizzazione individua quattro zone di qualità dell'aria:

- IT2007 – Agglomerato di Cagliari

---

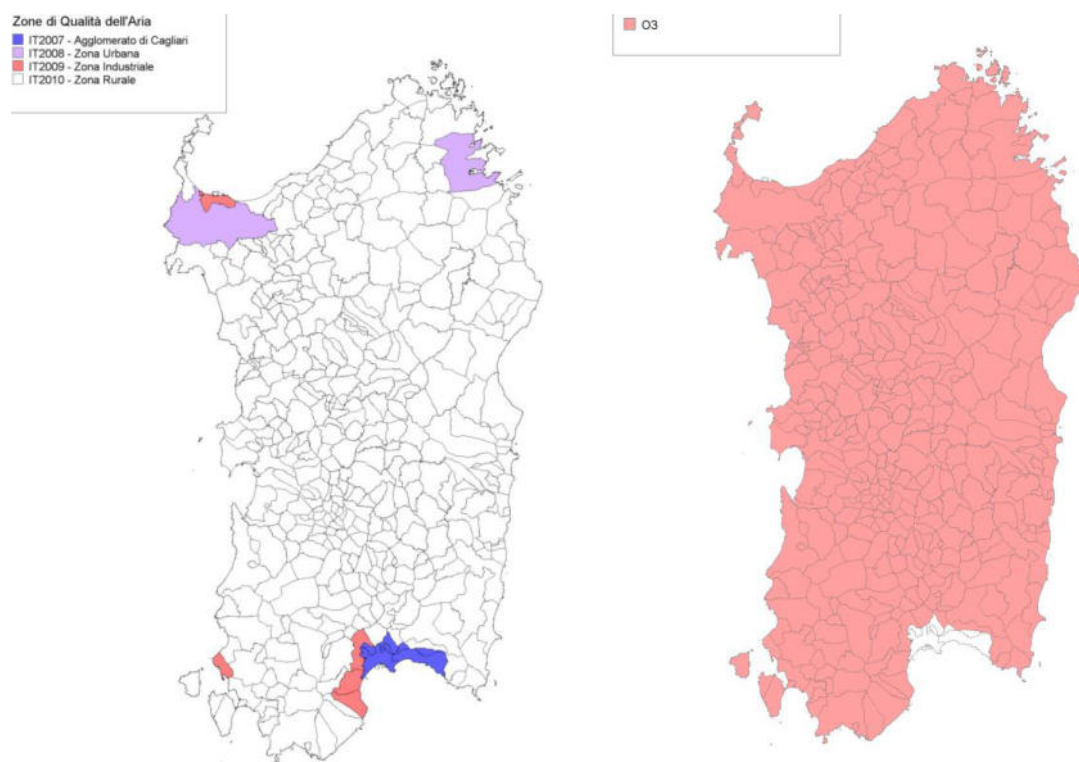
*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



- It-2008 – Zona Urbana
- IT2009 – Zona Industriale
- IT2010 – Zona Rurale

La città di Olbia, assieme alla città di Sassari è inserita all'interno della Zona Urbana (IT2008) la cui individuazione è stata effettuata a partire dall'analisi dei carichi emissivi che risultano essere significativi per le due città, principalmente prodotti dal trasporto stradale e dal riscaldamento domestico. Nel Comune di Olbia, in particolare, a tali sorgenti emissive si aggiungono anche le attività portuali e aeroportuali.

Per l'ozono, è prevista una zona unica denominata IT2011 comprendente le zone già individuate IT2008, IT2009, IT2010. È escluso l'Agglomerato IT2007 in quanto già monitorato per questo inquinante.



*Figura 1.8: Mappa di zonizzazione per la Regione Sardegna (a sinistra) e Zona Ozono (a sinistra). Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021. Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato della Difesa dell'Ambiente ARPAS.*

La zona urbana di Olbia è monitorata da due stazioni CENS10 sita in via Roma, nella zona Sud della città e CEOLB1 sita in via Fausto Noce, attiva dal 14/10/2010 a seguito della dismissione, a partire dal 13/10/2010, della centralina CENS09 di via D'Annunzio.



Figura 1.9 Posizione delle stazioni di misura di Olbia Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021. Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato della Difesa dell'Ambiente ARPAS.

Le due stazioni di rilevamento di Olbia hanno una percentuale media di dati validi per l'anno in esame maggiore del 95%. Nella seguente tabella sono riportati i tipi di inquinanti monitorati dalle stazioni di Olbia.

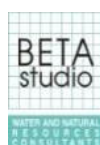
| Area                 | Stazione | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> | CO | NO <sub>2</sub> | O <sub>3</sub> | PM10 | SO <sub>2</sub> | PM2,5 |
|----------------------|----------|-------------------------------|----|-----------------|----------------|------|-----------------|-------|
| Zona Urbana<br>Olbia | CEOLB1   | ✓                             | ✓  | ✓               | ✓              | ✓    | ✓               |       |
|                      | CENS10   |                               | ✓  | ✓               |                | ✓    | ✓               |       |

Tabella 1-12: Inquinanti monitorati dalle stazioni di Olbia. Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021. Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato della Difesa dell'Ambiente ARPAS.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



Nell'anno 2021 le stazioni di misura hanno registrato i seguenti superamenti, **senza peraltro eccedere i limiti consentiti dalla normativa**:

- 1 superamento della media triennale nella stazione CEOLB1 del valore obiettivo per l'O<sub>3</sub> (120 µg/m<sup>3</sup> sulla massima media mobile giornaliera di otto ore da non superare più di 25 volte in un anno civile come media sui tre anni);
- 2 superamenti nella stazione CENS10 e 3 nella stazione CEOLB1 del valore limite giornaliero per la protezione della salute umana dei PM<sub>10</sub> (50 µg/m<sup>3</sup> sulla media giornaliera da non superare più di 35 volte in un anno civile).

Il **benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)**, misurato nella sola stazione CEOLB1, ha media annua di 0.5 µg/m<sup>3</sup>, valore stazionario abbondantemente entro il limite di legge di 5 µg/m<sup>3</sup>; anche i valori decennali registrati sono al di sotto di tale limite.

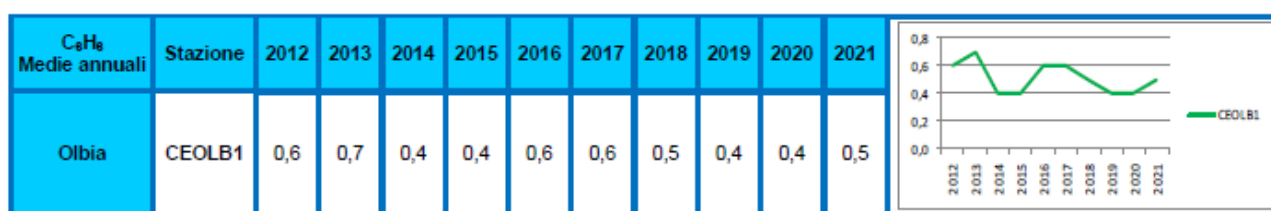


Tabella 1-13: Medie annuali di benzene (µg/m<sup>3</sup>) - Area di Olbia Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021. Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato della Difesa dell'Ambiente ARPAS.

Il **monossido di carbonio (CO)** ha la massima media mobile di otto ore compresa tra 1,0 µg/m<sup>3</sup> (CENS10) e 1,6 mg/m<sup>3</sup> (CEOLB1). Le concentrazioni si mantengono ampiamente entro il limite di legge (10 mg/m<sup>3</sup> sulla massima media mobile di otto ore).

L'**ozono (O<sub>3</sub>)** è misurato dalla stazione CEOLB1 e presenta una massima media mobile di otto ore pari a 106 µg/m<sup>3</sup> e il massimo valore orario a 114 µg/m<sup>3</sup>, abbondantemente al di sotto della soglia di informazione (180 µg/m<sup>3</sup>) e della soglia di allarme (240 µg/m<sup>3</sup>). In relazione al valore obiettivo per la protezione della salute umana (120 µg/m<sup>3</sup> sulla massima media mobile giornaliera di otto ore da non superare più di 25 volte in un anno civile come media sui tre anni) non si registra nessuna violazione normativa.

I **PM10** registra valori medi pari a  $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , mentre le massime medie giornaliere sono comprese tra  $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nella stazione CENS10, per la quale nel 2021 si sono registrati 2 superamenti e  $68 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nella stazione CEOLB1, per la quale nel 2021 si sono registrati 3 superamenti. Il numero di superamenti risulta largamente al di sotto del limite di 35 ammessi dalla normativa. Sul lungo periodo i valori medi e il numero di superamenti appaiono stabili e contenuti per entrambe le stazioni.

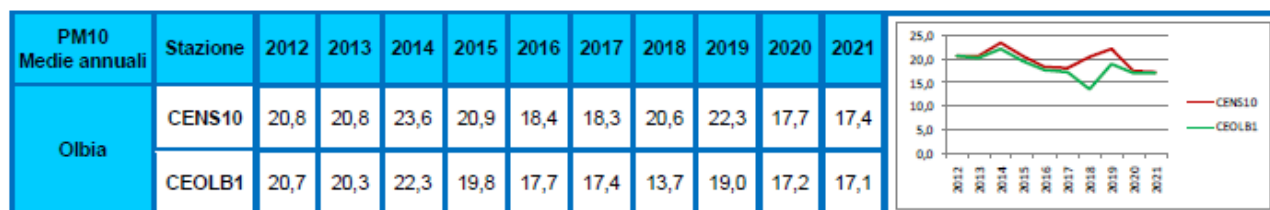


Tabella 1-15: Medie annuali di PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021. Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato della Difesa dell'Ambiente ARPAS.

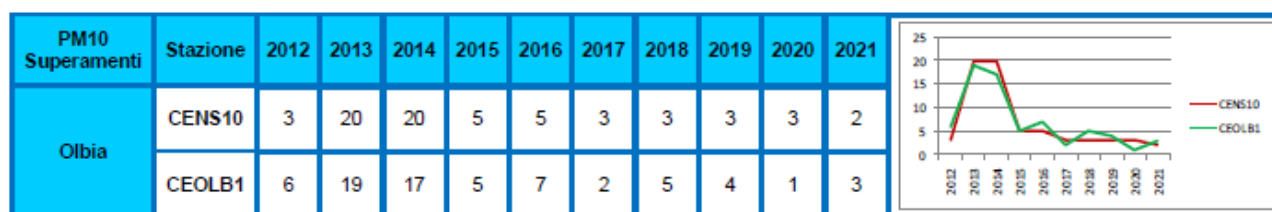


Tabella 1-14: Superamenti di PM10. Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021. Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato della Difesa dell'Ambiente ARPAS.

Il **biossido di zolfo ( $\text{SO}_2$ )** ha massime medie giornaliere che variano tra  $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CENS10) e  $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CEOLB1), mentre le massime medie orarie tra  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CENS10) e  $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (CEOLB1). I valori sono molto contenuti rispetto ai limiti normativi.

Per quanto riguarda il dato della **concentrazione dei metalli (As, Cd, Hg, Ni e Pb)** nella frazione di PM10, le stazioni di misura della zona urbana di Olbia effettuano una *misura stagionale di tipo indicativa*, il dato ha quindi carattere indicativo.

| Stazione | As<br>ng/m <sup>3</sup> | Cd<br>ng/m <sup>3</sup> | Hg<br>ng/m <sup>3</sup> | Ni<br>ng/m <sup>3</sup> | Pb<br>ng/m <sup>3</sup> |
|----------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| CENS10*  | 0,186                   | 0,044                   | 0,061                   | 1,645                   | 1,688                   |
| CEOLB1*  | 0,194                   | 0,046                   | 0,061                   | 1,828                   | 1,893                   |

Tabella 1-16: Concentrazioni annuali dei metalli nella frazione PM10. Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021. Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato della Difesa dell'Ambiente ARPAS.

- **Arsenico (As):** le medie annuali degli ultimi 10 anni si mantengono stabili e generalmente contenute, al disotto di 1 ng/m<sup>3</sup>. Il valore più elevato si riscontra nella stazione CENAS10\*, con una media di 2,7 ng/m<sup>3</sup>, rilevato eccezionalmente attraverso una misura indicativa del 2015.
- **Cadmio (Cd):** nel decennio le medie annuali di cadmio si mantengono stabili e sempre al di sotto di 1 ng/m<sup>3</sup>.
- **Mercurio (Hg):** le medie annuali non superano il valore di 0,1 ng/m<sup>3</sup> e i valori decennali sono stabili e ampiamente entro 1 ng/m<sup>3</sup>
- **Nichel (Ni):** le medie annuali sono ampiamente sotto il limite normativo. Negli ultimi dieci anni le medie annuali di Nichel si mantengono stabili e solitamente entro i 5 ng/m<sup>3</sup>.
- **Piombo (Pb):** i valori sono ampiamente al di sotto della media annuale di 500 ng/m<sup>3</sup> e nell'ultimo decennio le medie annuali si mantengono stabili e generalmente entro i 10 ng/m<sup>3</sup>.

Anche per gli IPA nella frazione di PM10, nelle stazioni di Olbia, vengono effettuati campionamenti stagionali che hanno solo carattere indicativo. I valori annuali registrati sono al di sotto del valore obiettivo (media annuale di 1,0 ng/m<sup>3</sup>) e i valori decennali non evidenziano nessun superamento.

| Stazione | Benzo(a)pirene<br>ng/m <sup>3</sup> |
|----------|-------------------------------------|
| CENS10*  | 0,149                               |
| CEOLB1*  | 0,184                               |

*Tabella 1-17: Concentrazioni annuali di benzo(a)pirene nella frazione PM10. Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021. Regione Autonoma della Sardegna – Assessorato della Difesa dell'Ambiente ARPAS.*

Dai dati riportati nella *Relazione annuale sulla qualità dell'aria in Sardegna per l'anno 2021* e precedentemente citati si evince che la situazione della qualità dell'aria nell'area urbana di Olbia è nella norma per tutti gli inquinanti monitorati, senza violazioni dei limiti di legge.

## 1.3 Individuazione e valutazione degli impatti

### 1.3.1 Stima delle polveri diffuse

Durante la fase di cantiere l'impatto più significativo sarà legato alla produzione di polveri dovuta alle azioni meccaniche indotte sui terreni durante le operazioni di scavo; alle operazioni di carico e scarico del materiale di scavo su mezzi di trasporto; al transito dei mezzi sulle strade non asfaltate per le operazioni di trasporto dei mezzi utilizzati durante i lavori; alla formazione e movimentazione di cumuli di materiale per la formazione di rilevati per la stabilizzazione del sottofondo stradale delle aree di transito.

Dal punto di vista fisico le polveri sono il risultato della suddivisione meccanica dei materiali solidi naturali o artificiali sottoposti a sollecitazioni di qualsiasi origine. I singoli elementi hanno dimensioni superiori a  $0,5\text{ }\mu\text{m}$  e possono raggiungere  $100\text{ }\mu\text{m}$  e oltre, anche se le particelle con dimensione superiore a qualche decina di  $\mu\text{m}$  restano sospese nell'aria molto brevemente. Per la salute umana l'effetto più rilevante è dovuto alle polveri inalabili (con dimensioni comprese fra  $0,5$  e  $5\text{ }\mu\text{m}$ ), che sono in grado di superare gli ostacoli posti dalle prime vie respiratorie e di raggiungere gli alveoli polmonari e, almeno in parte, di persistervi.

Nei materiali inerti il principale elemento nocivo aerodispersibile è la silice libera ( $\text{SiO}_2$ ), contenuta in percentuale del 40 – 60% sul volume di riferimento. La silice libera è quella parte del biossido di silicio presente nelle rocce e nelle terre non combinata a formare silicati e rinvenibile sotto forma cristallina o amorfa. Le fasi cristalline, quali principali fattori nocivi, sono in primo luogo il quarzo e poi la tridimite e la cristobalite, più rare ma decisamente più tossiche. Di minore importanza, ma comunque lesiva, è la silice amorfa. Si tratta di un composto inorganico, polverulento quando di dimensioni inferiori a  $100\text{ }\mu\text{m}$ , di colore grigio chiaro, inodore, non reattivo e molto poco solubile a contatto con l'acqua. La silice libera cristallina è classificata dallo IARC (Agenzia Internazionale Ricerca sul Cancro) quale cancerogeno di classe 1. Se assimilato in forte quantità nelle vie respiratorie del corpo umano la silice libera cristallina può inoltre originare la silicosi. Nelle corrette condizioni di manipolazione ed uso non c'è pericolo di irritazione e/o sensibilizzazione per occhi e pelle.

Per quanto riguarda la calce, si evidenzia invece che questa si presenta come un composto inorganico, solido e polverulento, che pur non essendo tossico può dare origine ad irritazioni cutanee e agli occhi e ad effetti di ecotossicità, solo nel caso di dispersioni di notevole quantità ed in presenza di acqua (a causa del pH elevato).

#### 1.3.1.1 Operazioni di scavo, carico e scarico

La determinazione del particolato prodotto dalle operazioni in questione è stata condotta mediante l'applicazione dei fattori di emissione determinati dal database FIRE Factors, US – EPA, seguendo le indicazioni presenti nelle linee guida dell'ARPAT Toscana.

Per il calcolo del particolato con  $\varnothing < 10 \mu\text{m}$  è stata applicata la seguente formula:

$$E_{fi} \text{ (Kg/h)} = E_{fmi} \text{ (Kg/t)} \times C \text{ (t/h)}$$

Dove:

i = particolato (PTS, PM10, PM2,5);

E<sub>fi</sub> = fattore di emissione oraria in Kg/ora;

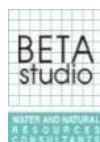
E<sub>fmi</sub> = fattore di emissione a unità di materiale scavato in kg/t;

C = produzione oraria di materiale scavato in t/ora

Di seguito, la tabella contenente i valori di E<sub>fmi</sub> tratti dai dati forniti dall'EPA nel FIRE Factors:

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



| FATTORI DI EMISSIONE EPA FIRE FACTOR - Efmi (kg/t) |             |             |              |
|----------------------------------------------------|-------------|-------------|--------------|
| EMISSIONI                                          | SCAVO       | CARICO      | SCARICO      |
| SCC                                                | 3-05-027-60 | 3-05-025-06 | 3-05-020-31  |
| PTS                                                | 0,00065     | 0,002       | 0,0000133    |
| PM10                                               | 0,00039     | 0,0012      | 0,000008     |
| PM 2.5                                             | 0,00000402  | 0,0000124   | 0,0000000824 |

Tabella 1-18: valori di Efmi tratti dai dati forniti dall'EPA nel FIRE Factors:

I valori relativi al PTS sono stati desunti dai dati relativi al PM10, assumendo che la produzione del PM10 sia a pari a circa al 60% dei PTS, come riportato nelle Linee Guida di ARPAT.

Per ciascun cantiere sono stati valutati le quantità di materiale scavato, caricato e scaricato, la durata di tali operazioni, il numero dei mezzi impiegati in contemporanea considerando il loro impiego nell'arco di 8 ore giornaliere. Inoltre si sono valutate le operazioni di carico e transito su piste sterrate per il trasporto dei materiali non riutilizzabili in cantiere verso i siti di destinazione come da piano di utilizzo.

Il primo scenario per ciascun cantiere tipo prevede le seguenti attività:

Scavo, carico, trasporto su pista sterrata, scarico, formazione di cumuli e azione di dispersione delle polveri dai cumuli.

Di seguito si riportano le grandezze occorrenti per la determinazione delle emissioni per le operazioni di scavo, carico e scarico.

| BILANCIO DEI VOLUMI DERIVANTI DA CARICO, SCARICO E SCAVO DELLE TERRE |                                                                  |                   |                                            |                                               |                                                   |                                                    |                                                           |                     |                               |                      |                                |                                  |                                   |                                          |                   |                    |                  |                       |                        |                                        |                         |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------|-------------------|--------------------|------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------------------|-------------------------|
| Materia                                                              | Luogo di produzione                                              | Luogo di utilizzo | Quantità di scorie e materiale sciolto[mc] | Quantità (t) - Peso specifico di 1800 (kg/mc) | Durata lavori di scavo da cronoprogramma (giorni) | Durata lavori di carico da cronoprogramma (giorni) | Numero di trasporti per spostare l'intero volume di scavo | Durata carico (ore) | Carico orario a mezzo (t/ora) | Durata scarico (ore) | Scarico orario a mezzo (t/ora) | Scavo produzione oraria (mc/ora) | Carico produzione oraria (mc/ora) | Scavo produzione e carico oraria (t/ora) | Carico ore/giorno | Scarico ore/giorno | Scavo ore/giorno | Numero mezzi di scavo | Numero mezzi di carico | Numero di viaggi / h materiale sciolto | numero viaggi/h blocchi |
| TERRA                                                                | 1.1 SCOLMATORE 2                                                 | Area Cimitero     | 279387,00                                  | 502896,60                                     | 194,02                                            | 194,02                                             | 16769,93                                                  | 4656,45             | 108,00                        | 1397,35              | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 2,00                  | 2,00                   | 7,20                                   | 0,20                    |
| TERRA                                                                | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA                                   | Area Cimitero     | 5068,80                                    | 9123,84                                       | 3,52                                              | 3,52                                               | 304,25                                                    | 84,48               | 108,00                        | 25,35                | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 2,00                  | 2,00                   | 7,20                                   |                         |
| TERRA                                                                | 1.3 CABU ABBAS                                                   | Area Cimitero     | 14000,00                                   | 25200,00                                      | 19,44                                             | 19,44                                              | 840,34                                                    | 233,33              | 108,00                        | 70,02                | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 1,00                  | 1,00                   | 3,60                                   |                         |
| TERRA                                                                | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA                                    | Area Cimitero     | 10997,00                                   | 19794,60                                      | 15,27                                             | 15,27                                              | 660,08                                                    | 183,28              | 108,00                        | 55,00                | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 1,00                  | 1,00                   | 3,60                                   |                         |
| TERRA                                                                | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU                                    | Area Cimitero     | 24083,80                                   | 43350,84                                      | 33,45                                             | 33,45                                              | 1445,61                                                   | 401,40              | 108,00                        | 120,46               | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 1,00                  | 1,00                   | 3,60                                   |                         |
| TERRA                                                                | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA                                     | Area Cimitero     | 3860,00                                    | 6948,00                                       | 5,36                                              | 5,36                                               | 231,69                                                    | 64,33               | 108,00                        | 19,31                | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 1,00                  | 1,00                   | 3,60                                   |                         |
| TERRA                                                                | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA                                   | Area Cimitero     | 26700,00                                   | 48060,00                                      | 37,08                                             | 37,08                                              | 1602,64                                                   | 445,00              | 108,00                        | 133,54               | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 1,00                  | 1,00                   | 3,60                                   |                         |
| TERRA                                                                | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO                                 | Area Colò         | 155400,00                                  | 279720,00                                     | 215,83                                            | 215,83                                             | 9327,73                                                   | 2590,00             | 108,00                        | 777,23               | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 1,00                  | 1,00                   | 3,60                                   |                         |
| TERRA                                                                | 2.2 GADDURESU                                                    | Area Colò         | 82125,00                                   | 147825,00                                     | 57,03                                             | 57,03                                              | 4929,47                                                   | 1368,75             | 108,00                        | 410,75               | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 2,00                  | 2,00                   | 7,20                                   |                         |
| TERRA                                                                | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu                           | Area Colò         | 103000,00                                  | 185400,00                                     | 71,53                                             | 71,53                                              | 6182,47                                                   | 1716,67             | 108,00                        | 515,15               | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 2,00                  | 2,00                   | 7,20                                   |                         |
| TERRA                                                                | 2.4 UA NIEDDA                                                    | Area Colò         | 62030,00                                   | 111654,00                                     | 43,08                                             | 43,08                                              | 3723,29                                                   | 1033,83             | 108,00                        | 310,24               | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 2,00                  | 2,00                   | 7,20                                   |                         |
| TERRA                                                                | 2.5 PASANA                                                       | Area Colò         | 12990,00                                   | 23382,00                                      | 18,04                                             | 18,04                                              | 775,71                                                    | 216,50              | 108,00                        | 64,97                | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 1,00                  | 1,00                   | 3,60                                   |                         |
| TERRA                                                                | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE                             | Area Colò         | 66105,00                                   | 118989,00                                     | 45,91                                             | 45,91                                              | 3967,89                                                   | 1101,75             | 108,00                        | 330,62               | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 2,00                  | 2,00                   | 7,20                                   |                         |
| TERRA                                                                | 3.1 SCOLMATORE 1                                                 | Collina Dorata    | 287261,00                                  | 517069,80                                     | 132,99                                            | 132,99                                             | 17242,56                                                  | 4787,68             | 108,00                        | 1436,74              | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 3,00                  | 3,00                   | 10,80                                  |                         |
| TERRA                                                                | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paole Longa (attacco da 2 lati) | Area Colò         | 50892,00                                   | 91605,60                                      | 35,34                                             | 35,34                                              | 3054,74                                                   | 848,20              | 108,00                        | 254,54               | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 2,00                  | 2,00                   | 7,20                                   | 1,00                    |
| TERRA                                                                | 4.2 - Galleria cut&cover Paole Longa                             | Area Colò         | 398848,00                                  | 717926,40                                     | 276,98                                            | 276,98                                             | 23940,46                                                  | 6647,47             | 108,00                        | 1994,84              | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 2,00                  | 2,00                   | 7,20                                   |                         |
| TERRA                                                                | 4.3 - Galleria Naturale Paole Longa (attacco da 1 lato)          | Area Colò         | 44605,00                                   | 80289,00                                      | 61,95                                             | 61,95                                              | 2677,37                                                   | 743,42              | 108,00                        | 223,09               | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 1,00                  | 1,00                   | 3,60                                   | 0,40                    |
| TERRA                                                                | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus                          | Area Colò         | 425506,00                                  | 765910,80                                     | 295,49                                            | 295,49                                             | 25440,58                                                  | 7091,77             | 108,00                        | 2128,17              | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 2,00                  | 2,00                   | 7,20                                   |                         |
| TERRA                                                                | 6.1 SELIGHEDDU                                                   | Area Cimitero     | 64900,00                                   | 116820,00                                     | 90,14                                             | 90,14                                              | 3895,56                                                   | 1083,67             | 108,00                        | 324,60               | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 2,00                  | 2,00                   | 7,20                                   |                         |
| TERRA                                                                | 6.2 SAN NICOLA                                                   | Area Cimitero     | 43642,00                                   | 78555,60                                      | 60,61                                             | 60,61                                              | 2619,57                                                   | 727,37              | 108,00                        | 218,28               | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 1,00                  | 1,00                   | 3,60                                   |                         |
| TERRA                                                                | 6.3FOCE CANALE ZOZO                                              | Area Cimitero     | 2395,00                                    | 4311,00                                       | 3,33                                              | 3,33                                               | 143,76                                                    | 39,92               | 108,00                        | 11,98                | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 1,00                  | 1,00                   | 3,60                                   |                         |
| TERRA                                                                | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa                    | Area Cimitero     | 3230,00                                    | 5814,00                                       | 4,49                                              | 4,49                                               | 193,88                                                    | 53,83               | 108,00                        | 16,15                | 359,89                         | 90,00                            | 60,00                             | 162,00                                   | 12,00             | 3,60               | 8,00             | 1,00                  | 1,00                   | 3,60                                   |                         |

Tabella 1-19: Bilancio dei volumi derivanti da carico, scarico e scavo delle terre

Nella tabella successiva si riporta il calcolo delle emissioni che complessivamente si producono in ciascun cantiere, espresse in gr/h, per il PM 10, PM 2.5 e PTS.

| EMISSIONE DI PARTICOLATO DA ATTIVITÀ DI SCAVO, CARICO E SCARICO |                                                                  |                   |                                            |              |                |                              |              |                |                               |              |                |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------|--------------|----------------|------------------------------|--------------|----------------|-------------------------------|--------------|----------------|
|                                                                 |                                                                  |                   | EMISSIONE POLVERI PER SCAVO                |              |                | EMISSIONE POLVERI PER CARICO |              |                | EMISSIONE POLVERI PER SCARICO |              |                |
| Materia                                                         | Luogo di produzione                                              | Luogo di utilizzo | PTS (g/ora) 6,5*10 <sup>(-4)</sup> KG/TONN | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora)                  | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora)                   | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) |
| TERRA                                                           | 1.1 SCOLMATORE 2                                                 | Area Cimitero     | 210,60                                     | 126,36       | 1,30           | 432,00                       | 259,20       | 2,68           | 9,57                          | 5,76         | 0,059          |
| TERRA                                                           | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA                                   | Area Cimitero     | 210,60                                     | 126,36       | 1,30           | 432,00                       | 259,20       | 2,68           | 9,57                          | 5,76         | 0,059          |
| TERRA                                                           | 1.3 CABU ABBAS                                                   | Area Cimitero     | 105,30                                     | 63,18        | 0,65           | 216,00                       | 129,60       | 1,34           | 4,79                          | 2,88         | 0,030          |
| TERRA                                                           | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA                                    | Area Cimitero     | 105,30                                     | 63,18        | 0,65           | 216,00                       | 129,60       | 1,34           | 4,79                          | 2,88         | 0,030          |
| TERRA                                                           | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU                                    | Area Cimitero     | 105,30                                     | 63,18        | 0,65           | 216,00                       | 129,60       | 1,34           | 4,79                          | 2,88         | 0,030          |
| TERRA                                                           | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA                                     | Area Cimitero     | 105,30                                     | 63,18        | 0,65           | 216,00                       | 129,60       | 1,34           | 4,79                          | 2,88         | 0,030          |
| TERRA                                                           | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA                                   | Area Cimitero     | 105,30                                     | 63,18        | 0,65           | 216,00                       | 129,60       | 1,34           | 4,79                          | 2,88         | 0,030          |
| TERRA                                                           | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO                                 | Area Colò         | 105,30                                     | 63,18        | 0,65           | 216,00                       | 129,60       | 1,34           | 4,79                          | 2,88         | 0,030          |
| TERRA                                                           | 2.2 GADDURESU                                                    | Area Colò         | 210,60                                     | 126,36       | 1,30           | 432,00                       | 259,20       | 2,68           | 9,57                          | 5,76         | 0,059          |
| TERRA                                                           | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu                           | Area Colò         | 210,60                                     | 126,36       | 1,30           | 432,00                       | 259,20       | 2,68           | 9,57                          | 5,76         | 0,059          |
| TERRA                                                           | 2.4 UA NIEDDA                                                    | Area Colò         | 210,60                                     | 126,36       | 1,30           | 432,00                       | 259,20       | 2,68           | 9,57                          | 5,76         | 0,059          |
| TERRA                                                           | 2.5 PASANA                                                       | Area Colò         | 105,30                                     | 63,18        | 0,65           | 216,00                       | 129,60       | 1,34           | 4,79                          | 2,88         | 0,030          |
| TERRA                                                           | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE                             | Area Colò         | 210,60                                     | 126,36       | 1,30           | 432,00                       | 259,20       | 2,68           | 9,57                          | 5,76         | 0,059          |
| TERRA                                                           | 3.1 SCOLMATORE 1                                                 | Collina Dorata    | 315,90                                     | 189,54       | 1,95           | 648,00                       | 388,80       | 4,02           | 14,36                         | 8,64         | 0,089          |
| TERRA                                                           | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paole Longa (attacco da 2 lati) | Area Colò         | 210,60                                     | 126,36       | 1,30           | 432,00                       | 259,20       | 2,68           | 9,57                          | 5,76         | 0,059          |
| TERRA                                                           | 4.2 - Galleria cut&cover Paole Longa                             | Area Colò         | 210,60                                     | 126,36       | 1,30           | 432,00                       | 259,20       | 2,68           | 9,57                          | 5,76         | 0,059          |
| TERRA                                                           | 4.3 - Galleria Naturale Paole Longa (attacco da 1 lato)          | Area Colò         | 105,30                                     | 63,18        | 0,65           | 216,00                       | 129,60       | 1,34           | 4,79                          | 2,88         | 0,030          |
| TERRA                                                           | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus                          | Area Colò         | 210,60                                     | 126,36       | 1,30           | 432,00                       | 259,20       | 2,68           | 9,57                          | 5,76         | 0,059          |
| TERRA                                                           | 6.1 SELIGHEDDU                                                   | Area Cimitero     | 105,30                                     | 63,18        | 0,65           | 216,00                       | 129,60       | 1,34           | 4,79                          | 2,88         | 0,030          |
| TERRA                                                           | 6.2 SAN NICOLA                                                   | Area Cimitero     | 105,30                                     | 63,18        | 0,65           | 216,00                       | 129,60       | 1,34           | 4,79                          | 2,88         | 0,030          |
| TERRA                                                           | 6.3FOCE CANALE ZOZO                                              | Area Cimitero     | 105,30                                     | 63,18        | 0,65           | 216,00                       | 129,60       | 1,34           | 4,79                          | 2,88         | 0,030          |
| TERRA                                                           | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa                    | Area Cimitero     | 105,30                                     | 63,18        | 0,65           | 216,00                       | 129,60       | 1,34           | 4,79                          | 2,88         | 0,030          |

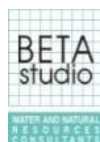
Tabella 1-20: Emissione di particolato da attività di scavo, carico e scarico

Per i blocchi di granito che vengono cavati mediante tecniche di taglio a filo diamantato, la formazione di polveri è estremamente ridotta in quanto si provvede alla continua bagnatura della zona di taglio per raffreddarla. Anche le operazioni di carico e scarico dei blocchi producono quantità trascurabili di polvere in quanto si movimentano elementi monolitici che saranno preventivamente bagnati. Quindi il contributo della movimentazione dei blocchi

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



internamente al cantiere per la formazione delle polveri è legato al transito dei mezzi su strada sterrata che verrà determinato nel prossimo paragrafo.

### Erosione dei cumuli

Si pone ora attenzione alle operazioni relative alla formazione dei cumuli di terra per il deposito temporaneo.

Il modello di emissione utilizzato è tratto dalle linee guida dell'ARPAT Toscana che fa riferimento alla seguente espressione:

$$EF_i \left[ \frac{kg}{Mg} \right] = k_i (0,0016) \frac{\left( \frac{u}{2,2} \right)^{1,3}}{\left( \frac{M}{2} \right)^{1,4}}$$

La velocità del vento  $u$  è stata assunta pari a 4,25 m/s come desunta dai dati storici della stazione meteo di Olbia Costa Smeralda, Il contenuto percentuale di umidità  $M$ , con riferimento alla Tabella 13.2.4-1 dell'AP-42 viene stimato pari al 2,5%.

Il coefficiente  $k_i$  per il PTS è pari a 0,74, per il PM10 ha un valore di 0.35 e per il PM 2.5 è pari a 0,11. I fattori di emissione calcolati è dunque pari a:

|       | $k_i$ | EFi (Kg/Mg) |
|-------|-------|-------------|
| PTS   | 0,74  | 1,29        |
| PM10  | 0,35  | 0,61        |
| PM2.5 | 0,11  | 0,19        |

Si ipotizza un volume dei cumuli del tipo alto, con superficie movimentata pari a circa il 30% del totale e un numero di movimentazioni orarie pari a 2.

Per i materiali riutilizzati in situ, si ipotizza una superficie di accumulo pari al 50 % del materiale scavato e riutilizzato in situ.

Considerati i volumi in gioco, il generico cumulo è considerato “alto” e i fattori di emissione risultano riportati di seguito:

PTS EFi [kg/mq]  $1.6 \times 10^{-5}$  kg/m<sup>2</sup>

PM 10 EFi [kg/mq]  $7.9 \times 10^{-6}$  kg/m<sup>2</sup>

PM 2.5 EFi [kg/mq]  $1.26 \times 10^{-6}$  kg/m<sup>2</sup>

L'emissione oraria Ei in [kg/h] attribuita al fenomeno si calcola secondo l'espressione:

$$E_i = E_{Fi} \cdot a \cdot \text{movh}$$

Dove:

EFi = Fattore di emissione in [kg/mq]

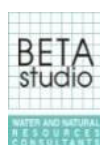
a = Superficie dell'area movimentata in [mq]

movh = numero di movimentazioni in un'ora,

Di seguito si riporta la tabella relativa alla produzione delle polveri relativa alla formazione e all'erosione dei cumuli.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



| Materia | Luogo di produzione                                              | Luogo di Riutilizzo | Numero di mezzi | Produzione giornaliera in mc | a Sup. Movim. mq | mov/h | PTS (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) |
|---------|------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------|------------------------------|------------------|-------|-------------|--------------|----------------|-------------|--------------|----------------|-------------|--------------|----------------|
| TERRA   | 1.1 SCOLMATORE 2                                                 | In cantiere         | 2               | 1440,00                      | 144              | 2     | 4,61        | 2,28         | 0,36           | 0,42        | 0,20         | 0,06           | 5,02        | 2,47         | 0,42           |
| TERRA   | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA                                   | In cantiere         | 2               | 1440,00                      | 144              | 2     | 4,61        | 2,28         | 0,36           | 0,83        | 0,20         | 0,06           | 5,44        | 2,47         | 0,42           |
| TERRA   | 1.3 CABU ABBAS                                                   | In cantiere         | 1               | 720,00                       | 72               | 2     | 2,30        | 1,14         | 0,18           | 0,21        | 0,10         | 0,03           | 2,51        | 1,24         | 0,21           |
| TERRA   | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA                                    | In cantiere         | 1               | 720,00                       | 72               | 2     | 2,30        | 1,14         | 0,18           | 0,21        | 0,10         | 0,03           | 2,51        | 1,24         | 0,21           |
| TERRA   | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU                                    | In cantiere         | 1               | 720,00                       | 72               | 2     | 2,30        | 1,14         | 0,18           | 0,21        | 0,10         | 0,03           | 2,51        | 1,24         | 0,21           |
| TERRA   | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA                                     | In cantiere         | 1               | 720,00                       | 72               | 2     | 2,30        | 1,14         | 0,18           | 0,21        | 0,10         | 0,03           | 2,51        | 1,24         | 0,21           |
| TERRA   | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA                                   | In cantiere         | 1               | 720,00                       | 72               | 2     | 2,30        | 1,14         | 0,18           | 0,21        | 0,10         | 0,03           | 2,51        | 1,24         | 0,21           |
| TERRA   | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO                                 | In cantiere         | 1               | 720,00                       | 72               | 2     | 2,30        | 1,14         | 0,18           | 0,21        | 0,10         | 0,03           | 2,51        | 1,24         | 0,21           |
| TERRA   | 2.2 GADDURESU                                                    | In cantiere         | 2               | 1440,00                      | 144              | 2     | 4,61        | 2,28         | 0,36           | 0,83        | 0,20         | 0,06           | 5,44        | 2,47         | 0,42           |
| TERRA   | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu                           | In cantiere         | 2               | 1440,00                      | 144              | 2     | 4,61        | 2,28         | 0,36           | 0,83        | 0,20         | 0,06           | 5,44        | 2,47         | 0,42           |
| TERRA   | 2.4 UA NIEDDA                                                    | In cantiere         | 2               | 1440,00                      | 144              | 2     | 4,61        | 2,28         | 0,36           | 0,83        | 0,20         | 0,06           | 5,44        | 2,47         | 0,42           |
| TERRA   | 2.5 PASANA                                                       | In cantiere         | 1               | 720,00                       | 72               | 2     | 2,30        | 1,14         | 0,18           | 0,21        | 0,10         | 0,03           | 2,51        | 1,24         | 0,21           |
| TERRA   | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE                             | In cantiere         | 2               | 1440,00                      | 144              | 2     | 4,61        | 2,28         | 0,36           | 0,83        | 0,20         | 0,06           | 5,44        | 2,47         | 0,42           |
| TERRA   | 3.1 SCOLMATORE 1                                                 | In cantiere         | 3               | 2160,00                      | 216              | 2     | 6,91        | 3,41         | 0,54           | 1,88        | 0,30         | 0,09           | 8,79        | 3,71         | 0,64           |
| TERRA   | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paole Longa (attacco da 2 lati) | In cantiere         | 2               | 1440,00                      | 144              | 2     | 4,61        | 2,28         | 0,36           | 0,83        | 0,20         | 0,06           | 5,44        | 2,47         | 0,42           |
| TERRA   | 4.2 - Galleria cut&cover Paole Longa                             | In cantiere         | 2               | 1440,00                      | 144              | 2     | 4,61        | 2,28         | 0,36           | 0,83        | 0,20         | 0,06           | 5,44        | 2,47         | 0,42           |
| TERRA   | 4.3 - Galleria Naturale Paole Longa (attacco da 1 lato)          | In cantiere         | 1               | 720,00                       | 72               | 2     | 2,30        | 1,14         | 0,18           | 0,21        | 0,10         | 0,03           | 2,51        | 1,24         | 0,21           |
| TERRA   | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus                          | In cantiere         | 2               | 1440,00                      | 144              | 2     | 4,61        | 2,28         | 0,36           | 0,83        | 0,20         | 0,06           | 5,44        | 2,47         | 0,42           |
| TERRA   | 6.1 SELIGHEDDU                                                   | In cantiere         | 1               | 720,00                       | 72               | 2     | 2,30        | 1,14         | 0,18           | 0,21        | 0,10         | 0,03           | 2,51        | 1,24         | 0,21           |
| TERRA   | 6.2 SAN NICOLA                                                   | In cantiere         | 1               | 720,00                       | 72               | 2     | 2,30        | 1,14         | 0,18           | 0,21        | 0,10         | 0,03           | 2,51        | 1,24         | 0,21           |
| TERRA   | 6.3 FOCE CANALE ZOZO                                             | In cantiere         | 1               | 720,00                       | 72               | 2     | 2,30        | 1,14         | 0,18           | 0,21        | 0,10         | 0,03           | 2,51        | 1,24         | 0,21           |
| TERRA   | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa                    | In cantiere         | 1               | 720,00                       | 72               | 2     | 2,30        | 1,14         | 0,18           | 0,21        | 0,10         | 0,03           | 2,51        | 1,24         | 0,21           |

Tabella 1-21: Emissione di particolato prodotte dalla formazione e dall'erosione dei cumuli

### 1.3.1.2 Transito dei mezzi su viabilità sterrata interna ai cantieri

Il calcolo delle emissioni di particolato dovuto al transito di mezzi su strade non asfaltate viene effettuato procedendo alla stima del rateo emissivo orario, il quale risulta proporzionale al volume di traffico ed al contenuto di limo del suolo soggetto al transito dei veicoli, inteso come particolato di diametro inferiore a 75 µm.

Il fattore di emissione lineare dell'i-esimo tipo di particolato per ciascun mezzo EFi (AP-42 13.2.2), in transito su strade non asfaltate, all'interno dell'area di cantiere è calcolato secondo la formula:

$$EF_i \left( \frac{kg}{km} \right) = K_i \cdot \left( \frac{s_i}{12} \right)^{a_i} \cdot \left( \frac{W_i}{3} \right)^{b_i}$$

I coefficienti presenti nella relazione soprastante sono definiti come segue:

- i: tipologia di particolato (PTS, PM10, PM2,5);

- $s$ : contenuto in limo del suolo in percentuale massica, nel caso in questione è stata ipotizzata una percentuale del 18%;
- $W$ : peso medio del veicolo, esso viene determinato sulla base del veicolo a pieno carico e vuoto; nel caso in esame è stato ipotizzato che il mezzo avesse una massa totale a vuoto pari a 40 T, un cassone con capienza pari a 24 mc e un peso specifico del materiale scavato pari a 1,5 T/mc;
- $k_i$ ,  $a_i$ ,  $b_i$ : coefficienti che variano in base alla tipologia di particolato ed i cui valori sono riportati nella tabella seguente:

|       | $k_i$  | $a_i$ | $b_i$ |
|-------|--------|-------|-------|
| PTS   | 1,38   | 0,7   | 0,45  |
| PM10  | 0,423  | 0,9   | 0,45  |
| PM2,5 | 0,0423 | 0,9   | 0,45  |

Il peso medio di un mezzo d'opera si ottiene come media tra la massa limite assunta pari a 40 ton, e la tara assunta pari a 17 ton. Si ottiene un peso medio pari a 28,5 ton.

Quindi mediante i fattori determinati dalla soprastante tabella e il peso medio del mezzo d'opera è possibile determinare i fattori di emissione.

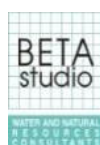
$$EF_{(PTS)} = K_{(PTS)} \cdot \left(\frac{s_i}{12}\right)^{a_{PTS}} \cdot \left(\frac{W_i}{3}\right)^{b_{PTS}} = 3,35$$

$$EF_{(PM10)} = K_{(PM10)} \cdot \left(\frac{s_i}{12}\right)^{a_{PM10}} \cdot \left(\frac{W_i}{3}\right)^{b_{PM10}} = 0,99$$

$$EF_{(PM2.5)} = K_{(PM2.5)} \cdot \left(\frac{s_i}{12}\right)^{a_{PM2.5}} \cdot \left(\frac{W_i}{3}\right)^{b_{PM2.5}} = 0,10$$

Per il calcolo della emissione finale è stata valutata la lunghezza del percorso di ciascun mezzo riferito all'unità di tempo, riferito alla lunghezza della pista espressa in km relativa a ogni sito di lavorazione, si è quindi definito il numero medio di viaggi percorsi all'interno del sito ed il numero di ore lavorative, entrambi per ogni giorno, per poi utilizzare la relazione sotto riportata:

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



$$E_i \left( \frac{\text{km}}{\text{h}} \right) = EF_i \cdot \frac{\text{km}}{\text{hr}}$$

Si riportano nelle tabelle seguenti i dati relativi alle emissioni di particolato generato dal transito dei mezzi all'interno dei cantieri riferito ai volumi di materiale che si riutilizza in situ, per il quale si è ipotizzata una percorrenza media di 50 metri di strada sterrata:

| BILANCIO DEI VOLUMI MATERIALI DI SCAVO RIUTILIZZATI IN CANTIERE |                                                                  |                     |               |                                               |                              |                                          |                                                   |                                               |                                               |                                                                                |                       |                                     |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------|-----------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|
| Materia                                                         | Luogo di produzione                                              | Luogo di Riutilizzo | Quantità (mc) | Quantità (t) - Peso specifico di 1800 (kg/mc) | Portata mezzo (mc/trasporto) | Flusso veicolare (n. trasporti / giorno) | Flusso veicolare (n. trasporti / ora) complessivi | Flusso veicolare (n. trasporti / ora) esterno | Flusso veicolare (n. trasporti / ora) interno | Distanza percorsa all'interno del cantiere per singolo trasporto (m/trasporto) | Km percorsi al giorno | Velocità mezzi in cantiere (km/ora) |
| TERRA                                                           | 1.1 SCOLMATORE 2                                                 | In cantiere         | 222433,00     | 400379,40                                     | 16,66                        | 3,60                                     | 7,20                                              | 0,78                                          | 6,42                                          | 100,00                                                                         | 0,36                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA                                   | In cantiere         | 1544,80       | 2780,64                                       | 16,66                        | 57,62                                    | 7,20                                              | 2,50                                          | 4,70                                          | 100,00                                                                         | 5,76                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 1.3 CABU ABBAS                                                   | In cantiere         | 0,00          | 0,00                                          | 16,66                        | 28,81                                    | 3,60                                              | 1,80                                          | 1,80                                          | 50,00                                                                          | 1,44                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA                                    | In cantiere         | 2385,00       | 4293,00                                       | 16,66                        | 28,81                                    | 3,60                                              | 1,41                                          | 2,19                                          | 100,00                                                                         | 2,88                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU                                    | In cantiere         | 9810,00       | 17658,00                                      | 16,66                        | 28,81                                    | 3,60                                              | 1,07                                          | 2,53                                          | 100,00                                                                         | 2,88                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA                                     | In cantiere         | 100,00        | 180,00                                        | 16,66                        | 28,81                                    | 3,60                                              | 1,75                                          | 1,85                                          | 100,00                                                                         | 2,88                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA                                   | In cantiere         | 2900,00       | 5220,00                                       | 16,66                        | 28,81                                    | 3,60                                              | 1,61                                          | 2,00                                          | 100,00                                                                         | 2,88                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO                                 | In cantiere         | 0             | 0,00                                          | 16,66                        | 28,81                                    | 3,60                                              | 1,80                                          | 1,80                                          | 50,00                                                                          | 1,44                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 2.2 GADDURESU                                                    | In cantiere         | 3200          | 5760,00                                       | 16,66                        | 57,62                                    | 7,20                                              | 3,60                                          | 3,60                                          | 50,00                                                                          | 2,88                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu                           | In cantiere         | 0             | 0,00                                          | 16,66                        | 57,62                                    | 7,20                                              | 3,60                                          | 3,60                                          | 50,00                                                                          | 2,88                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 2.4 UA NIEDDA                                                    | In cantiere         | 0             | 0,00                                          | 16,66                        | 57,62                                    | 7,20                                              | 3,60                                          | 3,60                                          | 50,00                                                                          | 2,88                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 2.5 PASANA                                                       | In cantiere         | 0             | 0,00                                          | 16,66                        | 28,81                                    | 3,60                                              | 1,80                                          | 1,80                                          | 50,00                                                                          | 1,44                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE                             | In cantiere         | 13200         | 23760,00                                      | 16,66                        | 57,62                                    | 7,20                                              | 2,88                                          | 4,32                                          | 50,00                                                                          | 2,88                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 3.1 SCOLMATORE 1                                                 | In cantiere         | 117531,00     | 211555,80                                     | 16,66                        | 86,43                                    | 10,80                                             | 3,19                                          | 7,61                                          | 50,00                                                                          | 4,32                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paole Longa (attacco da 2 lati) | In cantiere         | 0             | 0,00                                          | 16,66                        | 172,80                                   | 21,60                                             | 8,84                                          | 12,76                                         | 100,00                                                                         | 17,28                 | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 4.2 - Galleria cut&cover Paole Longa                             | In cantiere         | 312250        | 562050,00                                     | 16,66                        | 57,62                                    | 7,20                                              | 0,79                                          | 6,41                                          | 100,00                                                                         | 5,76                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 4.3 - Galleria Naturale Paole Longa (attacco da 1 lato)          | In cantiere         | 0             | 0,00                                          | 16,66                        | 28,81                                    | 3,60                                              | 4,57                                          | -0,97                                         | 50,00                                                                          | 1,44                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus                          | In cantiere         | 25506,00      | 45910,80                                      | 16,66                        | 57,62                                    | 7,20                                              | 3,39                                          | 3,81                                          | 100,00                                                                         | 5,76                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 6.1 SELIGHEDDU                                                   | In cantiere         | 42300,00      | 76140,00                                      | 16,66                        | 28,81                                    | 3,60                                              | 1,14                                          | 2,46                                          | 100,00                                                                         | 2,88                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 6.2 SAN NICOLA                                                   | In cantiere         | 43642,00      | 78555,60                                      | 16,66                        | 28,81                                    | 3,60                                              | 1,82                                          | 1,78                                          | 50,00                                                                          | 1,44                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 6.3FOCE CANALE ZOZO                                              | In cantiere         | 2395,00       | 4311,00                                       | 16,66                        | 28,81                                    | 3,60                                              | 1,80                                          | 1,80                                          | 50,00                                                                          | 1,44                  | 5,00                                |
| TERRA                                                           | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa                    | In cantiere         | 3230,00       | 5814,00                                       | 16,66                        | 28,81                                    | 3,60                                              | 1,80                                          | 1,80                                          | 50,00                                                                          | 1,44                  | 5,00                                |

Tabella 1-22: Flussi veicolari interni ed esterni al cantiere

I valori di emissione delle polveri desunti dalla precedente tabella evidenziano livelli piuttosto elevati che richiedono interventi di mitigazione finalizzati al loro contenimento. Si procederà con la bagnatura delle piste di cantiere e si determina di seguito l'efficienza di abbattimento delle polveri.

Si prevede il trattamento della superficie – bagnamento (wet suppression). Ai fini della quantificazione dell'abbattimento delle polveri mediante bagnatura delle piste si può fare riferimento alla seguente espressione di Cowherd et al (1998) come di seguito riportata:

$$C(\%) = 100 - (0.8 \cdot P \cdot trh \cdot \tau) / I$$

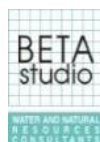
Dove:

| EMISSIONE DI PARTICOLATO DA VIABILITA' DI CANTIERE |                                                                  |                     | EMISSIONE POLVERI A TRASPORTO |                        |                          | EMISSIONE ORARIA POLVERI |              |                |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------|----------------|
| Materia                                            | Luogo di produzione                                              | Luogo di utilizzo   | PTS<br>(Kg/TRASPORTO)         | PM10<br>(Kg/TRASPORTO) | PM 2.5<br>(Kg/TRASPORTO) | PTS (g/ora)              | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) |
| TERRA                                              | 1.1 SCOLMATORE 2                                                 | Interno al cantiere | 0,33452                       | 0,10                   | 0,01                     | 2409,54                  | 712,13       | 71,21          |
| TERRA                                              | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA                                   | Interno al cantiere | 0,33452                       | 0,10                   | 0,01                     | 2409,54                  | 712,13       | 71,21          |
| TERRA                                              | 1.3 CABU ABBAS                                                   | Interno al cantiere | 0,16726                       | 0,05                   | 0,00                     | 602,38                   | 178,03       | 17,80          |
| TERRA                                              | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA                                    | Interno al cantiere | 0,33452                       | 0,10                   | 0,01                     | 1204,77                  | 356,06       | 35,61          |
| TERRA                                              | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU                                    | Interno al cantiere | 0,33452                       | 0,10                   | 0,01                     | 1204,77                  | 356,06       | 35,61          |
| TERRA                                              | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA                                     | Interno al cantiere | 0,33452                       | 0,10                   | 0,01                     | 1204,77                  | 356,06       | 35,61          |
| TERRA                                              | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA                                   | Interno al cantiere | 0,33452                       | 0,10                   | 0,01                     | 1204,77                  | 356,06       | 35,61          |
| TERRA                                              | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO                                 | Interno al cantiere | 0,16726                       | 0,05                   | 0,00                     | 602,38                   | 178,03       | 17,80          |
| TERRA                                              | 2.2 GADDURESU                                                    | Interno al cantiere | 0,16726                       | 0,05                   | 0,00                     | 1204,77                  | 356,06       | 35,61          |
| TERRA                                              | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu                           | Interno al cantiere | 0,16726                       | 0,05                   | 0,00                     | 1204,77                  | 356,06       | 35,61          |
| TERRA                                              | 2.4 UA NIEDDA                                                    | Interno al cantiere | 0,16726                       | 0,05                   | 0,00                     | 1204,77                  | 356,06       | 35,61          |
| TERRA                                              | 2.5 PASANA                                                       | Interno al cantiere | 0,16726                       | 0,05                   | 0,00                     | 602,38                   | 178,03       | 17,80          |
| TERRA                                              | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE                             | Interno al cantiere | 0,16726                       | 0,05                   | 0,00                     | 1204,77                  | 356,06       | 35,61          |
| TERRA                                              | 3.1 SCOLMATORE 1                                                 | Interno al cantiere | 0,16726                       | 0,05                   | 0,00                     | 1807,15                  | 534,10       | 53,41          |
| TERRA                                              | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paole Longa (attacco da 2 lati) | Interno al cantiere | 0,33452                       | 0,10                   | 0,01                     | 7225,73                  | 2135,53      | 213,55         |
| TERRA                                              | 4.2 - Galleria cut&cover Paole Longa                             | Interno al cantiere | 0,33452                       | 0,10                   | 0,01                     | 2409,54                  | 712,13       | 71,21          |
| TERRA                                              | 4.3 - Galleria Naturale Paole Longa (attacco da 1 lato)          | Interno al cantiere | 0,16726                       | 0,05                   | 0,00                     | 602,38                   | 178,03       | 17,80          |
| TERRA                                              | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus                          | Interno al cantiere | 0,33452                       | 0,10                   | 0,01                     | 2409,54                  | 712,13       | 71,21          |
| TERRA                                              | 6.1 SELIGHEDDU                                                   | Interno al cantiere | 0,33452                       | 0,10                   | 0,01                     | 1204,77                  | 356,06       | 35,61          |
| TERRA                                              | 6.2 SAN NICOLA                                                   | Interno al cantiere | 0,16726                       | 0,05                   | 0,00                     | 602,38                   | 178,03       | 17,80          |
| TERRA                                              | 6.3 FOCE CANALE ZOZO                                             | Interno al cantiere | 0,16726                       | 0,05                   | 0,00                     | 602,38                   | 178,03       | 17,80          |
| TERRA                                              | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa                    | Interno al cantiere | 0,16726                       | 0,05                   | 0,00                     | 602,38                   | 178,03       | 17,80          |

Tabella 1-23: Emissioni orarie di particolato prodotto dal transito sulla viabilità sterrata

- C = efficienza di abbattimento del bagnamento (%);
- P = potenziale medio dell'evaporazione giornaliera (mm/h);
- Trh = traffico medio orario (h-1)
- I = quantità media del trattamento applicato (l/m2)

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



▪  $\tau$  = Intervallo di tempo che intercorre tra le applicazioni (h)

L'efficienza media della bagnatura deve essere superiore al 50% e, come è evidente

dall'espressione, per raggiungere l'efficienza impostata si può agire sia sulla frequenza delle applicazioni sia sulla quantità di acqua per unità di superficie impiegata in ogni trattamento, in relazione al traffico medio orario e al potenziale medio di evaporazione giornaliera. Riguardo quest'ultimo, considerando la difficoltà a reperire dati reali, si assume come riferimento il valore medio annuale del caso - studio riportato nel rapporto EPA (1998a)  $P = 0.34 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$ . Per esemplificare il calcolo si riporta nella seguente Tabella, i valori dell'intervallo di tempo tra due applicazioni successive  $t(h)$ , considerando diverse efficienze di abbattimento a partire dal 50% fino al 90%, per un intervallo di valori di traffico medio all'ora trh: tra 5 e 10.

Attraverso l'abbattimento delle polveri attuato mediante bagnatura della pista di cantiere per

| BILANCIO DEI VOLUMI MATERIALI DI SCAVO RIUTILIZZATI IN CANTIERE - Efficienza di Abbattimento delle polveri |                                                             |                     |               |                                               |                              |                                                           |                                                         |                                                     |                                              |                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------|---------------|-----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Materia                                                                                                    | Luogo di produzione                                         | Luogo di Riutilizzo | Quantità (mc) | Quantità (t) - Peso specifico di 1800 (kg/mc) | Portata mezzo (mc/trasporto) | Flusso veicolare (n. trasporti / ora) interno al cantiere | P = POTENZIALE MEDIO DELL'EVAPORAZIONE GIORNALIERA mm/h | I = quantità media di trattamento applicato in l/mq | Intervallo di tempo tra le applicazioni in h | C = EFFICIENZA ABBATTIMENTO DEL BAGNATO % |
| TERRA                                                                                                      | 1.1 SCOLMATORE 2                                            | In cantiere         | 222433,00     | 400379,40                                     | 16,66                        | 6,42                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 4,00                                         | 99,30                                     |
| TERRA                                                                                                      | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA                              | In cantiere         | 1544,80       | 2780,64                                       | 16,66                        | 4,70                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 5,00                                         | 99,11                                     |
| TERRA                                                                                                      | 1.3 CABU ABBAS                                              | In cantiere         | 0,00          | 0,00                                          | 16,66                        | 1,80                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 6,00                                         | 98,63                                     |
| TERRA                                                                                                      | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA                               | In cantiere         | 2385,00       | 4293,00                                       | 16,66                        | 2,19                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 7,00                                         | 98,59                                     |
| TERRA                                                                                                      | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU                               | In cantiere         | 9810,00       | 17658,00                                      | 16,66                        | 2,53                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 8,00                                         | 98,52                                     |
| TERRA                                                                                                      | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA                                | In cantiere         | 100,00        | 180,00                                        | 16,66                        | 1,85                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 9,00                                         | 98,23                                     |
| TERRA                                                                                                      | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA                              | In cantiere         | 2900,00       | 5220,00                                       | 16,66                        | 2,00                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 10,00                                        | 98,14                                     |
| TERRA                                                                                                      | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO                            | In cantiere         | 0             | 0,00                                          | 16,66                        | 1,80                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 11,00                                        | 97,95                                     |
| TERRA                                                                                                      | 2.2 GADDURESU                                               | In cantiere         | 3200          | 5760,00                                       | 16,66                        | 3,60                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 12,00                                        | 98,09                                     |
| TERRA                                                                                                      | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu                      | In cantiere         | 0             | 0,00                                          | 16,66                        | 3,60                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 13,00                                        | 97,95                                     |
| TERRA                                                                                                      | 2.4 UA NIEDDA                                               | In cantiere         | 0             | 0,00                                          | 16,66                        | 3,60                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 14,00                                        | 97,82                                     |
| TERRA                                                                                                      | 2.5 PASANA                                                  | In cantiere         | 0             | 0,00                                          | 16,66                        | 1,80                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 15,00                                        | 97,40                                     |
| TERRA                                                                                                      | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE                        | In cantiere         | 13200         | 23760,00                                      | 16,66                        | 4,32                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 16,00                                        | 97,59                                     |
| TERRA                                                                                                      | 3.1 SCOLMATORE 1                                            | In cantiere         | 117531,00     | 211555,80                                     | 16,66                        | 7,61                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 17,00                                        | 97,56                                     |
| TERRA                                                                                                      | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paole Longa (attacco da 1) | In cantiere         | 0             | 0,00                                          | 16,66                        | 12,76                                                     | 0,34                                                    | 0,50                                                | 18,00                                        | 97,47                                     |
| TERRA                                                                                                      | 4.2 - Galleria cut&cover Paole Longa                        | In cantiere         | 312250        | 562050,00                                     | 16,66                        | 6,41                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 19,00                                        | 97,26                                     |
| TERRA                                                                                                      | 4.3 - Galleria Naturale Paole Longa (attacco da 1)          | In cantiere         | 0             | 0,00                                          | 16,66                        | -0,97                                                     | 0,34                                                    | 0,50                                                | 20,00                                        | 98,31                                     |
| TERRA                                                                                                      | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus                     | In cantiere         | 25506,00      | 45910,80                                      | 16,66                        | 3,81                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 21,00                                        | 96,88                                     |
| TERRA                                                                                                      | 6.1 SELIGHEDDU                                              | In cantiere         | 42300,00      | 76140,00                                      | 16,66                        | 2,46                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 22,00                                        | 96,60                                     |
| TERRA                                                                                                      | 6.2 SAN NICOLA                                              | In cantiere         | 43642,00      | 78555,60                                      | 16,66                        | 1,78                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 23,00                                        | 96,31                                     |
| TERRA                                                                                                      | 6.3 FOCE CANALE ZOZO                                        | In cantiere         | 2395,00       | 4311,00                                       | 16,66                        | 1,80                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 24,00                                        | 96,18                                     |
| TERRA                                                                                                      | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa               | In cantiere         | 3230,00       | 5814,00                                       | 16,66                        | 1,80                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 25,00                                        | 96,04                                     |

Tabella 1-24: Calcolo dell'efficienza di abbattimento delle polveri

una percentuale come determinata in tabella, i valori di emissione delle polveri sono stati ricalcolati nelle condizioni mitigate e sono di seguito riportati.

Il bilancio complessivo delle emissioni di polveri dai cantieri elencati relativi alle attività di

scavo, carico, trasporto, scarico, formazione di cumuli ed erosione degli stessi è riportata di seguito.

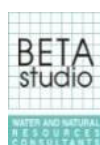
| EMISSIONI GLOBALI CON MITIGAZIONE |                                                                  |                                                     |              |                |                              |              |                |                               |              |                |                                      |              |                |                              |              |                |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------|----------------|------------------------------|--------------|----------------|-------------------------------|--------------|----------------|--------------------------------------|--------------|----------------|------------------------------|--------------|----------------|
| Materia                           | Luogo di produzione                                              | EMISSIONE POLVERI PER SCAVO                         |              |                | EMISSIONE POLVERI PER CARICO |              |                | EMISSIONE POLVERI PER SCARICO |              |                | EMISSIONE POLVERI PER PISTE CANTIERE |              |                | EMISSIONE POLVERI PER CUMULI |              |                |
|                                   |                                                                  | PTS (g/ora)<br>6,5*10 <sup>-4</sup> (-4)<br>KG/TONN | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora)                  | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora)                   | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora)                          | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora)                  | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) |
| TERRA                             | 1.1 SCOLMATORE 2                                                 | 1,47                                                | 0,88         | 0,01           | 3,02                         | 1,81         | 0,02           | 0,0670                        | 0,0403       | 0,0004         | 16,86                                | 4,98         | 0,50           | 5,02                         | 2,47         | 0,42           |
| TERRA                             | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA                                   | 1,88                                                | 1,13         | 0,01           | 3,86                         | 2,31         | 0,02           | 0,0855                        | 0,0514       | 0,0005         | 21,51                                | 6,36         | 0,64           | 5,02                         | 2,47         | 0,42           |
| TERRA                             | 1.3 CABU ABBAS                                                   | 1,44                                                | 0,87         | 0,01           | 2,96                         | 1,78         | 0,02           | 0,0656                        | 0,0790       | 0,0008         | 4,13                                 | 1,22         | 0,12           | 2,51                         | 1,24         | 0,21           |
| TERRA                             | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA                                    | 1,48                                                | 0,89         | 0,01           | 3,04                         | 1,83         | 0,02           | 0,0674                        | 0,0405       | 0,0004         | 13,65                                | 4,03         | 0,40           | 2,51                         | 1,24         | 0,21           |
| TERRA                             | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU                                    | 1,56                                                | 0,94         | 0,01           | 3,20                         | 1,92         | 0,02           | 0,0710                        | 0,0427       | 0,0004         | 52,27                                | 15,45        | 1,54           | 2,51                         | 1,24         | 0,21           |
| TERRA                             | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA                                     | 1,86                                                | 1,12         | 0,01           | 3,81                         | 2,29         | 0,02           | 0,0845                        | 0,0508       | 0,0005         | 41,98                                | 12,41        | 1,24           | 2,51                         | 1,24         | 0,21           |
| TERRA                             | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA                                   | 1,96                                                | 1,18         | 0,01           | 4,02                         | 2,41         | 0,02           | 0,0891                        | 0,0536       | 0,0006         | 62,39                                | 18,44        | 1,84           | 2,51                         | 1,24         | 0,21           |
| TERRA                             | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO                                 | 2,16                                                | 1,30         | 0,01           | 4,43                         | 2,66         | 0,03           | 0,0982                        | 0,0591       | 0,0006         | 43,25                                | 12,78        | 1,28           | 2,51                         | 1,24         | 0,21           |
| TERRA                             | 2.2 GADDURESU                                                    | 4,02                                                | 2,41         | 0,02           | 8,25                         | 4,95         | 0,05           | 0,1828                        | 0,0550       | 0,0006         | 80,52                                | 23,80        | 2,38           | 5,02                         | 2,47         | 0,42           |
| TERRA                             | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu                           | 4,31                                                | 2,58         | 0,03           | 8,84                         | 5,30         | 0,05           | 0,1958                        | 0,1178       | 0,0012         | 86,26                                | 25,49        | 2,55           | 5,02                         | 2,47         | 0,42           |
| TERRA                             | 2.4 UA NIEDDA                                                    | 4,59                                                | 2,76         | 0,03           | 9,42                         | 5,65         | 0,06           | 0,2089                        | 0,1256       | 0,0013         | 13,14                                | 3,88         | 0,39           | 5,02                         | 2,47         | 0,42           |
| TERRA                             | 2.5 PASANA                                                       | 2,73                                                | 1,64         | 0,02           | 5,61                         | 3,36         | 0,03           | 0,1242                        | 0,1494       | 0,0015         | 70,35                                | 20,79        | 2,08           | 2,51                         | 1,24         | 0,21           |
| TERRA                             | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE                             | 5,07                                                | 3,04         | 0,03           | 10,40                        | 6,24         | 0,06           | 0,2305                        | 0,0693       | 0,0007         | 63,82                                | 18,86        | 1,89           | 5,02                         | 2,47         | 0,42           |
| TERRA                             | 3.1 SCOLMATORE 1                                                 | 7,72                                                | 4,63         | 0,05           | 15,83                        | 9,50         | 0,10           | 0,3509                        | 0,1407       | 0,0014         | 31,11                                | 9,19         | 0,92           | 7,54                         | 3,71         | 0,64           |
| TERRA                             | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paole Longa (attacco da 2 lati) | 5,32                                                | 3,19         | 0,03           | 10,91                        | 6,55         | 0,07           | 0,2419                        | 0,2182       | 0,0022         | 854,81                               | 252,63       | 25,26          | 5,02                         | 2,47         | 0,42           |
| TERRA                             | 4.2 - Galleria cut&cover Paole Longa                             | 5,77                                                | 3,46         | 0,04           | 11,84                        | 7,10         | 0,07           | 0,2623                        | 0,1578       | 0,0016         | 80,52                                | 23,80        | 2,38           | 5,02                         | 2,47         | 0,42           |
| TERRA                             | 4.3 - Galleria Naturale Paole Longa (attacco da 1 lato)          | 2,08                                                | 1,25         | 0,01           | 4,26                         | 2,56         | 0,03           | 0,0810                        | 0,0974       | 0,0010         | 258,82                               | 76,49        | 7,65           | 2,51                         | 1,24         | 0,21           |
| TERRA                             | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus                          | 6,57                                                | 3,94         | 0,04           | 13,47                        | 8,08         | 0,08           | 0,2985                        | 0,0898       | 0,0009         | 39,78                                | 11,76        | 1,18           | 5,02                         | 2,47         | 0,42           |
| TERRA                             | 6.1 SELIGHEDDU                                                   | 3,58                                                | 2,15         | 0,02           | 7,34                         | 4,41         | 0,05           | 0,1627                        | 0,1957       | 0,0020         | 158,10                               | 46,73        | 4,67           | 2,51                         | 1,24         | 0,21           |
| TERRA                             | 6.2 SAN NICOLA                                                   | 3,88                                                | 2,33         | 0,02           | 7,97                         | 4,78         | 0,05           | 0,1766                        | 0,1062       | 0,0011         | 11,00                                | 3,25         | 0,33           | 2,51                         | 1,24         | 0,21           |
| TERRA                             | 6.3 FOCE CANALE ZOZO                                             | 4,02                                                | 2,41         | 0,02           | 8,25                         | 4,95         | 0,05           | 0,1828                        | 0,1100       | 0,0011         | 11,51                                | 3,40         | 0,34           | 2,51                         | 1,24         | 0,21           |
| TERRA                             | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa                    | 4,17                                                | 2,50         | 0,03           | 8,54                         | 5,13         | 0,05           | 0,1893                        | 0,1139       | 0,0012         | 11,91                                | 3,52         | 0,35           | 2,51                         | 1,24         | 0,21           |

Tabella 1-25: Emissioni globali con mitigazione

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



Dopo aver determinato le emissioni di ciascun cantiere, si verificano i livelli di emissione con i corrispondenti limiti come riportati nelle linee guida ARPAT, il tutto è riassunto nella seguente tabella:

| EMISSIONI GLOBALI CON MITIGAZIONE |                                                                  |                                      |                       |             |             |              |              |               |               |            |
|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|------------|
| Materia                           | Luogo di produzione                                              | INTERVALLO<br>DISTANZA<br>RECEITTORE | DURATA<br>DEGLI SCAVI | TOTALE PTS  | LIMITE PTS  | TOTALE PM 10 | LIMITE PM 10 | TOTALE PM 2.5 | LIMITE PM 2.5 | VERIFICA   |
|                                   |                                                                  | Metri                                | Giorni                | PTS (g/ora) | PTS (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM2.5 (g/ora) | PM2.5 (g/ora) |            |
| TERRA                             | 1.1 SCOLMATORE 2                                                 | 0 - 50                               | 349,23                | 26,45       | 122,00      | 10,19        | 73,00        | 0,95          | 7,00          | VERIFICATO |
| TERRA                             | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA                                   | 150 - 200                            | 12,67                 | 32,36       | 1703,00     | 12,32        | 1022,00      | 1,10          | 102,00        | VERIFICATO |
| TERRA                             | 1.3 CABU ABBAS                                                   | 50 - 100                             | 35,00                 | 11,11       | 607,00      | 5,18         | 364,00       | 0,36          | 36,00         | VERIFICATO |
| TERRA                             | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA                                    | 0 - 50                               | 27,49                 | 20,75       | 173,00      | 8,02         | 104,00       | 0,64          | 10,00         | VERIFICATO |
| TERRA                             | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU                                    | 100 - 150                            | 60,21                 | 59,61       | 1243,00     | 19,58        | 746,00       | 1,79          | 75,00         | VERIFICATO |
| TERRA                             | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA                                     | 50 - 100                             | 9,65                  | 50,25       | 607,00      | 17,10        | 364,00       | 1,49          | 36,00         | VERIFICATO |
| TERRA                             | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA                                   | 345,00                               | 66,75                 | 70,97       | 1703,00     | 23,32        | 1022,00      | 2,09          | 102,00        | VERIFICATO |
| TERRA                             | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO                                 | 0 - 50                               | 388,50                | 52,45       | 122,00      | 18,03        | 73,00        | 1,53          | 7,00          | VERIFICATO |
| TERRA                             | 2.2 GADDURESU                                                    | 0-50                                 | 102,66                | 98,00       | 150,00      | 33,69        | 90,00        | 2,88          | 9,00          | VERIFICATO |
| TERRA                             | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu                           | 0-50                                 | 128,75                | 104,63      | 150,00      | 35,97        | 90,00        | 3,06          | 9,00          | VERIFICATO |
| TERRA                             | 2.4 UA NIEDDA                                                    | 50 - 100                             | 77,54                 | 32,40       | 607,00      | 14,89        | 364,00       | 0,90          | 36,00         | VERIFICATO |
| TERRA                             | 2.5 PASANA                                                       | 0-50                                 | 32,48                 | 81,33       | 122,00      | 27,18        | 73,00        | 2,34          | 7,00          | VERIFICATO |
| TERRA                             | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE                             | 0-50                                 | 82,63                 | 84,55       | 122,00      | 30,69        | 73,00        | 2,41          | 7,00          | VERIFICATO |
| TERRA                             | 3.1 SCOLMATORE 1                                                 | 100-150                              | 359,08                | 62,55       | 1243,00     | 27,17        | 746,00       | 1,70          | 75,00         | VERIFICATO |
| TERRA                             | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paole Longa (attacco da 2 lati) | 340,00                               | 63,62                 | 876,31      | 1703,00     | 265,07       | 1022,00      | 25,79         | 102,00        | VERIFICATO |
| TERRA                             | 4.2 - Galleria cut&cover Paole Longa                             | 340,00                               | 453,24                | 103,41      | 692,00      | 36,99        | 415,00       | 2,92          | 41,00         | VERIFICATO |
| TERRA                             | 4.3 - Galleria Naturale Paole Longa (attacco da 1 lato)          | 100-150                              | 111,51                | 267,76      | 865,00      | 81,63        | 519,00       | 7,90          | 52,00         | VERIFICATO |
| TERRA                             | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus                          | 100-150                              | 443,24                | 65,14       | 507,00      | 26,34        | 304,00       | 1,73          | 30,00         | VERIFICATO |
| TERRA                             | 6.1 SELIGHEDDU                                                   | 50-100                               | 162,25                | 171,70      | 315,00      | 54,71        | 189,00       | 4,95          | 19,00         | VERIFICATO |
| TERRA                             | 6.2 SAN NICOLA                                                   | 0-50                                 | 109,11                | 25,54       | 138,00      | 11,70        | 83,00        | 0,61          | 8,00          | VERIFICATO |
| TERRA                             | 6.3 FOCE CANALE ZOZO                                             | 0-50                                 | 5,99                  | 26,47       | 173,00      | 12,11        | 104,00       | 0,63          | 10,00         | VERIFICATO |
| TERRA                             | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa                    | 0-50                                 | 8,08                  | 27,32       | 173,00      | 12,50        | 104,00       | 0,64          | 10,00         | VERIFICATO |

Tabella 1-26: Emissioni globali con mitigazione e confronto con i limiti di emissione

Dal confronto tra i limiti di emissione e le effettive produzioni di polvere su base oraria si osserva che con le mitigazioni attuate mediante la bagnatura dei materiali di scavo, la copertura dei cumuli, la copertura delle terre durante il trasporto, la bagnatura delle piste, è possibile contenere le emissioni entro i limiti previsti senza dover adottare misure ulteriori.

### 1.3.1.3 Formazione dei rilevati

Si pone ora attenzione alle operazioni relative alla formazione dei rilevati previsti nell'area Colcò e Cimitero.

I materiali considerati percorreranno la pista di cantiere per una lunghezza media di circa 150 m per quanto riguarda l'area di Colcò e di 100 m per quanto riguarda l'area del Cimitero, e in queste due zone dovranno essere stesi e compattati per la formazione dei rilevati. Per il calcolo delle emissioni di particolato generate da questa attività si considerano quindi tre

fasi:

- Transito su pista non asfaltata;
- Scarico dei materiali nelle aree preposte;
- Stesa e compattazione del materiale

La determinazione dei livelli di emissione delle polveri su base oraria è condotta analogamente a quanto descritto nel precedente paragrafo. Relativamente alla compattazione si è assunto un rullo da 11,4 Mg che percorre la lunghezza media di 150 m a Colcò e 100 m nell'area del Cimitero, con velocità di avanzamento di circa 5 km/h. Il fattore Emissivo per il transito del rullo espresso in Kg/km è pari a 2,21 per il PTS, 0,68 per il PM10 e 1,59 per il PM2,5.

Di seguito si riportano i dati relativi ai materiali in arrivo all'area del cimitero e di Colcò.

| LOTTO   | Luogo di produzione                           | Luogo di Riutilizzo | Quantità (mc) | Quantità (t) - Peso specifico | Durata lavori [giorni] | Durata lavori [ore] | Materiale trattato tonn/ora | N° di viaggi/h | Durata scarico [ore] | Scarico orario a mezzo | Numero mezzi |
|---------|-----------------------------------------------|---------------------|---------------|-------------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------------|----------------|----------------------|------------------------|--------------|
| LOTTO 1 | 1.1 SCOLMATORE 2                              | Area Cimitero       | 60512         | 509409,00                     | 16,48                  | 197,81              | 2575,23                     | 18,36          | 302,65               | 1683,16                | 2,00         |
|         | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA                | Area Cimitero       | 3524          | 9123,84                       | 0,96                   | 11,52               | 792,01                      | 18,36          | 17,63                | 517,66                 | 1,00         |
|         | 1.3 CABU ABBAS                                | Area Cimitero       | 14000         | 25200,00                      | 3,81                   | 45,77               | 550,63                      | 18,36          | 70,02                | 359,89                 | 2,00         |
|         | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA                 | Area Cimitero       | 8612          | 19794,60                      | 2,35                   | 28,15               | 703,13                      | 18,36          | 43,07                | 459,56                 | 2,00         |
|         | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU                 | Area Cimitero       | 14273,4       | 43350,84                      | 3,89                   | 46,66               | 929,10                      | 18,36          | 71,39                | 607,25                 | 2,00         |
|         | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA                  | Area Cimitero       | 3760          | 6948,00                       | 1,02                   | 12,29               | 565,28                      | 18,36          | 18,81                | 369,46                 | 1,00         |
|         | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA                | Area Cimitero       | 23800         | 48060,00                      | 6,48                   | 77,80               | 617,73                      | 18,36          | 119,04               | 403,74                 | 2,00         |
| LOTTO 6 | 6.1 SELIGHEDDU                                | Area Cimitero       | 41260         | 116820,00                     | 85,27                  | 1023,24             | 114,17                      | 2,42           | 206,36               | 566,09                 | 2,00         |
|         | 6.2 SAN NICOLA                                | Area Cimitero       | 43609,6       | 78555,60                      | 57,34                  | 688,08              | 114,17                      | 3,80           | 218,11               | 360,16                 | 2,00         |
|         | 6.3 FOCE CANALE ZOZO                          | Area Cimitero       | 2363          | 4311,00                       | 3,15                   | 37,76               | 114,17                      | 3,76           | 11,82                | 364,77                 | 1,00         |
|         | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa | Area Cimitero       | 3230          | 5814,00                       | 4,24                   | 50,93               | 114,17                      | 3,81           | 16,15                | 359,89                 | 1,00         |

Tabella 1-27: Dati sui volumi dei materiali destinati all'area del cimitero

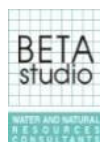
| LOTTO   | Luogo di produzione                                              | Luogo di Riutilizzo | Quantità (mc) | Quantità (t) - Peso specifico | Durata lavori [giorni] | Durata lavori [ore] | Materiale trattato/ora | N° di viaggi/h | Durata scarico [ore] | Scarico orario a mezzo | Numero mezzi di scavo |
|---------|------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------|-------------------------------|------------------------|---------------------|------------------------|----------------|----------------------|------------------------|-----------------------|
| LOTTO 2 | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO                                 | Area Colcò          | 155400        | 279720,00                     | 194,25                 | 1554,00             | 180,00                 | 6,0024         | 777,23               | 359,89                 | 1,00                  |
|         | 2.2 GADDURESU                                                    | Area Colcò          | 78925         | 147825,00                     | 51,33                  | 410,63              | 360,00                 | 12,0048        | 394,74               | 374,48                 | 2,00                  |
|         | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu                           | Area Colcò          | 103000        | 185400,00                     | 64,38                  | 515,00              | 360,00                 | 12,0048        | 515,15               | 359,89                 | 2,00                  |
|         | 2.4 UA NIEDDA                                                    | Area Colcò          | 62030         | 111654,00                     | 35,24                  | 281,95              | 396,00                 | 13,2053        | 310,24               | 359,89                 | 2,00                  |
|         | 2.5 PASANA                                                       | Area Colcò          | 12990         | 23382,00                      | 16,24                  | 129,90              | 180,00                 | 6,0024         | 64,97                | 359,89                 | 1,00                  |
|         | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE                             | Area Colcò          | 52905         | 118989,00                     | 41,32                  | 330,53              | 360,00                 | 12,0048        | 264,60               | 449,69                 | 2,00                  |
| LOTTO 4 | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paule Longa (attacco da 2 lati) | Area Colcò          | 50892         | 157647,60                     | 31,81                  | 254,46              | 619,54                 | 13,0048        | 254,54               | 619,35                 | 2,00                  |
|         | 4.2 - Galleria cut&cover Paule Longa                             | Area Colcò          | 87598         | 717926,40                     | 249,28                 | 1994,24             | 360,00                 | 12,0048        | 438,12               | 1638,65                | 2,00                  |
|         | 4.3 - Galleria Naturale Paule Longa (attacco da 1 lato)          | Area Colcò          | 44605         | 96921,00                      | 55,76                  | 446,05              | 217,29                 | 0,4000         | 223,09               | 434,44                 | 1,00                  |
| LOTTO 5 | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus                          | Area Colcò          | 400000        | 765910,80                     | 81,13                  | 649,00              | 1180,14                | 14,4058        | 2000,60              | 382,84                 | 2,00                  |

Tabella 1-28: Dati sui volumi dei materiali destinati all'area Colco'

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



Nelle tabelle seguenti, sono rappresentati i calcoli delle emissioni delle polveri per le tre fasi sopracitate con e senza le mitigazioni:

|         |                                               |                     | FASE DI<br>TRASPORTO | FASE DI<br>SCARICO | RILEVATI         | FASE DI<br>TRASPORTO | FASE DI<br>SCARICO | RILEVATI        | FASE DI<br>TRASPORTO | FASE DI<br>SCARICO | RILEVATI         | TOTALE PTS       | TOTALE<br>PM10  | TOTALE<br>PM2,5 | TOTALE<br>PTS  | TOTALE<br>PM10 | TOTALE<br>PM2,5 |
|---------|-----------------------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------|------------------|----------------------|--------------------|-----------------|----------------------|--------------------|------------------|------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| LOTTO   | Luogo di produzione                           | Luogo di Riutilizzo | PTS [g/ora]          | PTS [g/ora]        | PTS [g/ora]      | PM10<br>[g/ora]      | PM10<br>[g/ora]    | PM10<br>[g/ora] | PM2,5<br>[g/ora]     | PM2,5<br>[g/ora]   | PM2,5<br>[g/ora] | [g/ora]          | [g/ora]         | [g/ora]         | [g/ora]        | [g/ora]        | [g/ora]         |
| LOTTO 1 | 1.1 SCOLMATORE 2                              | Area Cimitero       | 6142,48              | 44,77              | 22149,04         | 1815,39              | 26,93              | 6789,16         | 181,54               | 0,28               | 678,92           | 28336,29         | 8631,48         | 860,73          | 192,43         | 58,61          | 5,85            |
|         | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA                | Area Cimitero       | 6142,48              | 6,88               | 11074,52         | 1815,39              | 8,28               | 3394,58         | 181,54               | 0,04               | 339,46           | 17223,88         | 5218,25         | 521,04          | 141,03         | 42,73          | 4,27            |
|         | 1.3 CABU ABBAS                                | Area Cimitero       | 6142,48              | 9,57               | 22149,04         | 1815,39              | 2,88               | 6789,16         | 181,54               | 0,06               | 678,92           | 28301,09         | 8607,43         | 860,51          | 309,52         | 94,14          | 9,41            |
|         | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA                 | Area Cimitero       | 6142,48              | 12,22              | 22149,04         | 1815,39              | 3,68               | 6789,16         | 181,54               | 0,08               | 678,92           | 28303,74         | 8608,22         | 860,53          | 348,04         | 105,85         | 10,58           |
|         | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU                 | Area Cimitero       | 6142,48              | 16,15              | 22149,04         | 1815,39              | 4,86               | 6789,16         | 181,54               | 0,10               | 678,92           | 28307,67         | 8609,40         | 860,55          | 386,59         | 117,58         | 11,75           |
|         | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA                  | Area Cimitero       | 6142,48              | 4,91               | 11074,52         | 1815,39              | 2,96               | 3394,58         | 181,54               | 0,03               | 339,46           | 17221,91         | 5212,92         | 521,03          | 258,62         | 78,28          | 7,82            |
|         | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA                | Area Cimitero       | 6142,48              | 10,74              | 22149,04         | 1815,39              | 3,23               | 6789,16         | 181,54               | 0,07               | 678,92           | 28302,26         | 8607,78         | 860,52          | 463,50         | 140,97         | 14,09           |
| LOTTO 6 | 6.1 SELIGHEDDU                                | Area Cimitero       | 809,67               | 15,06              | 22149,04         | 239,29               | 4,53               | 6789,16         | 23,93                | 0,09               | 678,92           | 22973,76         | 7032,98         | 702,94          | 751,17         | 229,96         | 22,98           |
|         | 6.2 SAN NICOLA                                | Area Cimitero       | 1272,62              | 9,58               | 22149,04         | 376,12               | 2,88               | 6789,16         | 37,61                | 0,06               | 678,92           | 23431,24         | 7168,16         | 716,59          | 797,99         | 244,12         | 24,40           |
|         | 6.3 FOCE CANALE ZOZO                          | Area Cimitero       | 1256,55              | 4,85               | 11074,52         | 371,37               | 2,92               | 3394,58         | 37,14                | 0,03               | 339,46           | 12335,92         | 3768,87         | 376,62          | 436,90         | 133,48         | 13,34           |
|         | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa | Area Cimitero       | 1273,56              | 4,79               | 11074,52         | 376,40               | 2,88               | 3394,58         | 37,64                | 0,03               | 339,46           | 12352,87         | 3773,86         | 377,13          | 454,30         | 138,79         | 13,87           |
|         | <b>TOTALE</b>                                 |                     | <b>47609,76</b>      | <b>139,54</b>      | <b>199341,33</b> | <b>14070,87</b>      | <b>66,02</b>       | <b>61102,45</b> | <b>1407,09</b>       | <b>0,86</b>        | <b>6110,24</b>   | <b>247090,62</b> | <b>75239,34</b> | <b>7518,20</b>  | <b>4540,07</b> | <b>1384,51</b> | <b>138,37</b>   |

Tabella 1-29: Emissioni di particolato generato dalle operazioni nell'area del cimitero

|                     | EMISSIONI POLVERI AREA CIMITERO SENZA MITIGAZIONE |                 |             |                   |                 |              |                   |                 |               |            |             |              | EMISSIONI POLVERI AREA CIMITERO CON MITIGAZIONE |             |              |
|---------------------|---------------------------------------------------|-----------------|-------------|-------------------|-----------------|--------------|-------------------|-----------------|---------------|------------|-------------|--------------|-------------------------------------------------|-------------|--------------|
|                     | FASE DI TRASPORTO                                 | FASE DI SCARICO | RILEVATI    | FASE DI TRASPORTO | FASE DI SCARICO | RILEVATI     | FASE DI TRASPORTO | FASE DI SCARICO | RILEVATI      | TOTALE PTS | TOTALE PM10 | TOTALE PM2,5 | TOTALE PTS                                      | TOTALE PM10 | TOTALE PM2,5 |
|                     | PTS [g/ora]                                       | PTS [g/ora]     | PTS [g/ora] | PM10 [g/ora]      | PM10 [g/ora]    | PM10 [g/ora] | PM2,5 [g/ora]     | PM2,5 [g/ora]   | PM2,5 [g/ora] | [g/ora]    | [g/ora]     | [g/ora]      | [g/ora]                                         | [g/ora]     | [g/ora]      |
| Luogo di Riutilizzo |                                                   |                 |             |                   |                 |              |                   |                 |               |            |             |              |                                                 |             |              |
| Area Colcò          | 3011,92                                           | 4,79            | 11074,52    | 890,16            | 2,88            | 339,46       | 89,02             | 0,03            | 339,46        | 14091,23   | 1232,50     | 428,50       | 249,93                                          | 21,86       | 7,60         |
| Area Colcò          | 6023,85                                           | 9,96            | 22149,04    | 1780,32           | 5,99            | 678,92       | 178,03            | 0,06            | 678,92        | 28182,85   | 2465,23     | 857,01       | 499,07                                          | 43,66       | 15,18        |
| Area Colcò          | 6023,85                                           | 9,57            | 22149,04    | 1780,32           | 5,76            | 678,92       | 178,03            | 0,06            | 678,92        | 28182,46   | 2465,00     | 857,01       | 537,39                                          | 47,00       | 16,34        |
| Area Colcò          | 6626,23                                           | 9,57            | 22149,04    | 1958,36           | 5,76            | 678,92       | 195,84            | 0,06            | 678,92        | 28784,84   | 2643,03     | 874,81       | 588,03                                          | 53,99       | 17,87        |
| Area Colcò          | 3011,92                                           | 4,79            | 11074,52    | 890,16            | 2,88            | 339,46       | 89,02             | 0,03            | 339,46        | 14091,23   | 1232,50     | 428,50       | 326,59                                          | 28,57       | 9,93         |
| Area Colcò          | 6023,85                                           | 11,96           | 22149,04    | 1780,32           | 7,19            | 678,92       | 178,03            | 0,07            | 678,92        | 28184,85   | 2466,44     | 857,02       | 652,43                                          | 57,09       | 19,84        |
| Area Colcò          | 6525,63                                           | 16,47           | 22149,04    | 1928,63           | 9,91            | 678,92       | 192,86            | 0,10            | 678,92        | 28691,15   | 2617,45     | 871,88       | 715,05                                          | 65,23       | 21,73        |
| Area Colcò          | 6023,85                                           | 43,59           | 22149,04    | 1780,32           | 26,22           | 678,92       | 178,03            | 0,27            | 678,92        | 28216,47   | 2485,46     | 857,22       | 768,29                                          | 67,67       | 23,34        |
| Area Colcò          | 200,71                                            | 5,78            | 11074,52    | 59,32             | 3,48            | 339,46       | 5,93              | 0,04            | 339,46        | 11281,01   | 402,25      | 345,43       | 331,36                                          | 11,82       | 10,15        |
| Area Colcò          | 7228,62                                           | 10,18           | 22149,04    | 2136,39           | 6,13            | 678,92       | 213,64            | 0,06            | 678,92        | 29387,84   | 2821,43     | 892,62       | 880,12                                          | 84,50       | 26,73        |
| TOTALE              | 50700,45                                          | 126,67          | 188266,81   | 14984,31          | 76,19           | 5770,79      | 1498,43           | 0,78            | 5770,79       | 239093,92  | 20831,29    | 7270,00      | 5548,26                                         | 481,39      | 168,71       |

Tabella 1-30: Emissioni di particolato generato dalle operazioni nell'area Colcò

Una volta determinati i livelli di emissione delle polveri per le due aree si sono confrontati con i limiti di emissione fissati nelle linee guida ARPAT, l'esito del confronto è stato riportato nelle seguenti tabelle.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

|         |                                               |                     | TOTALE PTS     | Valori limite per<br>recettore a<br>distanza<br>compresa tra 100<br>e 150 m | TOTALE PM10    | Valori<br>limite per<br>recettore a<br>distanza<br>compresa<br>tra 100 e<br>150 m | TOTALE<br>PM2,5 | Valori limite<br>per recettore<br>a distanza<br>compresa tra<br>100 e 150 m | VERIFICA   |
|---------|-----------------------------------------------|---------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------|
| LOTTO   | Luogo di produzione                           | Luogo di Riutilizzo | [g/ora]        | [g/ora]                                                                     | [g/ora]        | [g/ora]                                                                           | [g/ora]         | [g/ora]                                                                     |            |
| LOTTO 1 | 1.1 SCOLMATORE 2                              | Area Cimitero       | 192,43         | 1243,00                                                                     | 58,61          | 746,00                                                                            | 5,85            | 75                                                                          | Verificato |
|         | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA                | Area Cimitero       | 141,03         | 1243,00                                                                     | 42,73          | 746,00                                                                            | 4,27            | 75                                                                          | Verificato |
|         | 1.3 CABU ABBAS                                | Area Cimitero       | 309,52         | 1243,00                                                                     | 94,14          | 746,00                                                                            | 9,41            | 75                                                                          | Verificato |
|         | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA                 | Area Cimitero       | 348,04         | 1243,00                                                                     | 105,85         | 746,00                                                                            | 10,58           | 75                                                                          | Verificato |
|         | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU                 | Area Cimitero       | 386,59         | 1243,00                                                                     | 117,58         | 746,00                                                                            | 11,75           | 75                                                                          | Verificato |
|         | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA                  | Area Cimitero       | 258,62         | 1243,00                                                                     | 78,28          | 746,00                                                                            | 7,82            | 75                                                                          | Verificato |
|         | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA                | Area Cimitero       | 463,50         | 1243,00                                                                     | 140,97         | 746,00                                                                            | 14,09           | 75                                                                          | Verificato |
| LOTTO 6 | 6.1 SELIGHEDDU                                | Area Cimitero       | 751,17         | 1243,00                                                                     | 229,96         | 746,00                                                                            | 22,98           | 75                                                                          | Verificato |
|         | 6.2 SAN NICOLA                                | Area Cimitero       | 797,99         | 1243,00                                                                     | 244,12         | 746,00                                                                            | 24,40           | 75                                                                          | Verificato |
|         | 6.3 FOCE CANALE ZOZO                          | Area Cimitero       | 436,90         | 1243,00                                                                     | 133,48         | 746,00                                                                            | 13,34           | 75                                                                          | Verificato |
|         | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa | Area Cimitero       | 454,30         | 1243,00                                                                     | 138,79         | 746,00                                                                            | 13,87           | 75                                                                          | Verificato |
|         | <b>TOTALE</b>                                 |                     | <b>4540,07</b> |                                                                             | <b>1384,51</b> |                                                                                   | <b>138,37</b>   |                                                                             |            |

Tabella 1-31: Verifica emissioni polveri area Cimitero

|         |                                                                  |                     | TOTALE PTS     | Valori limite per<br>recettore | TOTALE PM10    | Valori<br>limite per<br>recettore | TOTALE<br>PM2,5 | Valori limite<br>per recettore | DISTANZA<br>RECETTORE | DURATA<br>LAVORI | VERIFICA   |
|---------|------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------|--------------------------------|----------------|-----------------------------------|-----------------|--------------------------------|-----------------------|------------------|------------|
| LOTTO   | Luogo di produzione                                              | Luogo di Riutilizzo | [g/ora]        | [g/ora]                        | [g/ora]        | [g/ora]                           | [g/ora]         | [g/ora]                        | m                     | GIORNI           |            |
| LOTTO 2 | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO                                 | Area Colcò          | 238,78         | 375                            | 72,75          | 225,00                            | 7,27            | 22                             | 50-100                | 163,67           | Verificato |
|         | 2.2 GADDURESU                                                    | Area Colcò          | 434,60         | 607                            | 132,80         | 364,00                            | 13,27           | 36                             | 50-100                | 83,12            | Verificato |
|         | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu                           | Area Colcò          | 467,97         | 865                            | 143,00         | 225,00                            | 14,29           | 52                             | 100-150               | 108,48           | Verificato |
|         | 2.4 UA NIEDDA                                                    | Area Colcò          | 501,35         | 1243,00                        | 153,20         | 364                               | 15,31           | 75                             | 100-150               | 65,33            | Verificato |
|         | 2.5 PASANA                                                       | Area Colcò          | 312,02         | 607,00                         | 95,07          | 364                               | 9,50            | 36                             | 50-100                | 13,68            | Verificato |
|         | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE                             | Area Colcò          | 568,16         | 1243,00                        | 173,63         | 746                               | 17,35           | 75                             | 100-150               | 55,72            | Verificato |
| LOTTO 4 | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paole Longa (attacco da 2 lati) | Area Colcò          | 640,52         | 1243,00                        | 195,49         | 746                               | 19,53           | 75                             | 100-150               | 36,13            | Verificato |
|         | 4.2 - Galleria cut&cover Paole Longa                             | Area Colcò          | 700,52         | 1243,00                        | 214,02         | 746                               | 21,34           | 75                             | 100-150               | 62,20            | Verificato |
|         | 4.3 - Galleria Naturale Paole Longa (attacco da 1 lato)          | Area Colcò          | 429,30         | 1243,00                        | 130,50         | 746                               | 13,04           | 75                             | 100-150               | 31,67            | Verificato |
| LOTTO 5 | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus                          | Area Colcò          | 738,80         | 1013,00                        | 225,72         | 304                               | 22,56           | 41                             | 150 - 200             | 400,00           | Verificato |
|         | <b>TOTALE</b>                                                    |                     | <b>5032,01</b> |                                | <b>1536,18</b> |                                   | <b>153,45</b>   |                                |                       |                  |            |

Tabella 1-32: Verifica emissioni polveri area Colcò

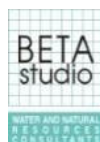
Le verifiche sui livelli di emissione delle polveri PTS, PM10 e PM2.5 relative ai singoli cantieri e alle aree di deposito temporaneo ha evidenziato come i valori sia tali da non richiedere modellazioni dedicate salvo applicare le mitigazioni previste quali: bagnatura dei materiali e delle piste di cantiere, copertura dei mezzi in transito e dei cumuli. Relativamente al cumulo dei cantieri si è verificata la distanza tra i recettori e i cantieri più prossimi operativi nel medesimo periodo osservando che le distanze sono piuttosto elevate, superiori ai 500 m, distanza tale da vedere depositate le polveri prima che giungano al recettore.

La verifica in fase di realizzazione delle opere dell'efficacia delle misure di mitigazione adottate avviene mediante il monitoraggio ambientale definito nello specifico documento

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



facente parte dello SIA e al quale si rimanda per i dettagli relativi alla componente aria.

### 1.3.2 Stima delle emissioni inquinanti NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>

Per il calcolo delle emissioni inquinanti si applica la formula del modello COPERT (Computer programme to calculate emissions from road traffic), realizzato dall'European Environmental Agency (EEA), ossia:

$$E = E_{\text{hot}} + E_{\text{cold}} + E_{\text{evap}}$$

Dove:

**E<sub>hot</sub>** = emissioni a caldo, ovvero quelle dei veicoli che hanno raggiunto la temperatura di esercizio;

**E<sub>cold</sub>** = emissioni a freddo, ovvero le emissioni dei veicoli durante il riscaldamento (con T dell'acqua < 70 °C);

**E<sub>evap</sub>** = emissioni evaporative costituite dai soli COVNM (Composti Organici Volatili Non Metanici);

Nel nostro caso poiché trattasi di veicoli (Camion/Autocarri) a diesel, si farà riferimento alle sole emissioni hot riferite ai tratti sterrati di cantiere ed a quelli urbani/extraurbani asfaltati. L'equazione da applicare sarà quindi:

$$E_{\text{hot}} = n_j * m_{j,k} * e_{i,j,k} \text{ (g/km)}$$

**n<sub>j</sub>** = numero dei veicoli alla classe j-esima;

**m<sub>j,k</sub>** = distanza percorsa da ogni veicolo della categoria j su strada di classe k;

**e<sub>i,j,k</sub>** = fattore di emissione per l'inquinante i, rilevato per i veicoli della categoria j, su strada di classe k,

Di seguito, la tabella riguardante i fattori di emissione sopracitati:

| e (g/km) per mezzi EURO 3 |        |        |        |                 |        |
|---------------------------|--------|--------|--------|-----------------|--------|
| NOx                       |        | CO     |        | CO <sub>2</sub> |        |
| Urbano                    | Rurale | Urbano | Rurale | Urbano          | Rurale |
| 2,81                      | 4,46   | 0,78   | 1,36   | 712,37          | 1130,8 |

Tabella 1-33: fattori di emissione per mezzi Euro 3

Sono state calcolate le distanze percorse da ogni mezzo e le emissioni complessive dei mezzi, con l'applicazione della formula ( $E_{hot}$ ). Le emissioni sono poi state moltiplicate per le distanze, ottenendo così le masse di ogni inquinante prodotto al passaggio dei mezzi in ogni tratto. I dati sopracitati sono riportati nella tabella sottostante:

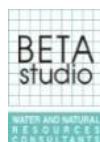
|         |   |   |                                         |                                |                                 |                                   | NOx [g]                                |              |           |          | CO [g] |           |          | CO <sub>2</sub> [g] |           |          |          |  |  |  |
|---------|---|---|-----------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|--------------|-----------|----------|--------|-----------|----------|---------------------|-----------|----------|----------|--|--|--|
|         |   |   | Cantieri di Produzione delle terre      | Lunghezza strada sterrata [Km] | Lunghezza strada asfaltata [Km] | Lunghezza tratti complessivi (km) | Sito di destinazione finale            | Flussi orari | Asfaltata | Sterrata | Somma  | Asfaltata | Sterrata | Somma               | Asfaltata | Sterrata | Somma    |  |  |  |
| LOTTO 1 | 1 | 1 | Scolmatore 2                            | 0,10                           | 11,80                           | 11,90                             | Cantiere C - Cimilitero                | 0,78         | 25,86     | 0,35     | 26,21  | 7,18      | 0,11     | 7,29                | 6556,65   | 88,20    | 6644,86  |  |  |  |
|         | 1 | 2 | Opere di presa Abba Fritta              | 0,10                           | 11,40                           | 11,50                             |                                        | 2,5          | 80,09     | 1,12     | 81,20  | 22,23     | 0,34     | 22,57               | 20302,55  | 282,70   | 20585,25 |  |  |  |
|         | 1 | 3 | Cabu Abbas                              | 0,00                           | 15,10                           | 15,10                             |                                        | 1,8          | 76,38     | 0,00     | 76,38  | 21,20     | 0,00     | 21,20               | 19362,22  | 0,00     | 19362,22 |  |  |  |
|         | 1 | 4 | Opera di presa San Nicola               | 0,50                           | 9,50                            | 10,00                             |                                        | 1,41         | 37,64     | 3,14     | 40,78  | 10,45     | 0,96     | 11,41               | 9542,20   | 797,21   | 10339,41 |  |  |  |
|         | 1 | 5 | Opera di presa Seligheddu               | 1,50                           | 8,00                            | 9,50                              |                                        | 1,07         | 24,05     | 7,16     | 31,21  | 6,68      | 2,18     | 8,86                | 6097,89   | 1814,93  | 7912,82  |  |  |  |
|         | 1 | 6 | Opera di presa Pasana                   | 0,30                           | 6,80                            | 7,10                              |                                        | 1,75         | 33,44     | 2,34     | 35,78  | 9,28      | 0,71     | 10,00               | 8477,20   | 593,67   | 9070,87  |  |  |  |
|         | 1 | 7 | Opera di presa Paole Longa              | 1,00                           | 4,60                            | 5,60                              |                                        | 1,61         | 20,81     | 7,18     | 27,99  | 5,78      | 2,19     | 7,97                | 5275,81   | 1820,59  | 7096,40  |  |  |  |
| LOTTO 2 | 2 | 1 | Scolmatore San Nicola - Zoò             | 0,30                           | 7,90                            | 8,20                              | Cantiere B - Colò (Porzione n.3)       | 1,8          | 39,96     | 2,41     | 42,37  | 11,09     | 0,73     | 11,83               | 10129,90  | 610,63   | 10740,53 |  |  |  |
|         | 2 | 2 | Gadduresu                               | 0,30                           | 7,90                            | 8,20                              |                                        | 3,6          | 79,92     | 4,82     | 84,73  | 22,18     | 1,47     | 23,65               | 20259,80  | 1221,26  | 21481,07 |  |  |  |
|         | 2 | 3 | Deviatore Gadduresu - Seligheddu        | 0,00                           | 7,90                            | 7,90                              |                                        | 3,6          | 79,92     | 0,00     | 79,92  | 22,18     | 0,00     | 22,18               | 20259,80  | 0,00     | 20259,80 |  |  |  |
|         | 2 | 4 | Ua Niedda                               | 0,00                           | 8,10                            | 8,10                              |                                        | 3,6          | 81,94     | 0,00     | 81,94  | 22,74     | 0,00     | 22,74               | 20772,71  | 0,00     | 20772,71 |  |  |  |
|         | 2 | 5 | Pasana                                  | 0,40                           | 7,10                            | 7,50                              |                                        | 1,8          | 35,91     | 3,21     | 39,12  | 9,97      | 0,98     | 10,95               | 9104,09   | 814,18   | 9918,26  |  |  |  |
|         | 2 | 6 | Deviatore Paole Longa e Tannaule        | 0,20                           | 4,10                            | 4,30                              |                                        | 2,88         | 33,18     | 2,57     | 35,75  | 9,21      | 0,78     | 9,99                | 8411,66   | 651,34   | 9063,01  |  |  |  |
|         |   |   |                                         |                                |                                 |                                   |                                        |              |           |          |        |           |          |                     |           |          |          |  |  |  |
| LOTTO 3 | 3 | 1 | Scolmatore 1, tratto Seligheddu-Pasana  | 0                              | 6,10                            | 6,10                              | Cantiere B - Colò                      | 0,03         | 0,51      | 0,00     | 0,51   | 0,14      | 0,00     | 0,14                | 128,63    | 0,00     | 128,63   |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0                              | 14,50                           | 14,50                             | Cantiere C - Azza Ruja                 | 3,16         | 128,77    | 0,00     | 128,77 | 35,74     | 0,00     | 35,74               | 32644,91  | 0,00     | 32644,91 |  |  |  |
| LOTTO 4 | 4 | 1 | Galleria naturale Pasana - Paole Longa  | 0,30                           | 2,80                            | 3,10                              | Cantiere B - Colò (Porzione n.2)       | 1,50         | 11,80     | 2,01     | 13,81  | 3,28      | 0,61     | 3,89                | 2991,95   | 508,86   | 3500,81  |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 3,10                           | 10,60                           | 13,70                             | Cantiere 1.3                           | 0,40         | 11,91     | 5,53     | 17,44  | 3,31      | 1,69     | 4,99                | 3020,45   | 1402,19  | 4422,64  |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 3,10                           | 5,10                            | 8,20                              | Cantiere 1.4                           | 0,01         | 0,14      | 0,14     | 0,28   | 0,04      | 0,04     | 0,08                | 36,33     | 35,05    | 71,39    |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 3,10                           | 5,00                            | 8,10                              | Cantiere 1.5                           | 0,03         | 0,42      | 0,41     | 0,84   | 0,12      | 0,13     | 0,24                | 106,86    | 105,16   | 212,02   |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 3,10                           | 2,40                            | 5,50                              | Cantiere 1.6                           | 0,01         | 0,07      | 0,14     | 0,21   | 0,02      | 0,04     | 0,06                | 17,10     | 35,05    | 52,15    |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 3,10                           | 1,80                            | 4,90                              | Cantiere 6.1                           | 0,67         | 3,39      | 9,26     | 12,65  | 0,94      | 2,82     | 3,77                | 859,12    | 2348,67  | 3207,79  |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 3,10                           | 4,20                            | 7,30                              | Cantiere 2.1                           | 0,10         | 1,18      | 1,38     | 2,56   | 0,33      | 0,42     | 0,75                | 299,20    | 350,55   | 649,74   |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,30                           | 2,80                            | 3,10                              | Cantiere B - Colò (Porzione n.2)       | 0,79         | 6,22      | 1,05     | 7,27   | 1,73      | 0,32     | 2,05                | 1575,76   | 268,00   | 1843,76  |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 2,10                            | 2,10                              | Cantiere B - Colò (Porzione n.2)       | 1,80         | 10,62     | 0,00     | 10,62  | 2,95      | 0,00     | 2,95                | 2692,76   | 0,00     | 2692,76  |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 9,30                            | 9,30                              | Cantiere 2.2                           | 0,07         | 1,83      | 0,00     | 1,83   | 0,51      | 0,00     | 0,51                | 463,75    | 0,00     | 463,75   |  |  |  |
| LOTTO 4 | 4 | 3 | Galleria naturale Paole Longa           | 0,00                           | 8,60                            | 8,60                              | Cantiere 2.3                           | 0,05         | 1,21      | 0,00     | 1,21   | 0,34      | 0,00     | 0,34                | 306,32    | 0,00     | 306,32   |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 8,80                            | 8,80                              | Cantiere 2.4                           | 0,14         | 3,46      | 0,00     | 3,46   | 0,96      | 0,00     | 0,96                | 877,64    | 0,00     | 877,64   |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 7,70                            | 7,70                              | Cantiere 2.5                           | 0,05         | 1,08      | 0,00     | 1,08   | 0,30      | 0,00     | 0,30                | 274,26    | 0,00     | 274,26   |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 6,30                            | 6,30                              | Cantiere 2.6                           | 0,07         | 1,24      | 0,00     | 1,24   | 0,34      | 0,00     | 0,34                | 314,16    | 0,00     | 314,16   |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 12,40                           | 12,40                             | Cantiere 6.2                           | 0,09         | 3,14      | 0,00     | 3,14   | 0,87      | 0,00     | 0,87                | 795,00    | 0,00     | 795,00   |  |  |  |
|         |   |   |                                         |                                |                                 |                                   |                                        |              |           |          |        |           |          |                     |           |          |          |  |  |  |
|         |   |   |                                         |                                |                                 |                                   |                                        |              |           |          |        |           |          |                     |           |          |          |  |  |  |
|         |   |   |                                         |                                |                                 |                                   |                                        |              |           |          |        |           |          |                     |           |          |          |  |  |  |
|         |   |   |                                         |                                |                                 |                                   |                                        |              |           |          |        |           |          |                     |           |          |          |  |  |  |
|         |   |   |                                         |                                |                                 |                                   |                                        |              |           |          |        |           |          |                     |           |          |          |  |  |  |
| LOTTO 5 | 5 | 1 | Opera di scarico nel Padrongianus       | 0,00                           | 2,10                            | 2,10                              | Cantiere B - Colò (Porzione n.1 e n.3) | 3,39         | 20,00     | 0,00     | 20,00  | 5,55      | 0,00     | 5,55                | 5071,36   | 0,00     | 5071,36  |  |  |  |
| LOTTO 6 | 6 | 1 | Seligheddu                              | 0,10                           | 5,80                            | 5,90                              | Cantiere B - Colò                      | 0,01         | 0,19      | 0,01     | 0,20   | 0,05      | 0,00     | 0,05                | 48,23     | 1,32     | 49,55    |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,10                           | 6,30                            | 6,40                              | Cantiere C - Cimilitero                | 0,46         | 8,20      | 0,21     | 8,41   | 2,28      | 0,06     | 2,34                | 2078,54   | 52,37    | 2130,91  |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 24,50                           | 24,50                             | Spiritu Santu                          | 0,45         | 31,11     | 0,00     | 31,11  | 8,64      | 0,00     | 8,64                | 7887,29   | 0,00     | 7887,29  |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 3,00                            | 3,00                              | Cantiere D - Pittulongu                | 0,21         | 1,80      | 0,00     | 1,80   | 0,50      | 0,00     | 0,50                | 455,79    | 0,00     | 455,79   |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 11,90                           | 11,90                             | Cantiere B - Colò                      | 0,00         | 0,02      | 0,00     | 0,02   | 0,01      | 0,00     | 0,01                | 5,61      | 0,00     | 5,61     |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 12,40                           | 12,40                             | Cantiere C - Cimilitero                | 0,89         | 31,06     | 0,00     | 31,06  | 8,62      | 0,00     | 8,62                | 7873,83   | 0,00     | 7873,83  |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 24,50                           | 24,50                             | Spiritu Santu                          | 0,60         | 41,37     | 0,00     | 41,37  | 11,48     | 0,00     | 11,48               | 10488,07  | 0,00     | 10488,07 |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 3,00                            | 3,00                              | Cantiere D - Pittulongu                | 0,33         | 2,76      | 0,00     | 2,76   | 0,77      | 0,00     | 0,77                | 698,91    | 0,00     | 698,91   |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 11,90                           | 11,90                             | Cantiere B - Colò                      | 0,005        | 0,15      | 0,00     | 0,15   | 0,04      | 0,00     | 0,04                | 38,46     | 0,00     | 38,46    |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 12,40                           | 12,40                             | Cantiere C - Cimilitero                | 0,34         | 11,67     | 0,00     | 11,67  | 3,24      | 0,00     | 3,24                | 2959,59   | 0,00     | 2959,59  |  |  |  |
| LOTTO 6 | 6 | 3 | Foce canale Zoò                         | 0,00                           | 0,00                            | 0,00                              | Spiritu Santu                          | 0,00         | 0,00      | 0,00     | 0,00   | 0,00      | 0,00     | 0,00                | 0,00      | 0,00     | 0,00     |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 11,90                           | 11,90                             | Cantiere D - Pittulongu                | 4,46         | 12,31     | 0,00     | 12,31  | 3,42      | 0,00     | 3,42                | 3121,07   | 0,00     | 3121,07  |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 12,40                           | 12,40                             | Cantiere B - Colò                      | 0            | 0,00      | 0,00     | 0,00   | 0,00      | 0,00     | 0,00                | 0,00      | 0,00     | 0,00     |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 12,40                           | 12,40                             | Cantiere C - Cimilitero                | 1,8          | 62,72     | 0,00     | 62,72  | 17,41     | 0,00     | 17,41               | 15900,10  | 0,00     | 15900,10 |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 0,00                            | 0,00                              | Spiritu Santu                          | 0            | 0,00      | 0,00     | 0,00   | 0,00      | 0,00     | 0,00                | 0,00      | 0,00     | 0,00     |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 3,00                            | 3,00                              | Cantiere D - Pittulongu                | 0            | 0,00      | 0,00     | 0,00   | 0,00      | 0,00     | 0,00                | 0,00      | 0,00     | 0,00     |  |  |  |
|         |   |   |                                         |                                |                                 |                                   |                                        |              |           |          |        |           |          |                     |           |          |          |  |  |  |
|         |   |   |                                         |                                |                                 |                                   |                                        |              |           |          |        |           |          |                     |           |          |          |  |  |  |
|         |   |   |                                         |                                |                                 |                                   |                                        |              |           |          |        |           |          |                     |           |          |          |  |  |  |
|         |   |   |                                         |                                |                                 |                                   |                                        |              |           |          |        |           |          |                     |           |          |          |  |  |  |
| LOTTO 6 | 6 | 4 | Abba Fritta e valle dell'opera di presa | 0,00                           | 12,40                           | 12,40                             | Cantiere C - Cimilitero                | 1,8          | 62,72     | 0,00     | 62,72  | 17,41     | 0,00     | 17,41               | 15900,10  | 0,00     | 15900,10 |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 0,00                            | 0,00                              | Spiritu Santu                          | 0            | 0,00      | 0,00     | 0,00   | 0,00      | 0,00     | 0,00                | 0,00      | 0,00     | 0,00     |  |  |  |
|         |   |   |                                         | 0,00                           | 3,00                            | 3,00                              | Cantiere D - Pittulongu                | 0            | 0,00      | 0,00     | 0,00   | 0,00      | 0,00     | 0,00                | 0,00      | 0,00     | 0,00     |  |  |  |
|         |   |   |                                         |                                |                                 |                                   |                                        |              |           |          |        |           |          |                     |           |          |          |  |  |  |
|         |   |   |                                         |                                |                                 |                                   |                                        |              |           |          |        |           |          |                     |           |          |          |  |  |  |

Tabella 1-34: Masse di inquinante prodotto su tratti stradali

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



## 1.4 Sintesi dei risultati

Le emissioni calcolate per i singoli cantieri (sorgenti) a seguito delle attività sopra descritte sono state cumulate (per singolo cantiere) al fine di valutarne l'impatto complessivo ed il rispetto dei limiti precedentemente citati. Si riportano nelle tabelle seguenti detti risultati.

| LOTTO N°1                         |                             |              |               |                              |              |               |                                      |              |               |             |             |              |              |               |               |            |
|-----------------------------------|-----------------------------|--------------|---------------|------------------------------|--------------|---------------|--------------------------------------|--------------|---------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|------------|
| EMISSIONI GLOBALI CON MITIGAZIONE |                             |              |               |                              |              |               |                                      |              |               |             |             |              |              |               |               |            |
|                                   | EMISSIONE POLVERI PER SCAVO |              |               | EMISSIONE POLVERI PER CARICO |              |               | EMISSIONE POLVERI PER PISTE CANTIERE |              |               | TOTALE PTS  | LIMITE PTS  | TOTALE PM 10 | LIMITE PM 10 | TOTALE PM 2.5 | LIMITE PM 2.5 | VERIFICA   |
| LUOGO DI PRODUZIONE               | PTS (g/ora)                 | PM10 (g/ora) | PM2.5 (g/ora) | PTS (g/ora)                  | PM10 (g/ora) | PM2.5 (g/ora) | PTS (g/ora)                          | PM10 (g/ora) | PM2.5 (g/ora) | PTS (g/ora) | PTS (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM2.5 (g/ora) | PM2.5 (g/ora) |            |
| 1.1 SCOLMATORE 2                  | 1,43                        | 0,86         | 0,01          | 2,93                         | 1,76         | 0,02          | 16,86                                | 4,98         | 0,50          | 21,22       | 122,00      | 7,60         | 73,00        | 0,53          | 7,00          | VERIFICATO |
| 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA    | 1,72                        | 1,03         | 0,01          | 3,54                         | 2,12         | 0,02          | 16,86                                | 4,98         | 0,50          | 22,12       | 1703,00     | 8,14         | 1022,00      | 0,53          | 102,00        | VERIFICATO |
| 1.3 CABU ABBAS                    | 1,15                        | 0,69         | 0,01          | 2,36                         | 1,42         | 0,01          | 4,21                                 | 1,25         | 0,12          | 7,73        | 607,00      | 3,35         | 364,00       | 0,15          | 36,00         | VERIFICATO |
| 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA     | 1,44                        | 0,86         | 0,01          | 2,95                         | 1,77         | 0,02          | 8,43                                 | 2,49         | 0,25          | 12,82       | 173,00      | 5,12         | 104,00       | 0,28          | 10,00         | VERIFICATO |
| 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU     | 1,44                        | 0,86         | 0,01          | 2,95                         | 1,77         | 0,02          | 8,43                                 | 2,49         | 0,25          | 12,82       | 1243,00     | 5,12         | 746,00       | 0,28          | 75,00         | VERIFICATO |
| 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA      | 1,58                        | 0,95         | 0,01          | 3,24                         | 1,95         | 0,02          | 8,43                                 | 2,49         | 0,25          | 13,25       | 607,00      | 5,39         | 364,00       | 0,28          | 36,00         | VERIFICATO |
| 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA    | 1,72                        | 1,03         | 0,01          | 3,54                         | 2,12         | 0,02          | 8,43                                 | 2,49         | 0,25          | 13,69       | 1703,00     | 5,65         | 1022,00      | 0,28          | 102,00        | VERIFICATO |

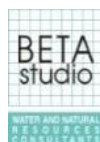
| LOTTO N°2                                       |                                |                 |                  |                                 |                 |                  |                                         |                 |                  |                |                |                 |                 |                  |                  |            |
|-------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------|------------------|---------------------------------|-----------------|------------------|-----------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------|
| EMISSIONI GLOBALI CON MITIGAZIONE               |                                |                 |                  |                                 |                 |                  |                                         |                 |                  |                |                |                 |                 |                  |                  |            |
|                                                 | EMISSIONE POLVERI<br>PER SCAVO |                 |                  | EMISSIONE POLVERI PER<br>CARICO |                 |                  | EMISSIONE POLVERI PER<br>PISTE CANTIERE |                 |                  | TOTALE<br>PTS  | LIMITE<br>PTS  | TOTALE<br>PM 10 | LIMITE<br>PM 10 | TOTALE<br>PM 2.5 | LIMITE<br>PM 2.5 | VERIFICA   |
| LUOGO DI<br>PRODUZIONE                          | PTS<br>(g/ora)                 | PM10<br>(g/ora) | PM2.5<br>(g/ora) | PTS<br>(g/ora)                  | PM10<br>(g/ora) | PM2.5<br>(g/ora) | PTS<br>(g/ora)                          | PM10<br>(g/ora) | PM2.5<br>(g/ora) | PTS<br>(g/ora) | PTS<br>(g/ora) | PM10<br>(g/ora) | PM10<br>(g/ora) | PM2.5<br>(g/ora) | PM2.5<br>(g/ora) |            |
| 2.1<br>SCOLMATORE<br>SAN NICOLA -<br>ZOZO       | 1,87                           | 1,12            | 0,01             | 3,83                            | 2,30            | 0,02             | 4,21                                    | 1,25            | 0,12             | 9,91           | 122,00         | 4,66            | 73,00           | 0,16             | 7,00             | VERIFICATO |
| 2.2<br>GADDURESU                                | 3,73                           | 2,24            | 0,02             | 7,65                            | 4,59            | 0,05             | 8,43                                    | 2,49            | 0,25             | 19,81          | 150,00         | 9,32            | 90,00           | 0,32             | 9,00             | VERIFICATO |
| 2.3 -<br>DEVIATORE<br>GADDURESU -<br>SELIGHEDDU | 4,02                           | 2,41            | 0,02             | 8,24                            | 4,94            | 0,05             | 8,43                                    | 2,49            | 0,25             | 20,68          | 150,00         | 9,84            | 90,00           | 0,33             | 9,00             | VERIFICATO |
| 2.4 UA<br>NIEDDA                                | 4,30                           | 2,58            | 0,03             | 8,83                            | 5,30            | 0,05             | 8,43                                    | 2,49            | 0,25             | 21,56          | 607,00         | 10,37           | 364,00          | 0,33             | 36,00            | VERIFICATO |
| 2.5 PASANA                                      | 2,44                           | 1,46            | 0,02             | 5,01                            | 3,00            | 0,03             | 4,21                                    | 1,25            | 0,12             | 11,66          | 122,00         | 5,71            | 73,00           | 0,17             | 7,00             | VERIFICATO |
| 2.6<br>DEVIATORE                                | 4,88                           | 2,93            | 0,03             | 10,00                           | 6,00            | 0,06             | 8,43                                    | 2,49            | 0,25             | 23,31          | 122,00         | 11,42           | 73,00           | 0,34             | 7,00             | VERIFICATO |

| LOTTO N°3                         |                                |                 |                  |                                 |                 |                  |                                         |                 |                  |                |                |                 |                 |                  |                  |            |
|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------|------------------|---------------------------------|-----------------|------------------|-----------------------------------------|-----------------|------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------|
| EMISSIONI GLOBALI CON MITIGAZIONE |                                |                 |                  |                                 |                 |                  |                                         |                 |                  |                |                |                 |                 |                  |                  |            |
|                                   | EMISSIONE POLVERI<br>PER SCAVO |                 |                  | EMISSIONE POLVERI PER<br>CARICO |                 |                  | EMISSIONE POLVERI PER<br>PISTE CANTIERE |                 |                  | TOTALE<br>PTS  | LIMITE<br>PTS  | TOTALE<br>PM 10 | LIMITE<br>PM 10 | TOTALE<br>PM 2.5 | LIMITE<br>PM 2.5 | VERIFICA   |
| LUOGO DI<br>PRODUZIONE            | PTS<br>(g/ora)                 | PM10<br>(g/ora) | PM2.5<br>(g/ora) | PTS<br>(g/ora)                  | PM10<br>(g/ora) | PM2.5<br>(g/ora) | PTS<br>(g/ora)                          | PM10<br>(g/ora) | PM2.5<br>(g/ora) | PTS<br>(g/ora) | PTS<br>(g/ora) | PM10<br>(g/ora) | PM10<br>(g/ora) | PM2.5<br>(g/ora) | PM2.5<br>(g/ora) |            |
| 3.1<br>SCOLMATORE<br>1            | 7,60                           | 4,56            | 0,05             | 15,58                           | 9,35            | 0,10             | 12,64                                   | 3,74            | 0,37             | 35,82          | 1243,00        | 17,64           | 746,00          | 0,52             | 75,00            | VERIFICATO |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



| LOTTO N°4                                                      |                             |              |                |                              |              |                |                                      |              |                |             |             |              |              |               |               |            |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------|----------------|------------------------------|--------------|----------------|--------------------------------------|--------------|----------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|------------|
| EMISSIONI GLOBALI CON MITIGAZIONE                              |                             |              |                |                              |              |                |                                      |              |                |             |             |              |              |               |               |            |
|                                                                | EMISSIONE POLVERI PER SCAVO |              |                | EMISSIONE POLVERI PER CARICO |              |                | EMISSIONE POLVERI PER PISTE CANTIERE |              |                | TOTALE PTS  | LIMITE PTS  | TOTALE PM 10 | LIMITE PM 10 | TOTALE PM 2.5 | LIMITE PM 2.5 | VERIFICA   |
| LUOGO DI PRODUZIONE                                            | PTS (g/ora)                 | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora)                  | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora)                          | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora) | PTS (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM2.5 (g/ora) | PM2.5 (g/ora) |            |
| 4.1 - GALLERIA NATURALE PASANA-PAOLE LONGA (ATTACCO DA 2 LATI) | 5,25                        | 3,15         | 0,03           | 10,77                        | 6,46         | 0,07           | 50,56                                | 14,94        | 1,49           | 66,57       | 1703,00     | 24,55        | 1022,00      | 1,59          | 102,00        | VERIFICATO |
| 4.2 - GALLERIA CUT&COVER PAOLE LONGA                           | 5,73                        | 3,44         | 0,04           | 11,76                        | 7,06         | 0,07           | 16,86                                | 4,98         | 0,50           | 34,36       | 692,00      | 15,48        | 415,00       | 0,61          | 41,00         | VERIFICATO |
| 4.3 - GALLERIA NATURALE PAOLE LONGA (ATTACCO DA 1 LATO)        | 3,61                        | 2,17         | 0,02           | 7,40                         | 4,44         | 0,05           | 4,21                                 | 1,25         | 0,12           | 15,23       | 865,00      | 7,85         | 519,00       | 0,19          | 52,00         | VERIFICATO |

| LOTTO N°5                                |                             |              |                |                              |              |                |                                      |              |                |             |             |              |              |               |               |            |
|------------------------------------------|-----------------------------|--------------|----------------|------------------------------|--------------|----------------|--------------------------------------|--------------|----------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------------|---------------|------------|
| EMISSIONI GLOBALI CON MITIGAZIONE        |                             |              |                |                              |              |                |                                      |              |                |             |             |              |              |               |               |            |
|                                          | EMISSIONE POLVERI PER SCAVO |              |                | EMISSIONE POLVERI PER CARICO |              |                | EMISSIONE POLVERI PER PISTE CANTIERE |              |                | TOTALE PTS  | LIMITE PTS  | TOTALE PM 10 | LIMITE PM 10 | TOTALE PM 2.5 | LIMITE PM 2.5 | VERIFICA   |
| LUOGO DI PRODUZIONE                      | PTS (g/ora)                 | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora)                  | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora)                          | PM10 (g/ora) | PM 2.5 (g/ora) | PTS (g/ora) | PTS (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM10 (g/ora) | PM2.5 (g/ora) | PM2.5 (g/ora) |            |
| 5.1 - OPERA DI SCARICO NEL PADRONGIA NUS | 6,31                        | 3,78         | 0,04           | 12,94                        | 7,76         | 0,08           | 16,86                                | 4,98         | 0,50           | 36,10       | 507,00      | 16,53        | 304,00       | 0,62          | 30,00         | VERIFICATO |

| LOTTO N°6                                                 |                                |                 |                   |                                 |                 |                   |                                         |                 |                   |                |                |                 |                 |                  |                  |            |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------------|---------------------------------|-----------------|-------------------|-----------------------------------------|-----------------|-------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------|
| EMISSIONI GLOBALI CON MITIGAZIONE                         |                                |                 |                   |                                 |                 |                   |                                         |                 |                   |                |                |                 |                 |                  |                  |            |
|                                                           | EMISSIONE POLVERI<br>PER SCAVO |                 |                   | EMISSIONE POLVERI PER<br>CARICO |                 |                   | EMISSIONE POLVERI PER<br>PISTE CANTIERE |                 |                   | TOTALE<br>PTS  | LIMITE<br>PTS  | TOTALE<br>PM 10 | LIMITE<br>PM 10 | TOTALE<br>PM 2.5 | LIMITE<br>PM 2.5 | VERIFICA   |
| LUOGO DI<br>PRODUZIONE                                    | PTS<br>(g/ora)                 | PM10<br>(g/ora) | PM 2.5<br>(g/ora) | PTS<br>(g/ora)                  | PM10<br>(g/ora) | PM 2.5<br>(g/ora) | PTS<br>(g/ora)                          | PM10<br>(g/ora) | PM 2.5<br>(g/ora) | PTS<br>(g/ora) | PTS<br>(g/ora) | PM10<br>(g/ora) | PM10<br>(g/ora) | PM2.5<br>(g/ora) | PM2.5<br>(g/ora) |            |
| 6.1<br>SELIGHEDDU                                         | 3,44                           | 2,07            | 0,02              | 7,06                            | 4,24            | 0,04              | 8,43                                    | 2,49            | 0,25              | 50-100         | 162,25         | 8,79            | 189,00          | 0,31             | 19,00            | VERIFICATO |
| 6.2 SAN<br>NICOLA                                         | 3,59                           | 2,15            | 0,02              | 7,36                            | 4,41            | 0,05              | 4,21                                    | 1,25            | 0,12              | 0-50           | 109,11         | 7,81            | 83,00           | 0,19             | 8,00             | VERIFICATO |
| 6.3 FOCE<br>CANALE ZOZO                                   | 3,73                           | 2,24            | 0,02              | 7,65                            | 4,59            | 0,05              | 4,21                                    | 1,25            | 0,12              | 0-50           | 5,99           | 8,07            | 104,00          | 0,20             | 10,00            | VERIFICATO |
| 6.4 - ABBA<br>FRITTA A<br>VALLE<br>DELL'OPERA<br>DI PRESA | 3,87                           | 2,32            | 0,02              | 7,94                            | 4,77            | 0,05              | 4,21                                    | 1,25            | 0,12              | 0-50           | 8,08           | 8,34            | 104,00          | 0,20             | 10,00            | VERIFICATO |

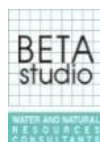
## 1.5 Individuazione misure di mitigazione e monitoraggio

Dal punto di vista del monitoraggio della componente atmosfera, il processo di basa sulla misurazione di specifici parametri che servono per controllare eventuali superamenti di soglie consentite e fornire dati fondamentali per l'identificazione di misure correttive. Considerando la specificità dell'intervento in esame, gli impatti atmosferici potenziali possono originare dal traffico veicolare e/o dallo spostamento di materiali come terre e rocce da scavo. Generalmente le maggiori fonti di emissioni dai veicoli sono rappresentate da sostanze come l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), il monossido di carbonio (CO), gli ossidi di azoto (Nox), gli idrocarburi incombustibili (HC) e in modo particolare per i veicoli a diesel, le particelle sottili o polveri sospese. Particolare attenzione va data alle particelle con diametro inferiore ai 10 µm (PM10) e ai 2.5 µm (PM2.5). Le emissioni di biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) o piombo sono oggi ritenute meno preoccupanti, grazie alla riduzione o all'assenza di questi elementi nei carburanti moderni. Il monitoraggio sul rispetto dei limiti normativi relativi a tali emissioni avverrà grazie all'installazione di un set di centraline (in parte mobili e in parte fisse), il cui posizionamento viene descritto nel Piano di Monitoraggio per lotti. L'analizzatore previsto per il monitoraggio delle emissioni in atmosfera procede alla misura e alla

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



registrazione in modo automatico del livello di concentrazione del particolato atmosferico (in milligrammi o microgrammi al metro cubo) utilizzando il principio dell'attenuazione dei raggi beta. Si rimanda all'elaborato relativo al Piano di Monitoraggio per le specifiche tecniche.

Dal punto di vista delle mitigazioni previste (che andranno naturalmente implementate o corrette sulla base dei dati forniti dal sistema di monitoraggio installato in corso d'opera) atte a contenere le emissioni descritte nei paragrafi precedenti sono previste le azioni seguenti:

- Bagnatura a spruzzo dei fronti di scavo
- Umidificazione periodica dei depositi temporanei di terre da scavo stoccate all'interno delle aree di cantiere
- In caso di piste non asfaltate, realizzazione di un sottofondo stradale delle piste di accesso ed interne alle aree di intervento adeguatamente finito e sottoposto a bagnatura periodica
- Lavaggio delle ruote e dei mezzi in uscita dalle aree di cantiere
- Limite della velocità dei mezzi all'interno delle aree di cantiere
- Utilizzo di mezzi per il trasporto di materiali dotati di cassoni coperti/telonati copertura
- Copertura attraverso teli dei cumuli di materiale scavato eventualmente presenti in cantiere.

L'abbattimento delle polveri, con riferimento al punto 1.5.1 delle Linee Guida di ARPAT, può essere quantificata secondo la relazione proposta da Cowherd:

$$C(\%) = 100 - (0.8 \times P \times trh \times \tau) / I$$

C = efficienza di abbattimento del bagnamento (%)

P = potenziale medio orario (mm/h)

Trh = traffico medio orario ( $h^{-1}$ )

I = qualità media del trattamento applicato ( $l/m^2$ )

$\tau$  = Intervallo di tempo che intercorre tra le applicazioni

Riguardo al valore del potenziale medio di evaporazione, considerando la difficoltà di reperire dati reali, si adotta, come suggerito dalle Linee Guida, il valore  $P=0.34$  mm/h.

Analoghe misure verranno adottate in fase di scavo, carico e scarico delle terre e durante la formazione e movimentazione dei cumuli al fine di abbattere le emissioni di polveri prodotte. Si prevede l'utilizzo di cannoni nebulizzatori in grado di abbattere la polvere prodotta con percentuali pari al 95%. Si riportano nelle tabelle successive i valori di emissione dovute al transito dei mezzi di trasporto su strade non asfaltate abbattute a seguito dell'applicazione della bagnatura e i risultati finali.

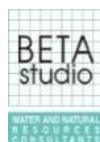
| BILANCIO DEI VOLUMI MATERIALI DI SCAVO RIUTILIZZATI IN CANTIERE - Efficienza di Abbattimento delle polveri |                                                              |                     |               |                                               |                              |                                                           |                                                         |                                                     |                                              |                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------|---------------|-----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Materia                                                                                                    | Luogo di produzione                                          | Luogo di Riutilizzo | Quantità (mc) | Quantità (t) - Peso specifico di 1800 (kg/mc) | Portata mezzo (mc/trasporto) | Flusso veicolare (n. trasporti / ora) interno al cantiere | P = POTENZIALE MEDIO DELL'EVAPORAZIONE GIORNALIERA mm/h | I = quantità media di trattamento applicato in l/mq | Intervallo di tempo tra le applicazioni in h | C = EFFICIENZA ABBATTIMENTO DEL BAGNATO % |
| TERRA                                                                                                      | 1.1 SCOLMATORE 2                                             | In cantiere         | 222433,00     | 400379,40                                     | 16,66                        | 6,42                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 4,00                                         | 99,30                                     |
| TERRA                                                                                                      | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA                               | In cantiere         | 1544,80       | 2780,64                                       | 16,66                        | 4,70                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 5,00                                         | 99,11                                     |
| TERRA                                                                                                      | 1.3 CABU ABBAS                                               | In cantiere         | 0,00          | 0,00                                          | 16,66                        | 1,80                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 6,00                                         | 98,63                                     |
| TERRA                                                                                                      | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA                                | In cantiere         | 2385,00       | 4293,00                                       | 16,66                        | 2,19                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 7,00                                         | 98,59                                     |
| TERRA                                                                                                      | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU                                | In cantiere         | 9810,00       | 17658,00                                      | 16,66                        | 2,53                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 8,00                                         | 98,52                                     |
| TERRA                                                                                                      | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA                                 | In cantiere         | 100,00        | 180,00                                        | 16,66                        | 1,85                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 9,00                                         | 98,23                                     |
| TERRA                                                                                                      | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA                               | In cantiere         | 2900,00       | 5220,00                                       | 16,66                        | 2,00                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 10,00                                        | 98,14                                     |
| TERRA                                                                                                      | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO                             | In cantiere         | 0             | 0,00                                          | 16,66                        | 1,80                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 11,00                                        | 97,95                                     |
| TERRA                                                                                                      | 2.2 GADDURESU                                                | In cantiere         | 3200          | 5760,00                                       | 16,66                        | 3,60                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 12,00                                        | 98,09                                     |
| TERRA                                                                                                      | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu                       | In cantiere         | 0             | 0,00                                          | 16,66                        | 3,60                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 13,00                                        | 97,95                                     |
| TERRA                                                                                                      | 2.4 UA NIEDDA                                                | In cantiere         | 0             | 0,00                                          | 16,66                        | 3,60                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 14,00                                        | 97,82                                     |
| TERRA                                                                                                      | 2.5 PASANA                                                   | In cantiere         | 0             | 0,00                                          | 16,66                        | 1,80                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 15,00                                        | 97,40                                     |
| TERRA                                                                                                      | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE                         | In cantiere         | 13200         | 23760,00                                      | 16,66                        | 4,32                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 16,00                                        | 97,59                                     |
| TERRA                                                                                                      | 3.1 SCOLMATORE 1                                             | In cantiere         | 117531,00     | 211555,80                                     | 16,66                        | 7,61                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 17,00                                        | 97,56                                     |
| TERRA                                                                                                      | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paole Longa (attacco da 11) | In cantiere         | 0             | 0,00                                          | 16,66                        | 12,76                                                     | 0,34                                                    | 0,50                                                | 18,00                                        | 97,47                                     |
| TERRA                                                                                                      | 4.2 - Galleria cut&cover Paole Longa                         | In cantiere         | 312250        | 562050,00                                     | 16,66                        | 6,41                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 19,00                                        | 97,26                                     |
| TERRA                                                                                                      | 4.3 - Galleria Naturale Paole Longa (attacco da 11)          | In cantiere         | 0             | 0,00                                          | 16,66                        | -0,97                                                     | 0,34                                                    | 0,50                                                | 20,00                                        | 98,31                                     |
| TERRA                                                                                                      | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus                      | In cantiere         | 25506,00      | 45910,80                                      | 16,66                        | 3,81                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 21,00                                        | 96,88                                     |
| TERRA                                                                                                      | 6.1 SELIGHEDDU                                               | In cantiere         | 42300,00      | 76140,00                                      | 16,66                        | 2,46                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 22,00                                        | 96,60                                     |
| TERRA                                                                                                      | 6.2 SAN NICOLA                                               | In cantiere         | 43642,00      | 78555,60                                      | 16,66                        | 1,78                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 23,00                                        | 96,31                                     |
| TERRA                                                                                                      | 6.3FOCE CANALE ZOZO                                          | In cantiere         | 2395,00       | 4311,00                                       | 16,66                        | 1,80                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 24,00                                        | 96,18                                     |
| TERRA                                                                                                      | 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa                | In cantiere         | 3230,00       | 5814,00                                       | 16,66                        | 1,80                                                      | 0,34                                                    | 0,50                                                | 25,00                                        | 96,04                                     |

Tabella 1-35: Efficienza di abbattimento delle polveri – Riutilizzo in cantiere

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



| BILANCIO DEI VOLUMI MATERIALI DI SCAVO RIUTILIZZATI IN DEPOSITO - Efficienza di Abbattimento delle polveri |                                                              |                     |               |                                               |                              |                     |                                          |                                       |                                                         |                                                     |                                              |                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------|---------------|-----------------------------------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Materia                                                                                                    | Luogo di produzione                                          | Luogo di Riutilizzo | Quantità (mc) | Quantità (t) - Peso specifico di 1800 (kg/mc) | Portata mezzo (mc/trasporto) | Numero di trasporti | Flusso veicolare (n. trasporti / giorno) | Flusso veicolare (n. trasporti / ora) | P = POTENZIALE MEDIO DELL'EVAPORAZIONE GIORNALIERA mm/h | I = quantità media di trattamento applicato in l/mq | Intervallo di tempo tra le applicazioni in h | C = EFFICIENZA ABBATTIMENTO DEL BAGNATO % |
| TERRA                                                                                                      | 1.1 SCOLMATORE 2                                             | Area Cimitero       | 60572,00      | 109029,60                                     | 16,66                        | 3635,77             | 59,22                                    | 7,40                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 4,00                                         | 99,32                                     |
| TERRA                                                                                                      | 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA                               | Area Cimitero       | 5068,80       | 9123,84                                       | 16,66                        | 304,25              | 57,62                                    | 7,20                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 5,00                                         | 99,18                                     |
| TERRA                                                                                                      | 1.3 CABU ABBAS                                               | Area Cimitero       | 14000,00      | 25200,00                                      | 16,66                        | 840,34              | 28,81                                    | 3,60                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 6,00                                         | 98,91                                     |
| TERRA                                                                                                      | 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA                                | Area Cimitero       | 10997,00      | 19794,60                                      | 16,66                        | 660,08              | 28,81                                    | 3,60                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 7,00                                         | 98,77                                     |
| TERRA                                                                                                      | 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU                                | Area Cimitero       | 24083,80      | 43350,84                                      | 16,66                        | 1445,61             | 28,81                                    | 3,60                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 8,00                                         | 98,63                                     |
| TERRA                                                                                                      | 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA                                 | Area Cimitero       | 3860,00       | 6948,00                                       | 16,66                        | 231,69              | 28,81                                    | 3,60                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 9,00                                         | 98,50                                     |
| TERRA                                                                                                      | 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA                               | Area Cimitero       | 26700,00      | 48060,00                                      | 16,66                        | 1602,64             | 28,81                                    | 3,60                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 10,00                                        | 98,36                                     |
| TERRA                                                                                                      | 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO                             | Area Colcò          | 155400,00     | 279720,00                                     | 16,66                        | 9327,73             | 28,81                                    | 3,60                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 11,00                                        | 98,23                                     |
| TERRA                                                                                                      | 2.2 GADDURESU                                                | Area Colcò          | 82125,00      | 147825,00                                     | 16,66                        | 4929,47             | 57,62                                    | 7,20                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 12,00                                        | 98,23                                     |
| TERRA                                                                                                      | 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu                       | Area Colcò          | 103000,00     | 185400,00                                     | 16,66                        | 6182,47             | 57,62                                    | 7,20                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 13,00                                        | 98,09                                     |
| TERRA                                                                                                      | 2.4 UA NIEDDA                                                | Area Colcò          | 62030,00      | 111654,00                                     | 16,66                        | 3723,29             | 57,62                                    | 7,20                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 14,00                                        | 97,96                                     |
| TERRA                                                                                                      | 2.5 PASANA                                                   | Area Colcò          | 12990,00      | 23382,00                                      | 16,66                        | 779,71              | 28,81                                    | 3,60                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 15,00                                        | 97,68                                     |
| TERRA                                                                                                      | 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE                         | Area Colcò          | 66105,00      | 118989,00                                     | 16,66                        | 3967,89             | 57,62                                    | 7,20                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 16,00                                        | 97,69                                     |
| TERRA                                                                                                      | 3.1 SCOLMATORE 1                                             | Collina Dorata      | 287161,00     | 517069,80                                     | 16,66                        | 17242,56            | 86,43                                    | 10,80                                 | 0,34                                                    | 0,50                                                | 17,00                                        | 97,60                                     |
| TERRA                                                                                                      | 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paule Longa (attacco da 11) | Area Colcò          | 87582,00      | 157647,60                                     | 16,66                        | 5257,02             | 180,80                                   | 22,60                                 | 0,34                                                    | 0,50                                                | 18,00                                        | 97,51                                     |
| TERRA                                                                                                      | 4.2 - Galleria cut&cover Paule Longa                         | Area Colcò          | 398848,00     | 717926,40                                     | 16,66                        | 29940,46            | 57,62                                    | 7,20                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 19,00                                        | 97,28                                     |
| TERRA                                                                                                      | 4.3 - Galleria Naturale Paule Longa (attacco da 11)          | Area Colcò          | 53845,00      | 96921,00                                      | 16,66                        | 3231,99             | 36,81                                    | 4,60                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 20,00                                        | 97,06                                     |
| TERRA                                                                                                      | 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus                      | Area Colcò          | 425506,00     | 765910,80                                     | 16,66                        | 25540,58            | 57,62                                    | 7,20                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 21,00                                        | 97,01                                     |
| TERRA                                                                                                      | 6.1 SELIGHEDDU                                               | Area Cimitero       | 64900,00      | 116820,00                                     | 16,66                        | 3895,56             | 28,81                                    | 3,60                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 22,00                                        | 96,73                                     |
| TERRA                                                                                                      | 6.2 SAN NICOLA                                               | Area Cimitero       | 43642,00      | 78555,60                                      | 16,66                        | 2619,57             | 28,81                                    | 3,60                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 23,00                                        | 96,59                                     |
| TERRA                                                                                                      | 6.3 FOCE CANALE ZOZO                                         | Area Cimitero       | 2395,00       | 4311,00                                       | 16,66                        | 143,76              | 28,81                                    | 3,60                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 24,00                                        | 96,46                                     |
| TERRA                                                                                                      | 6.4 - Abbe Fritta e valle dell'opera di presa                | Area Cimitero       | 3230,00       | 5814,00                                       | 16,66                        | 193,88              | 28,81                                    | 3,60                                  | 0,34                                                    | 0,50                                                | 25,00                                        | 96,32                                     |

Tabella 1-36: Efficienza di abbattimento delle polveri – Riutilizzo in depositi

## 2 AMBIENTE IDRICO

### 2.1 Inquadramento ambientale a macroscale delle acque superficiali

La città di Olbia è caratterizzata da una rete di drenaggio di canali e corsi d’acqua, dove il regime idraulico varia a seconda della presenza di interferenze, delle pendenze e della geometria dei tratti. Sono stati esaminati i vari bacini idrografici che interessano il centro urbano di Olbia, ovvero il rio San Nicola, il rio Seligheddu, il rio Gadduresu, il rio Pedra Longa, il rio Tannaule, il canale Zozò e l’Abba Fritta, concentrando l’attenzione sui tratti dei canali che attraversano le zone urbanizzate e implicati nelle opere di mitigazione.

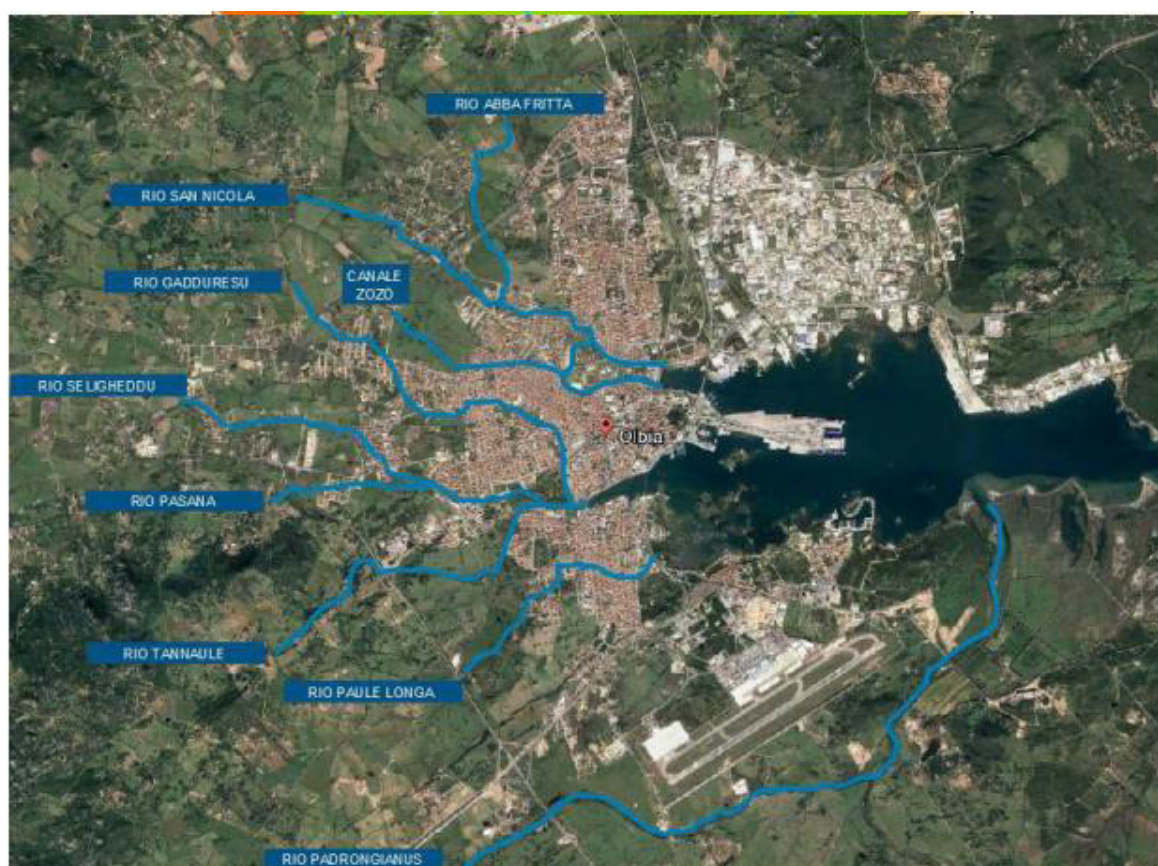
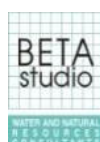


Figura 2.1: Corsi d’acqua superficiali nell’area vasta di Olbia

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



### 2.1.1 Bacino idrografico del Rio Seligheddu: Rio Seligheddu e affluenti

Il Rio Seligheddu, è il corso d'acqua più importante poiché ha l'area di bacino contribuyente maggiore. La sua trattazione viene divisa descrivendo prima l'asta principale a partire dalla circonvallazione fino alla foce in mare; in seguito, verranno trattati i suoi affluenti compreso l'affluente più importante, il Rio Gadduresu. L'alveo del Rio Seligheddu è naturale fino ai primi abitati nella zona di Via R.Gessi dove poi diventa a sezione trapezia rivestita in c.l.s. debolmente armato. Questo tipo di sezione è costante fino a Via tre Venezie, nei pressi del depuratore. Qui il Seligheddu torna ad avere un alveo naturale fino arrivare in foce dove è rigurgitato dal livello del mare e intercetta il suo affluente più importante, il Rio Gadduresu. Il Rio Seligheddu presenta una sezione idraulica sempre a cielo aperto lungo l'asta principale, ma nella maggior parte degli attraversamenti stradali si rilevano sezioni più strette rispetto alla sezione fluviale, mentre in altri casi la luce diviene insufficiente perché ostruita dagli attraversamenti dei sottoservizi.

### 2.1.2 Rio Pasana

Il Pasana è un affluente di destra del Rio Seligheddu e raccoglie le sue acque a ridosso della zona collinare a monte degli abitati di Via Mercurio e Via Plutone. Il corso del Rio Pasana è costituito da alcuni tratti tombati che passano al di sotto dell'abitato, mentre la parte finale ha un alveo naturale fino alla confluenza nel Rio Seligheddu. L'alveo risulta di difficile individuazione per l'eccessiva copertura di vegetazione che non permette di individuare gli ingressi delle zone tombate che quasi certamente, in fase di piena, si ostruiscono, allagando la zona abitata.

### 2.1.3 Rio Tannaule

Il Rio Tannaule è un affluente di destra del Rio Seligheddu che scorre parallelamente all'asse ferroviario disperdendosi nella valle adiacente poiché ha una sezione poco incisa. Il Rio Tannaule attraversa il rilevato ferroviario con una curva di 90°, che causa facilmente esondazioni in periodi di piena a causa dell'aumento delle velocità, per poi proseguire con una sezione naturale e regolare parallelamente a via Lupaciolu. Nei pressi della foce nel

Rio Seligheddu vi sono due punti critici: il primo riguarda l'ingresso e l'attraversamento del Rio Tannaule alla fine di via Lupacciolu che sottopassa la rotonda. La luce dello scatolare è molto più piccola rispetto all'area della sezione accentuandone la possibilità di esondazione e ostruzione. Il secondo è la presenza di due attraversamenti dei sottoservizi che riducono la sezione libera.

#### 2.1.4 Rio Gadduresu e affluenti

Il Rio Gadduresu, affluente di sinistra del Seligheddu, drena le acque di un bacino di 7km<sup>2</sup> di superficie. Questo corso d'acqua è stato oggetto di forti modifiche negli ultimi decenni a causa della crescita dell'area urbana, che ne ha compromesso la sezione e, in parte, la sua funzionalità idraulica. Come nel Seligheddu, anche il Gadduresu, non appena intercetta l'area urbana, presenta una sezione modificata di forma trapezia e poi rettangolare in cls.

Partendo da monte, nei pressi dell'abitato tra via Dessi e via San Michele il corso d'acqua presenta tre attraversamenti realizzati con una sezione in cls costituito da condotti circolari che limitano la capacità di smaltimento. Lo stesso avviene sull'attraversamento di via T. Edison in cui la luce libera è circa 1/3 della sezione dell'alveo.

Proseguendo più a valle un'altra criticità è rappresentata dalla curvatura eccessiva (90°) della sezione rettangolare in c.a. tra via Giotto e Via Stromboli che causa perdite di carico localizzate, con sovralzo della corrente.

La sezione è rettangolare con una serie di attraversamenti delle strade fino ad arrivare all'ingresso di via Umbria in cui è presente un tratto tombato che presenta una brusca curvatura e un cambio di sezione. Infatti, nei pressi della rotonda di Via Veneto la sezione tombata, ampia e di forma rettangolare si riduce ad una sezione a tre archi aventi una luce equivalente minore. Il tratto tombato sopra descritto prosegue dopo la rotonda per 100m circa al di sotto della SS127 dove poi ritorna con un'ampia sezione a cielo aperto di forma trapezia rivestita in cls. Il punto più critico del Rio Gadduresu è, sicuramente, l'intersezione con via Amba Alagi in cui la sezione si interrompe ed è intercettata da tubolari di sezione inadeguata, per la maggior parte ostruiti, che attraversano il sottopasso ferroviario.

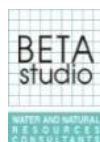
È evidente che alla prima pioggia significativa l'alveo torna ad occupare il suo corso

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*



invadendo il sottopasso stradale. Proseguendo verso la foce, il Rio Gadduresu, dopo l'attraversamento del sottopasso ferroviario, scorre sotto il viadotto della SS127 parallelamente all'area dell'ex armeria. Tutte le pile del viadotto poggiano su travi aventi fondazioni sulle sponde arginali, una situazione che potrebbe generare sia condizioni a sfavore di sicurezza strutturale nei periodi di piena, sia facili

ostruzioni. Il Rio Gadduresu termina nel Rio Seligheddu con una sezione chiusa di forma scatolare che sottopassa la SS127. Nei pressi della foce, in corrispondenza della fine del tratto tombato è presente l'ultimo pilastro con una forma a “Z” con impalcato ribassato per motivi di stabilità del viadotto; questo aspetto strutturale riduce la luce libera e sfavorisce la capacità di smaltimento della portata del Rio Gadduresu che ha una foce avente luce ad ampiezza ridotta.

#### **2.1.5 Affluente di sinistra del Gadduresu Zona “Via Dessì – Via San Michele”**

L'affluente di sinistra del Rio Gadduresu passa tra l'abitato di via Dessi e Via S. Michele. Si tratta di un corso d'acqua esiguo ma non trascurabile. Il suo corso comincia probabilmente drenando le acque a monte della tangenziale e della piana limitrofa. La sezione prosegue con un fosso ricavato a lato strada nei pressi di Via Dessi e da rivi secondari che passano tra le abitazioni. La sezione fluviale a valle della strada non è ben definita poiché si sono chiaramente verificati dei movimenti terra che ne interrompono il tracciato. Solo grazie alla vegetazione è possibile ritrovare qualche decina di metri più a valle la sezione fluviale, che viene poi intubato nei pressi degli abitati delle vie Santa Chiara e San Michele per poi uscire nella parallela di quest'ultima in un alveo a sezione naturale che confluisce dopo circa 200 m nel Rio Gadduresu.

#### **2.1.6 Affluente di destra Zona “Via Vesuvio – Via Pinturicchio”**

Questo affluente drena le acque della piccola piana tra Rio Gadduresu e Rio Seligheddu che ad oggi viene utilizzata in parte a seminativo e in parte risulta incolta. Il suo tracciato presenta una sezione naturale poco incisa fino a Via Vesuvio; da qui il corso d'acqua si immette in un condotto che termina con una sezione aperta poco prima della confluenza

con il Rio Gadduresu.

### 2.1.7 Rio Paule Longa

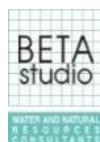
Il Rio Paule Longa è caratterizzato da un alveo naturale fino alle prime abitazioni, dove inizia un tratto tombato che prosegue fino alla foce, caratterizzato nel primo tratto da una tubazione circolare insufficiente a smaltire le portate di piena ordinaria. Immediatamente a valle del condotto circolare c'è un tratto di forma rettangolare di misure variabili interamente tombato. Nei pressi dell'intersezione con Via Venafiorita è presente un punto in cui il tratto ha subito la rottura della soletta, probabilmente a causa delle continue sovrappressioni nello scatolare che hanno formato una breccia nella copertura in cemento del ponte. Il Rio Paule Longa, quindi, attraversa l'abitato con una sezione interamente chiusa che presenta anche curvature significative, decisamente sconsigliate per le possibili perdite di carico che presentano nel passaggio delle portate. Inoltre, l'imbocco del tratto tombato prima descritto ha dimensioni inadeguate e rischia di otturarsi alla prima pioggia significativa causando allagamenti nell'abitato immediatamente a valle e non consentendo l'ingresso delle portate nello scatolare a valle.

### 2.1.8 Canale Zozò

Il canale Zozò convoglia le acque del bacino di superficie 2,2km<sup>2</sup> recapitandole direttamente a mare, nel porto romano. A monte dell'abitato (fino all'incrocio con via Machiavelli) la sezione fluviale è poco definita poiché è ricoperta da una fitta vegetazione. In corrispondenza di via Machiavelli il canale si immette in un tubolare DN400 che passa sotto gli edifici seguendo il vecchio tracciato naturale. Il tubolare, sfocia alla fine di via S.Humann dove prosegue con un canale a cielo aperto, più inciso. Il canale prosegue intercettando il canale “derivazione Zozò”, affluente artificiale che funziona da scolmatore per le piene del Rio San Nicola. Anche il canale Zozò presenta criticità idrauliche in corrispondenza degli attraversamenti stradali e delle numerose intersezioni con i sottoservizi. Il canale termina in mare nei pressi del porto romano, dove si evidenzia, come nei casi precedenti, un rigurgito imposto dal livello del mare. In particolare, si nota come l'attraversamento ferroviario della

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



linea Olbia – Golfo Aranci nonostante il suo ampliamento manifesti già delle criticità in merito alla luce libera, insufficiente per le portate di piena.

### 2.1.9 Rio San Nicola e affluenti

Il Rio San Nicola convoglia le portate del bacino avente una superficie di 20km<sup>2</sup>, secondo dopo quello del Rio Seligheddu per estensione. Il fiume scorre su un alveo naturale per gran parte del suo tracciato nell'area urbana, eccetto nel tratto che va dall'attraversamento posto in Via C.Maderno alla confluenza con la Derivazione Zozò dove presenta una sezione trapezia rivestita in cls. Il Rio San Nicola riceve in sinistra, nei pressi della rotonda in Via S.Petta le acque del Rio Abba Fritta che scorre in direzione N-S e drena una buona parte del suo bacino. Appena più a monte della confluenza con il Rio Abba Fritta, il Rio San Nicola attraversa via S. Petta con un manufatto costituito da 7 condotte circolari in parallelo del diametro di 1m. La tipologia di attraversamento può causare ostruzioni durante le piene. Sul fianco dell'attraversamento è presente uno scarico costituito da uno scatolare che raccoglie le acque piovane della recente area in corso di edificazione. Proseguendo più a valle, il corso d'acqua ha una sezione trapezia rivestita in cls fino alla confluenza con la derivazione Zozò che scolma l'acqua del Rio San Nicola nel Canale Zozò. A valle della confluenza con la derivazione Zozò, la sezione si presenta di tipo naturale e sottopassa via Galvani con un manufatto costituito da quattro condotti tubolari. Anche questo manufatto mostra le criticità descritte precedentemente. L'ultimo punto critico si ha nei pressi della foce, all'intersezione con l'attraversamento della ferrovia.

### 2.1.10 Rio Abba Fritta

Il Rio Abba Fritta è un affluente di sinistra del Rio San Nicola che drena buona parte del bacino di quest'ultimo. Il suo corso è interessato in minima parte dall'attraversamento di zone urbanizzate che si concentrano esclusivamente nei pressi della confluenza con il Rio San Nicola. In questo tratto terminale l'alveo ha le sponde con muri in cemento poiché sono prossime alle abitazioni mentre nel tratto della confluenza l'alveo è naturale. Anche in questo caso, l'attraversamento di Via Nervi è formato da tubolari in cemento che riducono

notevolmente la sezione utile al transito della portata di piena.

### 2.1.11 Derivazione Zozò

Si tratta di un canale scolmatore che convoglia una parte delle acque del Rio San Nicola in quelle del canale Zozò e il suo tracciato segue il confine Ovest del parco pubblico "Fausto Noce". Sia la derivazione che confluenza sono progettate con un angolo di circa 90° che non ne agevola il funzionamento idraulico. Solo il tratto iniziale e terminale della derivazione presenta sezione rivestita in cls, la restante parte è costituita da un alveo inciso in terra.

### 2.1.12 Rio Padrongianus

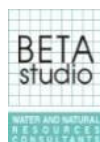
Il corso d'acqua si origina dall'unione di rio Enas e rio San Simone, a est del Massiccio del Limbara, e sfocia dopo circa 35 km nel golfo di Olbia. La foce è poco a sud della cittadina e forma un delta, unico in tutta la Sardegna. Si trova nei pressi delle saline e fornisce un habitat adatto a diverse specie di uccelli acquatici.

## 2.2 Tipizzazione dei corpi idrici

Il Piano di Gestione del Distretto Idrografico, previsto dalla Direttiva quadro sulle Acque (Direttiva 2000/60/CE), ha proceduto a tipizzare i corpi idrici superficiali. L'alveo e le sponde del Rio de San Nicola sono per lo più libere da vegetazione legnosa che risulta presente sia a monte di Olbia, sia nel tratto iniziale di attraversamento cittadino, sotto forma di radi cespugli e alberi isolati per lo più di modeste dimensioni. Si tratta essenzialmente di lentischi, salici, olivastri e, nel tratto cittadino, di Eucalyptus. Dal ponte di via Maderno fino al mare il rio, che fino a quel punto aveva conservato una conformazione parzialmente libera, è artificializzato e canalizzato; pertanto, si ha totale assenza di vegetazione legnosa lungo l'alveo attivo mentre, su entrambe le sponde, sono presenti due filari o, per meglio dire, due viali di Eucalyptus. L'incidenza della scarsa vegetazione sulla scabrezza è pertanto modesta, anche se la presenza di alberi in alveo nel settore di ingresso dell'area urbana potrebbe favorire alla formazione di ostruzioni per accumulo di materiale flottante che, a loro volta, potrebbero causare esondazioni nelle aree edificate circostanti. L'effetto del viale di

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



Eucalyptus, nonostante le apparenze, è molto meno rilevante, anche perché i ceppi, essendo posti alla stessa quota della strada e degli edifici retrostanti, verrebbero raggiunti dalle acque ad esondazione del centro abitato già in corso.

A tal proposito il Rio San Nicola (codice 0131-CF000100), corso d’acqua di I ordine e di lunghezza pari a 8396,09 m, è stato tipizzato come “corso d’acqua effimero/confinato (codice: 21EF7Tsa)”, come riportato nella Figura 2 e nella scheda della Figura 3. Nel Bacino idrografico del Rio Seligheddu sono stati tipizzati due tratti:

- Uno di I ordine, il Rio Seligheddu (codice 0130-CF000100), di lunghezza pari a 5949,64 m e tipizzato come “corso d’acqua effimero/confinato (codice: 21EF7Tsa)”;
- Uno di II ordine, Rio Lu Caprolu (codice 0130-CF000300), di lunghezza pari a 6785,43 m, anch’esso tipizzato come “corso d’acqua effimero/confinato (codice: 21EF7Tsa)”

Nel bacino idrografico del Padrongianus sono stati tipizzati 16 tratti:

- 1) n.3 di I ordine, lungo il Fiume Padrongianus e nello specifico trattasi dei seguenti tratti:
  - a) il 0129-CF000101, di lunghezza pari a 4961,22 m e tipizzato come “corso d’acqua intermittente/confinato (21IN7Tsa)”;
  - b) il 0129-CF000102, di lunghezza pari a 6521,83 m e tipizzato come “corso d’acqua intermittente/confinato (21IN7Tsa)”;
  - c) il 0129-CF000103, di lunghezza pari a 2861,94 m e tipizzato come “corso d’acqua intermittente/transizionale (21IN8Tsa)”;
- 2) n.4 del II ordine, lungo i diversi affluenti del Padrongianus e nello specifico trattasi dei seguenti tratti:
  - a) il 0129-CF000300, Rio Santo Simone, di lunghezza pari a 12115,73 m e tipizzato come “corso d’acqua intermittente/confinato (21IN7Tsa)”;
  - b) il 0129-CF001000, Rio sa Piana, di lunghezza pari a 10706,86 m e tipizzato come “corso d’acqua effimero/confinato (codice: 21EF7Tsa)”;
  - c) il 0129-CF001300, Rio Pelasole, di lunghezza pari a 12882,02 m e tipizzato come “corso d’acqua intermittente/confinato (21IN7Tsa)”;

- d) il 0129-CF002200, Rio su Piricone, di lunghezza pari a 32178,32 m e tipizzato come "corso d'acqua effimero/confinato (codice: 21EF7Tsa)";
- 3) n.8 del III ordine, lungo i diversi affluenti del Padrongianus e nello specifico trattasi dei seguenti tratti:
- a) il 0129-CF000400, Torrente Almiddina, di lunghezza pari a 9189,08 m e tipizzato come "corso d'acqua effimero/confinato (codice: 21EF7Tsa)";
- b) il 0129-CF000500, Rio Fraicara, di lunghezza pari a 4822,77 m e tipizzato come "corso d'acqua effimero/confinato (codice: 21EF7Tsa)";
- c) il 0129-CF001100, Rio San Michele, di lunghezza pari a 9507,14 m e tipizzato come "corso d'acqua effimero/confinato (codice: 21EF7Tsa)";
- d) il 0129-CF001600, Rio san Paolo, di lunghezza pari a 6547,81 m e tipizzato come "corso d'acqua effimero/confinato (codice: 21EF7Tsa)";
- e) il 0129-CF002100, Rio di San Tommeo, di lunghezza pari a 3932,19 m e tipizzato come "corso d'acqua effimero/confinato (codice: 21EF7Tsa)";
- f) il 0129-CF002300, Rio Nannuri, di lunghezza pari a 8503,20 m e tipizzato come "corso d'acqua effimero/confinato (codice: 21EF7Tsa)";
- g) il 0129-CF002400, Lu Rischiddu, di lunghezza pari a 6968,67 m e tipizzato come "corso d'acqua effimero/confinato (codice: 21EF7Tsa)";
- h) il 0129-CF002700, Rio d'Idda, di lunghezza pari a 5359,08 m e tipizzato come "corso d'acqua effimero/confinato (codice: 21EF7Tsa)";
- 4) n.1 superiore al III ordine e nello specifico trattasi del Rio Zirulia, 0129-CF000600, di lunghezza pari a 16559,76 m e tipizzato come "corso d'acqua effimero/confinato (codice: 21EF7Tsa)".



Figura 2.2: Tipizzazione dei corsi d'acqua

| ID CI WFD         | Denominazione      | Tipo 2021 | Classe di rischio 2021 |
|-------------------|--------------------|-----------|------------------------|
| ITG-0129-CF000500 | Riu Fraicara       | 21EF7Tsa  | NON A RISCHIO          |
| ITG-0129-CF000600 | Riu Zirulia        | 21EF7Tsa  | NON A RISCHIO          |
| ITG-0129-CF001000 | Riu sa Piana       | 21EF7Tsa  | NON A RISCHIO          |
| ITG-0129-CF001100 | Riu San Michele    | 21EF7Tsa  | NON A RISCHIO          |
| ITG-0129-CF001300 | Riu Pelasole       | 21EF7Tsa  | NON A RISCHIO          |
| ITG-0129-CF002201 | Riu de su Piricone | 21EF7Tsa  | RISCHIO                |
| ITG-0129-CF002202 | Riu de su Piricone | 21EF7Tsa  | RISCHIO                |
| ITG-0129-CF002300 | Riu Nannuri        | 21EF7Tsa  | RISCHIO                |
| ITG-0129-CF002400 | Lu Rischiddu       | 21EF7Tsa  | RISCHIO                |
| ITG-0130-CF000100 | Riu de Seligheddu  | 21EF7Tsa  | NON A RISCHIO          |
| ITG-0130-CF000300 | Riu de Lu Caprolu  | 21EF7Tsa  | NON A RISCHIO          |
| ITG-0131-CF000100 | Riu de San Nicola  | 21EF7Tsa  | NON A RISCHIO          |
| ITG-0129-CF000101 | Fiume Padrogiano   | 21EF7Tsa  | NON A RISCHIO          |
| ITG-0129-CF000102 | Fiume Padrogiano   | 21EF7Tsa  | RISCHIO                |
| ITG-0129-CF000103 | Fiume Padrogiano   | 21IN8Tsa  | RISCHIO                |
| ITG-0129-CF000300 | Riu Santo Simone   | 21EF7Tsa  | NON A RISCHIO          |
| ITG-0129-CF000400 | Torrente Almidina  | 21EF7Tsa  | NON A RISCHIO          |

Tabella 2-1 Tipizzazione corsi d'acqua – classi di rischio

## 2.3 Monitoraggio e classificazione delle acque superficiali

La classificazione dello Stato Ecologico (SE) e dello Stato Chimico (SC) nel Piano di Gestione del Distretto idrografico è stata effettuata sulla base delle indicazioni riportate nel DM 260/2010.

### 2.3.1 Monitoraggio e classificazione dello stato ecologico

Lo stato ecologico attribuito ai bacini idrografici del San Nicola, del Seligheddu e del Padrongianus è riportato nella seguente tabella estratta dall'Allegato 6 del Piano di Gestione del Distretto idrografico, dicembre 2021.

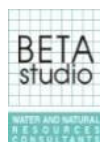
| n° per tipo mon | Codice CI -WFD 2021 | CODICE STAZIONE        | Denominazione       | Tipo da PDG 2015 | MACROTIPO | MONITORAGGIO | INDICE LIMeco |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      |                 |      |                 |
|-----------------|---------------------|------------------------|---------------------|------------------|-----------|--------------|---------------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|
|                 |                     |                        |                     |                  |           |              | 2016          | N°campioni 2016 | 2017 | N°campioni 2017 | 2018 | N°campioni 2018 | 2019 | N°campioni 2019 | 2020 | N°campioni 2020 | 2021 | N°campioni 2021 |
| 29              | ITG-0129-CF000103   | ITG-0129-CF000103-ST01 | Fiume Padrongianu   | 21IN8Tsa         | M5        | O            | 0.13          | 4               | 0.26 | 4               | 0.39 | 4               | 0.46 | 4               | 0.39 | 4               | 0.47 | 2               |
| 30              | ITG-0129-CF000300   | ITG-0129-CF000300-ST01 | Riu Santo Simone    | 21EF7Tsa         | M5        | O            | 0.70          | 3               | 0.81 | 3               |      | 0.86            | 4    | 0.83            | 4    | 0.63            | 2    |                 |
| 31              | ITG-0129-CF002201   | ITG-0129-CF002200-ST01 | Riu de su Piricone  | 21EF7Tsa         | M5        | O            | 0.64          | 4               | 0.60 | 4               |      | 0.74            | 4    | 0.55            | 3    | 0.75            | 2    |                 |
| 32              | ITG-0129-CF002202   | ITG-0129-CF002200-ST02 | Riu de su Piricone* | 21EF7Tsa         | M5        | O            | 0.84          | 4               | 0.72 | 4               | 0.80 | 5               | 0.88 | 4               | 0.74 | 4               | 0.81 | 2               |
| 33              | ITG-0158-CF000100   | ITG-0158-CF000100-ST01 | Riu di Pedralonga   | 21EF7Tsa         | M5        | O            | 0.59          | 4               | 0.80 | 4               |      | 0.94            | 4    | 0.84            | 4    | 0.94            | 2    |                 |
| 15              | ITG-0130-CF000100   | ITG-0130-CF000100-ST01 | Riu de Seligheddu   | 21EF7Tsa         | M5        | S            | 0.58          | 5               | 0.73 | 5               | 0.70 | 5               |      | 0.71            | 3    | 0.84            | 2    |                 |

Tabella 2-2 Stato ecologico dei bacini idrografici del Rio San Nicola, Rio Seligheddu e del Fiume Padrongianus

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



### 2.3.2 Monitoraggio e classificazione dello stato chimico

L'articolo 4 comma 1 lettera a della direttiva quadro sulle acque definisce il Buono stato chimico delle acque di superficie come lo stato chimico richiesto per conseguire gli obiettivi ambientali per le acque superficiali, che è lo stato raggiunto da un corpo idrico superficiale nel quale la concentrazione degli inquinanti non superano gli standard di qualità ambientale (SQA) fissati dall'allegato IX della WFD, recepito con la direttiva 2008/105/CE. Per le sostanze prioritarie gli SQA di riferimento in Italia, sono riportati nella tabella 1/A del D.M.260/2010 che modifica il D.lgs.152/06. La classificazione dello Stato Chimico deriva quindi dalla verifica del superamento degli Standard di qualità ambientale (SQA).

Di seguito è riportato un estratto della tabella tratta dall'Allegato 6 del Piano di Gestione del Distretto idrografico di dicembre 2021 riguardante i corsi d'acqua già menzionati, contenente la classificazione dei corpi idrici raggruppati e le valutazioni sullo stato ecologico e chimico.

| CORPO IDRICO<br>che classifica | ID_CL_WFD         | Classe di<br>rischio<br>2021 | STATO ECOLOGICO<br>(espresso in<br>numeri:<br>Elevato=1<br>Buono=2<br>Sufficiente.=3<br>Scarso=4<br>Cattivo=5) | STATO CHIMICO<br>(espresso in<br>numeri:<br>Buono=2<br>Mancato<br>raggiungimento<br>di un buono<br>stato=3<br>'U' = Stato<br>sconosciuto) | TIPO GIUDIZIO |
|--------------------------------|-------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| ITG-0118-CF000102              | ITG-0118-CF000101 | NON A R                      | 2                                                                                                              | 2                                                                                                                                         | accorpamento  |
| ITG-0118-CF000102              | ITG-0118-CF000102 | NON A R                      | 2                                                                                                              | 2                                                                                                                                         | diretto       |
| ITG-0129-CF000300              | ITG-0129-CF000101 | NON A R                      | 2                                                                                                              | 2                                                                                                                                         | accorpamento  |
| ITG-0129-CF000103              | ITG-0129-CF000102 | R                            | 4                                                                                                              | 2                                                                                                                                         | accorpamento  |
| ITG-0129-CF000103              | ITG-0129-CF000103 | R                            | 4                                                                                                              | 2                                                                                                                                         | diretto       |
| ITG-0129-CF000300              | ITG-0129-CF000300 | NON A R                      | 2                                                                                                              | 2                                                                                                                                         | diretto       |
| ITG-0129-CF000300              | ITG-0129-CF000400 | NON A R                      | 2                                                                                                              | 2                                                                                                                                         | accorpamento  |
| ITG-0129-CF000300              | ITG-0129-CF000500 | NON A R                      | 2                                                                                                              | 2                                                                                                                                         | accorpamento  |
| ITG-0129-CF000300              | ITG-0129-CF000600 | NON A R                      | 2                                                                                                              | 2                                                                                                                                         | accorpamento  |
| ITG-0129-CF000300              | ITG-0129-CF001000 | NON A R                      | 2                                                                                                              | 2                                                                                                                                         | accorpamento  |
| ITG-0129-CF000300              | ITG-0129-CF001100 | NON A R                      | 2                                                                                                              | 2                                                                                                                                         | accorpamento  |
| ITG-0129-CF000300              | ITG-0129-CF001300 | NON A R                      | 2                                                                                                              | 2                                                                                                                                         | accorpamento  |
| ITG-0130-CF000100              | ITG-0130-CF000100 | NON A R                      | 2                                                                                                              | 2                                                                                                                                         | diretto       |
| ITG-0130-CF000100              | ITG-0130-CF000300 | NON A R                      | 2                                                                                                              | 2                                                                                                                                         | accorpamento  |
| ITG-0130-CF000100              | ITG-0131-CF000100 | NON A R                      | 2                                                                                                              | 2                                                                                                                                         | accorpamento  |

Tabella 2-3 Classificazione dei corpi idrici

### 2.3.2.1 Caratterizzazione chimica – Acque superficiali

Le analisi di caratterizzazione chimica delle acque superficiali sono state eseguite presso il laboratorio Biochimie Lab, accreditato e certificato secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025, in accordo con la normativa vigente e condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute (metodiche APAT-IRSA/CNR, USEPA ecc.) tenendo conto di eventuali implementazioni, modifiche o abrogazioni di norme e metodi. I risultati di tali analisi, sono riportate nella tabella 2-4, della quale viene riportato un estratto di seguito:

| INQUINANTI            | CAMPIONI - ACQUE SUPERFICIALI |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-----------------------|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
|                       | A-SN_05                       | A-ZZ_03 | A-ZO_02 | A-SN_04 | A-SN_03 | A-CA_01 | A-CA_02 | A-GD_01 | A-GD_02 | A-SE_03 | A-SE_04 |
| Solfati [mg/l]        | 3400                          | 4000    | 1600    | 25      | 21      | 35      | 3800    | 16      | 23      | 31      | 4000    |
| Cianuri liberi [mg/l] | < 0,005                       | <0,005  | <0,005  | <0,005  | <0,005  | <0,005  | <0,005  | <0,005  | <0,005  | <0,005  | <0,005  |
| Alluminio [mg/l]      | 0,302                         | 0,348   | 0,405   | 0,0512  | 0,0681  | 0,0514  | 0,555   | 0,0697  | 0,0892  | 0,043   | 0,826   |
| Antimonio [mg/l]      | 0,00853                       | 0,00634 | 0,00366 | 0,00133 | 0,00115 | <0,001  | 0,00268 | 0,00115 | <0,001  | <0,001  | 0,00212 |
| Argento [mg/l]        | <0,001                        | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,0001 | <0,001  |
| Arsenico [mg/l]       | 0,00255                       | 0,00295 | 0,00172 | <0,001  | <0,001  | <0,001  | 0,00294 | <0,001  | <0,001  | <0,001  | 0,00246 |
| Berillio [mg/l]       | <0,001                        | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  |
| Boro [mg/l]           | 2,77                          | 2,71    | 1,72    | 0,0706  | 0,0541  | 0,0677  | 2,74    | 0,0625  | 0,0563  | 0,0587  | 2,92    |
| Cadmio [mg/l]         | <0,001                        | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  |
| Cobalto [mg/l]        | <0,001                        | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  | <0,001  |
| Cromo [mg/l]          | 0,00576                       | 0,00392 | 0,00484 | <0,001  | <0,001  | <0,001  | 0,0642  | <0,001  | 0,00114 | <0,001  | 0,00358 |
| Cromo VI [mg/l]       | <0,1                          | <0,1    | <0,1    | <0,1    | <0,1    | <0,1    | <0,1    | <0,1    | <0,1    | <0,1    | <0,1    |
| Ferro [mg/l]          | 0,537                         | 0,656   | 0,917   | 0,117   | 0,137   | 0,164   | 1,82    | 0,162   | 0,151   | 0,093   | 1,71    |
| Manganese [mg/l]      | 0,0268                        | 0,0305  | 0,095   | 0,026   | 0,00626 | 0,0727  | 0,0862  | 0,113   | 0,0394  | 0,0125  | 0,0772  |

Tabella 2-4 Estratto del report sulla caratterizzazione delle acque superficiali.

Le attività svolte in ambito urbano consistono in:

- Prelievo ed analisi chimica di 15 campioni di acqua superficiale dai rii;
- Prelievo di 1 campione di acqua dal piezometro RFI in zona Colcò, per valutare la salinità della falda;

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

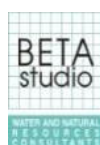




Figura 2.3: Localizzazione delle indagini di perizia.

I valori ottenuti dalle analisi sulle acque superficiali sono stati successivamente confrontati con i valori di standard di qualità ambientale SQA – MA della tabella 1/A del Decreto Legislativo 13 ottobre 2015. N.172 “Attuazione della direttiva 2013/39/UE, che modifica le direttive 2000/60/CE per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque”. Dal confronto è risultato che la quasi totalità delle concentrazioni di inquinanti rilevate rispettano gli standard di qualità, fatta eccezione per Il Mercurio che presenta valori al di sopra della soglia. Le concentrazioni di Mercurio rilevate, pur superando gli standard di qualità, sono inferiori ai valori limite di emissione individuati dal d.lgs. n. 152/2006 “Norme in materia ambientale”, di conseguenza non sono necessari interventi di mitigazione rispetto

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

a tale sostanza presenza di inquinante. Un altro contaminante da menzionare è il Boro, il quale non è stato confrontato con i valori di SQA – MA, in quanto non figura nella lista delle sostanze dell'elenco di priorità. La concentrazione di tale contaminante, tuttavia, supera le CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) individuate dal d.lgs. n. 152/2006 in cinque dei quindici campioni analizzati, di conseguenza si rende necessaria la comunicazione di tali superamenti all' Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna (ARPAS), che procederà alla caratterizzazione del sito e all'analisi del rischio, al fine di individuare le CSR (Contaminazione Soglia di Rischio) e procedere come da normativa.

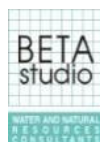
### **2.3.3 Analisi delle pressioni sui corpi idrici superficiali e misure specifiche per il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale**

L'approccio metodologico utilizzato per l'analisi delle pressioni e degli impatti è stato effettuato secondo lo schema DPSIR che descrive le problematiche ambientali presenti sul territorio, individuando le maggiori criticità ambientali da affrontare per il raggiungimento degli obiettivi ambientali prefissati per ogni singolo corpo idrico. Tale attività ha portato all'individuazione delle pressioni significative sulla base di un approccio di tipo iterativo, in coerenza con quanto indicato nella linea guida comunitaria N. 3 "Analysis of Pressures and Impacts". Il modello concettuale adottato per l'analisi delle pressioni è, infatti, di tipo dinamico e verrà implementato e migliorato, nel rispetto dei cicli di revisione stabiliti dalla DQA, tenendo conto sia della disponibilità di nuovi dati che della verifica della bontà del modello stesso, fatta anche alla luce degli esiti del monitoraggio delle acque.

Una volta acquisito quindi un quadro conoscitivo completo delle pressioni gravanti su ogni corpo idrico, il Piano di Gestione del Distretto idrografico ha individuato le pressioni significative per lo stato dei corpi idrici, cioè quelle che da sole, o in combinazione con altre, possono pregiudicare il raggiungimento/mantenimento degli obiettivi di qualità ambientale secondo le tempistiche previste dalla direttiva comunitaria. Il Rio San Nicola è sottoposto a pressioni diffuse, quali dilavamento urbano e inquinamento legato ai trasporti, nonché ad alterazioni fisiche dell'alveo. Nelle valutazioni più recenti, è risultato buono sia dal punto di vista ecologico che da quello chimico. Nella valutazione del 2015, così come in precedenza

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



nella valutazione del 2009, è stato considerato un corso d'acqua a rischio di non mantenimento del proprio stato qualitativo, mentre nelle valutazioni più recenti è stato valutato come 'NON A RISCHIO' (Figura 3).

Situazione differente per quanto riguarda alcuni corsi d'acqua del III ordine, nello specifico Rio Nannuri e Lu Rischiddu, e di alcuni tratti del fiume Padrongiano (II ordine), i quali sono stati valutati a rischio, diversamente da quanto valutato in precedenza nel 2009 e nel 2015.

| ID CI WISE    | DENOMINAZIONE CORPO IDRICO | LUNGHEZZA [m] | NATURA   | PRESSIONI               | MISURE IN ATTO - KTM.1 Costruzione o miglioramento di impianti di trattamento delle acque reflue. | MISURE IN ATTO - KTM.2 Riduzione dell' inquinamento da nutrienti agricoli. | MISURE IN ATTO - KTM.3 Riduzione dell' inquinamento da antiparassitari agricoli. | MISURE IN ATTO - KTM.4 Ripulimento di siti contaminati (inquinamento storico) congegni sedimenti, acque sotterranee, suolo). | MISURE IN ATTO - KTM.5 Miglioramento della continuità longitudinale. | MISURE IN ATTO - KTM.6 Miglioramenti delle condizioni idromorfologiche dei corsi idrici diversi dalla continuità longitudinale. | MISURE IN ATTO - KTM.7 Miglioramenti del regime di flusso e/o formazione di flussi ecologici. | MISURE IN ATTO - KTM.8 Efficienza idrica, misure tecniche per l' irrigazione, l' industria, l' energia e le famiglie. | MISURE IN ATTO - KTM.9 Misure di politiche dei prezzi dell' acqua per il recupero dei costi dei servizi idrici dalle famiglie. | MISURE IN ATTO - KTM.10 Misure di politiche dei prezzi dell' acqua per il recupero dei costi dei servizi idrici dall' industria. | MISURE IN ATTO - KTM.11 Misure di politiche dei prezzi dell' acqua per il recupero dei costi dei servizi idrici dall' agricoltura. | MISURE IN ATTO - KTM.12 Servizi di consulenza per l' agricoltura. | MISURE IN ATTO - KTM.14 Ricerca, miglioramento della base di conoscenze per ridurre l' inquinazione. | MISURE IN ATTO - KTM.15 Misure per la graduale eliminazione degli usi, delle emissioni e delle perdite di sostanze pericolose prioritarie e per la riduzione degli scarichi, delle emissioni e delle perdite di sostanze prioritarie. | MISURE IN ATTO - KTM.21 Misure di prevenzione e controllo dell' inquinazione da aree urbane, trasporti e infrastrutture edili. | MISURE IN ATTO - KTM.24 Adattamento al cambiamento climatico. |
|---------------|----------------------------|---------------|----------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 0129-CF000102 | Fiume Padrongiano          | 65218270      | MORF     | 1.1-1.6-2.2-2.4-4.5-5.1 | KTM1                                                                                              | KTM2                                                                       | KTM3                                                                             |                                                                                                                              | KTM5                                                                 | KTM6                                                                                                                            | KTM7                                                                                          | KTM8                                                                                                                  |                                                                                                                                |                                                                                                                                  |                                                                                                                                    | KTM12                                                             | KTM14                                                                                                | KTM15                                                                                                                                                                                                                                 | KTM21                                                                                                                          | KTM24                                                         |
| 0129-CF000103 | Fiume Padrongiano          | 28619404      | MORF     | 1.1-1.6-2.2-2.4-4.5-5.1 | KTM1                                                                                              | KTM2                                                                       | KTM3                                                                             |                                                                                                                              | KTM5                                                                 | KTM6                                                                                                                            | KTM7                                                                                          | KTM8                                                                                                                  |                                                                                                                                |                                                                                                                                  |                                                                                                                                    | KTM12                                                             | KTM14                                                                                                | KTM15                                                                                                                                                                                                                                 | KTM21                                                                                                                          | KTM24                                                         |
| 0129-CF002201 | Riu de su Piriccone        | 321783173     | Naturale | 2.2-5.1                 |                                                                                                   |                                                                            | KTM2                                                                             | KTM3                                                                                                                         |                                                                      |                                                                                                                                 |                                                                                               | KTM8                                                                                                                  |                                                                                                                                |                                                                                                                                  |                                                                                                                                    | KTM12                                                             |                                                                                                      | KTM15                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                |                                                               |
| 0129-CF002202 | Riu de su Piriccone        | 321783173     | Naturale | 1.1-2.2-5.1             | KTM1                                                                                              | KTM2                                                                       | KTM3                                                                             |                                                                                                                              |                                                                      |                                                                                                                                 |                                                                                               | KTM8                                                                                                                  |                                                                                                                                |                                                                                                                                  |                                                                                                                                    | KTM12                                                             | KTM14                                                                                                | KTM15                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                |                                                               |
| 0129-CF002300 | Rio Nannuri                | 85031958      | Naturale | 2.2-5.1                 |                                                                                                   |                                                                            | KTM2                                                                             | KTM3                                                                                                                         |                                                                      |                                                                                                                                 |                                                                                               | KTM8                                                                                                                  |                                                                                                                                |                                                                                                                                  |                                                                                                                                    | KTM12                                                             |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                |                                                               |
| 0129-CF002400 | Lu Rischiddu               | 69686746      | Naturale | 2.2-5.1                 |                                                                                                   |                                                                            | KTM2                                                                             | KTM3                                                                                                                         |                                                                      |                                                                                                                                 |                                                                                               | KTM8                                                                                                                  |                                                                                                                                |                                                                                                                                  |                                                                                                                                    | KTM12                                                             |                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                |                                                               |

Tabella 2-5 Pressioni e misure di mantenimento dello stato qualitativo per i corsi d'acqua a rischio

Le pressioni puntuali e diffuse alla quale sono soggetti i corsi d'acqua sopracitati sono state tratte dall'allegato 3.1 del Piano di Gestione del Distretto idrografico e sono:

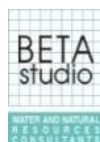
- 1.1. Depuratori acque reflue urbane
- 1.6. Discariche
- 2.2. Agricoltura e zootecnia
- 2.4. Trasporti
- 4.5. Altre alterazioni idromorfologiche – Cave
- 5.1. Introduzione di malattie e specie aliene

Per quanto riguarda le misure di mantenimento dello stato qualitativo dei corsi d'acqua, tratte dall'allegato 8.2 del Piano di Gestione del Distretto Idrografico, esse vengono elencate di seguito:

- KTM.1 Costruzione o ammodernamento di impianti di trattamento delle acque reflue
- KTM.2 Ridurre l'inquinamento dei nutrienti di origine agricola
- KTM.3 Riduzione dell'inquinamento da antiparassitari agricoli
- KTM.5 Miglioramento della continuità longitudinale (allestimento di passi per pesci, demolizione di vecchie dighe).
- KTM.6 Miglioramenti delle condizioni idromorfologiche dei corpi idrici diversi dalla continuità longitudinale
- KTM.7 Miglioramenti del regime di flusso e/o formazione di flussi ecologici
- KTM.8 Efficienza idrica, misure tecniche per l'irrigazione, l'industria, l'energia e le famiglie.
- KTM.12 Servizi di consulenza per l'agricoltura
- KTM.14 Ricerca, miglioramento della base di conoscenze per ridurre l'incertezza
- KTM.15 Misure per la graduale eliminazione degli scarichi, delle emissioni e delle perdite di sostanze pericolose prioritarie o per la riduzione degli scarichi delle emissioni e delle perdite di sostanze prioritarie.
- KTM.21 Misure di prevenzione o controllo dell'immissione di inquinanti da aree urbane, trasporti e infrastrutture edili.
- KTM.24 Adattamento al cambiamento climatico.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



## 2.4 Inquadramento Ambientale a macroscale delle acque sotterranee

### 2.4.1 Individuazione dei corpi idrici sotterranei

Il Piano di Gestione del Distretto idrografico della Sardegna, in merito ai corpi idrici sotterranei, ha identificato i complessi idrogeologici con l'attribuzione della tipologia prevista dal D.Lgs. 30/2009, fornendo una descrizione della litologia prevalente, dell'età geologica e della localizzazione geografica dalla quale prendono il nome i complessi idrogeologici.

La Tab.4.3 estratta dal Piano di Gestione del Distretto idrografico della Sardegna – All.2 Sez.3 Caratterizzazione, obiettivi, monitoraggio dei corpi idrici sotterranei. Per l'area oggetto del progetto inquadra l'area:

- a) nell'unità idrogeologica del complesso idrogeologico di Olbia, ossia l'unità detritico – carbonatica quaternaria, le litologie presenti nel complesso sono ascrivibili a Sabbie marine, di spiaggia e dunari, arenarie eoliche, sabbie derivanti dall'arenizzazione dei graniti; panchina tirreniana, travertini, calcari; detriti di falda. Il tipo e grado di permeabilità di tale complesso è una permeabilità alta per porosità e nelle facies carbonatiche anche per fessurazione;
- b) nell'unità idrogeologica del complesso idrogeologico "Sardegna orientale e sud occidentale", ossia unità magmatica paleozoica, le litologie presenti nel complesso sono ascrivibili a: Complesso intrusivo ercinico: leucograniti, monzograniti, granodioriti, tonaliti, gabbri, gabbro-tonaliti, granitoidi, filoni di porfidi riolitici, aplitici, pegmatitici, di quarzo e basaltici, ammassi di micrograniti; Complesso effusivo: rioliti e riodaciti in espandimenti ignimbrici e in colate, porfidi in ammassi subvulcanici, lave e brecce andesitiche, subordinati espandimenti dacitici.

| CI 01-17 Detritico-alluvionale plio-quadernario |                       |                                                                                                         |                                  |
|-------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| ID                                              | Nome del Corpo Idrico | Descrizione sintetica delle litologie affioranti raggruppate per unità litostratigrafica                | Grado e Tipo di permeabilità     |
| 04                                              | Olbia                 | b: Depositi alluvionali; bna: Depositi alluvionali terrazzati. Ghiaie con subordinate sabbie. (OLOCENE) | Permeabilità alta per porosità.  |
|                                                 |                       | b2: Coltri eluvio-colluviali. Detriti immersi in matrice fine. (OLOCENE)                                | Permeabilità media per porosità. |
|                                                 |                       | e: Depositi palustri e lacustri. Alternanza di livelli argillosi e limosi. (OLOCENE)                    | Permeabilità bassa per porosità. |
|                                                 |                       | g2: Depositi di spiaggia. Sabbie e ghiaie, talvolta con molluschi. (OLOCENE)                            | Permeabilità alta per porosità.  |
|                                                 |                       | d: Depositi eolici. Sabbie di duna. (PLEISTOCENE? OLOCENE)                                              | Permeabilità alta per porosità.  |

Tabella 2-6 Descrizione litologica, tipo e grado di permeabilità dei corpi idrici sotterranei

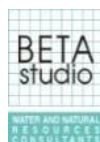
| ID | Complesso idrogeologico               | Unità idrogeologiche                    | Descrizione della litologie presenti nel complesso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Tipo e grado di permeabilità                                                                                                                                      |
|----|---------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Nurra                                 | Unità detritico-carbonatica quaternaria | Sabbie marine, di spiaggia e dunari, arenarie eoliche, sabbie derivanti dall'arenizzazione dei graniti; panchina tirreniana, travertini, calcari; detriti di falda                                                                                                                                                                                                                                                         | Permeabilità alta per porosità e, nelle facies carbonatiche, anche per fessurazione                                                                               |
| 2  | Sorso                                 |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                   |
| 3  | Valladeria                            |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                   |
| 4  | Olbia                                 |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                   |
| 5  | Chilivani                             |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                   |
| 7  | Orosei                                | Unità delle                             | Depositi alluvionali                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Permeabilità per porosità                                                                                                                                         |
| 9  | Barisardo                             |                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                   |
| 38 | Sardegna orientale, e sud-occidentale | Unità magmatica paleozoica              | <p>Complesso intrusivo ercinico: leucograniti, monzograniti, granodioriti, tonaliti, gabbri, gabbro-tonaliti, granitoidi, filoni di porfidi riolitici, aplitici, pegmatitici, di quarzo e basaltici, ammassi di micrograniti;</p> <p>Complesso effusivo: rioliti e riodaciti in espandimenti ignimbritici e in colate, porfidi in ammassi subvulcanici, lave e breccie andesitiche, subordinati espandimenti dacitici.</p> | Permeabilità complessiva bassa per fessurazione; localmente media in corrispondenza delle aree intensamente arenizzate o con sistemi di fratturazione sviluppati. |

Tabella 2-7 Unità idrogeologiche, litologie, tipo e grado di permeabilità dei complessi idrogeologici individuati

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



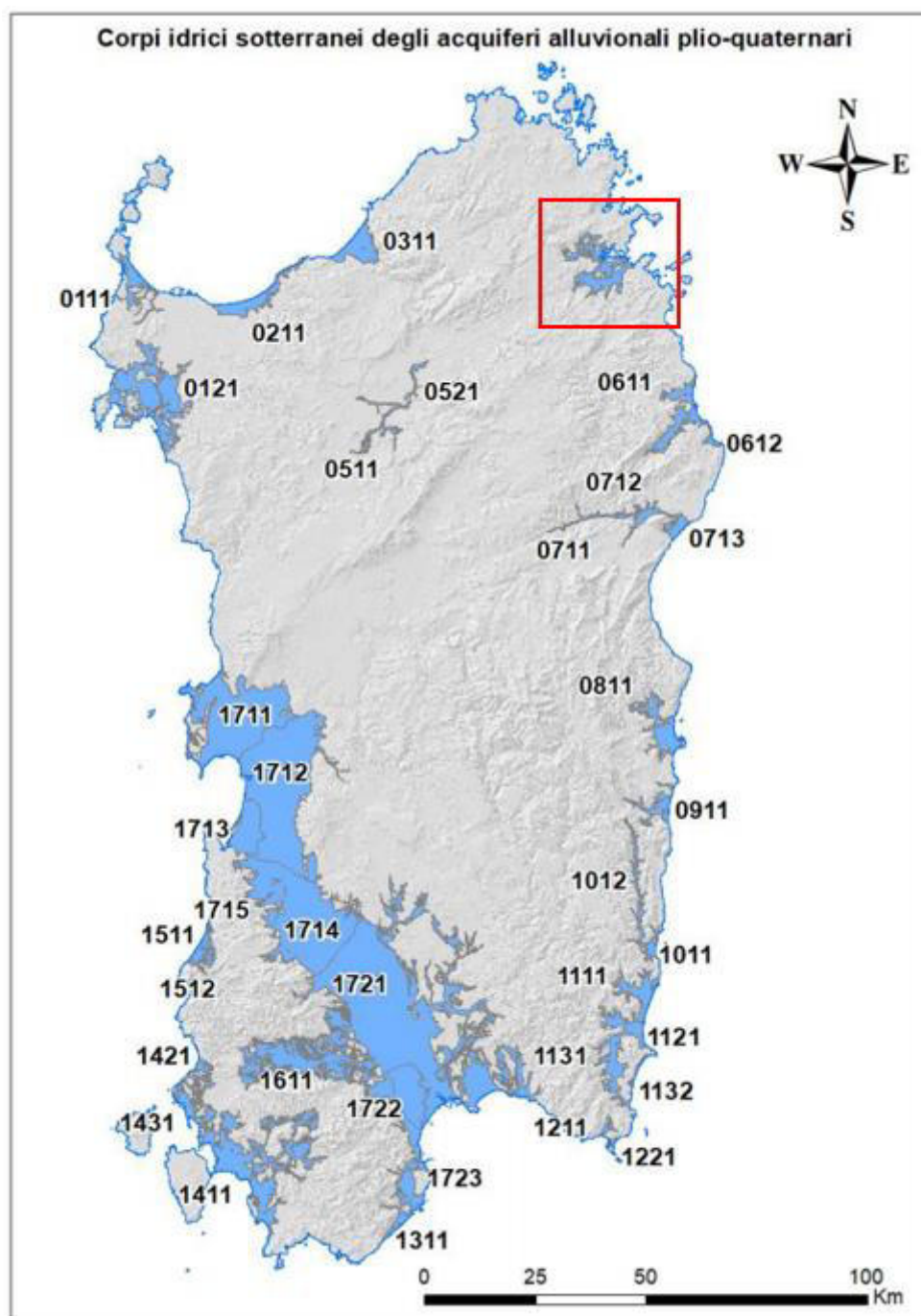


Figura 2.4: Corpi Idrici degli acquiferi sedimentari pilo-quadernari

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Per ciascun complesso idrogeologico (C.I.), il PdG del Distretto idrografico della Gallura ha individuato gli acquiferi (Acq.) e i relativi corpi idrici (CIS) e l'unione dei suddetti identificativi ha dato origine al codice univoco per ciascun corpo idrico (ID CIS). I corpi idrici coincidono con l'acquifero o costituiscono una parte di esso. Entrambe le alternative progettuali ricadono nel Complesso Idrogeologico (C.I.) 04, Acquifero 1 e, quindi, codice ID CIS = 0411, la cui denominazione del corpo idrico sotterraneo è "Detritico – alluvionale plio – quaternario di Olbia" e nel Complesso Idrogeologico (C.I.) 38, Acquifero 3 e, quindi, codice ID CIS = 3832, la cui denominazione del corpo idrico sotterraneo è "Granitoidi della Gallura".

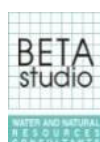
| C.I. | Acq. | CIS | ID CIS | Denominazione corpo idrico                                        | Superficie [km <sup>2</sup> ] |
|------|------|-----|--------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 01   | 1    | 1   | 0111   | Detritico-alluvionale plio-quaternario della Nurra settentrionale | 35,2                          |
| 01   | 2    | 1   | 0121   | Detritico-alluvionale plio-quaternario della Nurra meridionale    | 184,1                         |
| 02   | 1    | 1   | 0211   | Detritico-alluvionale plio-quaternario della Marina di Sorso      | 35,5                          |
| 03   | 1    | 1   | 0311   | Detritico-alluvionale plio-quaternario di Valledoria              | 45,8                          |
| 04   | 1    | 1   | 0411   | Detritico-alluvionale plio-quaternario di Olbia                   | 74,4                          |
| 05   | 1    | 1   | 0511   | Detritico-alluvionale plio-quaternario di Chilivani               | 35,9                          |
| 05   | 2    | 1   | 0521   | Detritico-alluvionale plio-quaternario di Ozieri                  | 4,8                           |
| 38   | 3    | 2   | 3832   | Granitoidi della Gallura                                          | 3231,9                        |

Tabella 2-8 Elenco dei corpi idrici sotterranei (CIS) della Sardegna

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



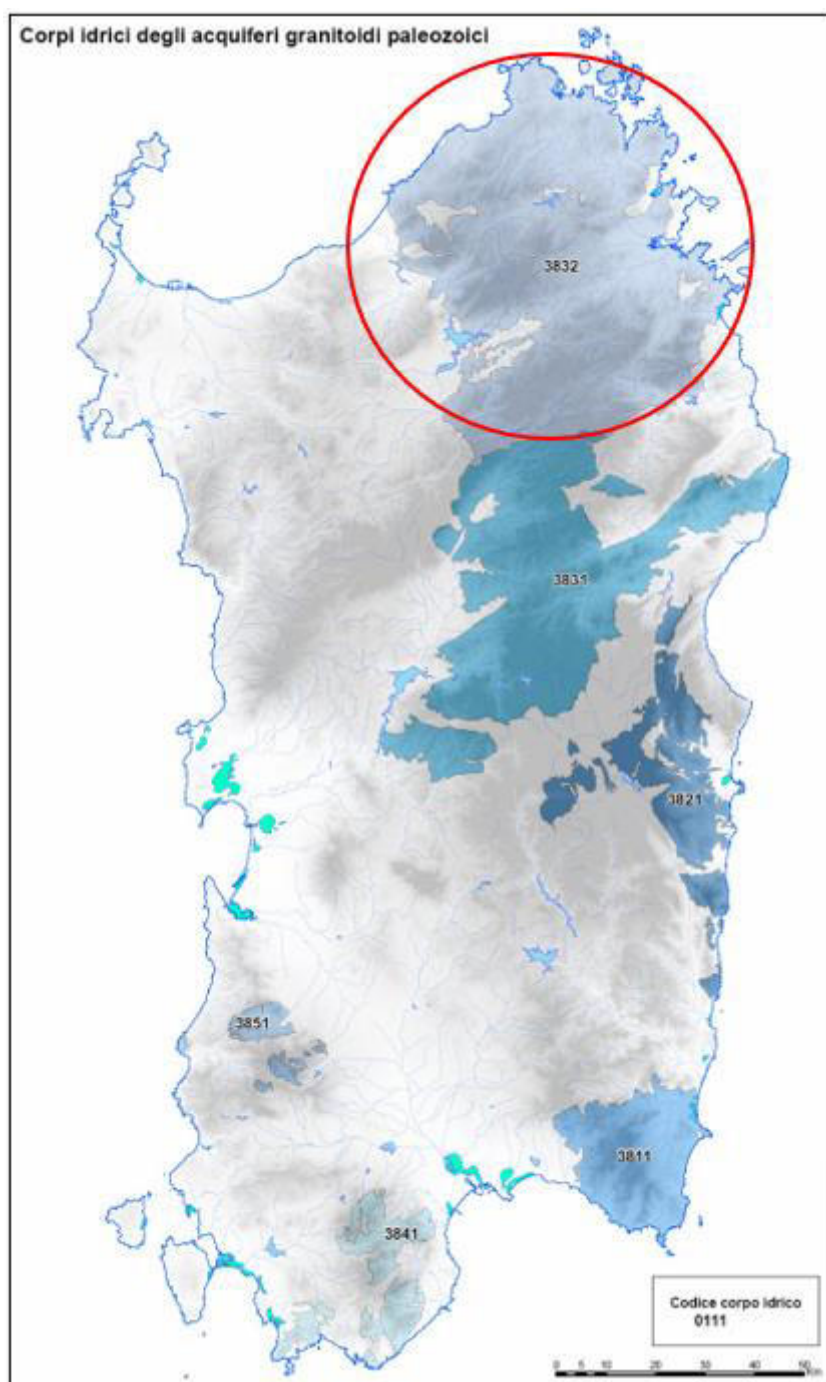


Figura 2.5: Corpi idrici degli acquiferi granitoidi paleozoici

## 2.4.2 Vulnerabilità dei Corpi Idrici Sotterranei

La vulnerabilità intrinseca degli acquiferi è definita come la suscettibilità specifica dei sistemi acquiferi, nelle loro diverse parti componenti e nelle diverse situazioni geometriche ed idrodinamiche, ad ingerire e diffondere, anche mitigandone gli effetti, un inquinante fluido od idroveicolato tale da produrre impatto sulla qualità dell’acqua sotterranea, nello spazio e nel tempo (Civita, 1987). La conoscenza della vulnerabilità concorre all’analisi del rischio derivante dalle pressioni rilevate su ciascun corpo idrico sotterraneo. La valutazione della vulnerabilità per ciascun corpo idrico è stata dedotta a partire da quella individuata nell’ambito del PTA; la vulnerabilità intrinseca dei complessi acquiferi è stata valutata mediante l'utilizzo di sette parametri:

1. Soggiacenza;
2. Infiltrazione efficace;
3. Non - saturo (effetto di autodepurazione del);
4. Tipologia della copertura;
5. Acquifero (caratteristiche idrogeologiche del);
6. Conducibilità idraulica dell’acquifero;
7. Superficie topografica (acclività della);

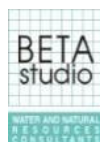
All’interno di ciascun corpo idrico possono ricadere aree a diversa vulnerabilità; qualora tali aree siano significative dal punto di vista spaziale, al corpo idrico è stato attribuito il range di vulnerabilità corrispondente, in caso contrario è stata attribuita la classe di vulnerabilità prevalente.

Nello specifico, nei due corpi idrici sotterranei dell’area oggetto di interesse la vulnerabilità intrinseca attribuita ad ognuno dei due CIS è:

- CIS 0411: Vulnerabilità Alta (A) addotta alla vulnerabilità prevalente per la presenza di un complesso acquifero “Detritico-alluvionale plio-quaternario”;
- CIS 3832: Vulnerabilità Bassa (B) addotta alla vulnerabilità prevalente per la presenza di un complesso acquifero “Granitoidi della Gallura”.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



### 2.4.3 Pressioni significative sullo stato chimico e sullo stato quantitativo

Ai sensi della Direttiva 2000/60/CE e delle sue linee guida, per pressioni significative si intendono quelle che determinano il rischio di non raggiungimento degli obiettivi ambientali fissati per un determinato corpo idrico o gruppo di corpi idrici. Per determinare quali tra le pressioni siano effettivamente significative ai sensi della Direttiva il Piano di Gestione del Distretto idrografico della Sardegna ha proceduto, per ciascun corpo idrico, con il confronto tra le pressioni potenzialmente significative e gli indicatori di impatto desunti dall'elaborazione dei dati di monitoraggio. Tale attività è stata eseguita sia per le pressioni sullo stato chimico che per quelle sullo stato quantitativo. In entrambi i CIS dell'area oggetto delle due alternative progettuali, CIS 0411 “Detritico Alluvionale Plio-Quaternario di Olbia” e CIS 3832 “Granitoidi della Gallura”, il Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna non ha rilevato pressioni significative sullo stato chimico.

### 2.4.4 Monitoraggio chimico 2016 – 2021

#### 2.4.4.1 Classificazione dei corpi idrici sotterranei

Per il Corpo Idrico Sotterraneo CIS 0411 “Detritico-Alluvionale Plio-Quaternario di Olbia” lo stato chimico, quantitativo e complessivo delle acque sotterranee attribuito è il seguente:

- Stato chimico monitoraggio 2021: BUONO. Il corpo idrico non ha subito alcuna variazione rispetto al precedente ciclo di pianificazione del 2016;
- Stato quantitativo monitoraggio 2021: BUONO. Il corpo idrico non ha subito alcuna variazione rispetto al precedente ciclo di pianificazione del 2016;
- Stato complessivo monitoraggio 2021: BUONO. Il corpo idrico non ha subito alcuna variazione rispetto al precedente ciclo di pianificazione del 2016.

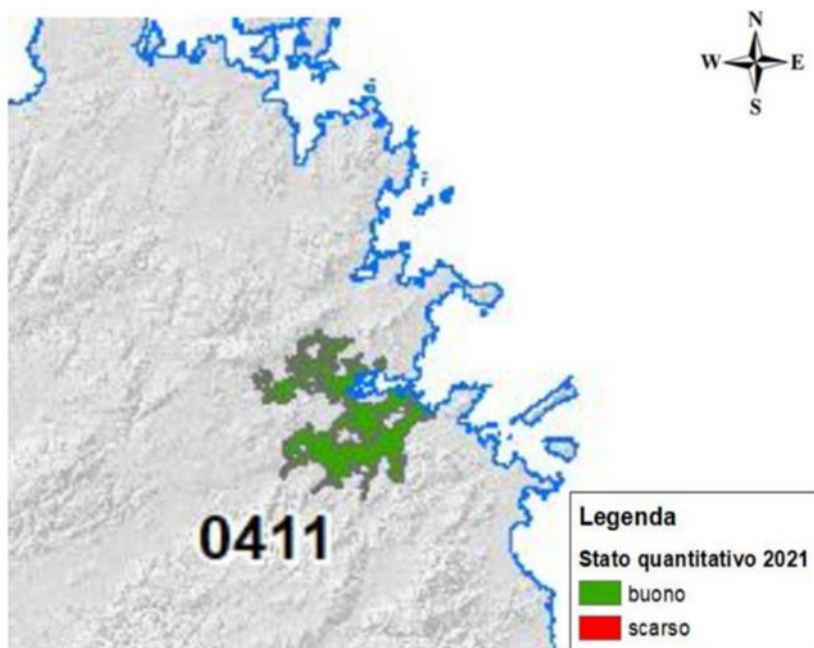


Figura 2.7: Stato quantitativo corpi idrici sotterranei CIS 0411

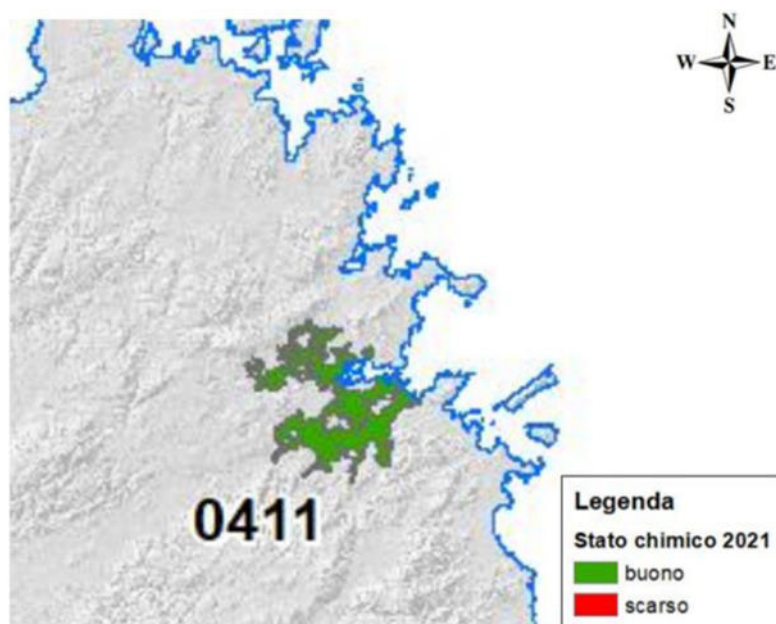
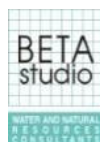


Figura 2.6: Stato chimico dei corpi idrici sotterranei CIS 0411

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



Per il Corpo Idrico Sotterraneo CIS 3832 “Granitoidi della Gallura” lo stato chimico, quantitativo e complessivo delle acque sotterranee attribuito è il seguente:

- Stato chimico monitoraggio 2021: BUONO. Il corpo idrico non ha subito alcuna variazione rispetto al precedente ciclo di pianificazione del 2016;
- Stato quantitativo monitoraggio 2021: BUONO. Il corpo idrico non ha subito alcuna variazione rispetto al precedente ciclo di pianificazione del 2016;
- Stato complessivo monitoraggio 2021: BUONO. Il corpo idrico non ha subito alcuna variazione rispetto al precedente ciclo di pianificazione del 2016.

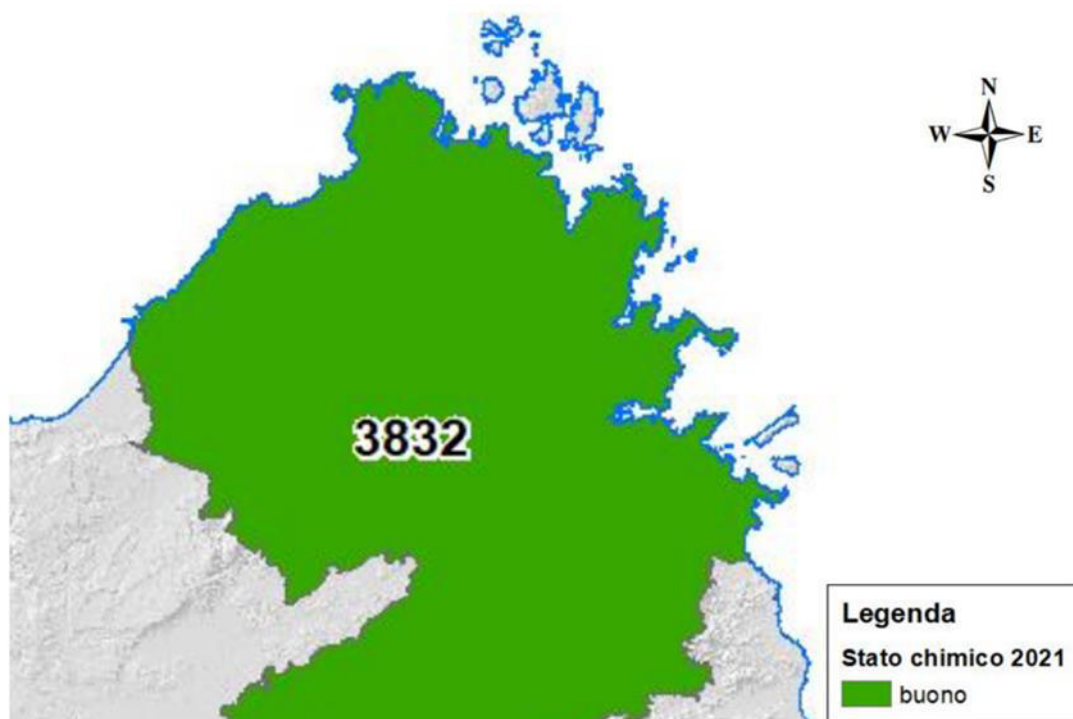


Figura 2.8: Stato chimico corpi idrici sotterranei CIS 2832

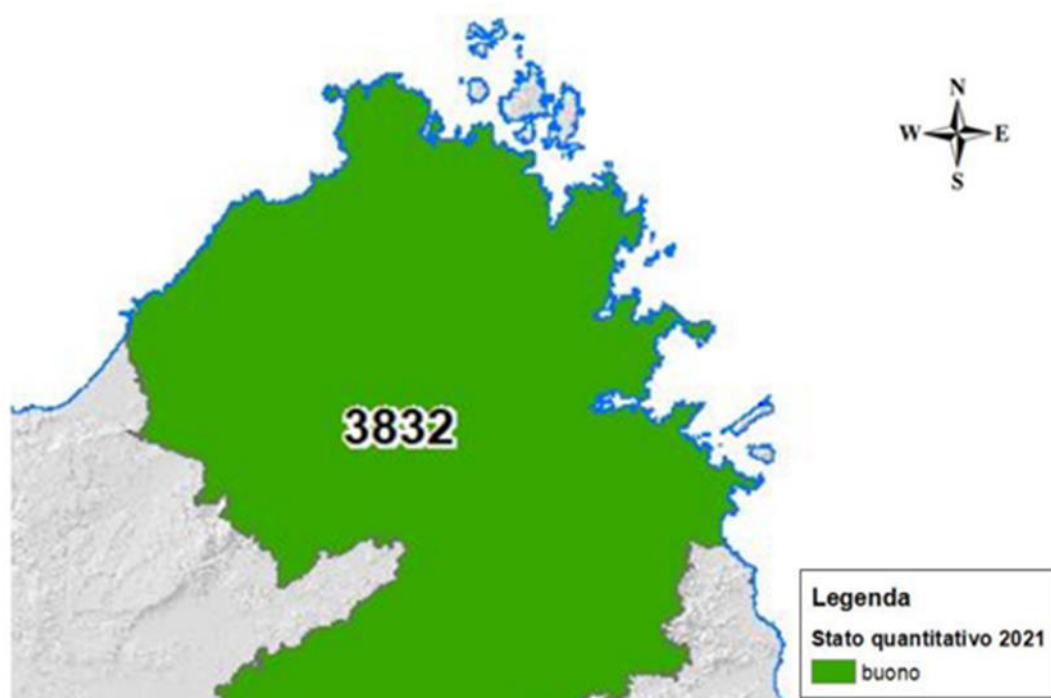


Figura 2.9: Stato quantitativo corpi idrici sotterranei CIS 3832

Il Piano di Gestione del Distretto Idrografico della Sardegna, alla luce dei risultati dello stato chimico e dello stato quantitativo dei due Corpi Idrici Sotterranei dell'area in cui ricadono entrambe le scelte progettuali, ha considerato non a rischio entrambi. La situazione è rimasta invariata relativamente al rischio di non raggiungimento degli obiettivi rispetto a quanto definito nel 2016.

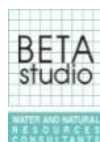
#### 2.4.4.2 Caratterizzazione chimica – Acque sotterranee

Per quanto concerne le acque sotterranee, le misurazioni di inquinanti sono state confrontate con le CSC per le acque sotterranee individuate dal d.lgs. n. 152/2006, rivelando il superamento della soglia per tre sostanze differenti, nell'unico campione di acqua sotterranea disponibile. Nella tabella seguente, sono illustrati i superamenti citati.

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



(Capogruppo mandataria)



| Inquinanti | Concentrazioni rilevate [mg/l] | CSC [mg/l] |
|------------|--------------------------------|------------|
| Solfati    | 1800                           | 250        |
| Ferro      | 4,12                           | 0,2        |
| Manganese  | 0,953                          | 0,005      |

È plausibile ipotizzare che siano presenti condizioni fortemente riducenti nei suoli, che favoriscono rilascio di ferro e manganese nella falda in forma solubile a partire dalla riduzione dei rispettivi ossidi.

## 2.5 Valutazione degli impatti potenziali

La rete di canali urbani di Olbia è caratterizzata da un'elevata densità di drenaggio. Tuttavia, la pressione dei carichi inquinanti è per lo più trascurabile, in quanto le acque nere vengono scaricate nella rete fognaria comunale, mentre le attività agricole e industriali sono di tipo intensivo. Attualmente, il reticolo principale, soprattutto nei tratti in prossimità della foce a mare, è caratterizzato dalla presenza degli scarichi della rete bianca di drenaggio urbana, sia stradale che delle volumetrie dell'area urbana ed extraurbana. In caso di precipitazioni di una certa intensità, i canali possono essere interessati dallo scolo delle acque di dilavamento delle strade, con oli e grassi. La quantità di sostanze che va a finire nei canali è comunque trascurabile. Un altro problema si crea durante eventi pluviometrici eccezionali, che possono comportare un rigurgito ed un travaso delle acque del reticolo dei canali all'interno della rete degli scarichi urbani delle acque bianche, con conseguenti fenomeni di allagamento nelle strade e nelle abitazioni. Le acque superficiali del reticolo fluviale oggetto di intervento sono state interessate da un piano di indagini e campionamenti, i cui risultati sono analizzati in dettaglio negli elaborati specifici allegati al progetto. I valori di concentrazione di alcuni inquinanti superiori ai limiti di legge, riscontrati in alcuni punti, sono da associare con buona probabilità agli effetti delle recenti alluvioni. Gli interventi previsti in progetto, migliorando l'assetto del sistema idraulico, contribuiranno a limitare il rischio di

inquinamento delle acque superficiali durante gli eventi pluviometrici intensi. Le acque che interessano i canali, in particolare nella zona più a valle, sono definibili salmastre. Questo è dovuto all'assetto complessivamente lagunare della condizione marittima della foce dei corsi d'acqua, con possibilità di marea sigiziale superiore alla media sarda. A tal proposito è da ricordare che l'evento del nubifragio del 2013 (Cleopatra) è stato incentivato proprio da una situazione sfavorevole di marea sigiziale. Altro aspetto da non trascurare, anche per la qualità delle acque, è la presenza o meno del trasporto solido. I materiali terrigeni che raggiungono i canali del territorio urbano provengono prevalentemente dal territorio extraurbano, in particolare dai versanti fortemente acclivi, con pendenze superiori al 15-20%. In queste zone si possono formare superfici interessate da rill erosion o erosione in rivoli (o addirittura gully erosion, erosione in solchi), quando le pendenze si aggirano e superano il 15%-20%. Ma le zone interessate da dinamiche erosive, nel territorio extraurbano di Olbia, si trovano anche in zone con pendenze inferiori al 15%, in conseguenza, rispettivamente, di talune pratiche agronomiche (aratura meccanica a rittochino; dissodamenti) e della proliferazione dei cantieri con movimenti terra, che intervengono su litologie di per sé favorevoli ai fenomeni di degradazione fisica, sia che si tratti di arenizzazioni che di materiali detritici di colmata.

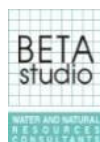
In generale, i sedimenti presenti in alveo o depositati di recente sulle sponde dei canali urbani di Olbia provengono dall'erosione a monte di tratti più pendenti e dall'erosione spondale stessa, che spesso precede in sequenza temporale e spaziale la sedimentazione. In diversi tratti si osserva la contiguità fra i due fenomeni, che spesso hanno offerto dei traccianti per la ricostruzione dell'evento idrologico su tutti i tratti a monte del centro urbano. Si tratta spesso di sedimenti ghiaiosi e sabbiosi con frazioni secondarie di limo e/o argilla. Buona parte di questi canali, in particolare le aree di espansione, sono impostati nei terreni bonificati, con le colmate di terreni sabbiosi, ghiaiosi, limosi, e argilloso siltosi. Le colmate storiche costituiscono condizioni favorevoli all'erosione in caso di fenomeni particolarmente intensi e su tratti a correnti veloci, come in diversi casi è stato l'evento del 2013.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*



L'azione erosiva si traduce per contro in crescenti aliquote di sedimenti nei canali, che interferiscono con le regolari dinamiche dei corsi d'acqua. Una volta sedimentati, i sedimenti favoriscono la colonizzazione e la proliferazione di vegetazione riparia, laddove la riduzione di velocità ottenuta con l'ampliamento delle sezioni realizzate con le sistemazioni, favorisce la deposizione dei sedimenti più fini e quindi induce maggiori necessità manutentive. La trattazione che segue fornisce un quadro sintetico degli interventi previsti nel progetto di riqualificazione dei corsi d'acqua urbani di Olbia e consente una "lettura" delle principali ricadute positive/effetti migliorativi sull'ambiente e, contestualmente, delle criticità connesse a ciascuna azione progettuale. Una volta introdotto il progetto e le ricadute positive e negative, per ciascun intervento viene quindi riportata una breve descrizione con l'indicazione delle azioni migliorative e perturbative e dei relativi effetti attesi - laddove significativi - sull'assetto ambientale. Le principali azioni perturbative sono relative alla sola fase di cantiere e sono connesse al disturbo dell'ambiente terrestre e di quello idrico. Le azioni migliorative si concretizzano a regime in termini di riassetto idraulico e geomorfologico dei corsi d'acqua e di risanamento dell'ambiente fluviale e delle pertinenze. Gli effetti attesi costituiscono il "riferimento" per la verifica degli impatti esplicitati nelle matrici finali che riportano una sintesi delle valutazioni condotte per le diverse componenti ambientali, riassumendo per ciascun aspetto considerato, i fattori di impatto potenziale nelle diverse fasi di intervento e le tipologie di impatto, entità e durata.

### 2.5.1 Esame del progetto

In vista di quanto descritto nei paragrafi precedenti, l'obiettivo degli interventi di mitigazione sarà quello di modificare, ove possibile, i tronchi fluviali e i ponti adattandoli alle portate. Considerata l'evidente rigidità della rete idrica dei corsi d'acqua che attraversano il centro abitato, con parecchie interferenze (volumetrie di vario tipo), che spesso non consentono di poter adeguare le sezioni della complessa rete di canali nel centro abitato, come sarebbe necessario relativamente alle portate con tempi di ritorno di 200 anni calcolate, si è studiata la soluzione più adeguata per poter ridurre le portate dei canali prima che raggiungano il centro urbano, migliorando il ritardo di picco.

Le opere individuano tre direttrici principali:

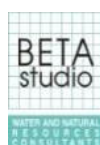
- 1) La direttrice Seligheddu-Padrongianus, lunga la quale si sviluppa lo scolmatore 1 e le opere di presa sui rii Seligheddu, Pasana e Paole Longa, che permette di convogliare le portate di piena nell'alveo del Rio Padrongianus, esterno alla città, con successivo scarico a mare;
- 2) La direttrice Abba Fritta-Cabu Abbas, lunga la quale si sviluppa lo scolmatore 2 e con scarico nel rio Cabu Abbas in zona industriale, esterno al centro abitato, e successivo scarico a mare;
- 3) La direttrice San Nicola-Zozò-Gadduresu-Seligheddu, lunga la quale si sviluppano lo scolmatore tre e gli interventi di adeguamento di sezioni e profili del tratto di monte del rio Zozò, il deviatore Zozò-Gadduresu, gli interventi di adeguamento di sezioni e profili del Gadduresu, il deviatore Gadduresu-Seligheddu, gli interventi di adeguamento di sezioni e profili del tratto finale del rio Seligheddu. Questa direttrice si sviluppa in parte in ambito urbano.

Una quarta direttrice, minore, è formata dal deviatore Paule Longa/Tannaule-Seligheddu che ha la finalità di risolvere le criticità idrauliche della zona Bandinu e si sviluppa in una zona non urbanizzata.

L'intercettazione delle portate di piena con immissione negli scolmatori avviene presso alcune opere di presa. Le opere sono costituite da un tratto di corso d'acqua reso più largo e profondo rispetto alla sezione corrente del rio, nel quale viene realizzata una “vasca di calma” in linea, che ha un duplice scopo: costituire una zona ove la corrente rallenta ottenendo il tirante per attivare lo stramazzo di presa, mediante sfioro laterale delle portate nello scolmatore e fungere da trappola per i sedimenti ovvero per intercettare una parte del trasporto solido, preservando da possibili danneggiamenti le pareti degli scolmatori ed il

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



golfo di Olbia da interrimenti. A valle della soglia di presa è prevista una “vasca di dissipazione” che permette di dissipare il carico cinetico, contenendo al piede dello stramazzo la formazione del risalto. Per sostenere il livello nella vasca di calma (e di carico) e rendere più efficiente lo sfioro laterale delle portate di piena, è prevista un’opera trasversale all’asse del corso d’acqua presidiata da paratoie affiancate da stramazzo di sfioro di emergenza. In fase di ordinario esercizio dell’opera, le paratoie sono regolate in modo da permettere il mantenimento del deflusso ordinario ed ecologico verso valle, garantendo l’apporto di acque dolci al golfo di Olbia. La diversione delle portate verso lo scolmatore avviene solo in condizioni di piena, senza operazioni sulle paratoie ma sfruttando la partizione delle portate tra quelle modeste che continuano a defluire verso valle sotto il lembo inferiore delle paratoie (che in condizioni di piena funzionano sottobattente) e quelle che sfiorano verso lo scolmatore. Infine, la soluzione progettuale si compone di interventi in città sui canali urbani in termini di:

- abbassamenti del fondo dei 3 canali urbani principali nei tratti di foce (dragaggio sino alla -2,00 m s.m.m. delle foci e dei tratti finali dei rii San Nicola, Zozò e Seligheddu);
- allargamenti delle sezioni esistenti;
- realizzazione di 3 deviatori in ambito periurbano ed urbano.

Tutti gli interventi previsti in città sono di modesta entità e non impattanti sul tessuto urbano. Il contenimento degli interventi e delle loro dimensioni in ambito urbano è reso possibile dalle opere previste in ambito extraurbano che riducono in modo significativo le portate idrauliche che transitano in città.

### 2.5.2 Valutazione impatti potenziali per ogni singolo intervento

Gli effetti della realizzazione delle opere in progetto sulle acque superficiali durante la fase di cantiere sono riconducibili in primo luogo alle perturbazioni che possono generarsi dalle operazioni di demolizioni, trattamento dei fanghi, realizzazione degli argini e delle opere di

protezione e di rivestimento. Queste azioni generano trasporto e sospensione di sedimenti. Dal punto di vista qualitativo si ritiene che le modalità di sviluppo dell'intervento siano in grado di minimizzare gli effetti sulle caratteristiche delle acque defluenti negli alvei dei corsi d'acqua. L'assetto dell'alveo che si verrà progressivamente a creare durante la realizzazione delle opere può influire sulla velocità e sul livello delle acque di piena. Per evitare che si verifichino impatti negativi, la realizzazione delle opere sarà attuata seguendo uno schema che preveda la riduzione delle interferenze con le acque defluenti nell'alveo e il mantenimento delle dimensioni della sezione di deflusso. Innanzitutto, è importante considerare che la realizzazione delle opere di mitigazione è stata studiata attentamente per gradi, o meglio per lotti, come indicato nel progetto. In fase di esercizio, le opere di mitigazione saranno pienamente operative e la principale finalità dell'intervento, ovvero la messa in sicurezza del centro urbano attraverso il miglioramento della capacità di smaltimento delle acque di piena da parte della rete idrografica, sarà realizzata. Dal punto di vista prettamente idraulico, pertanto, l'impatto dell'intervento sulla componente acque superficiali risulta sicuramente positivo. Nel presente paragrafo, verrà preso in considerazione ogni singolo intervento.

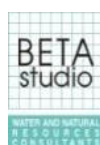
La progettazione interessa una serie di opere, tra loro differenti, per le quali sono stati definiti dei criteri di verifica generali da rispettare. Questi criteri sono, in parte, definiti dalle normative vigenti e, in parte, sono accorgimenti progettuali necessari al fine del corretto funzionamento delle opere. Tali criteri sono stati definiti per le principali opere in progetto che possono suddividersi in:

- Scolmatori in galleria;
- Corsi d'acqua;
- Attraversamenti fluviali.

La portata di riferimento assunta per il dimensionamento degli scolmatori è quella massima da scolmare in occasione dell'evento di progetto con Tempo di Ritorno di 200 anni, critica

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



per il bacino del Rio Seligheddu. Contestualmente è stata svolta un'analisi volta a definire le portate minime da garantire a valle delle opere di presa, volta ad assicurare il corretto apporto di acqua dolce al golfo di Olbia. Fatto ciò, si sono ripartite le portate alle opere di presa in maniera tale da minimizzare gli interventi sugli alvei urbani e periurbani. Sulla base delle portate scolmate alle singole opere di presa, che si sommano in maniera idrologica, secondo i loro idrogrammi, all'interno degli scolmatori, sono state dimensionate le opere affinché:

- Il funzionamento delle gallerie scolmatrici sia sempre a pelo libero in occasione del transito del picco di piena;
- La linea dell'energia sia inferiore o al più prossima alla calotta della galleria naturale e dei tratti in cut&cover, in occasione del transito del picco di piena;
- Le opere di presa non siano rigurgitate dai tiranti che si formano negli scolmatori;
- evitare transizioni di regime lenta-veloce/veloce-lenta del moto della corrente lungo i canali scolmatori

**Fase di cantiere:** Le opere previste in tale fase, sono prevalentemente scavi, localmente demolizioni dove vi sono opere artificiali; quindi, trasporti di materiale in eccesso e accantonamento provvisorio delle terre e dei suoli per un successivo riutilizzo; infine, vi è la realizzazione delle opere artificiali. I lavori verranno effettuati parzializzando le sezioni di scavo e di realizzazione degli argini, isolando di conseguenza gli alvei che vengono coinvolti nelle opere, per il transito degli automezzi; in tal modo si impediranno le interferenze con le acque defluenti e di conseguenza il rischio di contaminazione delle acque superficiali, con i mezzi meccanici che transitano nel cantiere, con possibile produzione di rifiuti speciali. Particolare attenzione è da porre alle sezioni da realizzare con tecnologia cut&cover ed in particolare a quelle sezioni che prevedono una quota di imposta del nuovo canale artificiale relativamente profonda. Per contenere l'ampiezza degli scavi per le sezioni più profonde è stata prevista la realizzazione di alcune paratie di sostegno in pali trivellati e giunzione tra i

pali con gettiniezioni in jet grouting, al fine di sostenere i terreni sciolti laterali durante le fasi di realizzazione.

La sezione più impegnativa è senza dubbio quella descritta dal tipologico 3 e dal tipologico 4 delle tavole di progetto che richiede la realizzazione di 2 paratie di pali trivellati e di gettiniezioni di jet-grouting di sutura.

Tali sezioni sono ubicate proprio nel tratto parallelo alla strada statale SS 127 che sostanzialmente rappresenta, dal punto di vista idrogeologico, uno spartiacque di separazione tra l'incisione del Rio Seligheddu e l'incisione del Rio Pasana. Pertanto, l'effetto schermante ancorché di estensione limitata della paratia di pali trivellati non avrà influenza sul regime della falda effimera che continuerà ad avere i propri assi di drenaggio laterali nell'incisione nel Rio Seligheddu e nell'incisione del Rio Pasana e in direzione est (ovvero verso il mare). Tale direzione è parallela alla galleria, non ortogonale alla stessa.

Il flusso prevalente di questa falda effimera è parallelo all'asse della galleria e non trasversale ad essa e quindi la paratia di pali non costituisce per la falda effimera alcun ostacolo.

**Fase di esercizio:** la realizzazione delle gallerie scolmatrici, regolarizza notevolmente la circolazione idrica dei canali, riducendo i picchi di portata negli eventi di piena, migliorando notevolmente il drenaggio dei canali a valle proteggendoli dalle piene. Oltre a ridurre i tiranti idraulici, riduce anche la velocità di deflusso delle acque verso valle; ne consegue che le acque che raggiungono i canali a valle, hanno energia ridotta, quindi l'azione erosiva, evidente negli eventi di piena, viene notevolmente ridimensionata. Inoltre l'azione di trattenimento dei sedimenti nelle opere di presa migliora la torbidità delle acque e limita l'interrimento delle foci e le problematiche menzionate in precedenza circa il trasporto solido.

### **2.5.3 Interazione delle opere di progetto alle foci con la salinità della falda**

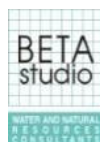
Si è valutato l'aspetto per il quale l'allargamento e l'approfondimento dei corsi d'acqua nel centro urbano, in particolare nei tratti di foce del Rio Selighedd e del Rio San Nicola,

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*



potrebbe comportare una variazione nell’equilibrio e nella miscelazione tra acqua dolce e acqua salata. Per la valutazione di tale aspetto, si è valutata la caratterizzazione chimico-fisica delle acque nei rii urbani, eseguita per la progettazione del “Piano di manutenzione dei canali” di recente redazione da parte del Comune di Olbia, e dai risultati ottenuti dalla campagna di indagine, che hanno permesso di caratterizzare l’acqua di falda.

Nella progettazione relativa al “Piano di manutenzione dei canali” si sono individuati i punti di campionamento (sedimenti ed acque) raffigurati nelle figure di seguito. I tratti di intervento interessati dall’abbassamento ed allargamento dell’alveo presentano un’estensione dalla foce di circa 1.000 m (da ponte delle Tre Venezie alla foce) per quanto riguarda il Seligheddu, 700 m per il San Nicola e 400 m per lo Zozò. I campioni di acqua prelevati dai canali nelle zone di interesse sono localizzati a circa 500 m e a circa 1 km dalla foce. Le analisi su questi campioni hanno individuato una conducibilità variabile da 20.060  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 24.440  $\mu\text{S}/\text{cm}$  che portano a classificare le acque dei rii come salmastre.



Figura 2.10: Ubicazione dei punti di campionamento dei sedimenti (verde) e acque (azzurro)

La presenza di acqua salmastra nei canali riscontrata nelle indagini condotte nel progetto relativo al piano di manutenzione dei canali porta a ritenere che tale situazione sia presente anche a livello di falda, considerazione confermata dai risultati delle indagini condotte per la redazione dello SIA. Mediante l'utilizzo di piezometri con sonda multi-parametrica sono state rilevate caratteristiche chimico-fisiche dell’acqua di falda alle foci tali da caratterizzare la

suddetta acqua come **salmastra**.

| Rio        | Conducibilità $\mu\text{S}/\text{cm}$ |              |
|------------|---------------------------------------|--------------|
|            | 500 m da Foce                         | 1 km da Foce |
| Seligheddu | 24440 +/- 1134                        | 1197 +/- 56  |
| San Nicola | 20060 +/- 931                         | 1880 +/- 87  |

Tabella 2-8 – Valori di conducibilità nei tratti finali dei rii



Figura 2.11: Seligheddu: ubicazione dei punti di campionamento dei sedimenti (in verde) e delle acque (in azzurro)

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Figura 2.12: San Nicola-Zozò: ubicazione dei punti di campionamento dei sedimenti (in verde) e delle acque (in azzurro)

### 2.5.3.1 Prove nell’ambito dei prelievi di campioni d’acqua indagini in corso

La presenza di acqua salmastra nei canali riscontrata nelle indagini condotte nel progetto relativo al piano di manutenzione dei canali porta a ritenere che tale situazione sia presente anche a livello di falda.

I risultati delle prime indagini in corso, propedeutiche alla progettazione delle opere di mitigazione del rischio idraulico, hanno confermato tale ipotesi.

Nel piano indagini in corso di esecuzione, si sono previsti tre piezometri nei pressi delle foci (due sul Seligheddu ed uno sul San Nicola) attrezzati con sonda multi parametrica al fine di poter definire le caratteristiche ambientali dell’acqua di falda.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Figura 2.13: Piezometri attrezzati con sonda multi parametrica

Allo stato attuale, solamente i piezometri S38P e S48P sono stati installati. I risultati dell'analisi dell'acqua di falda prelevata da questi due piezometri sono riportati nella seguente tabella.

| Nome piezometro | Profondità piezometro | Livello falda (m) da boccaforo | pH   | Temperatura (°C) | redox mVORP | %DO  | ppmDO | Conducibilità (mS/cm) |
|-----------------|-----------------------|--------------------------------|------|------------------|-------------|------|-------|-----------------------|
| S38P            | 15 m                  | 1.88                           | 7.08 | 18.57            | 28.8        | <0,1 | <0,01 | 11,19                 |
| S48P            | 15 m                  | 2.34                           | 7.07 | 17.9             | -79.4       | <0,1 | <0,01 | 17,35                 |

Tabella 2-9: Caratteristiche chimico-fisiche dell'acqua di falda alle foci

Le conducibilità riscontrate portano a caratterizzare l'acqua di falda come salmastra.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

## 2.5.4 Modellazione numerica

Al fine di studiare la variazione in termini di salinità della falda indotta dall'approfondimento ed allargamento delle sezioni alle foci, è stato implementato un modello numerico bidimensionale agli elementi finiti con il software *Feflow*.

È stata svolta una prima simulazione dello stato di fatto, ed è stata studiata la seguente configurazione:

- **SdP2 ottimizzata (a e b):** prevede il dragaggio della foce fino alla quota di -2.00 m s.l.m. e l'allargamento della sezione a 20 m.

Al fine di convertire i valori di conducibilità in concentrazione di sali si è fatto riferimento alla classificazione FAO, riportata nella tabella seguente:

| Water class       | ECw (dS/m) | Salt concentration (mg/l) | Type of water                             |
|-------------------|------------|---------------------------|-------------------------------------------|
| Non-saline        | < 0.7      | < 500                     | Drinking and irrigation water             |
| Slightly saline   | 0.7 – 2    | 500 – 1500                | Irrigation water                          |
| Moderately saline | 2 – 10     | 1500 – 7000               | Primary drainage water and ground water   |
| High saline       | 10 – 25    | 7000 – 15000              | Secondary drainage water and ground water |
| Very high saline  | 25 – 45    | 15000 – 35000             | Very high saline water                    |
| Brine             | >45        | >35000                    | Seawater                                  |

Source: FAO irrigation and Drainage Paper 48 1992

Tabella 2-10: Classificazione delle acque salmastre in base alla conducibilità e alla salinità

Ne consegue quindi che, in corrispondenza del sondaggio S38P, al valore di conducibilità della falda (pari a 11,19 mS/c), si associa un valore di concentrazione di sale di 7.5 g/l.

Al valore di conducibilità delle acque del Rio Seligheddu, si associa invece un valore di 14.5 g/l nel punto A1-L1 e di 1.5 g/l nel punto A1-L2.

Ai fini della modellazione, per la sezione tipologica si sono quindi imposte le seguenti condizioni al contorno:

- livello della falda e del Rio Seligheddu pari al livello del mare, ovvero pari a 0 m s.l.m.;

- concentrazione in corrispondenza del Rio Seligheddu pari ad un valore intermedio tra quella dei due punti A1-L1 e A1-L1, ovvero pari a 12 g/l;
- concentrazione in falda ad una distanza di circa 100 m dalle sponde del rio pari a 0 g/l.

La modellazione ha inoltre tenuto in considerazione dell'effetto della diversa densità dell'acqua di mare rispetto all'acqua dolce. Nella modellazione di problemi dipendenti dalla densità, come l'intrusione di acqua salata, la condizione al contorno di carico piezometrico deve essere correlata alla densità  $\rho_s$  effettiva del fluido, ovvero dell'acqua salata.

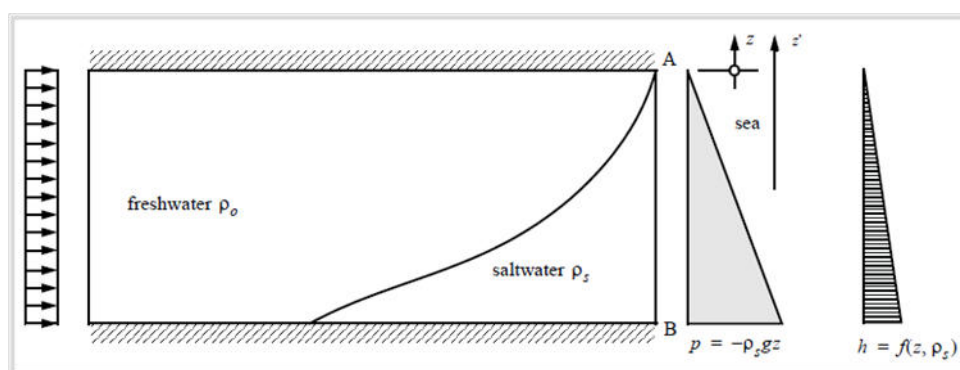


Figura 2.14: Schematizzazione delle condizioni al contorno nella modellazione dell'intrusione salina in Feflow

Al fine quindi di individuare la condizione al contorno da imporre sul Seligheddu, risulta necessario tener conto della definizione specifica di potenziale:

$$h = z + \frac{p}{\rho_0 g}$$

dove  $\rho_0$  è la densità del fluido di riferimento. Nei problemi di intrusione salina la densità di riferimento è quella dell'acqua dolce. Il carico misurato in un piezometro, infatti, si riferisce al fluido presente nel piezometro stesso e quindi il carico misurato relativo al fluido di salinità nota C è pari a:

$$h_s = z + \frac{p}{\rho_s g}$$

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Con  $\rho_s$  funzione della salinità  $C$ . Moltiplicando e dividendo il primo termine dell'equazione precedente per  $\rho_0$  si ottiene:

$$h_s = z + \frac{p}{\rho_s g} = h_s = z + \frac{p}{\rho_0 g} \frac{\rho_0}{\rho_s}$$

Attraverso vari passaggi si arriva a riscrivere il carico piezometrico relativo al fluido di salinità  $C$  nella seguente forma più semplice:

$$h_s = -\alpha z \quad (1)$$

con

$$\alpha = \frac{\rho_s - \rho_0}{\rho_0}$$

Considerando  $\rho_s = 1.024.5 \text{ kg/l}$  e  $\rho_0 = 1 \text{ kg/l}$ , si ottiene  $\alpha = 0.0245$ .

In sintesi, si cerca di convertire il carico piezometrico dell'acqua marina in termini di acqua dolce equivalente. Ne deriva quindi che la condizione al contorno imposta sulla sezione del Seligheddu (mare) nelle configurazioni di progetto è:

- per  $z=0 \text{ m s.l.m.}$ ,  $h=0 \text{ m s.l.m.}$ ;
- per  $z=-2 \text{ m s.l.m.}$  (fondo canale nella configurazione SdP2 ottimizzata, SdP2 e SdP3),  $h = 0.049 \text{ m s.l.m.}$ ;
- i punti intermedi sono stati interpolati linearmente secondo la relazione (1).

Infine, la stratigrafia di riferimento è costituita da uno strato superficiale, di spessore di circa 10 m, di granito arenizzato e un substrato di spessore di circa 40 m di granito. La permeabilità dello strato di granito arenizzato è stata posta pari a  $1\text{E-}05 \text{ m/s}$ , mentre quella del granito lapideo è stata posta pari a  $1\text{E-}07 \text{ m/s}$ .

Nella sezione dell'alternativa SdP2 e SdP3 alle palancole è stata assegnata una permeabilità di  $1\text{E-}09 \text{ m/s}$ .

### 2.5.5 Stato di fatto

La modellazione dello stato di fatto ha lo scopo di individuare una condizione di riferimento rispetto a cui misurare la variazione di salinità indotta dalle tre configurazioni di progetto a parità di distanza dalle sponde del Rio Seligheddu.

Lo stato di fatto è stato modellato facendo in modo che, in corrispondenza del punto di controllo S38P, la concentrazione fosse pari a quella misurata in sito, ovvero pari a circa 7.5 g/l.

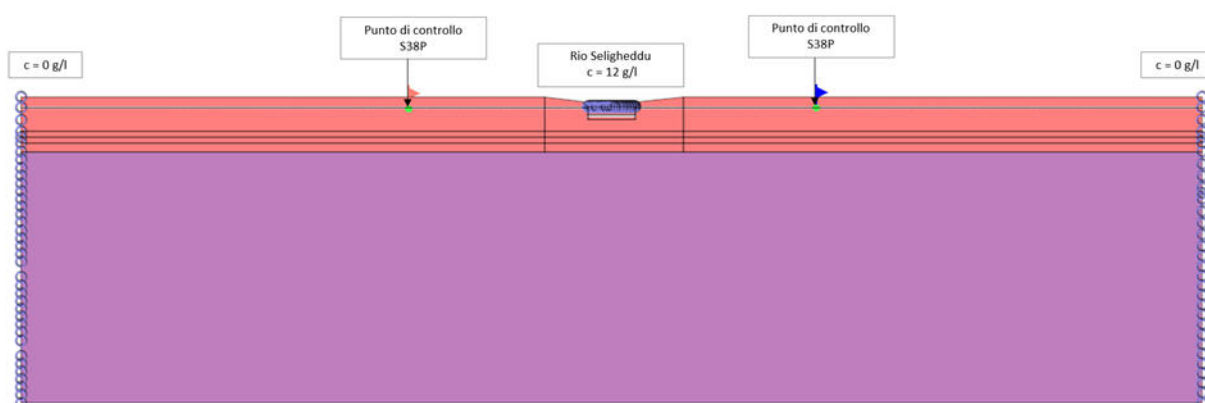


Figura 2.15: Schematizzazione delle condizioni al contorno nella modellazione dello stato di fatto

Nella figura 2.16 si riportano le linee di isoconcentrazione nello stato di fatto.

Si nota che in corrispondenza del punto di controllo la concentrazione di sali è circa pari a 7.5 g/l, così come misurato in campo e che ciò attesti la presenza di una falda salmastra.

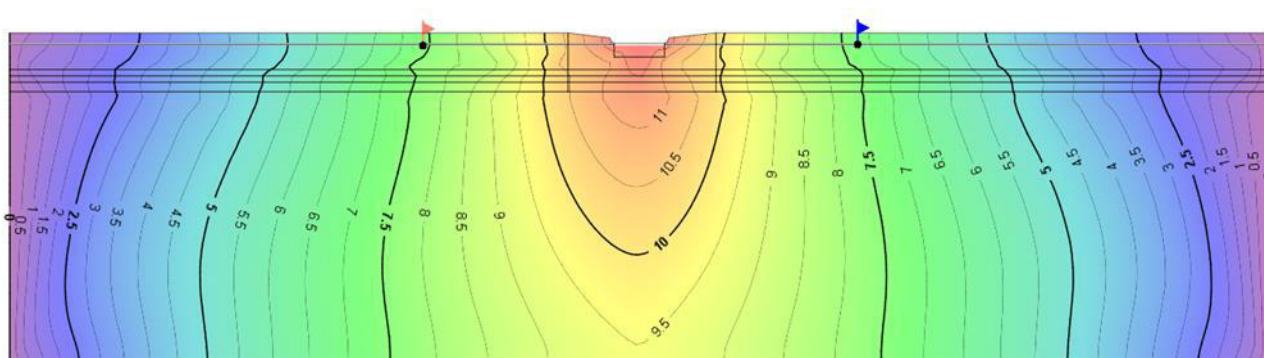


Figura 2.16: Andamento delle linee di isoconcentrazione nello stato di fatto

### 2.5.6 Soluzione SdP2 ottimizzata (a e b)

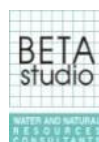
La soluzione progettuale dell'alternativa SdP2 ottimizzata prevede il dragaggio della foce fino alla quota di -2.00 m s.l.m. e l'allargamento della sezione a circa 20 m con sponde però realizzate in blocchi di granito. In questa configurazione si sono mantenute le stesse condizioni al contorno dello stato di fatto: lo scopo è quello di verificare di quanto aumenta la salinità in corrispondenza del medesimo punto di controllo 1.

Nella Figura 2.17 si ripotano le linee di isoconcentrazione ottenute dal modello.

Si noti come in corrispondenza del punto di controllo 1 la concentrazione di sali subisca una leggera variazione rispetto allo stato di fatto (7,5 g/l), attestandosi ad un valore di circa 8,5 g/l. Rispetto allo stato di fatto quindi si registra un incremento di circa 1 g/l.

Si può dunque ritenere che la soluzione di progetto non determini significative variazioni della salinità della falda rispetto allo stato attuale, essendo la falda già in condizioni salmastre.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



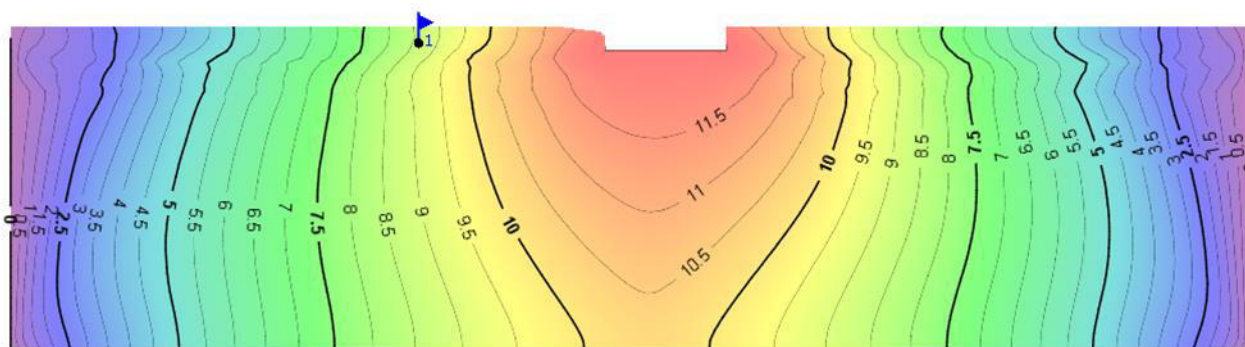


Figura 2.17: Andamento delle linee di isoconcentrazione nella configurazione prevista dall'alternativa SdP2 ottimizzata a e SdP2 ottimizzata b

## 2.6 Mitigazione degli impatti

Dal punto di vista della mitigazione degli impatti legati all'ambiente idrico, gli interventi possono essere divisi in: mitigazioni in corso d'opera e mitigazioni post opera. Per quanto riguarda le prime, sarà necessario attuare delle misure in grado di mitigare la torbidità delle acque soprattutto in fase di scavo e dragaggio. Tali soluzioni sono costituite dall'impiego delle cosiddette barriere al dragaggio. Queste ultime sono utilizzate per limitare e contenere fanghi e gli eventuali inquinanti che le operazioni di scavo o dragaggio potrebbero sollevare dal fondo. Esse vengono fornite in moduli standard e sono realizzate per resistere ai raggi UV, agli agenti atmosferici e all'aggressione dell'ambiente marino. Possono essere inoltre anche installate con parti immerse.

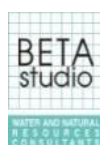
Relativamente alla realizzazione della galleria cut&cover e delle sezioni a cielo aperto, per garantire la continuità idraulica anche all'interno dello strato granitico entro il quale verrà realizzata la struttura del canale scolmatore è previsto che lo scavo entro il quale realizzare il suddetto canale abbia ad intervalli regolari un'estensione maggiore, riempita con materiale drenante, volta a creare una sorta di collegamento idraulico tra monte e valle della galleria, ad interasse di 20 m l'uno dall'altro.

Il collegamento idraulico tra monte e valle del manufatto potrà servire, se necessario, a dare continuità ad eventuali fratture all'interno dell'ammasso granitico sicché anche, per quelle,

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



sia possibile garantire la continuità. La previsione progettuale appare pertanto oltremodo cautelativa e tesa a preservare il regime autonomo della falda, eventualmente presente, nelle fratture dell'ammasso granitico. La realizzazione della sezione a canale a cielo aperto (CA) prevede innanzitutto lo scavo dello strato di terreno sciolto organico e poi di granito arenizzato e la creazione dello scavo nel granito lapideo a pareti pressoché verticali.

Rimosso il granito lapideo, anche con il taglio a filo laddove il granito appare non fratturato, si potrà procedere alla realizzazione dei muri sommitali, di modo da ottenere lo scatolare ad U secondo la sezione di progetto; a quel punto si potrà riempire lo scavo nella parte sommitale con granito arenizzato e strato di terreno organico recuperato dagli scavi precedenti.

La cantierizzazione della realizzazione del canale Cut&Cover nelle prime fasi di cantiere è del tutto analoga a quella prevista per il canale a cielo aperto salvo che, anziché con la creazione dei muri laterali, si procederà dunque alla creazione di una copertura a U rovescia in calcestruzzo che si appoggerà sul sottostrato di granito, che sarà regolarizzato nelle sue pareti verticali al fine di rendere la sezione omogenea di dimensioni 9 x 7 m.

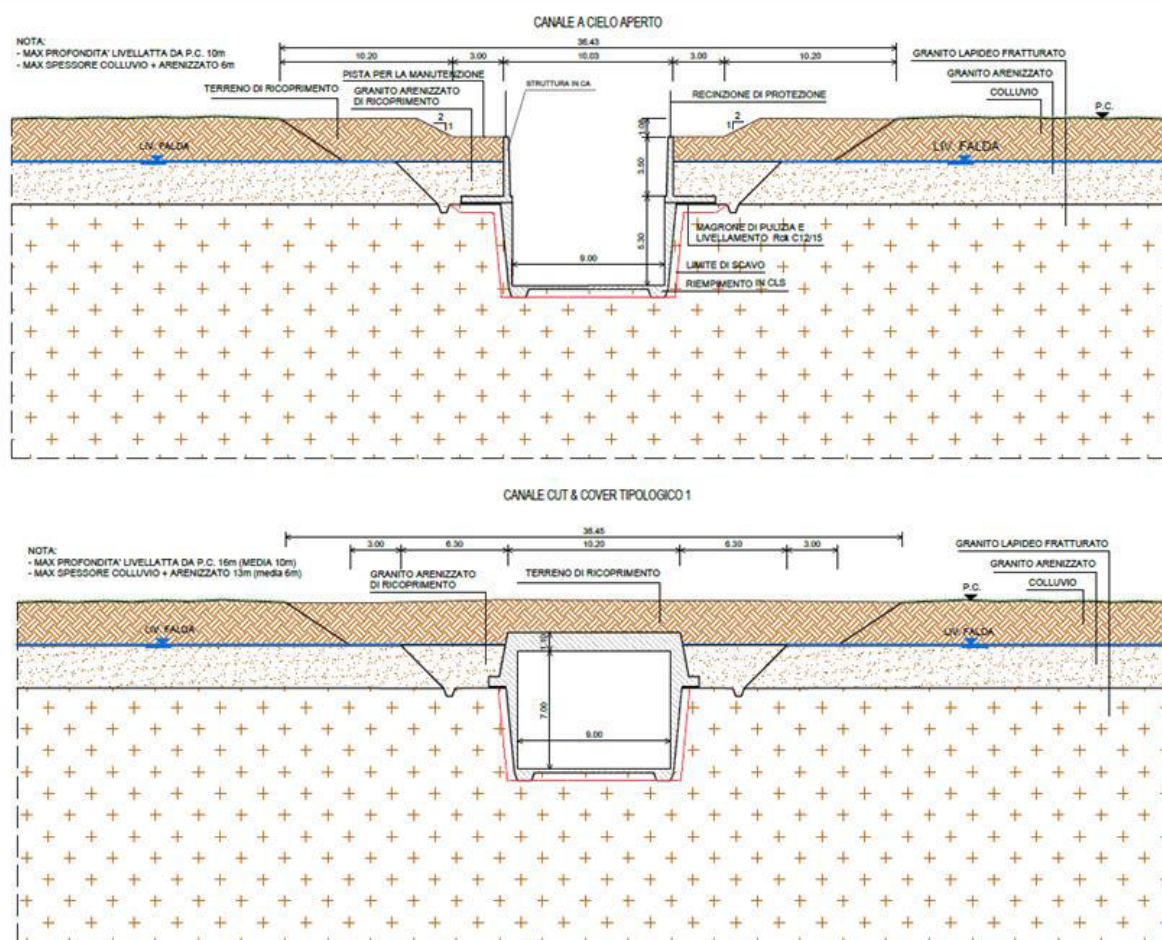


Figura 2.18: sezioni di cantierizzazione e finite per la realizzazione del canale scolmatore 1 negli strati di granito arenizzato e per le sezioni a cielo aperto e cut&cover

Dal punto di vista delle mitigazioni post operam invece è possibile affermare che il progetto è mosso dalla necessità di individuare un complesso di soluzioni di opere tese a mitigare il rischio idraulico nella città di Olbia, così duramente colpita, anche nel recente passato, nel corso dell'alluvione del 2013 (Cleopatra, 16-18 novembre 2013) da eventi di allagamento ed esondazione dei propri fiumi che hanno provocato danni ingenti e vittime.

Gli effetti che il progetto produrrà si possono misurare in termini di riduzione delle aree di

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

pericolosità idraulica al punto che, quando tutte le opere saranno realizzate, nella città di Olbia non si avranno più aree di pericolosità idraulica, di nessun grado (Hi1, 2, 3 e 4) e per nessun tempo di ritorno di riferimento (500, 200, 100 e 50 anni rispettivamente), così come invece oggi accade e come è descritto nel PAI vigente ed in quello più recentemente adottato (Febbraio 2022 e Settembre 2023).

Il dimensionamento delle opere di difesa idraulica è stato condotto assumendo a riferimento l'evento con tempo di ritorno 200 anni che massimizza la portata del Rio Seligheddu, il corso d'acqua più pericoloso della città di Olbia.

Poiché il complesso di opere che deriva dall'impostazione di progetto presenta una integrazione tra canali scolmatori, ri-sezionamento di canali esistenti e canali deviatori urbani (a formare una articolata rete di canali, tra loro variamente connessi), il dimensionamento dell'intero complesso di opere, così mutuamente condizionate nel loro funzionamento idraulico, è stato condotto con riferimento ad un evento meteorico critico associato al bacino del Rio Seligheddu.

Individuato tale evento critico, esso è stato assunto come input idrologico per tutto il bacino scolante in città andando così a ricavare le portate generate da ciascuno dei sottobacini e il funzionamento idraulico complessivo dell'intero sistema.

Il risultato consiste nella acquisita capacità del sistema di smaltire le portate di piena attraverso 2 scolmatori esterni alla città, lo scolmatore 1 “Seligheddu - Padrongianus” e lo scolmatore 2 “Abba Fritta - Cabu Abbas” e un terzo scolmatore (scolmatore 3 “san Nicola – Zozò – Gadduresu – Seligheddu”) con asse interno alla città, che si connette a un sistema di deviatori periurbani ed urbani, che dal Rio San Nicola convoglia le acque dello stesso rio, assieme a quelle del canale Zozò e del Rio Gadduresu fino al ramo terminale, prossimo alla foce, del Rio Seligheddu.

La capacità complessiva del sistema, costituito dai canali scolmatori e dal ri-sezionamento dei canali urbani con i relativi deviatori, consente di azzerare le aree di pericolosità idraulica in città ovvero tutte quelle aree che, per i tempi di ritorno di riferimento 50, 100, 200 e 500 anni, oggi possono subire allagamenti per effetto dell'esondazione di uno o più dei canali

urbani.

Anche le opere di attraversamento stradale, che nello stato attuale provocano restringimenti e innalzamenti dei livelli per effetto di rigurgito, trovano nel presente progetto un'adeguata soluzione attraverso interventi di demolizione e ricostruzione.

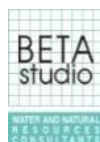
Le opere di mitigazione e inserimento paesaggistico in corrispondenza dei corsi d'acqua oggetto di adeguamento sono legate alla tipologia di sezione prevista nel progetto. Nelle situazioni caratterizzate dal doppio muro di contenimento realizzato con massi di granito locale, la geometria delle opere è tale da consigliare una mitigazione esclusivamente di tipo materico e cromatico, propria dagli stessi elementi di contenimento, i quali, pur nella artificialità dell'opera, restituiscono immediati i caratteri e la consapevolezza del quadro paesaggistico che caratterizza questi luoghi.

Nelle scarpate con protezione antiersiva realizzata con massi di scogliera derivanti ove possibile dallo smarino delle gallerie, si procederà alla piantumazione di essenze arbustive a rapido attecchimento. Nelle porzioni alte delle scarpate, non interessate dalle piene ordinarie, si procederà al rivestimento con terra vegetale, biostuoia in fibra di cocco, semina e piantumazione arbustiva.

L'occasione di intervento sui canali urbani si è rivelata una occasione impareggiabile anche per mettere ordine alle molte altre opere di attraversamento non stradale, come ponti tubo o soglie funzionali a reti di servizi tecnologici, che negli anni si sono via via accumulate sui canali urbani, costituendo esse stesse degli ostacoli al regolare deflusso della piena.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



## 3 SUOLO E SOTTOSUOLO

### 3.1 Premessa

Il centro urbano di Olbia è soggetto ad allagamenti in occasione di eventi pluviometrici di una certa intensità, dato che la sua conformazione storica era perlopiù lagunare con numerose paludi e aree con acque stagnanti, favorita dalla presenza di soglie rocciose naturali e superfici concave con accumulo di depositi sedimentari. Fra gli eventi pluviometrici più intensi, si ricorda in particolare l'alluvione del 18 novembre 2013 denominato “Ciclone Cleopatra”, che ha scaricato in poche ore ben 440 mm d'acqua provocando lo straripamento di fiume e canali con gravi danni a persone e cose.

A seguito di ciò l'Autorità di Bacino della Regione Sardegna ha fra le altre cose intrapreso uno studio di variante al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) per individuare gli interventi finalizzati alla messa in sicurezza dal rischio idraulico del centro urbano di Olbia.

Il presente capitolo rappresenta una sintesi dell'analisi dell'assetto geologico, geomorfologico, idrogeologico del territorio olbiese, relativamente ai bacini che sottendono i corsi d'acqua oggetto degli interventi progettuali.

### 3.2 Aspetti geologici e geomorfologici generali

L'area di progetto ricade nel Foglio 182 “Olbia”, scala 1: 100.000, della Cartografia Geologica Nazionale e viene descritta per l'affioramento diffuso di graniti e monzograniti a grana eterogenea, spesso inequigranulari, di colore grigio rosato legati al ciclo tardo ercinico (Carbonifero sup. – Permiano) e diffusamente attraversati da corpi filoniani prevalentemente riolitici. Il basamento granitoide lapideo si presenta diffusamente coperto da estesi manti eluviali formati a spese degli stessi graniti a seguito di più o meno spinti fenomeni di alterazione. Sui graniti poggiano in discordanza i depositi alluvionali terrazzati recenti o antichi, quest'ultimi organizzati in sistemi terrazzati e parzialmente cementati, e/o materiali di riporto di colmata legati perlopiù ai lavori di bonifica e spianamento messi in atto specialmente a partire dalle prime decadi del 1900. La tettonica segue le direttrici fondamentali della Sardegna con una orientazione principale NE-SW, lungo la quale sono

spesso orientati i depositi filoniani e le linee di cresta, e secondariamente NS e NO-SE.

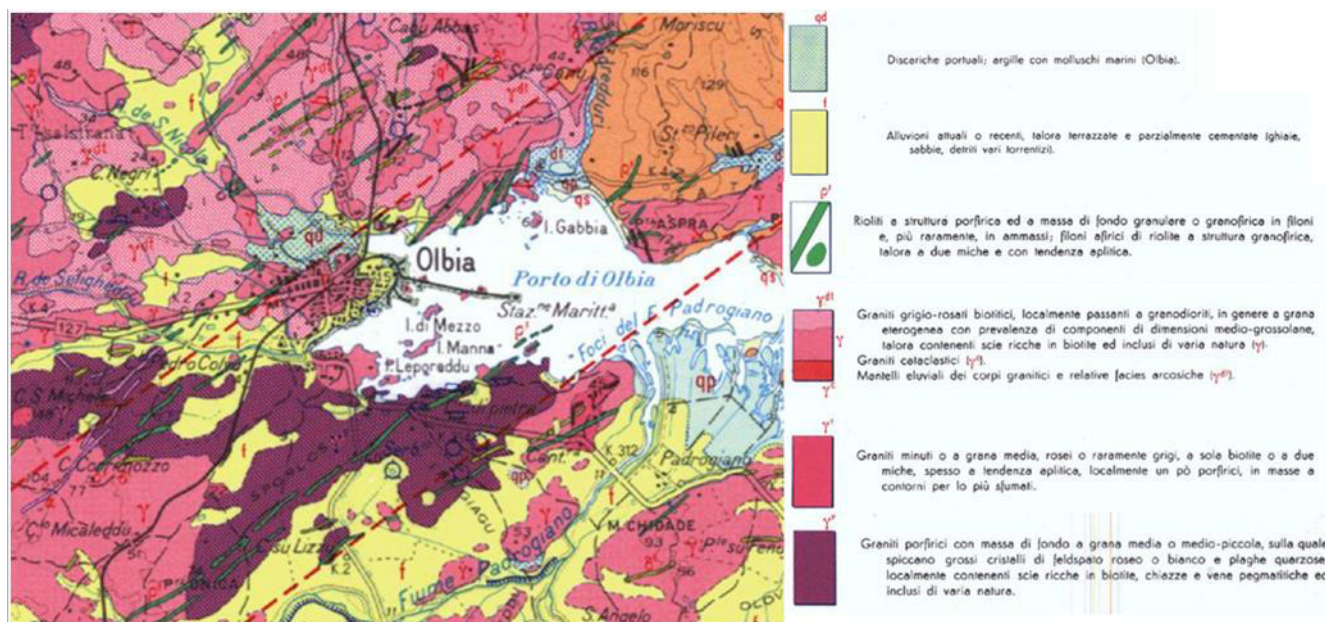


Figura 3.1: estratto Carta Geologica d'Italia, Foglio 182 Olbia.

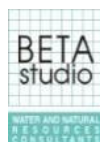
Sulla base delle informazioni consultabili all'interno del Geoportale della Sardegna i graniti affioranti nell'intorno dell'area di progetto possono essere suddivisi in funzione della loro facies intrusiva in:

- Facies Punta Lovia Avra (Unità intrusiva di Tempio-Pausania - Sub-Unità intrusiva di Catala del Carbonifero sup.-Permiano). Monzograniti a grana cristallina variabile con fenocristalli euedrali di feldspato potassico (Kfs) e taglia granulometrica compresa tra 1 e 5 cm;
- Facies Arzachena (Unità intrusiva di Arzachena Sub - Unità intrusiva di Monte Tiana del Carbonifero sup.-Permiano). Monzograniti a granulometria cristallina variabile (inequigranulare) con rari fenocristalli euedrali di Kfs aventi taglia compresa tra 0.5 e 2 cm;
- Facies Monte di La Jescia (Unità intrusiva di Tempio-Pausania – Sub-Unità intrusiva di Catala del Carbonifero sup.-Permiano). Monzograniti inequigranulari a rari fenocristalli di K feldspato con taglia fino a 12 cm e numerosi inclusi microgranulari.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



Il complesso lapideo granitoide si presenta più o meno fratturato in funzione del chimismo, tessitura e dell'assetto tettonico dell'area su cui affiora. La natura geomeccanica dell'ammasso è così variabile che, dove questo si presenta poco fratturato, può dare origine a rilievi isolati (stile inselberg o più diffusamente tor ) mentre dove questa si presenta profondamente fratturata e/o alterata si possono creare diffuse coltri eluviali di copertura, che nel più recente pliocene ed olocene definiscono quello che è un sistema geomorfologico di pediment.

Le informazioni bibliografiche così raccolte e le informazioni puntuali ottenute dalle più recenti campagne di investigazione condotte lungo il tracciato di progetto hanno permesso infine di definire una cartografia geologica di progetto che vede, in maniera schematica, la presenza di 6 unità litotecniche principali come indicata in figura sotto:

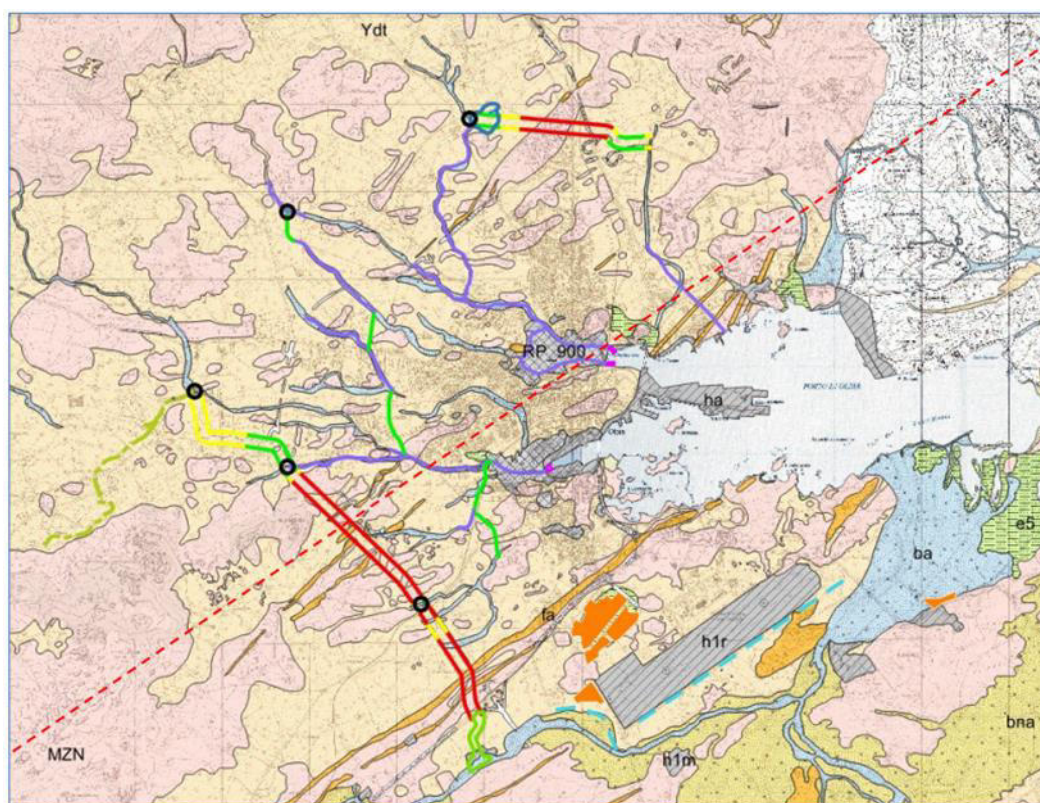
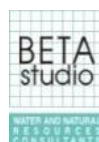


Figura 3.2: carta geologica di progetto. MZN= Monzograniti; Ydt= manti eluviali dei graniti; fa= filoni; ba= alluvionali; RP= riporti; h1r/ha= strutture antropiche.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Il modello litostratigrafico risultante dell'area di progetto può essere perciò schematizzato come segue:

- una coltre alluvionale e/o palustre di spessore normalmente modesto (pochissimi metri) che nella zona pedemontana viene sostituita da detrito di versante grossolano;
- un orizzonte di granito arenizzato avente spessore variabile da pochi decimetri ad alcuni metri, comprensivo di una sottile fascia di transizione con la sottostante facies lapidea;
- un substrato granitico variamente fratturato;
- un substrato granitico sostanzialmente integro o assai poco fratturato.

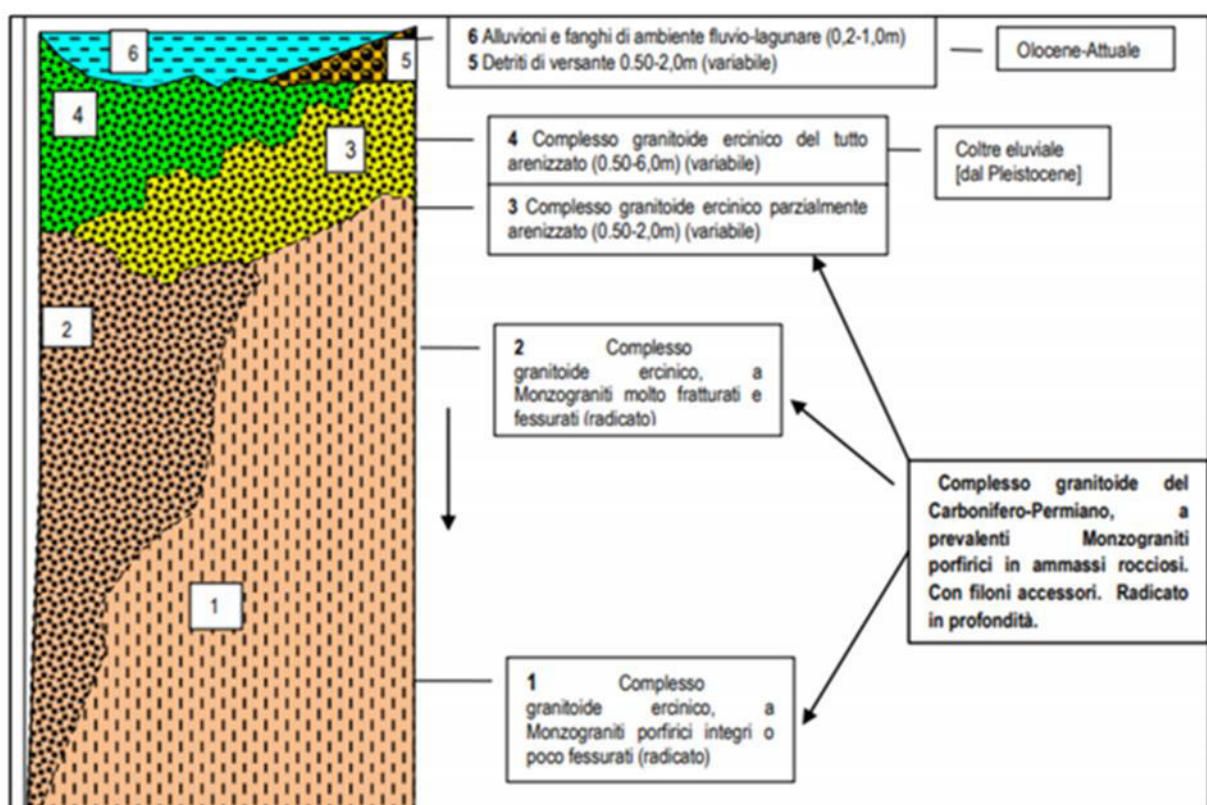


Figura 3.3: schema litologico di riferimento per l'area di progetto (fonte: studio PAI del Comune di Olbia).

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

L'evoluzione paesaggistica dell'area in studio è stata determinata dalla diffusa alterazione delle litologie granitiche, le quali a seguito delle condizioni di continentalità che interessarono tutta la Sardegna soprattutto nel tardo Terziario, determinarono una generale erosione dei maggiori rilievi, con la formazione di estese superfici peneplanate. Nel complesso quindi una morfologia matura in cui i rilievi privi di elevate creste si raccordano progressivamente con valli poco incise e con la linea di costa. In generale tutti i rilievi granitici di Olbia, soprattutto quelli circostanti l'abitato sono interessati da un processo geomorfologico legato soprattutto all'azione erosiva delle acque superficiali, che da un lato determinano un generale addolcimento della morfologia originaria e dall'altro, soprattutto alle quote più elevate, producono processi di denudazione lasciando i graniti in affioramento e diretta evidenza.

Il settore di Olbia è caratterizzato dalla prevalente presenza dei leucograniti oltre che dei suoi prodotti di alterazione e del complesso Migmatitico, questi ultimi prevalentemente ascrivibili a depositi sedimentari olocenici. I Graniti del settore di Olbia dal punto di vista strutturale evidenziano una serie di fratture e di diaclasi che in scala locale riflettono fedelmente quelle a scala regionale. Tale considerazione è ben riscontrabile soprattutto laddove affiorano e sono bene visibili le litologie plutoniche sia nella facies lapidea che arenizzata, risultando evidenti i sistemi di diaclasi secondo una direzione prevalente NW-SE ed una coniugata N-S, all'incidenza di tali sistemi di fratturazione, nei processi di rielaborazione delle facies plutoniche si associa il metamorfismo di contatto, che nel Batolite Ercinico e quindi nei graniti è riscontrabile nel rilevamento con la presenza di piani di faglia associati ad ampie fasce milonitizzate. Come già precisato nella zona in studio è possibile riconoscere un unico litotipo "lapideo" caratterizzato da leucograniti a struttura olocristallina a grana grossolana tendenzialmente inequigranulari, localmente attraversati da una serie di filoni di piccole dimensioni di quarzo, daciti, basalti o micrograniti, ma che conservano pressoché inalterate le caratteristiche della roccia madre originaria. Nel settore in studio, anche a causa dell'azione di alterazione e modificazione eseguita dall'acqua e in generale dagli agenti esogeni, i numerosi affioramenti rilevati e cartografati si presentano spesso

fortemente alterati e fratturati, evidenziando la caratteristica facies arenizzata che spesso degrada in una sorta di sabbione pressoché monogranulare con limitati incrementi nella matrice di frazioni limose. Infatti, legato al sistema di fessurazioni e fratture sono i processi di alterazione che influenzano le caratteristiche geotecniche e geomeccaniche dei materiali plutonici.

Tali processi si sviluppano in base a meccanismi di tipo fisico e chimico, che portano a una progressiva degradazione della roccia originaria, con conseguente formazione di una sovrastante zona di alterazione che può evolversi sino alla completa disgregazione della roccia.

### 3.3 Aspetti idrogeologici

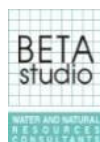
Dal punto di vista idrogeologico nella Piana di Olbia possono individuarsi due acquiferi principali. Il primo acquifero è quello superficiale, contenuto nelle coltri eluvio colluviali ed alluvionali, ivi compresi i graniti arenizzati, costituenti materiali porosi con coefficiente di permeabilità indicativamente compreso tra  $10^{-4}$  m/s e  $10^{-6}$  m/s, con in valori più elevati legati ai depositi alluvionali in alveo e quelli minori all'arenizzato. Si tratta di un acquifero a modesta soggiacenza e di ridotto spessore, delimitato inferiormente dal tetto del sottostante granito lapideo, contenente una falda idrica a pelo libero che può talvolta estendersi anche alla porzione maggiormente fratturata al tetto del granito. Il secondo acquifero è quello profondo contenuto nei graniti, rocce a permeabilità bassa per fratturazione con coefficiente di permeabilità  $K$  indicativamente compreso tra  $10^{-7}$  e  $10^{-8}$  m/s. Pur considerando questi materiali sostanzialmente impermeabili, i quali costituiscono l'acquicluda su cui poggia l'acquifero superficiale, laddove la roccia è particolarmente fratturata può instaurarsi un acquifero più o meno locale talvolta collegato a manifestazioni sorgentizie di modesta portata (max 0,5 l/s) che traggono alimentazione e ricarica dai rilievi più elevati o da vie sotterranee di genesi tettonica. Le sorgenti sono comunque rare e localizzate nei settori più a monte. L'acquifero superficiale contenuto nelle coltri di arenizzazione e nei depositi alluvionali è del tipo libero e si attesta a modesta profondità da piano campagna, mediamente fra circa 1 m e 4-5 m da p.c., sostenuto dal substrato granitico sottostante e/o

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*



circostante. Palesa portate e volumi disponibili limitati, con livelli che tendono ad abbassarsi fino, probabilmente, ad annullarsi nel periodo estivo a seguito di periodi siccitosi particolarmente prolungati. Gli spessori di questo acquifero sono nell'ordine di pochi metri; nell'area urbana e periurbana di Olbia i valori medi di oscillano spesso fra 2-5 m, con locali punte massime riscontrate nel corso delle indagini eseguite sino ed oltre 15 m da p.c., e comunque variabili in rapporto all'orizzonte arenizzato e all'andamento sempre piuttosto articolato del tetto del substrato lapideo. L'alimentazione principale avviene tramite infiltrazione delle acque meteoriche e, stagionalmente, per contributi forniti dall'irrigazione. In passato, soprattutto nelle aree rurali, questa falda data la sua facile reperibilità e modesta profondità è stata captata tramite piccoli pozzi. Per effetto della modesta soggiacenza ed assenza di protezione è caratterizzato da una vulnerabilità idrogeologica elevata, risultando facilmente soggetto a contaminazione dalla superficie.

Il monitoraggio della falda in fase di campagna geognostica è avvenuto mediante l'installazione di vari piezometri che hanno evidenziato la presenza di una falda superficiale talvolta prossima al piano di campagna e con escursioni misurate comprese tra i 0.5-2.5m. Nel complesso, la planimetria idrogeologica indica le quote freatiche più elevate in prossimità dei due scolmatori principali, che corrono al contorno della piana di Olbia ai margini dei rilievi montuosi. Altrove, nella zona peri-urbana, le quote piezometriche scendono rapidamente verso il livello del mare, attestandosi attorno ad una quota compresa tra +10 m slm ed il medio mare all'interno dell'area urbana.

### 3.4 Caratterizzazione geotecnica

Il modello geologico generale, dedotto con buona congruenza dalla documentazione bibliografica e dalle indagini disponibili, vede la presenza di un substrato in facies granitoide (Monzograniti) da fratturato a poco fratturato del basamento sardo Paleozoico su cui poggia una estesa coltre di alterazione eluvio colluviale arenizzata originatasi a spese dello stesso granito, oltre a circoscritti depositi alluvionali, palustri e di riporto. Nelle aree di progetto solo raramente, e prevalentemente negli alti morfologici, il granito è affiorante o subaffiorante; le

indagini eseguite rilevano infatti la presenza della coltre arenizzata per spessori variabili da pochi metri a punte massime fino ed oltre 15 m da p.c.

Solitamente il loro grado di fratturazione è maggiore al tetto, quindi a contatto con la coltre alterata, e diminuisce con la profondità. Sono attraversati da filoni aventi chimismo variabile orientati prevalentemente NE-SW.

La coltre eluvio colluviale arenizzata è composta da una massa sabbioso arenacea o sabbioso conglomeratica variamente cementata in scarsa matrice limoso argillosa. Normalmente lungo una sezione verticale negli orizzonti superficiali il materiale, che talvolta può aver subito anche un certo trasporto (coltre colluviale) si presenta ben addensato con valori di SPT elevati (tipicamente superiori a 30-40 colpi); verso il basso (coltre eluviale) si riscontra un maggiore grado di addensamento accompagnato da una per quanto debole coesione, con i valori degli SPT che tendono quasi sistematicamente a rifiuto. In fase di sondaggio viene carotato in forma di un sabbione granitico grossolano nel quale la frazione più fine può essere almeno parzialmente dilavata dalla circolazione d'acqua. Il contatto fra il granito lapideo e quello arenizzato è sempre piuttosto irregolare potendo variare lateralmente ed in maniera significativa anche nello spazio di poche decine di metri, assumendo un carattere di difficile prevedibilità.

Lungo i corsi d'acqua è presente una coltre poco estesa e poco potente di depositi alluvionali sabbioso limosi più o meno ghiaiosi con rari ciottoli, spesso difficilmente distinguibili dalla coltre arenizzata (da cui si differenziano per un minor addensamento e valori di SPT più modesti), originati dal rallentamento delle correnti di piena e provenienti dall'erosione a monte di tratti a maggiore pendenza o da erosione in alveo e/o spondale.

Verso la linea di costa si riconoscono circoscritte aree occupate da depositi palustri limoso argillosi con ciottoli, con livelli torbosi e frequentemente anche gusci e frammenti di molluschi; sono espressione di antiche depressioni lacustri o palustri, alcune delle quali ancora oggi visibili ma nella maggior parte dei casi spianate ed occultate da lavori di bonifica effettuati fra la fine del 1800 e primi del 1900.

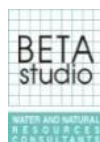
Sono presenti anche materiali di riporto e colmata derivanti dalla realizzazione di opere

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*



antropiche, spianamenti, interventi di regimazione e più in generale riconducibili ad attività eseguite con il fine ultimo di livellare le aree, bonificare le superfici depresse e deviare i corsi d'acqua; generalmente ben addensati hanno una composizione eterogenea che rispecchia i terreni alluvionali o eluvio colluviali localmente disponibili, da cui possono essere talvolta difficilmente distinguibili a meno della presenza, peraltro piuttosto frequente, di elementi di laterizi, frammenti di mattonelle, calcestruzzo, legno ed altro.

Per quanto riguarda la caratterizzazione geomeccanica dei graniti litoidi questi presentano un RQD variabile che vede definite le seguenti condizioni d'ammasso:

- RQD<40 per la porzione d'ammasso più superficiale e generalmente posta in contatto con la porzione arenizzata dell'ammasso e per cui è stato calcolato un  $RMR_{89}$  di 30 e un GSI di 25.
- $40 < RQD < 50$ , caratterizzante un granito mediamente fratturato e anch'esso posto in una fascia di contatto più superficiale con l'arenizzato e per cui è stato definito  $RMR_{89}$  di 45 un GSI di 40.
- RQD 50-80 che rappresenta la porzione litoide "fresca" ovvero poco fratturata e a basso grado di alterazione e per la quale si è definito un  $RMR_{89}$  pari a 65 e un GSI di 60.

Per quanto riguarda la resistenza a compressione monoassiale ( $\sigma_{ci}$  - sigma ci) su provini di roccia intatta, questa risulta estremamente variabile con valori compresi tra 50-150 MPa e un valore di riferimento stimato di 80MPa.

Per quanto riguarda la caratterizzazione dei materiali rientranti nella famiglia delle terre e che comprende i materiali dei depositi eluvio-colluviali e alluvionali e del granito arenizzato, questa si è basata sui risultati delle prove sia in-situ che in laboratorio. I valori di resistenza sono stati definiti principalmente sulla base delle prove di laboratorio tarate e verificate dalle prove in-situ (SPT e Vs) usate indirettamente per calcolare appunto i parametri di resistenza mentre, i parametri di deformabilità sono stati definiti principalmente sulle prove in-situ (SPT e pressiometriche) tarati e validati dalle prove geofisiche usate per la misurazione delle Vs. Sulla base di questo processo di parametrizzazione i litotipi appartenenti all'unità dei depositi

colluviali e alluvionali presentano i valori di resistenza più bassi con valori di riferimento di coesione e angolo di resistenza al taglio, calcolati in condizioni di tensioni efficaci, pari a 5kPa e 38° mentre il granito arenizzato si presenta con una migliore resistenza meccanica definita da una coesione pari a 30kPa e da un angolo di resistenza al taglio di 38°.

Come detto, il litotipo più importante e presente nell'area in studio sono i leucograniti del Batolite Ercinico, al tetto del quale sono presenti i derivati depositi sedimentari oligocenici. In sintesi, il Modello Geologico e il Modello Geotecnico con cui andrebbe ad interagire l'intervento proposto possono così essere schematicamente sintetizzati:

- Gli ammassi granitici degradati sono ricoperti quasi totalmente da depositi residuali e colluviali pedogenizzati con granulometria sabbioso-limosa (talora con frazione argillosa); gli spessori sono variabili, oscillando da valori di 0,50 metri finanche a 10 metri, è evidente che i maggiori spessori si possono rilevare nelle fasce di compluvio e nelle fasce d'alveo del sistema idrografico locale mentre l'annullamento è riscontrabile in prossimità degli alti morfologici.
- Al letto dei litotipi sopra descritti si osservano le rocce granitiche moderatamente degradate (arenizzate), caratterizzate da una consistenza debolmente lapidea per spessori variabili, almeno nelle acquisizioni prodotte, variabili da 1,00 fino a 3,00 m. Lungo le diaclasi denotano delle patine d'alterazione e talora materiali argillosi lungo le discontinuità principali. Tale facies è localmente inglobata come nucleo all'interno di intervalli a più alto degrado. Pur essendo ascrivibile alle caratteristiche di una roccia, tali litotipi hanno una bassa resistenza alla compressione, spesso inferiore a 120 Kg/cm<sup>2</sup> e quindi movimentabile nella pressoché totalità dei casi con mezzi di medio-bassa potenza attrezzati di benne per terra.

Al letto di tale facies è presente il granito denotante caratteristiche francamente lapidee. Ovviamente si tratta della facies di base di cui è costituita la roccia madre. Le caratteristiche geotecniche sono buone, con valori di resistenza alla compressione spesso superiori ai 600 Kg/cm<sup>2</sup> e pesi di volume non inferiori a 2600 Kg/m<sup>3</sup>. Ovviamente la movimentazione di tali facies è fattibile mediante l'utilizzo di mezzi a medio elevata potenza quali martelli

pneumatici, esplosivi e additivi chimici.



*Figura 3.4: Carota di granito integro estratta al sondaggio S12 lungo l'asse della galleria scolmatrice principale – scolmatore 1*



*Figura 3.5: Carota di granito integro estratta al sondaggio S12 lungo l'asse della galleria scolmatrice principale – scolmatore 1*

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Tutta l'area e i vari litotipi osservati sono intersecati da intrusioni filoniane costituite da filoni di quarzo, daciti, basalti e di micrograniti. Questi si presentano, grazie alla loro struttura microcristallina, compatti e con caratteri prettamente lapidei, con resistenze alla compressione ben superiori a quelle caratterizzanti i leucograniti. La loro giacitura è chiaramente ricalcante il sistema di fratturazione del Batolite Ercinico. Anche in questo caso la movimentazione è fattibile mediante l'utilizzo di mezzi a medio elevata potenza.

### 3.5 Aspetti progettuali

Le opere individuano tre direttrici principali:

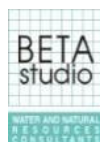
- 1) La direttrice Seligheddu-Padrongianus, lungo la quale si sviluppa lo scolmatore 1 e le opere di presa sui rii Seligheddu, Pasana e Paole Longa, che permette di convogliare le portate di piena nell'alveo del Rio Padrongianus, esterno alla città, con successivo scarico a mare;
- 2) La direttrice Abba Fritta-Cabu Abbas, lunga la quale si sviluppa lo scolmatore 2 e con scarico nel rio Cabu Abbas in zona industriale, esterno al centro abitato, e successivo scarico a mare;
- 3) La direttrice San Nicola-Zozò-Gadduresu-Seligheddu, lunga la quale si sviluppano lo scolmatore tre e gli interventi di adeguamento di sezioni e profili del tratto di monte del rio Zozò, il deviatore Zozò-Gadduresu, gli interventi di adeguamento di sezioni e profili del Gadduresu, il deviatore Gadduresu-Seligheddu, gli interventi di adeguamento di sezioni e profili del tratto finale del rio Seligheddu. Questa direttrice si sviluppa in parte in ambito urbano.

Una quarta direttrice, minore, è formata dal deviatore Paole Longa/Tannaule-Seligheddu che ha la finalità di risolvere le criticità idrauliche della zona Bandinu e si sviluppa in una zona non urbanizzata.

Gli scolmatori in progetto sono caratterizzati da tratti a cielo aperto, tratti in galleria artificiale e tratti in galleria, a seconda della localizzazione dello scolmatore rispetto alla quota del piano campagna.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



Lo scolmatore 1 “Seligheddu-Padrongianus” ha sezione rettangolare di larghezza 9 m ed altezza 7 m. Il tracciato si sviluppa in galleria, e prevalentemente in galleria naturale. Sono previsti alcuni tratti in galleria “artificiale” con tecnologia cut&cover, laddove i ricoprimenti non permettono la realizzazione della galleria naturale. I tratti di canale a cielo aperto sono invece previsti in prossimità delle opere di presa intermedie (Pasana e Paole Longa) e allo sbocco nel Rio Padrongianus.

Lo scolmatore 2, che convoglia le portate di piena del rio Abba Fritta nel rio Cabu Abbas, è caratterizzato, per i primi 330 m, da un canale di larghezza 6 m e altezza 4 m, a cielo aperto, collocato all’interno di una zona di valorizzazione ambientale ove è stata prevista anche la realizzazione di un laghetto e zona umida. Il canale a cielo aperto è seguito, per un tratto di 270 m, da una galleria artificiale realizzata con tecnologia cut&cover, e poi da una galleria naturale di 1.000 m che sottopassa la zona collinare di Sa Minda Noa. Anche la galleria presenta sezione rettangolare 6 x 4 m, scavata nel granito integro, senza rivestimenti, in parete di granito vivo.

All’uscita della galleria naturale, dopo un breve tratto in cut&cover sempre a sezione rettangolare 6 x 4 m, è previsto un tratto di canale a cielo aperto ottenuto dall’allargamento ed approfondimento del canale esistente localizzato alla base del rilevato della tangenziale. Uno scatolare 6 x 4 m, per sottopassare via Birmania, conclude l’opera prima dello scarico nel Cabu Abbas.

Lo scolmatore 3, San Nicola-Zozò, è costituito da un canale a cielo aperto di lunghezza 350 m e sezione trapezoidale con base minore di 5 m. Tale scolmatore consente di operare un salto di bacino convogliando le portate di piena del Rio sa Nicola nel vicino canale Zozò.

L’intercettazione delle portate di piena con immissione negli scolmatori avviene presso alcune opere di presa.

Le opere sono costituite da un tratto di corso d’acqua reso più largo e profondo rispetto alla sezione corrente del rio, nel quale viene realizzata una “vasca di calma” in linea, che ha un duplice scopo: costituire una zona ove la corrente rallenta ottenendo il tirante per attivare lo

stramazzo di presa, mediante sfioro laterale delle portate nello scolmatore e fungere da trappola per i sedimenti ovvero per intercettare una parte del trasporto solido, preservando da possibili danneggiamenti le pareti degli scolmatori ed il golfo di Olbia da interrimenti. A valle della soglia di presa è prevista una “vasca di dissipazione” che permette di dissipare il carico cinetico, contenendo al piede dello stramazzo la formazione del risalto.

Dal punto di vista geologico, l'area è caratterizzata dalla presenza di terreni sabbiosi e limosi piuttosto consolidati, che si sono originati a seguito della profonda arenizzazione delle rocce sottostanti. Questi depositi hanno subito anche un debole trasporto da parte delle acque di ruscellamento diffuso. Localmente, sono presenti deboli terreni di natura alluvionale, solo in corrispondenza dei solchi di ruscellamento e alla confluenza delle due aste fluviali. Nelle porzioni più depresse del settore, che ospitano condizioni di palude per buona parte dell'anno, tendono a stratificarsi sedimenti limoso-sabbiosi, talvolta torbosi.

Allontanandoci dai compluvi e dalla confluenza dei due canali, è presente un materiale sabbioso più grossolano, derivato dal disfacimento della roccia intrusiva. Questo materiale è meno alterato rispetto ai depositi presenti nelle aree più depresse. I materiali sabbiosi più grossolani si trovano dove le quote sono leggermente più elevate (17 metri s.l.m.), soprattutto verso ONO e NE. È quindi evidente che la nostra area è interessata solo da deboli coltri di arenizzazione, le quali invece assumono spessori assai più importanti anche nelle sezioni in affioramento un paio di chilometri a monte del settore in studio. Oltretutto anche la capacità erosiva è limitata agli eventi che generano deflussi di notevole portata e drastico aumento di velocità e può determinarsi prevalentemente sulle sponde e sulle fasce di esondazione.

In base alle informazioni disponibili sul geoportale della Regione Sardegna, l'area in oggetto è caratterizzata da un'attività agricola prevalentemente estensiva, con terreni adibiti a pascolo (seminativi e prati artificiali). Non sono presenti fonti di inquinamento, a parte quelle naturali dovute alla presenza di animali. È possibile che le aree in cui sono prevalenti i seminati siano meno suscettibili all'erosione delle acque laminari rispetto alle aree incolte. Le quote più elevate sembrano caratterizzate da un suolo scarso, più evidente nelle zone

deprese e quelle utilizzate come seminativi e prati. Si tratta in generale di terreni che, da un punto di vista granulometrico, presentano una discreta componente sabbiosa, non inferiore al 40%, mentre la presenza dell'argilla è comunque significativa.

I suoli naturali originati dall'alterazione delle rocce granitoidi presenti nell'area, presentano una buona presenza di K, Mg e Fe, che è una caratteristica tipica di queste rocce.

Sulla base delle classificazioni riconosciute in tutto il mondo, Fao e Soil Taxonomy, l'unità prevalente è l'unità 5, ovvero suoli con profilo di tipo A C con potenze sempre inferiori ai 50 cm o A Bw C, con potenze da 40 a 70 cm, fino ad oltre il metro nei depositi colluviali.

Lo scheletro è scarso, ma tende ad aumentare in presenza di elementi grossolani nei depositi colluviali. La tessitura varia da sabbioso-franca a franco-sabbioso-argillosa fino a argilloso-sabbiosa. Il pH è acido e il drenaggio va da normale a moderatamente rapido.

### 3.5.1 Considerazione interazioni terreno-struttura

Considerando le unità litotecniche che caratterizzano i terreni lungo l'asse di progetto si adotteranno differenti soluzioni costruttive tra le quali:

- Canale aperto
- Cut&Cover
- Galleria naturale

Per quanto riguarda gli scavi nei terreni che interessano sia le sezioni di canale aperto che le sezioni cut&cover, si prevede la realizzazione di scarpate per le quale si è deciso di adottare in linea di massima una pendenza di 3:2 entro il colluvio, di 1:1 entro il granito arenizzato ed 1:10 entro il granito fratturato. Considerando la presenza di acque di falda superficiali, per gli scavi si implementeranno specifici sistemi di drenaggio (da canalette a pompe di estrazione) per una loro corretta gestione in fase di scavo e realizzazione delle opere previste.

Per la realizzazione dello scolmatore 1 nelle sezioni 2 e 3 del cut&cover e nella sezione 4 cut&cover si renderà necessaria l'implementazione di paratie per garantire la stabilità dello scavo che si viene a impostare in condizioni geologiche-geotecniche più conservative in cui

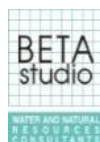
si prevede la presenza di depositi superficiali a maggiore spessore all'interno di un ambiente urbano o in prossimità di reti infrastrutturali. Per queste sezioni si ipotizzano due condizioni stratigrafiche distinte:

- Per le sezioni tipo 2 e 3 dei tratti cut&cover lungo lo scolmatore 1 si prevede un'altezza complessiva di scavo pari a 6 m (3m nei materiali sciolti e 3m nel granito arenizzato), a cui segue il granito litoide in cui viene realizzato un ulteriore ribasso con scarpata di pendenza 1/10 di 4 m di altezza, la paratia sarà realizzata di altezza pari a 9.5m e di spessore equivalente 0.62m andandosi ad impostare nei graniti;
- Per la sezione tipo 4, si ipotizza un'altezza complessiva di scavo di 11.5 m, con 3.50 m di ricoprimento al di sopra della soletta che si realizzerà completamente all'interno del granito arenizzato (a meno dei primi 3 m di colluvio dal piano campagna) e che prevederà per tanto una paratia di altezza di 13.5m e spessore equivalente 0.62m completamente realizzato nel granito arenizzato.

Per quanto riguarda invece gli scavi in sotterraneo le soluzioni progettuali adottate sono il riflesso delle condizioni geomeccaniche in cui l'ammasso si presenta. Dove l'ammasso si presenta poco fratturato si adotterà una sezione di scavo rettangolare che prevede la realizzazione di un tunnel pilota mediante esplosivo e successiva rimozione dei blocchi mediante tecnica del taglio a filo, nessun sistema di consolidamento è previsto a parte la messa in posto di uno strato di spritz-beton. Dove invece la roccia presenta un altro grado di fratturazione da medio ad alto, o nelle sezioni di passaggio tra il granito arenizzato e quello litoide si adotteranno sezioni policentriche che possono prevedere a seconda delle differenti condizioni d'ammasso attese al fronte, l'implementazione di pre-consolidamento sia al fronte che al contorno mediante installazione di tubi metallici o in vetroresina in avanzamento (sistema “pipe arch” o “umbrella arch”), uso di rivestimento mediante spritz beton fibro-rinforzato con centine ed eventualmente jet-grouting per le condizioni geologiche più impegnative.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



### 3.6 Valutazione degli impatti potenziali

La trattazione che segue consente di analizzare le principali ricadute positive/effetti migliorativi sul suolo e sottosuolo degli interventi descritti nei precedenti capitoli, nonché le criticità connesse a ciascuna azione progettuale. Per ciascun intervento viene riportata una breve descrizione con l'indicazione delle azioni migliorative e perturbative e dei relativi effetti attesi, laddove significativi, sull'assetto suolo e sottosuolo. Come già descritto, le principali azioni perturbative sono relative alla sola fase di cantiere e sono connesse al disturbo dell'ambiente terrestre e di quello idrico. Le azioni migliorative si concretizzano a regime in termini di riassetto idraulico e geomorfologico dei corsi d'acqua e di risanamento dell'ambiente fluviale e delle pertinenze. Gli effetti attesi costituiscono il riferimento per la verifica degli impatti esplicitati nelle matrici finali, che riportano una sintesi delle valutazioni condotte per le diverse componenti ambientali, riassumendo per ciascun aspetto considerato i fattori di impatto potenziale nelle diverse fasi di intervento e le tipologie di impatto, entità e durata.

#### 3.6.1 Valutazione degli impatti potenziali per ogni singolo intervento

Gli effetti delle opere in progetto sul suolo, sottosuolo e acque sotterranee, nella fase di cantiere, sono riconducibili essenzialmente alla asportazione e alla movimentazione dei terreni e dei materiali inerti. La realizzazione degli interventi di risezionamento e rettifiche degli alvei dei corsi d'acqua, la realizzazione degli scolmatori e dei diversivi e delle vasche di laminazione, costituisce infatti la fase di maggiore impatto sulle componenti, dal momento che viene a determinarsi una trasformazione complessiva della morfologia del territorio.

Tali attività produrranno infatti temporanee alterazioni locali della morfologia superficiale e modesti effetti sul quadro paesaggistico complessivo, se si esclude l'area di deposito temporaneo delle terre e delle rocce derivanti dalla realizzazione dell'intervento che comportano opere di scavo. L'impatto sul paesaggio di tale deposito è significativo, producendo un'alterazione del quadro paesaggistico complessivo di particolare evidenza.

Tali aree sono state comunque scelte in modo accurato, escludendo le aree a rischio di

esondazione, ma utilizzando per lo più aree di proprietà comunale, inutilizzate, a una distanza di sicurezza dal centro urbano.

Il volume di materiale inerte scavato ai fini della definizione della sezione di progetto nei vari tratti risulta di gran lunga superiore a quello necessario per gli interventi di ritombamento e pertanto il consumo di risorsa appare elevato. I materiali inerti in esubero, che non possono essere riutilizzati in cantiere, anche mediante trasformazioni, saranno pertanto oggetto di movimentazione all'esterno dell'area di cantiere secondo le modalità descritte nei documenti relativi ai Piani di utilizzo delle Terre e rocce da scavo allegate ai progetti definitivi dei lotti di intervento, ai sensi dell'art. 186 del D.lgs. 152/06 e s.m.i.

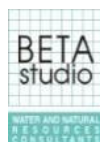
Le possibili interferenze con le acque sotterranee, ed i conseguenti potenziali impatti, possono verificarsi in conseguenza dell'interessamento dell'interfaccia tra la falda e l'idrografia superficiale. L'area di intervento si concentra in corrispondenza di una piana con depositi antropogenici (colmata di bonifiche), terreni paludosi di origine lagunare e depositi sabbiosi colluviali ed eluviali. Da un lato, pertanto, sono ipotizzabili transitori e localizzati effetti di intorbidimento delle acque in corrispondenza dell'interfaccia stessa.

Così come evidenziato nell'ambito della relazione geologica, la soggiacenza della superficie freatica nelle condizioni attuali è sempre molto limitata e comunque prossima al piano campagna, dove sono presenti i canali e dove devono essere realizzati i diversivi e gli scolmatori. Le opere in progetto rendono pertanto improbabili perturbazioni apprezzabili della superficie freatica, che comunque dovrebbe sensibilmente abbassarsi, soprattutto a valle dello scolmatore in progetto tra il Gadduresu e il Seligheddu e del diversivo in progetto tra il Zozò e il San Nicola.

In fase di esercizio risulteranno confermati gli impatti descritti in relazione al consumo di risorsa, dal momento che il bilancio tra terreno asportato e terreno riportato risulterà già definito e consolidato in fase di realizzazione degli interventi. Superata la fase di realizzazione delle opere, gli interventi in progetto avranno senz'altro dei risvolti positivi sotto l'aspetto paesaggistico complessivo dell'area. È prevista la realizzazione di opere di ripristino delle aree di cantiere e l'adozione di scelte progettuali che assicureranno il corretto

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



inserimento paesaggistico delle strutture di progetto.

L'insieme di tali accorgimenti progettuali e l'elevato valore funzionale delle opere determinano, nel complesso, un impatto positivo dell'intervento sulla componente paesaggistica. Di seguito, viene effettuata una sintesi delle azioni e degli interventi previsti e degli effetti, positivi o negativi, che in fase di cantiere o a regime vi possono essere, come già descritti nell'ambito dello studio delle acque superficiali.

### 3.7 Mitigazione degli impatti

Gli impatti relativi alla componente “suolo e sottosuolo” si concentrano nella fase di cantiere. Tali impatti sono principalmente legati alle operazioni di scavo e movimento di terra e materiali inerti. All'interno dell'area di cantiere dovranno essere dunque adottate tutte le misure necessarie a scongiurare eventuali rischi di questa natura e in particolare:

- Le aree destinate alla caratterizzazione dei materiali, e più in generale tutte le aree utilizzate come depositi temporanei, dovranno essere dotate di sistemi di impermeabilizzazione per prevenire il contatto dei materiali non ancora analizzati con il terreno, evitando così possibili contaminazioni. A seconda delle esigenze operative e logistiche del cantiere, le aree di caratterizzazione vengono situate, dove possibile, vicino alle zone di scavo e dovranno essere chiaramente segnalate con cartelli adeguati. Nel caso in cui lo spazio del cantiere non sia sufficiente, le aree di caratterizzazione potrebbero essere allestite anche esternamente al cantiere, in corrispondenza dei siti di destinazione finale del materiale;
- Verranno allestite specifiche aree per lo stoccaggio dei rifiuti, inerti e non, che saranno preferibilmente posizionate in aree periferiche del cantiere, in corrispondenza degli accessi carrabili. La gestione dei rifiuti derivanti dalle attività di cantiere rappresenta una delle questioni maggiormente impattanti dal punto di vista ambientale ma anche facilmente pianificabile e controllabile. Uno strumento chiave da questo punto di vista è il piano di gestione dei rifiuti, da redigere secondo le prescrizioni normative del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. Quest'ultimo deve essere periodicamente revisionato e

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

aggiornato in relazione al progredire delle attività di cantiere.

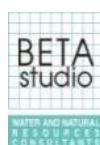
- Dovranno essere scongiurati eventuali rischi di inquinamento delle acque, tema particolarmente sensibile nell’ambito del presente progetto. In cantiere, infatti, le varie attività di demolizione e costruzione, generano reflui di processo che devono essere smaltiti senza arrecare inquinamento su suoli e corpi idrici. Questi ultimi non possono essere naturalmente versati nelle acque superficiali o lasciati in dispersione sul terreno, e devono essere evitati ristagni o accumuli di liquidi non impermeabilizzati al fine di evitare la percolazione nel suolo di acque potenzialmente inquinate.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*



## 4 VEGETAZIONE, FAUNA ED ECOSISTEMI

### 4.1 Serie di vegetazione

La descrizione delle serie e delle associazioni vegetazionali dei corsi d'acqua e dei fiumi, non è mai semplice ed univoca, in quanto gli stessi nel loro percorso dalle diverse sorgenti fino alla foce attraversano diversi ambienti con caratteristiche geologiche e pedologiche differenti che, di conseguenza, influenzano la vegetazione assieme ad altri fattori quali le differenze di quota ed esposizione, presenza di acqua temporanea o permanente, nonché dal grado di salinità della stessa; un ulteriore fattore che influenza la vegetazione sono le attività umane e la modifica del territori per scopi prevalentemente agricoli (come nel caso dell'area periurbana del comune di Olbia), residenziali, artigianali, industriali ecc.,.

Per la caratterizzazione della vegetazione dei tratti fluviali sono state ricavate le informazioni dalle seguenti fonti:

- Documentazione dello Studio e del riordino delle conoscenze per l'elaborazione del Piano Urbanistico Comunale di Olbia;
- Cartografia dell'uso del suolo con legenda Corine al 4° livello di dettaglio;
- Cartografia allegata al Piano Forestale Ambientale Regionale;
- Pubblicazione del 2009 sulla rivista scientifica della Società Italiana di fitosociologia di Pavia denominata “Fitosociologia”, dal titolo: “Vegetazione forestale e serie di vegetazione della Sardegna con rappresentazione cartografica in scala 1: 350.000”, di G. Bacchetta, S. Bagella, E. Biondi, E. Farris, R. Filigheddu ed L. Mossa;
- Prodromo della vegetazione d'Italia, consultabile on-line;
- Carta dei suoli della Sardegna del 1990, di Vacca, Aru, Baldacchini, Madrau e altri, creata con la collaborazione tra il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Cagliari e l'Assessorato Regionale della Programmazione, Bilancio ed Assetto del Territorio;
- Carta Geologica della Sardegna del 1982, di Cherchi, Marini, Marcello, Murru, Preti e Salvatori creata con la collaborazione tra l'Istituto di Geologia dell'Università di Cagliari e l'Ente Minerario Sardo;

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

- Cartografia IGM del Comune di Olbia in scala 1:25.000;

Tramite la carta delle serie di vegetazione si può avere rappresentazione sintetica della situazione vegetazionale nell'area indagata, la carta infatti rappresenta in modo sintetico ed efficace la distribuzione spaziale delle formazioni vegetali esistenti e potenziali.

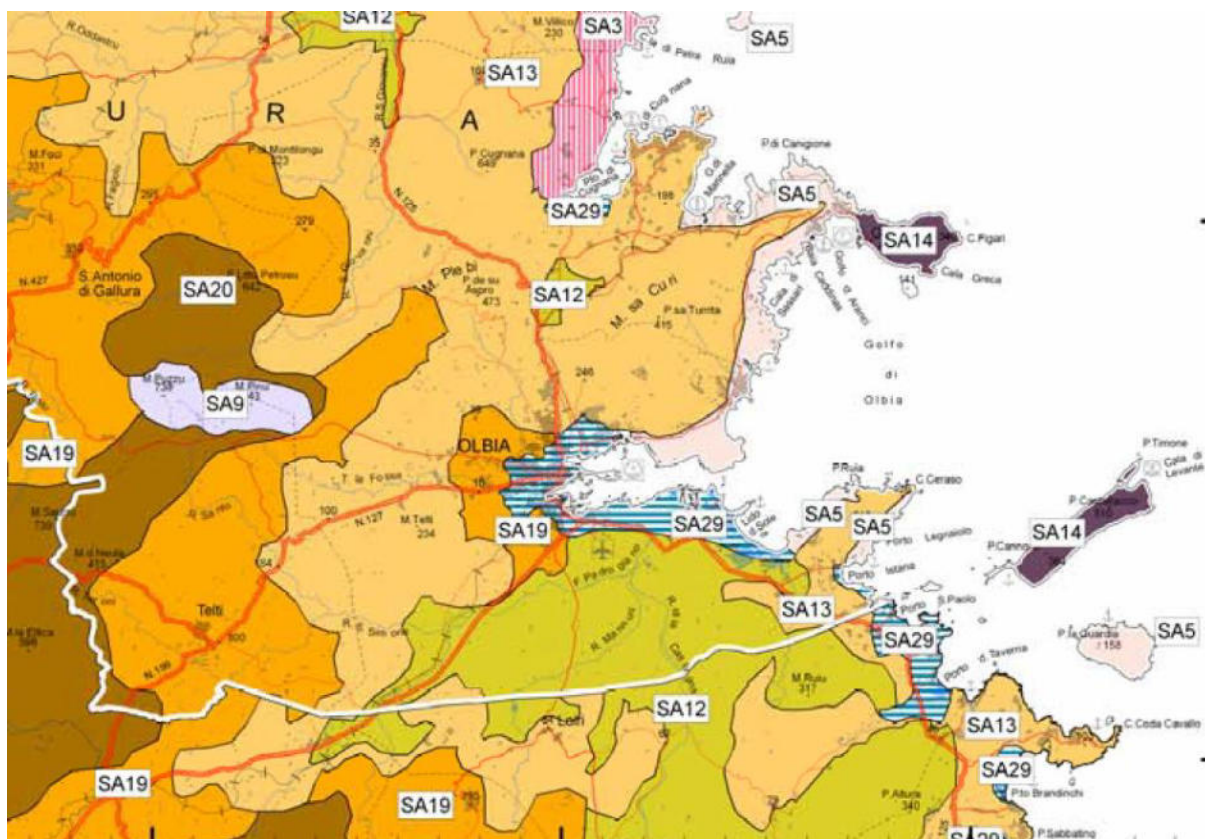


Figura 4.1: Stralcio della Carta delle serie di vegetazione dell'Alta Gallura. Piano forestale ambientale regionale.

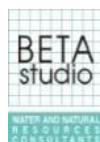
Dalla carta si evince che sul territorio di Olbia sono presenti le seguenti serie di vegetazione potenziale:

- **SA 29** Geosigmeto sardo delle aree salmastre, degli stagni e delle lagune costiere (*Ruppietea*, *Thero-Suaedetea*, *Saginetea maritimae*, *Salicornietea fruticosae*, *Juncetea maritimi*, *Phragmito-Magnocaricetea*) domina il golfo di Olbia e il delta del fiume Padrongianus, sviluppandosi in corrispondenza degli stagni e lagune

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



salmastre temporanei o permanenti, anche di piccola estensione, presenti in gran numero lungo le coste basse e sabbiose. Particolarmente rappresentativi sono i sistemi salmastri costieri localizzati nel Golfo di Olbia, in particolare nel delta del Padrongianus. Il geosigmeto degli ambienti salmastri è costituito da comunità vegetali specializzate a svilupparsi su suoli generalmente limoso-argillosi, scarsamente drenanti, allagati per periodi più o meno lunghi da acque salate. Le comunità vegetali che costituiscono il geosigmeto si dispongono secondo gradienti ecologici determinati dai periodi di inondazione e/o sommersione, granulometria del substrato.

- **SA 19 serie sarda termo-mesomediterranea della sughera** *Galio scabri-Quercetum suberis* si rinviene in genere a quote comprese tra i 200 e i 500 m s.l.m. a contatto con la serie precedentemente descritta. La testa di serie è rappresentata da mesoboschi a *Quercus suber* con *Q. ilex*, *Viburnum tinus*, *Arbutus unedo*, *Erica arborea*, *Phillyrea latifolia*, *Myrtus communis*, *Lonicera implexa*, *Juniperus oxycedrus* subsp. *Oxycedrus*. Lo strato erbaceo è caratterizzato da *Galium scabrum*, *Cyclamen repandum*, *Ruscus aculeatus*. Le formazioni di sostituzione sono rappresentate da formazioni alto-arbustive a corbezzolo ed erica arborea dell'associazione *Erico arboreae-Arbutetum unedonis*, da garighe a dominanza di *Cistus monspeliensis* e *C. salviifolius*, da praterie delle classi *Artemisietea* e *Poetea bulbosae* e da pratelli terofitici della classe *Tuberarietea guttatae*.
- **SA 12 serie sarda, termomediterranea, del leccio** *Pyro amygdaliformis-Quercetum ilicis* che si rinviene nelle aree di piane alluvionali e anche di notevoli dimensioni su substrati argillosi di matrice calcicola-silicicola, lungo i corsi d'acqua. In questi contesti, si presenta come serie edafo-mesofila. Nello strato arbustivo sono presenti alcune caducifoglie come *Pyrus spinosa*, *Prunus spinosa* e *Crataegus monogyna*. Nello strato erbaceo le specie più abbondanti sono *Arisarum vulgare*, *Arum italicum* e *Brachypodium retusum*. Le formazioni di sostituzione sono rappresentate da arbusteti densi, di taglia elevata, a *Pistacia*

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

*lentiscus*, *Rhamnus alaternus*, *Pyrus spinosa* e *Crataegus monogyna*, riferibili all'associazione *Crataego monogynae-Pistacietum lentisci*; da praterie emicriptofitiche e geofitiche, a fioritura autunnale, dell'associazione *Scillo autumnalis-Bellidetum sylvestris* e da praterie terofitiche della classe *Tuberarietea guttatae*. Consultando la Carta Forestale della Stazione Sperimentale del Sughero, si osserva in corrispondenza delle aree planiziali interessate dalla sopradescritta Serie vegetazionale, la seguente classificazione: P3 e P4, rispettivamente "Pascolo arborato con sughera e pascolo arborato misto" e "Terreni interessati da varie forme di agricoltura intensiva specializzata"

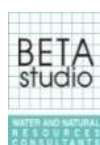
Prima di confluire nel Rio Seligheddu i tre rii Ula Niedda, torrente la Fossa e Rio Santa Mariedda scorrono in una fascia caratterizzata dalla presenza della **SA13 Serie Sarda termo mediterranea del Leccio Prasio majoris-Quercetum ilicis**, che risulta la serie più diffusa nel distretto forestale dell'Alta Gallura. La testa di serie è rappresentata dalle leccete riferibili all'associazione *Prasio majoris-Quercetum ilicis* prevalentemente nella subassociazione *phillyreetosum angustifoliae* che ha il suo optimum su substrati silicei a quote comprese tra i 20 i 160 m s.l.m. Si tratta di boschi climatofili a netta dominanza di *Quercus ilex* con *Phillyrea angustifolia*, *Prasium majus*, *Juniperus oxycedrus subsp. oxycedrus*, *J. phoenicea subsp. turbinata*, *Olea europaea var. sylvestris*, *Pistacia lentiscus*, *Phillyrea latifolia*, *Erica arborea*, *Arbutus unedo*, *Myrtus communis* e *Quercus suber*. Rilevante è la presenza di lianose nel sottobosco, in particolare: *Clematis cirrhosa*, *Smilax aspera*, *Rubia peregrina*, *Lonicera implexa* e *Tamus communis*. Le cenosi di sostituzione sono rappresentate dalla macchia alta riferibile all'associazione *Erico arboreae-Arbutetum unedonis*; dai densi arbusteti riferibili all'associazione *Pistacio lentisci-Calicotometum villosae subass. phillyreetosum angustifoliae*; dalla gariga dell'associazione *Lavandulo stoechadis-Cistetum monspeliensis*, anche nella sua variante a *Calicotome villosa*, che colonizza le aree percorse da incendio; dalle praterie emicriptofitiche dell'associazione *Asphodelo africanae-Brachypodietum ramosi nella subass. brachypodietosum ramosi* e, infine, dalle comunità terofitiche effimere che possono essere riferite prevalentemente all'associazione *Tuberario guttati-Plantaginetum bellardii*. Nelle aree più intensamente utilizzate dall'uomo si

---

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



rinvengono formazioni effimere ruderali nitrofile o seminitrofile riferibili alla classe *Stellarietea mediae* e *Polygono-Poetea annuae*.

Consultando la Carta Forestale della Stazione Sperimentale del Sughero, si osserva in corrispondenza delle aree interessate dalle sopradescritte Serie vegetazionali e associazioni, la seguente classificazione:

- Y1 "Zone cespugliate con matrici di specie forestali e gariga"
- X9 "Sughereta disetanea con 25-40% di copertura"
- X20 "Sughereta decespugliata con elementi di Olivastro"
- Y20 "Boschi di olivastro con elementi di sughera"

Le suddette caratterizzazioni sono orientate maggiormente alla gestione forestale dei boschi rivolta essenzialmente ad alcune specie di interesse forestale (es. Sughera, Leccio ecc.) risulta pertanto difficile sovrapporre tale descrizione con quella di maggior rilievo botanico ed ecologico rappresentata dalla classificazione per serie di vegetazione; tuttavia, le specie arboree presenti all'interno della serie e delle sue sub associazioni sono corrispondenti a quelle della Carta Forestale.

Nelle zone di fondovalle e lungo i corsi d'acqua oligotrofici, in situazioni non planiziali, si segnala lo sviluppo di alcuni aspetti del *geosigmeto sardo-corso edafoigrofilo, calcifugo SA27 Nerio oleandri-Salicion purpureae, Rubio ulmifolii-Nerion oleandri, Hyperico hircini-Alnenion glutinosae*. Le formazioni arboree sono rappresentate da boscaglie a galleria costituite da *Salix sp. pl.*, *Rubus sp. pl.* ed altre fanerofite cespitose quali *Vitex agnus-castus*, particolarmente rilevanti lungo i del Padrongianus.

#### 4.1.1 Rilievi

I rilievi a Colcò e nelle opere di presa sono stati svolti nelle giornate del 10, 11 agosto e 26,27 settembre, Sono state effettuate indagini botaniche al fine di valutare l'eventuale presenza di specie protette elencate nell'allegato II della Direttiva 92/43 della Comunità Europea o situazioni di particolare vulnerabilità.

---

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

L'analisi ha riguardato l'aspetto floristico delle aree interessate, in modo da valutare la ricchezza floristica e diversità specifica, di fondamentale importanza per la futura progettazione botanica che deve tener conto dei caratteri del sito e della flora affinché l'intervento sia coerente con il contesto floristico del territorio e sia capace di “auto sostenersi” nel tempo.

La base di partenza delle indagini sono state le segnalazioni inserite nel portale Wikipantbase Sardegna, filtrate per la zona di Olbia che hanno permesso di avere una base floristica di partenza.

Di seguito si riportano le analisi.

#### 4.1.2 Caratterizzazione della vegetazione nell'area di Colcò

L'area di studio è situata nel comune di Olbia e risulta attualmente interclusa tra l'aeroporto e le costruzioni più periferiche della città.

l'area si estende per circa 295044 m<sup>2</sup> ed è tagliata da 3 canali artificiali: il primo si estende in direzione N Est – S Ovest, ha ampiezza di circa 3/5 m e sponde non cementate; questo connette altri due canali perpendicolari (direzione N Ovest – S Est) uno dei quali ha sponde cementate ed ampiezza di circa 2 metri. I rilievi floristici a Colcò sono stati effettuati nelle giornate del 10 e 11 agosto e 26 settembre 2023 e hanno interessato circa ¼ dell'intera area, una porzione che si ritiene significativa per valutarne l'aspetto vegetazionale e floristico; in particolare le aree indagate sono state quelle di pertinenza dell'Istituto Tecnico e Professionale Agrario "Amsicora"; l'area che circonda l'Ex ostello e l'area retrostante fino al canale.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

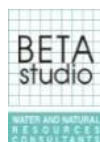




Figura 4.2: Area Colcò – suddivisione e perimetri interni

All'interno dell'area indagata il suolo si presenta in molti casi argilloso di grana molto fine o sabbioso; questo carattere unitamente alla forte presenza di giunchi confermano ciò che viene riportato nella carta degli usi storici del PUC, ossia che l'area durante il periodo piovoso è in grado di trattenere molta acqua rendendola di fatto una palude, tale fatto ci è stato confermato anche dai docenti e dai tecnici dell'istituto agrario.

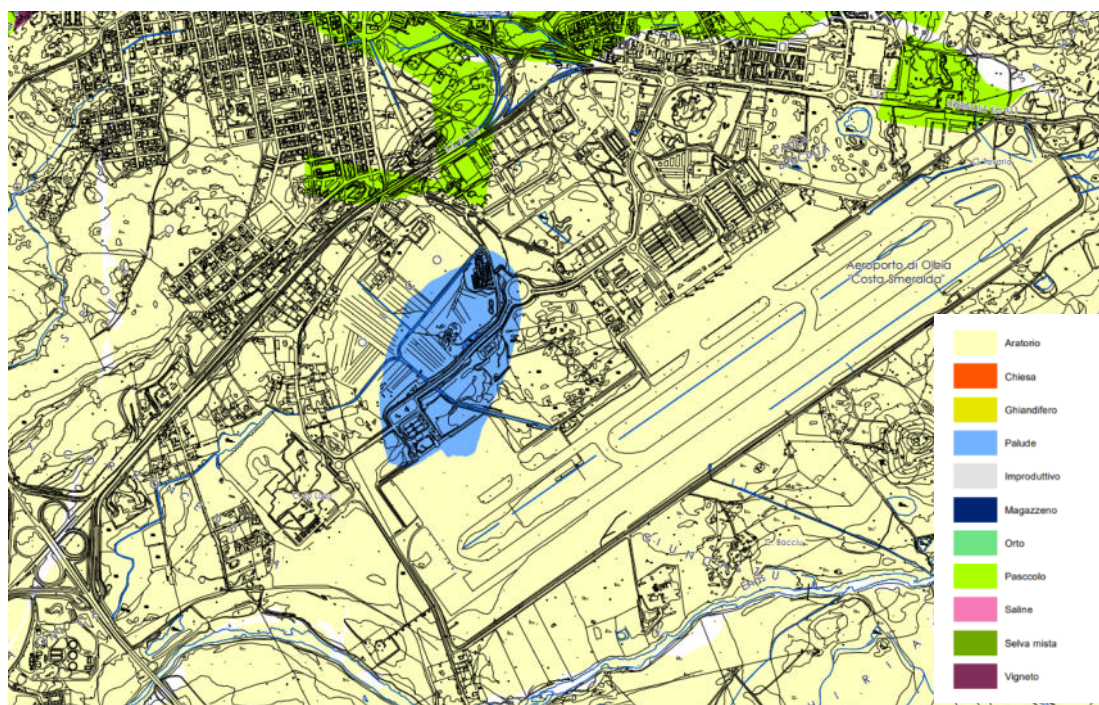


Figura 4.4: usi suolo

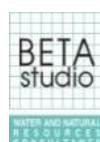


Figura 4.3: Suolo Colcò

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



Parte dell'area in uso all'Istituto Agrario, è attualmente utilizzata per scopi didattici con coltivazioni che fungono da laboratorio per gli studenti; nelle aree non dedicate a tali scopi la vegetazione si infittisce per lo sviluppo di specie arbustive ed arboree, soprattutto nelle vicinanze dei canali e del confine; il resto dell'area, nella parte retrostante l'Ex ostello, è per la maggior parte utilizzata per il pascolo di bovini.

Dai sopralluoghi è possibile affermare che nell'intera area predomina lo strato erbaceo, costituito da Juncaceae, Graminaceae, Asteraceae e Fabaceae; relativamente a tale strato, questo raggiunge il metro di altezza (e oltre) nelle zone di Colcò che non vengono utilizzate per il pascolo, o non sono interessate dalle attività dell'istituto agrario.

Lo strato arbustivo è invece costituito da *Pistacia lentiscus* L., *Olea europaea* L. var. *sylvestris* Brot e *Pyrus spinosa* Forssk, sono inoltre presenti esemplari giovani di *Tamarix africana* Poir. L'altezza dello strato arbustivo è compresa tra 1 – 2.5 m, estendendosi dalle porzioni marginali, o lungo il canale e il confine con l'Istituto Agrario.

Lo strato arboreo è poco presente nell'area; è costituito da Eucalipti e Tamerici; quest'ultime dominano sulle sponde del canale con sponde "naturali". In generale lo strato arboreo è limitato alle aree marginali o di confine creando con gli arbusti e specie lianose delle porzioni di vegetazione molto fitte e praticamente impenetrabili a meno che non vengano apportati tagli.

Si riporta di seguito l'elenco floristico delle specie rinvenute a Colcò.

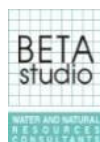
| FAMIGLIA       | SPECIE                                       |
|----------------|----------------------------------------------|
| Amaranthaceae  | <i>Atriplex prostrata</i> Boucher ex DC.     |
| Amaryllidaceae | <i>Allium longispathum</i> Redouté           |
| Anacardiaceae  | <i>Pistacia lentiscus</i> L.                 |
| Apiaceae       | <i>Anethum foeniculum</i> L.                 |
| Apiaceae       | <i>Daucus carota</i> L. subsp. <i>Carota</i> |
| Apocynaceae    | <i>Nerium oleander</i> L.                    |
| Araceae        | <i>Lemna minor</i> L.                        |
| Arecaceae      | <i>Phoenix</i> sp.                           |
| Asparagaceae   | <i>Asparagus acutifolius</i> L.              |

|                 |                                                                             |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Asparagaceae    | <i>Asparagus albus</i> L.                                                   |
| Asphodelaceae   | <i>Asphodelus ramosus</i> L.                                                |
| Asteraceae      | <i>Carlina corymbosa</i> L.                                                 |
| Asteraceae      | <i>Cichorium intybus</i> L.                                                 |
| Asteraceae      | <i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter                                      |
| Asteraceae      | <i>Helminthotheca echioides</i> (L.) Holub                                  |
| Asteraceae      | <i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.                                        |
| Asteraceae      | <i>Symphyotrichum squamatum</i> (Spreng.) G.L.Nesom                         |
| Cactaceae       | <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.                                      |
| Convolvulaceae  | <i>Convolvulus althaeoides</i> L.                                           |
| Convolvulaceae  | <i>Cressa cretica</i> L.                                                    |
| Dipsacaceae     | <i>Dipsacus ferox</i> Loisel.                                               |
| Fabaceae        | <i>Lotus tenuis</i> Waldest. & Kit. ex Willd.                               |
| Fabaceae        | <i>Trigonella sulcata</i> (Desf.) Coulot & Rabaute                          |
| Gentianaceae    | <i>Schenkia spicata</i> (L.) G.Mans.                                        |
| Heliotropiaceae | <i>Heliotropium europaeum</i> L.                                            |
| Juncaceae       | <i>Juncus acutus</i> L.                                                     |
| Moraceae        | <i>Ficus carica</i> L.                                                      |
| Myrtaceae       | <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.                                      |
| Oleaceae        | <i>Olea europaea</i> L. var. <i>sylvestris</i> Brot                         |
| Oleaceae        | <i>Phillyrea latifolia</i> L.                                               |
| Onagraceae      | <i>Epilobium hirsutum</i> L.                                                |
| Onagraceae      | <i>Epilobium tetragonum</i> L. subsp. <i>tournefortii</i> (Michalet) H.Lév. |
| Plantaginaceae  | <i>Kickxia elatine</i> (L.) Dumort.                                         |
| Plantaginaceae  | <i>Plantago coronopus</i> L.                                                |
| Plantaginaceae  | <i>Plantago major</i> L.                                                    |
| Poaceae         | <i>Arundo donax</i> L.                                                      |
| Poaceae         | <i>Briza minor</i> L.                                                       |
| Poaceae         | <i>Dactylis glomerata</i> L.                                                |
| Poaceae         | <i>Lagurus ovatus</i> L.                                                    |
| Poaceae         | <i>Phalaris paradoxa</i> L.                                                 |
| Poaceae         | <i>Sporobolus aculeatus</i> (L.) P.M.Peterson                               |
| Poaceae         | <i>Avena</i> sp.                                                            |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



|                  |                                    |
|------------------|------------------------------------|
| Poaceae          | <i>Cynodon dactylon (L.) Pers.</i> |
| Polygonaceae     | <i>Persicaria maculosa Gray</i>    |
| Polygonaceae     | <i>Polygonum aviculare</i>         |
| Polygonaceae     | <i>Rumex crispus L.</i>            |
| Portulacaceae    | <i>Portulaca oleracea L.</i>       |
| Rhamnaceae       | <i>Rhamnus alaternus L.</i>        |
| Rosaceae         | <i>Potentilla reptans L.</i>       |
| Rosaceae         | <i>Pyrus spinosa Forssk.</i>       |
| Rosaceae         | <i>Rubus ulmifolius Schott</i>     |
| Rubiaceae        | <i>Rubia peregrina L.</i>          |
| Salicaceae       | <i>Populus nigra L.</i>            |
| Salicaceae       | <i>Salix sp.</i>                   |
| Scrophulariaceae | <i>Verbascum sp</i>                |
| Tamaricaceae     | <i>Tamarix africana Poir.</i>      |
| Verbenaceae      | <i>Verbena officinalis L.</i>      |

Tabella 4-1: Elenco floristico specie Colcò

Considerato il periodo poco adeguato al rilievo floristico, si può affermare che le specie riportate non sono che una parte delle possibil presenti a Colcò.

Il sopralluogo ha evidenziato la presenza dell'endemismo *Dipsacus ferox* Loisel., della famiglia delle Dipsacaceae, presente soltanto in Sardegna e in Molise; dalla *Lista rossa della flora italiana - Volume 2*, la specie viene valutata con DD ossia dati insufficienti. Le restanti specie non sono sottoposte a nessun regime di tutela, possono essere considerate comuni sia dei luoghi abbandonati dove si ha uno sviluppo della vegetazione spontanea a seguito dell'abbandono, sia tipiche delle zone umide, per cui si raccomanda una più attenta indagine nei periodi adeguati.

Si riportano di seguito alcune foto scattate durante i rilievi.



*Figura 4.5: Fronte all'Ex ostello*



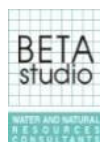
*Figura 4.6: Fronte ex ostello*

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*





*Figura 4.7: Retro ex ostello*



*Figura 4.8: Porzione di Colcò utilizzata per il pascolamento di bovini*



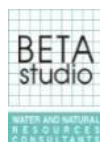
*Figura 4.9: Vegetazione nei pressi del canale e canale con sponde cementate*

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*





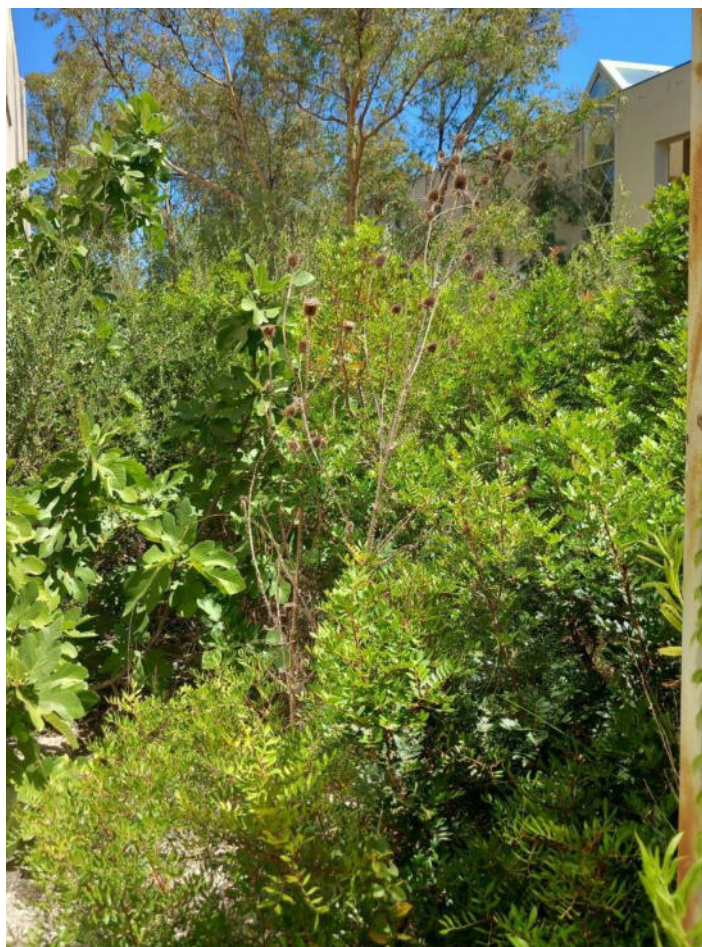
*Figura 4.11: Retro Ex Ostello*



*Figura 4.10: Esemplare di Dipsacus ferox in fiore rinvenuto nel retro dell'Ex Ostello*

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



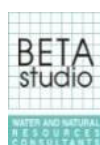
*Figura 4.12: Esempio di Dipsacus ferox rinvenuto nella corte dell'ex ostello*

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*



#### 4.1.3 Caratterizzazione della vegetazione - Opera di scarico nel Padrongianus

L'opera di scarico è collocata alla fine dello scolmatore 1 ed intercetta il Padrongianus all'altezza del depuratore.

I rilievi nell'area sono stati svolti nella giornata del 26 settembre; dai sopralluoghi si evince che gran parte dell'opera di scarico intercetta terreni soggetti a coltivazioni, compresa l'area dell'ex blocchificio. Considerato l'alto grado di disturbo presente in queste aree per motivi antropici, dalla coltivazione alla cementificazione nell'area del blocchificio, si è ritenuto non necessario non rilevare tali porzioni.

La parte sostanzialmente interessata dal rilievo è stata quella più prossima al fiume Padrongianus, dove le coltivazioni lasciano spazio alla vegetazione spontanea e nei pressi delle opere di presa del Consorzio di Bonifica, più a valle dell'opera di scarico.

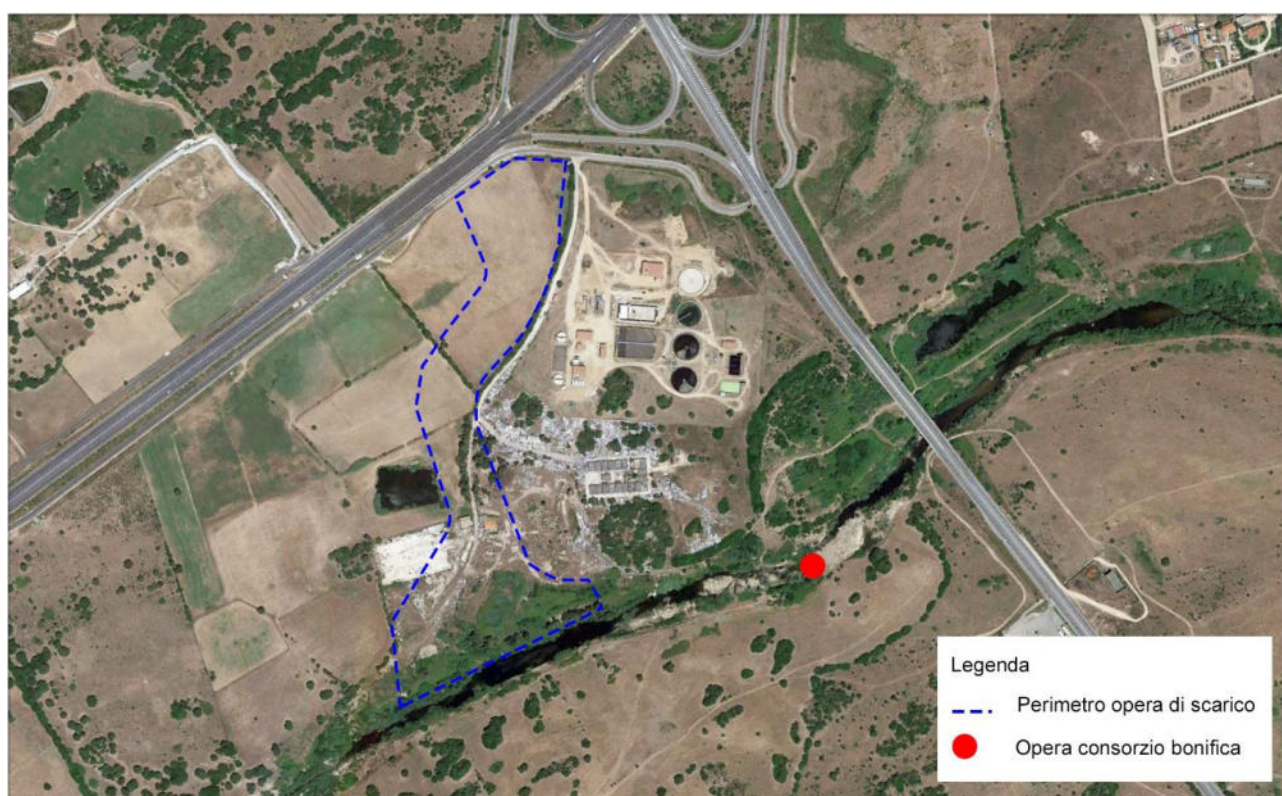


Figura 4.13: Perimetro opera di scarico

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

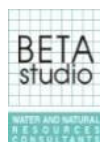
La vegetazione si sviluppa su terreno sabbioso/ghiaioso di fatto creando un corridoio sull'acqua costituito da vegetazione arborea e arbustiva di Tamerici, Lentisco e Olivastro e forte presenza di lianose (*Rubus*).

Vengono riportate di seguito le specie rinvenute nell'area; nei pressi dell'opera di scarico è stato rinvenuto l'endemismo *Dipsacus ferox* Loisel, probabilmente frequente nell'area attorno al Padrongianus, Lo stesso non è stato rinvenuto nelle opere di presa.

Dai rilievi è possibile affermare che l'opera di scarico interverrà in un contesto ambientale ampiamente disturbato e degradato; sull'area infatti, oltre alle coltivazioni e le lavorazioni direttamente in alveo del Consorzio di Bonifica, insistono tonnellate di rifiuti che nel tempo sono state portate ben oltre il campo nomadi, restituendo un contesto ambientale con severe problematiche di inquinamento che riguardano in particolar modo il suolo e l'acqua, per quest'ultima le analisi sulle acque chiariranno meglio la situazione.

| FAMIGLIA      | SPECIE                                            |
|---------------|---------------------------------------------------|
| Anacardiaceae | <i>Pistacia lentiscus</i> L.                      |
| Apiaceae      | <i>Anethum foeniculum</i> L.                      |
| Asteraceae    | <i>Bidens tripartita</i> L.                       |
| Asteraceae    | <i>Dittrichia graveolens</i> (L.) Greuter         |
| Asteraceae    | <i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter            |
| Asteraceae    | <i>Helichrysum italicum</i> (Roth) G.Don          |
| Asteraceae    | <i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.              |
| Cistaceae     | <i>Cistus monspeliensis</i> L.                    |
| Dipsacaceae   | <i>Dipsacus ferox</i> Loisel.                     |
| Dipsacaceae   | <i>Sixalix atropurpurea</i> (L.) Greuter & Burdet |
| Euphorbiaceae | <i>Euphorbia dendroides</i> L.                    |
| Euphorbiaceae | <i>Euphorbia maculata</i> L.                      |
| Fabaceae      | <i>Genista</i> sp.                                |
| Juncaceae     | <i>Juncus acutus</i> L.                           |
| Juncaceae     | <i>Juncus acutus</i> L.                           |
| Lamiaceae     | <i>Mentha</i> sp.                                 |
| Myrtaceae     | <i>Eucalyptus</i> sp.                             |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



|                  |                                                     |
|------------------|-----------------------------------------------------|
| Oleaceae         | <i>Olea europaea</i> L. var. <i>sylvestris</i> Brot |
| Poaceae          | <i>Arundo donax</i> L.                              |
| Poaceae          | <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.                  |
| Poaceae          | <i>Paspalum distichum</i> L.                        |
| Poaceae          | <i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin. ex Steud.  |
| Polygonaceae     | <i>Persicaria maculosa</i> Gray                     |
| Potamogetonaceae | <i>Potamogeton natans</i> L.                        |
| Rosaceae         | <i>Pyrus spinosa</i> Forssk.                        |
| Rosaceae         | <i>Rubus ulmifolius</i> Schott                      |
| Salicaceae       | <i>Salix</i> sp.                                    |
| Scrophulariaceae | <i>Verbascum</i> sp.                                |
| Solanaceae       | <i>Datura stramonium</i> L.                         |
| Tamaricaceae     | <i>Tamarix africana</i> Poir.                       |
| Thymelaeaceae    | <i>Daphne gnidium</i> L.                            |

Tabella 4-2: Specie floristiche nei pressi dell'opera di scarico del Padrongianus

Si riportano di seguito le foto dell'area



Figura 4.14: Campo interessato dall'opera di scarico



*Figura 4.16: Ex blocchificio*



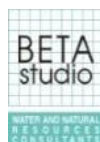
*Figura 4.15: Vegetazione nei pressi della sponda del Padrongianus, in primo piano Dipsacus ferox*

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*





*Figura 4.18: Padrongianus visto dal blocchificio*



*Figura 4.17: Opera di presa Consorzio di Bonifica*

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



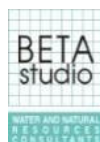
*Figura 4.19: Letto del Padrongianus a valle dell'opera di presa del Consorzio di Bonifica*

---

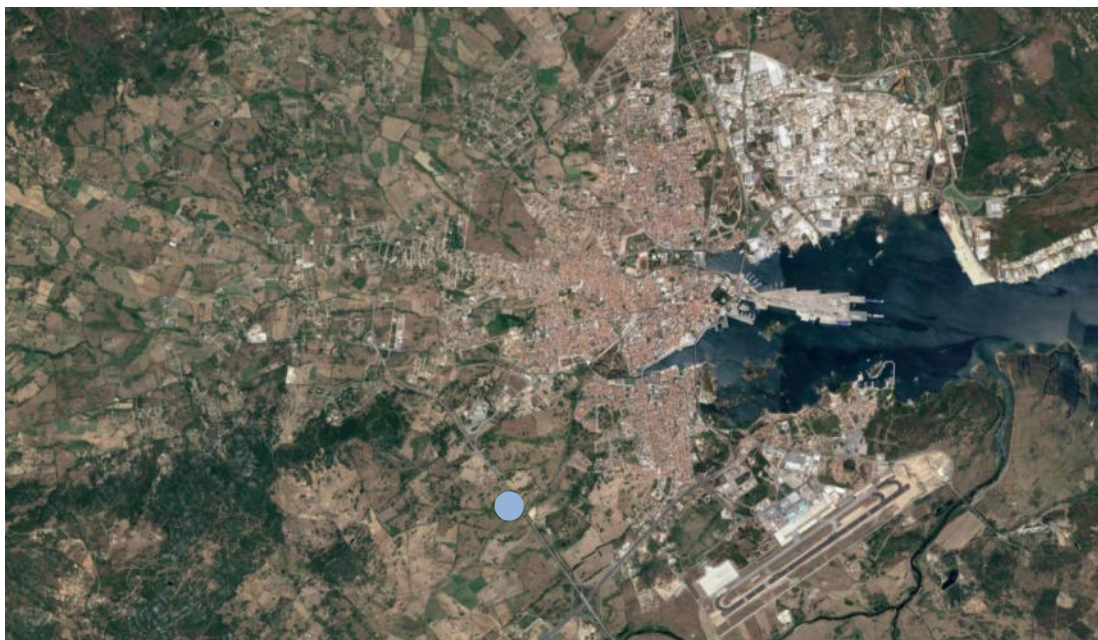
*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



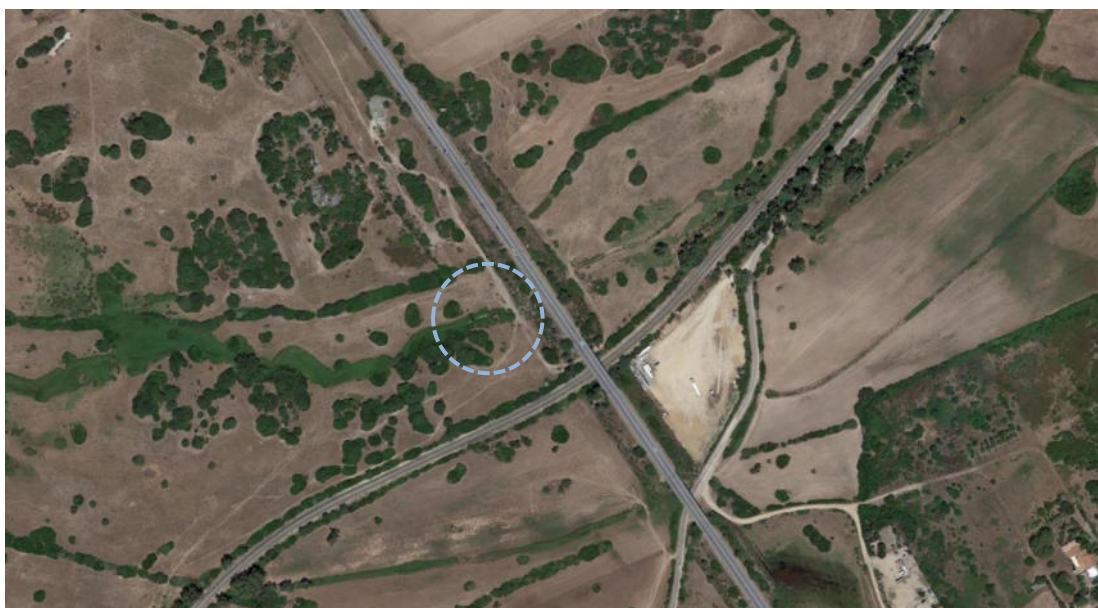
*(Capogruppo mandataria)*



#### 4.1.4 Caratterizzazione della vegetazione - Opera di presa sul rio Paule Longa



*Figura 4.21: Localizzazione opera di presa rio Paule Longa*



*Figura 4.20: Localizzazione opera di presa rio Paule Longa*

L'opera di presa sul rio Paule Longa è collocata lateralmente alla Strada Panoramica, all'altezza dell'incrocio sulla ferrovia.

Dall'ortofoto si può notare che l'opera intercetterà maggiormente terreni utilizzati per pratiche agricole mentre la vegetazione spontanea si concentra nelle sponde del fiume.

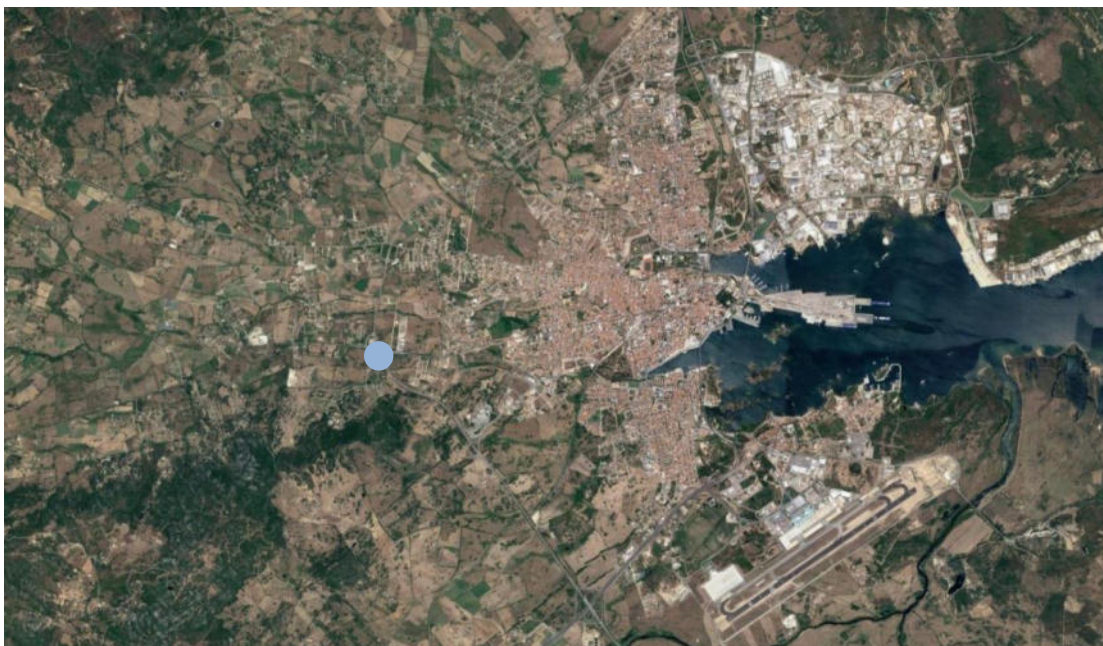
Percentualmente, considerando l'intera area dell'opera di presa pari a 5950 m<sup>2</sup>, il 27% è occupato da elementi arborei / arbustivi che verosimilmente sono costituiti da fitti popolamenti di rovi, Olivastro e lentisco.



Figura 4.22: Opera di presa su rio Paule Longa, percentuale area vegetazione arborea/arbustiva

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

#### 4.1.5 Caratterizzazione della vegetazione - Opera di presa sul Rio Pasana



*Figura 4.23: Localizzazione opera di presa rio Pasana*



*Figura 4.24: Opera di presa sul Rio Pasana*

L'opera di presa è collocata in località Maltana, all'altezza del viadotto sul rio Pasana in un'area praticamente interclusa tra il rio, la strada panoramica e una strada secondaria; nella data del rilievo, 27 settembre, si è potuta constatare la totale assenza di acqua nel tratto del Rio interessato dall'opera. Come si può notare dalla ortofoto precedenti l'opera di presa intercetta sia campi sfalciati che un'area arbustiva/arborea, dove predominano il lentisco e l'olivastro.

Anche in questo caso la vegetazione spontanea è spesso limitata dalle attività di sfalcio che in questo caso si spingono anche sul letto del fiume a scapito della vegetazione tipica di tale ambiente, percentualmente, tramite ortofoto si è potuto stimare che su 6510 m<sup>2</sup> totali occupati dall' opera, circa il 46% è occupata da individui arbustivi/arborei e il restante 54% è invece ricoperto da popolamenti erbacei soggetti e non a taglio.



Figura 4.25: opera di presa su rio Pasana, percentuale area vegetazione arborea/arbustiva

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Dal rilievo le specie arbustive e arbore prevalenti dell'area interessata dall'opera sono le seguenti:

- *Olea europaea* L. var. *sylvestris* Brot
- *Pistacia lentiscus* L.
- *Phillyrea latifolia* L.

Tra queste specie si rinvencono esemplari di *Tamarix* sp.; a queste specie si alternano cespugli di *Rubus ulmifolius* Schott, e in corrispondenza di limiti dell'area, di fianco alla strada si rinvencono esemplari di *Eucalyptus*.

Lo strato erbaceo invece è costituito per la maggior parte dalle seguenti specie:

| FAMIGLIA      | SPECIE                                       |
|---------------|----------------------------------------------|
| Apiaceae      | <i>Anethum foeniculum</i> L.                 |
| Apiaceae      | <i>Daucus carota</i> L. subsp. <i>Carota</i> |
| Asteraceae    | <i>Cichorium intybus</i> L.                  |
| Asteraceae    | <i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter       |
| Myrtaceae     | <i>Eucalyptus</i> sp.                        |
| Poaceae       | <i>Dactylis glomerata</i> L.                 |
| Polygonaceae  | <i>Persicaria maculosa</i> Gray              |
| Polygonaceae  | <i>Rumex crispus</i> L.                      |
| Portulacaceae | <i>Portulaca oleracea</i> L.                 |
| Solanaceae    | <i>Solanum nigrum</i> L.                     |

Si riportano di seguito alcune foto scattate durante il rilievo.



*Figura 4.26 Panoramica opera di presa rio Pasana*



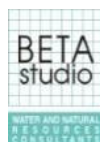
*Figura 4.27 Area opera di presa rio Pasana*

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



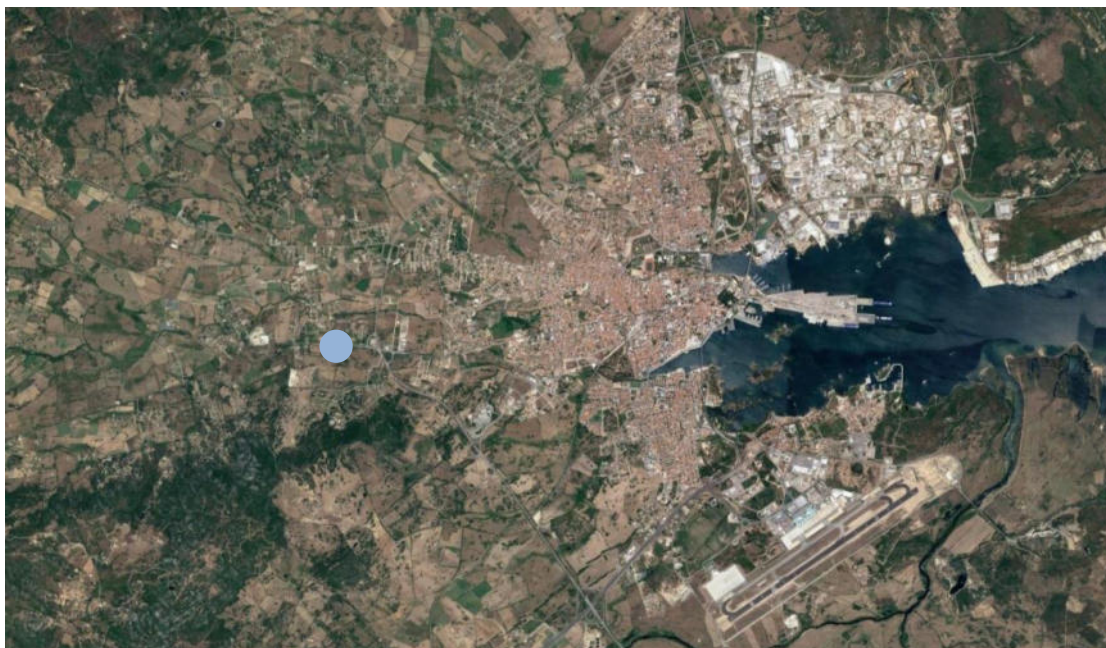
*(Capogruppo mandataria)*



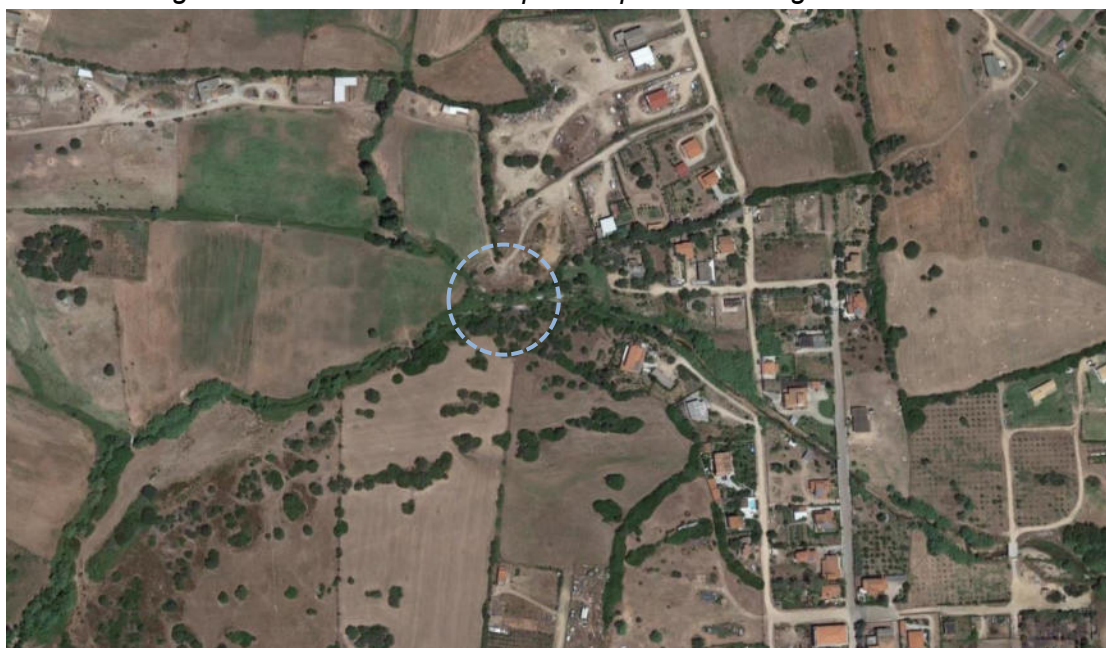


*Figura 4.28 Area opera di presa sul rio Pasana*

#### 4.1.6 Caratterizzazione della vegetazione - Opera di presa sul rio Seligheddu



*Figura 4.30 Localizzazione opera di presa rio Seligheddu*



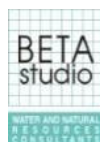
*Figura 4.29 Localizzazione opera di presa rio Seligheddu*

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*



L'opera di presa è collocata in località Tanca Sticcadu, raggiungibile dalla Strada Stale 127 settentrionale sarda e proseguendo in via Rio Seligheddu. L'opera si sviluppa lungo una porzione del Rio Seligheddu che intercetta una vasta porzione di vegetazione arborea e arbustiva che cresce lungo le sponde e il letto del fiume e che a differenza, del tratto del rio Pasana, possiede un maggiore grado di naturalità.

Tramite ortofoto si è potuto stimare che su 5386 m<sup>2</sup> totali occupati dall' opera, circa il 74% è occupato da vegetazione spontanea dove prevalgono elementi arbustivi e arborei, mentre nel restante 26% la vegetazione subisce dei tagli periodici, non necessariamente legati alle attività agricole.

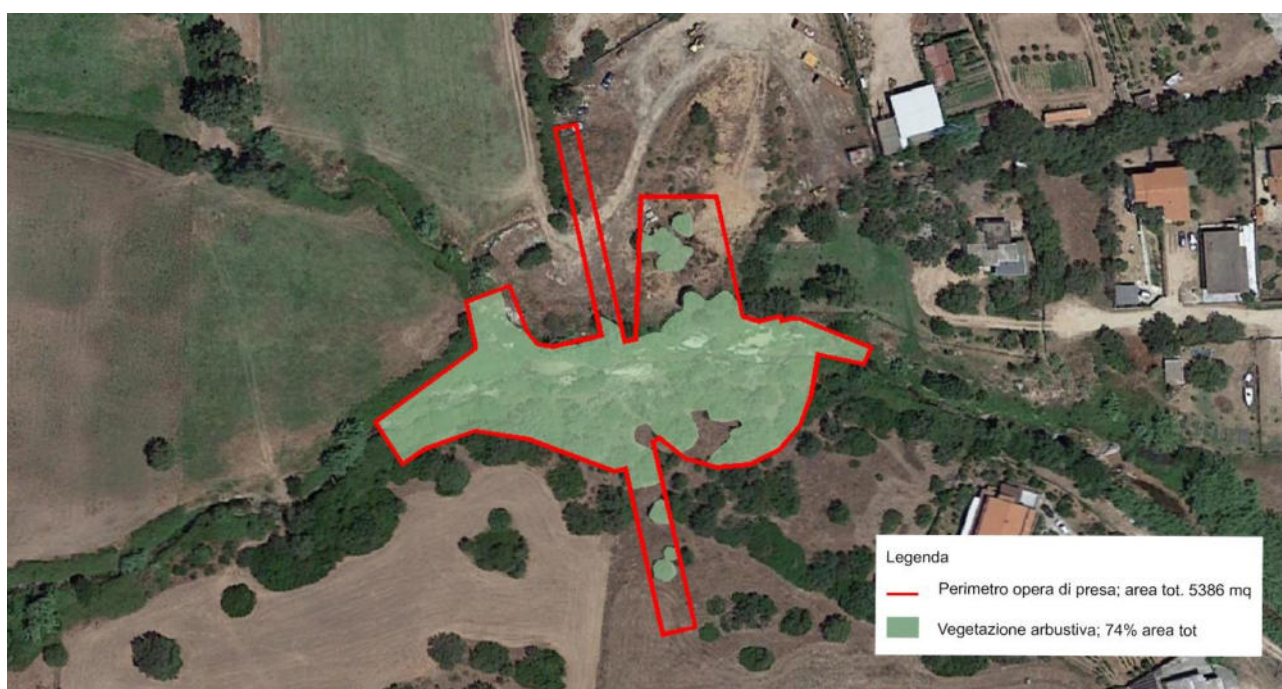


Figura 4.31 Opera di presa su rio Seligheddu, percentuale area vegetazione arborea/arbustiva

Si riporta di seguito la lista delle specie rinvenute nell'area.

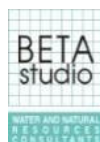
| FAMIGLIA      | SPECIE                                              |
|---------------|-----------------------------------------------------|
| Anacardiaceae | <i>Pistacia lentiscus</i> L.                        |
| Arecaceae     | <i>Chamaerops humilis</i> L.                        |
| Asteraceae    | <i>Erigeron canadensis</i> L.                       |
| Betulaceae    | <i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.                 |
| Cactaceae     | <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.) Mill.              |
| Equisetaceae  | <i>Equisetum ramosissimum</i> Desf.                 |
| Juncaceae     | <i>Juncus acutus</i> L.                             |
| Lamiaceae     | <i>Mentha</i> sp.                                   |
| Myrtaceae     | <i>Eucalyptus</i> sp.                               |
| Oleaceae      | <i>Olea europaea</i> L. var. <i>sylvestris</i> Brot |
| Rosaceae      | <i>Rubus ulmifolius</i> Schott                      |
| Salicaceae    | <i>Populus alba</i> L.                              |
| Salicaceae    | <i>Salix</i> sp.                                    |
| Smilacaceae   | <i>Smilax aspera</i> L.                             |
| Typhaceae     | <i>Typha angustifolia</i> L.                        |
| Urticaceae    | <i>Urtica</i> sp.                                   |

Nell'ambito di intervento la componente erbacea è estremamente limitata dal propagarsi di lianose quali *Rubus* e *Smilax*; nelle immediate vicinanze dell'acqua abbondano *Mentha* sp., *Typha angustifolia* L. ed *Equisetum ramosissimum* Desf..

La componente arborea raggiunge altezze elevate ed è maggiormente rappresentata da esemplari di *Populus alba* L. e *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn, presenti sulle sponde del rio e circondati da *Olea europaea* L. var. *sylvestris* Brot.

Si riportano di seguito alcune foto scattate durante il rilievo.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



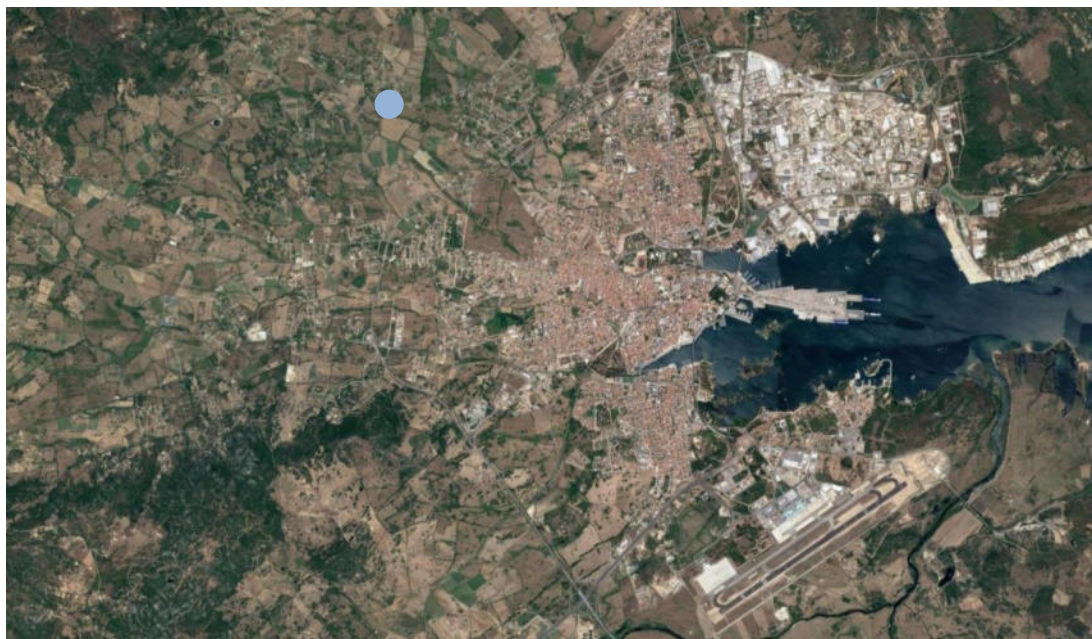


*Figura 4.32 vegetazione sul Rio Seligheddu*

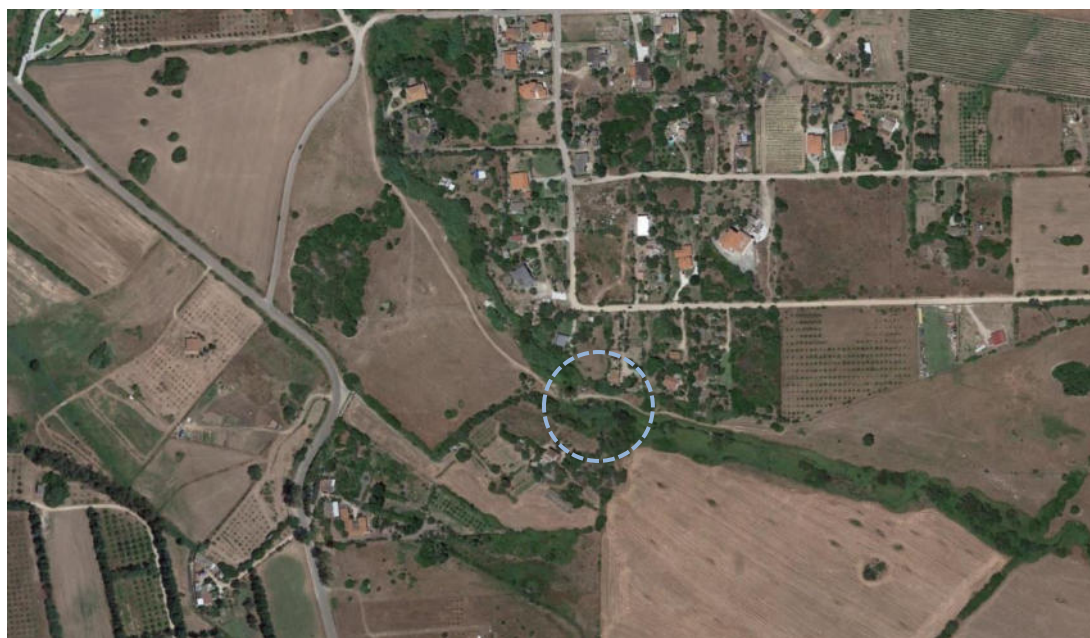


*Figura 4.33 Typha angustifolia L. ed Equisetum ramosissimum Desf*

#### 4.1.7 Caratterizzazione della vegetazione - Opera di presa sul rio San Nicola



*Figura 4.34 Localizzazione opera di presa rio San Nicola*



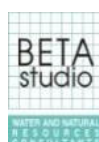
*Figura 4.35 Localizzazione opera di presa rio San Nicola*

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*



L'opera di presa su rio San Nicola è collocata in località Teggia de Sambene. L'opera si sviluppa su terreno agricolo utilizzato a pascolo per gli ovini e dove il rio scorre tra consistenti fasce di *Arundo donax* L., aperte in alcuni tratti per favorire l'abbeveramento degli animali.

Tramite ortofoto si è potuto stimare che dei 1808 m<sup>2</sup> totali occupati dall'opera, il 53% è ricoperto da canneto, vegetazione arborea e arbustiva costituita maggiormente da *Olea europaea* L. var. *sylvestris*, *Cistus monspeliensis* L. e *Rubus ulmifolius* Schott; la vasta presenza di cisto può essere riconducibile alla possibilità che l'area sia stata in passato percorsa dal fuoco favorendone la propagazione.



Figura 4.36 Opera di presa su rio San Nicola, percentuale area vegetazione arborea/arbustiva

Si riporta di seguito l'elenco delle specie rinvenute nell'area.

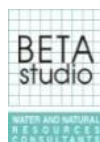
| FAMIGLIA      | SPECIE                                               |
|---------------|------------------------------------------------------|
| Amaranthaceae | <i>Amaranthaceae</i>                                 |
| Amaranthaceae | <i>Atriplex prostrata</i> Boucher ex DC.             |
| Anacardiaceae | <i>Pistacia lentiscus</i> L.                         |
| Apiaceae      | <i>Anethum foeniculum</i> L.                         |
| Apiaceae      | <i>Daucus carota</i> L. subsp. <i>Carota</i>         |
| Asteraceae    | <i>Carlina corymbosa</i> L.                          |
| Asteraceae    | <i>Cichorium intybus</i> L.                          |
| Asteraceae    | <i>Cichorium intybus</i> L.                          |
| Asteraceae    | <i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter               |
| Asteraceae    | <i>Helianthus tuberosus</i> L.                       |
| Asteraceae    | <i>Helichrysum italicum</i> (Roth) G. Don            |
| Asteraceae    | <i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.                 |
| Asteraceae    | <i>Symphyotrichum squamatum</i> (Spreng.) G.L. Nesom |
| Cistaceae     | <i>Cistus monspeliensis</i> L.                       |
| Juncaceae     | <i>Juncus acutus</i> L.                              |
| Lamiaceae     | <i>Mentha</i> sp.                                    |
| Oleaceae      | <i>Olea europaea</i> L. var. <i>sylvestris</i> Brot  |
| Poaceae       | <i>Arundo donax</i> L.                               |
| Poaceae       | <i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.                   |
| Poaceae       | <i>Paspalum distichum</i> L.                         |
| Polygonaceae  | <i>Persicaria maculosa</i> Gray                      |
| Ranunculaceae | <i>Clematis cirrhosa</i> L.                          |
| Rosaceae      | <i>Rubus ulmifolius</i> Schott                       |
| Urticaceae    | <i>Urtica</i> sp.                                    |

Di seguito si riportano alcune foto scattate durante il rilievo.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)





*Figura 4.38 Vegetazione opera di presa Rio S. Nicola*



*Figura 4.37 Vegetazione opera di presa Rio S. Nicola*

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



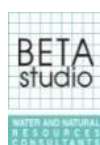
*Figura 4.39 Vegetazione opera di presa Rio S. Nicola*

---

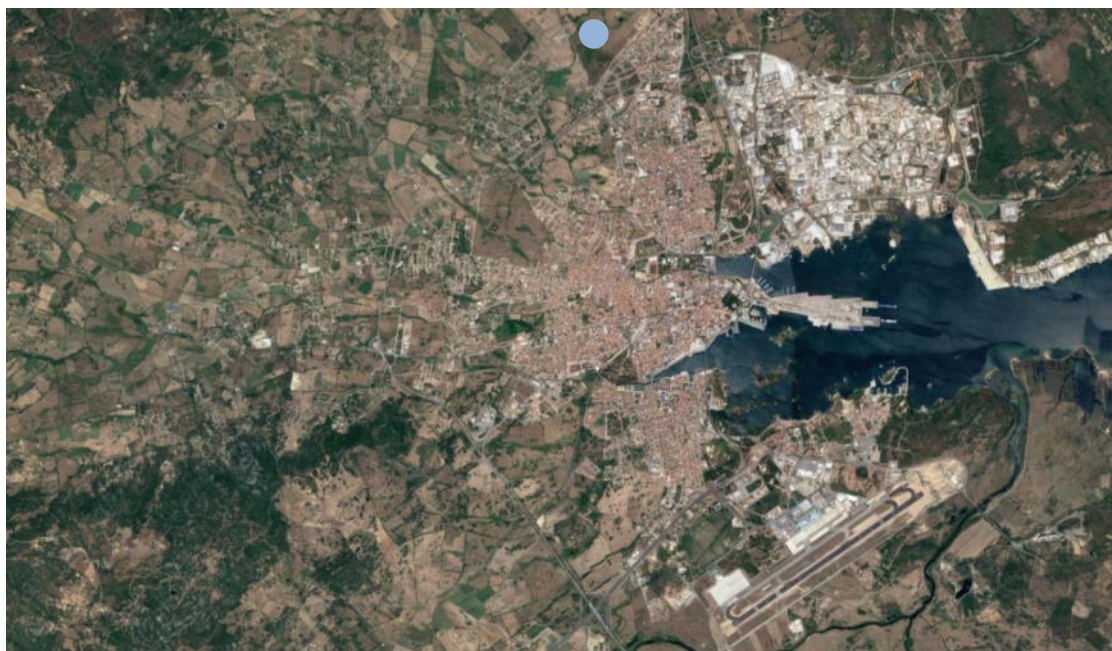
*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*



#### 4.1.8 Caratterizzazione della vegetazione - Opera di presa sul rio Abba Fritta



*Figura 4.40 Localizzazione opera di presa rio Abba Fritta*



*Figura 4.41 Localizzazione opera di presa rio Abba Fritta*

---

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

L'opera di presa sul rio Abba Fritta sarà collocata a nord della Circonvallazione Ovest; dall'ortofoto si può notare che l'opera intercetterà maggiormente terreni frequentemente sfalciati.

Percentualmente, considerando l'intera area dell'opera di presa pari a 71645 m<sup>2</sup> circa, il 27% è occupato da elementi arborei / arbustivi che verosimilmente sono costituiti da fitti popolamenti di Rovi, Olivastro e Lentisco e sporadicamente individui di Pioppo.

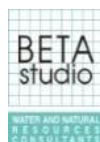


Figura 4.42 Opera di presa Abba Fritta

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



In generale, è possibile definire la situazione vegetazionale delle aree interessate dalle opere a naturalità decrescente procedendo verso l'area urbana; la maggior parte delle opere attraversano aree ampiamente modificate dalle attività umane, in particolare, nel caso delle aree extraurbane, si tratta di modifiche effettuate ad esempio dalle arature e semine per fini agricoli, che nel caso della vegetazione spontanea corrispondono a veri e propri disturbi e che lasciano poco spazio alla sua proliferazione. Le serie di vegetazione descritte precedentemente hanno in molti casi più un carattere di presenza limitata o potenzialità, piuttosto che di presenza effettiva sull'intera area segnalata dalla Carta delle serie di vegetazione, dove per potenzialità si intende la possibilità di sviluppo di un certo tipo di vegetazione al cessare dei disturbi e a patto che le condizioni climatiche rimangano invariate nel lungo periodo.

La maggior parte dei tratti urbani dei rii presentano le sponde ed il letto rivestiti in cemento armato, pertanto, la vegetazione naturale è presente esclusivamente nelle sponde del rio soggette periodicamente ad inondazione ed eventi di piena e nei tratti in cui il tessuto agricolo e urbano non arrivano ad interessare le aree immediatamente prossime alle sponde.

L'area probabilmente più interessante dal punto di vista vegetazionale è sicuramente l'area di Colcò su cui sarebbe necessario approfondirne la conoscenza attraverso rilievi floristici in periodi più adeguati.

## 4.2 Fauna e biodiversità

Quanto segue è una valutazione della qualità delle zoocenosi delle aree che verranno interessate da opere di presa su Rio Abba Fritta, opere di scarico su Rio Padrongianus, deposito materiale di scavo nelle aree ex ostello e zona cimitero e opere di adeguamento nei rii interni alla città di Olbia. È stata presa in considerazione la presenza di specie faunistiche con particolare riguardo alla fauna vertebrata e soprattutto l'avifauna. Si precisa che il presente elaborato non è la risultanza di un monitoraggio, la maggior parte dei dati è stata raccolta consultando le principali fonti a disposizione in letteratura, affiancata da considerazioni che hanno cercato di stimare la presenza delle specie in relazione alle

caratteristiche ambientali e supportata da sopralluoghi sul campo con osservazioni dirette. Le informazioni e le considerazioni raccolte sono state in seguito esaminate anche alla luce della loro eventuale inclusione in direttive e convenzioni internazionali, comunitarie e nazionali, al fine di evidenziarne il valore sotto il profilo conservazionistico.

L'indagine svolta non considera solamente l'area dei siti individuati per la realizzazione delle opere bensì ci si è concentrati sull'area più ampia con lo scopo di inquadrare la funzionalità che ogni sito assume nell'ecologia della fauna, considerando la mobilità caratteristica della maggior parte degli animali presenti.

L'analisi della componente faunistica è stata effettuata attraverso le seguenti fonti bibliografiche:

*Allegato alla Delib.G.R. n. 2/28 del 20.01.2022. della Regione autonoma della Sardegna e Università degli studi di Cagliari, Carta Ittica della Sardegna, campagna monitoraggio 2016/2020.*

*Amori G., Angelici F.M., Frugis S., Gandolfi G., Groppali R., Lanza B., Relini G., Vicini G., (1993) - Check list delle specie della fauna d'Italia vertebrata. Calderoni editore.*

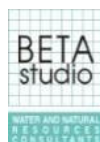
*Baccetti N., Fracasso G. & Serra L. (2004) - Lista Ciso-Cooi dell'avifauna italiana. [www.ciso-coi.org](http://www.ciso-coi.org).*

*BASSU L. (2007) - Progetto di censimento della Fauna Vertebrata eteroterma, per la redazione di un Atlante delle specie di Anfibi e Rettili presenti in Sardegna. Dipartimento di Biologia Animale ed Ecologia. Università di Cagliari. Borsa di studio biennale a cura di Lara Bassu.*

*CALVINI M. (2005) - I Chiroterri nelle Alpi Liguri. In Progetto Valorizzazione siti di pregio della biodiversità della provincia di Imperia. Amm.ne Prov.le di Imperia, Settore Parchi. Colomo & Mucedda (2008)*

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



CORBET G., OVEDEN D. (1985) - *Guida dei Mammiferi d'Europa*. Franco Muzzio & C. Editore.

Di Nicola, M., Mezzadri, S. (2018). *Anfibi e rettili della Sardegna*.

Grossu, M. (2022). *New checklist of the birds of Sardinia*.

Nissardi, S., Zucca, C. (2011). *Risultati del primo censimento completo dei maschi territoriali di gallina prataiola Tetrax tetrax in Sardegna*.

PUDDU F. & VIARENGO M. (1993) - *Animali di Sardegna – I Mammiferi*. Carlo Delfino Editore.

PUDDU F., VIARENGO M., ERMINIO C. (1988) - *Animali di Sardegna – Gli anfibi e i rettili*. Edizioni Della Torre.

Schenk H. (1980). *Lista rossa degli Uccelli della Sardegna*, p. 1-32. Ed. LIPU, Parma

Schenk H. (1995) – *Status faunistico e di conservazione dei Vertebrati (Amphibia, Reptilia, Aves, Mammalia) riproductentisi in Sardegna, 1900-93: contributo preliminare*. In Cossu S. Onida P. & Torre A. (eds) *Atti 1° Convegno regionale "Studio, gestione e conservazione della fauna selvatica in Sardegna"*. Oristano; 41-95.

Schenk H. (2012). *Lista Rossa dei vertebrati che si riproducono in Sardegna 2000-2009 in "Una vita per la natura"*, Aresu M., Fozzi A., Massa B., ed. L'Unione sarda, 2015.

Schenk, H., Calvia, G., Fozzi, A., Trainito, E. (2010). *Lista dei vertebrati della Provincia Olbia Tempio, Biodiversità Habitat e Specie*.

SPAGNESI M. & DE MARINIS A.M., (2002) - *Mammiferi d'Italia*. Quad. Cons. Natura, 14, Ministero dell'Ambiente - Istituto Nazionale Fauna Selvatica.

---

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

#### 4.2.1 Materiali e metodi

I sopralluoghi, limitati ai mesi di Novembre e Dicembre 2023, hanno permesso di rilevare, con osservazioni dirette e rilievi al canto, le specie di avifauna definite come “Presenza reale” in corrispondenza delle aree interessate dalle opere.

La principale metodologia utilizzata è stata quella dei punti di ascolto senza limiti di distanza (standardizzata per il MITO, Monitoraggio ITALiano Ornitologico LIPU – BIRDLIFE, Fornasari et al., 1998), anche se il rilievo è stato fatto in periodo non riproduttivo, a questa sono state affiancate osservazioni da punti di vantaggio effettuate con l’ausilio di binocolo Opticron 8x42 e un cannocchiale Celestron Regal M2 20-60x80 mm.

Lungo i canali sono stati scelti i tratti in cui era possibile effettuare dei transetti lineari per valutare segni di presenza riscontrabili sul terreno e per avvistamento e ascolto.

Per quanto riguarda l’indagine bibliografica, le informazioni ad oggi disponibili sulle specie faunistiche sono frammentarie e spesso riferite ad alcune singole specie. Le indicazioni sulla fauna presente e potenzialmente presente in questo caso sono state riprese dalla lista dei vertebrati della provincia di Olbia Tempio (Schenk, H; et al.), sono stati considerati inoltre gli areali di distribuzione regionali e le esigenze ecologiche dei vari taxa.

Come già scritto in precedenza, l’indagine faunistica ha anche preso in considerazione, oltre all’area delle future opere anche un’area più ampia, la quale viene intesa come il territorio entro i 10 km di raggio dalle aree di cantiere e che serve a definire ed inquadrare il comprensorio nel quale è previsto di inserire l’opera.

Ulteriori informazioni ed osservazioni derivano da dati terzi opportunamente vagliati alla fonte.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

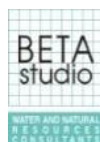




Figura 4.43 – Punti di osservazione e ascolto



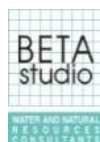
*Figura 4.44 - Visuale punto 1 – Rio Padrongianus*

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*





*Figura 4.45 – Visuale punto 2 - Cimitero*



*Figura 4.46 – Visuale punto 3 – Ex Ostello*



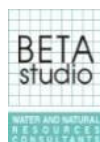
*Figura 4.47 – Visuale punto 4 – Abba Fritta*

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*



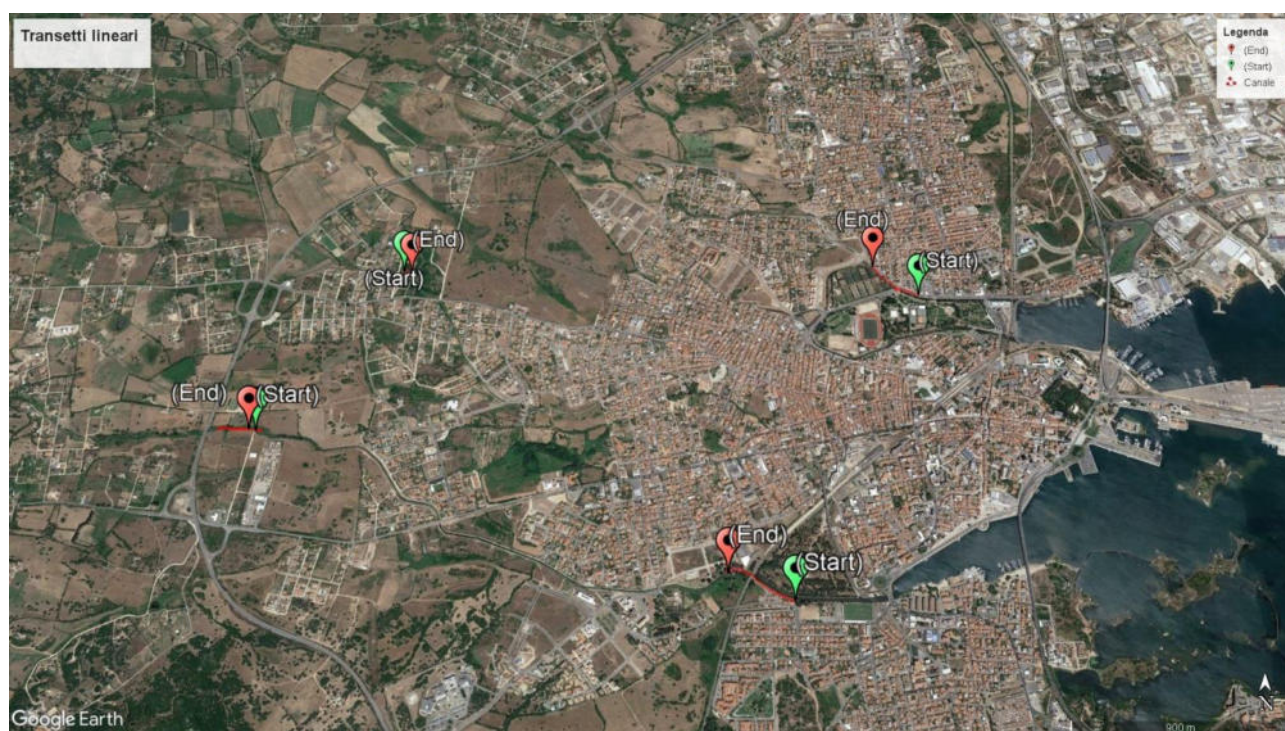


Figura 4.48 – Transetti lineari

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

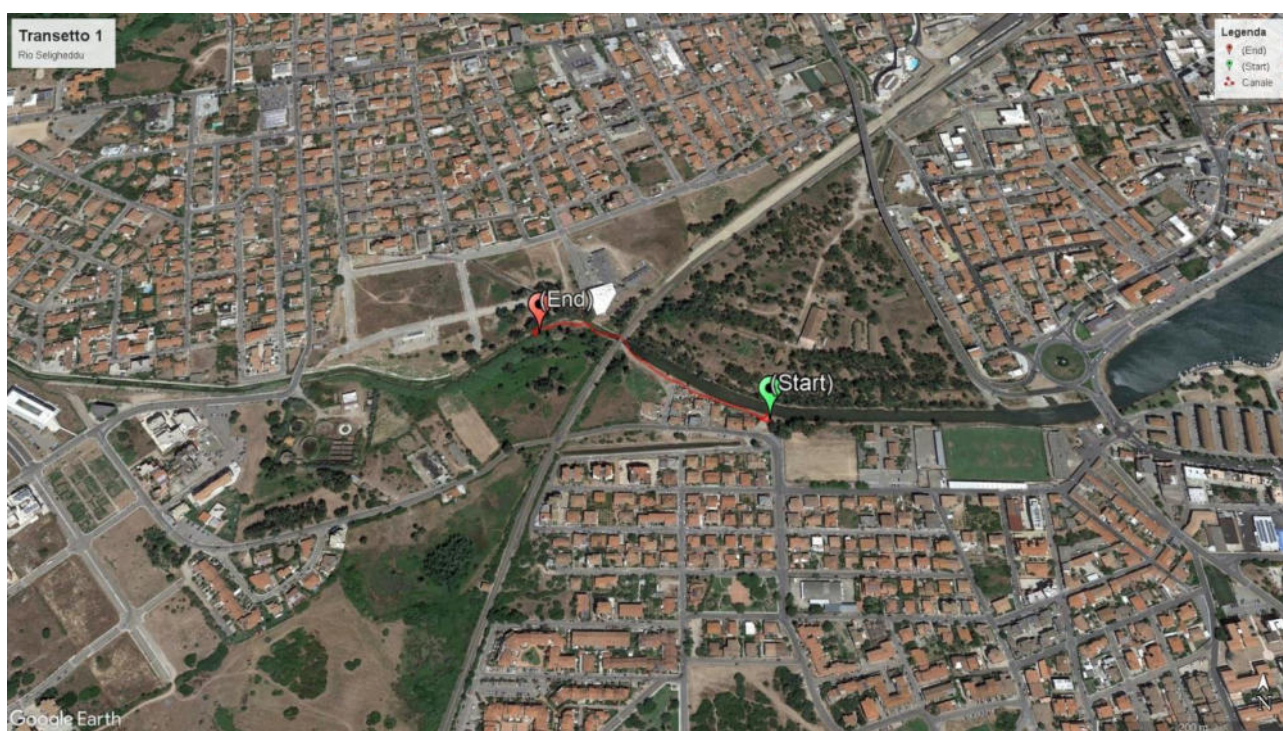
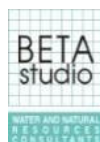


Figura 4.49 – Transetto lineare 1 – Rio Seligheddu

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)





*Figura 4.50 – Tratto del canale Rio Seligheddu più interno alla città*

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

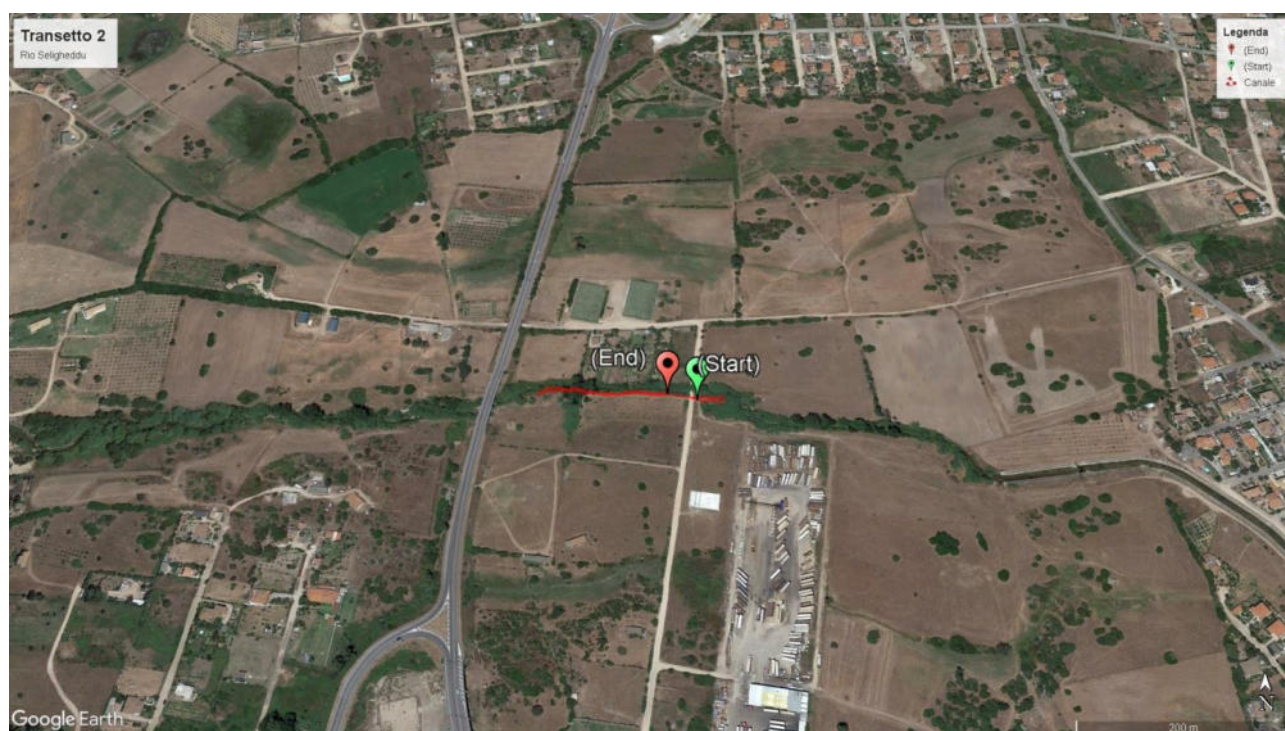
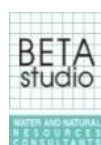


Figura 4.51 – Transetto 2 Rio Seligheddu

Raggruppamento temporaneo di progettisti:





*Figura 4.52 – Tratto del canale rio Seligheddu più esterno alla città*

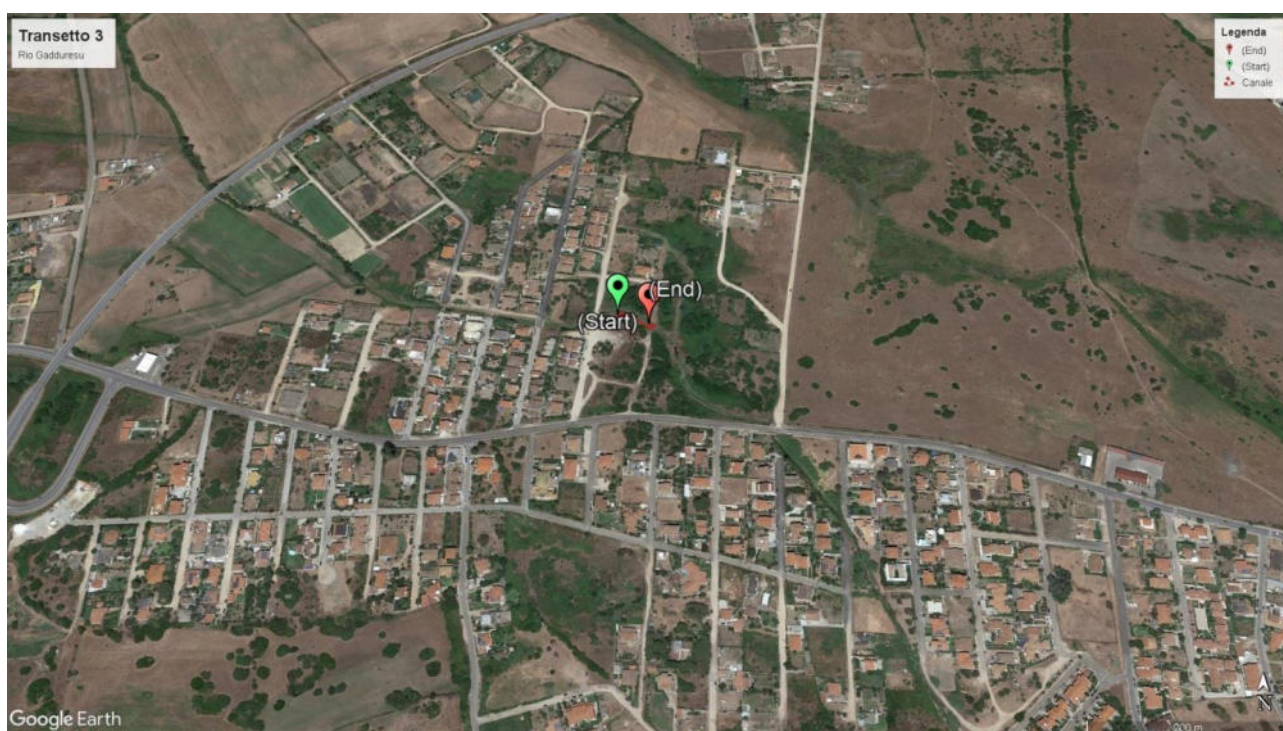
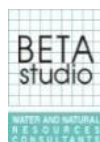


Figura 4.53 – Transetto 3 – Rio Gadduresu

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)





*Figura 4.54 – Tratto del canale rio Gadduresu*

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

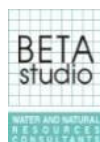


Figura 4.55 – Transetto 4 rio San Nicola

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)





*Figura 4.56 – Tratto del canale rio San Nicola*



*Figura 4.57 – Gruppo di testuggine palustre americana presso rio San Nicola*

#### 4.2.2 Analisi dei dati

Le fonti bibliografiche e i sopralluoghi hanno dato luogo alla compilazione di elenchi di fauna presente o potenziale riportando principalmente i dati all'area considerata.

L'analisi faunistica prodotta ha mirato a determinare il ruolo che l'area in esame riveste nella biologia dei Vertebrati: Pesci, Rettili, Anfibi, Uccelli e Mammiferi.

Tra i Vertebrati terrestri, la classe sistematica degli Uccelli è la più idonea ad essere utilizzata per effettuare il monitoraggio ambientale, in virtù della loro diffusione, diversità e della possibilità d'individuazione su campo. Possono fungere da indicatori ambientali tanto singole specie quanto comunità intere.

Le check list sono state suddivise in base ad ogni categoria sistematica e vengono riportate in tabelle riassuntive in cui vengono riportati, onde possibile, lo status faunistico e l'inclusione in direttive e convenzioni internazionali, comunitarie e nazionali, al fine di evidenziarne il valore sotto il profilo conservazionistico.

In particolare per quanto riguarda l'avifauna, per ciascuna specie viene indicata inoltre la seguente informazione:

**Status faunistico** - viene definito attraverso le seguenti categorie fenologiche:

S = specie sedentaria, residente;

B = specie nidificante;

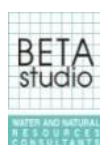
M = specie migratrice che transita nell'area durante i suoi spostamenti dalle aree di nidificazione verso i quartieri di svernamento e viceversa;

W = specie svernante, riscontrabile nell'area in dicembre e gennaio.

Ogni singolo elemento faunistico individuato è stato valutato dal punto di vista dell'interesse conservazionistico sulla base dell'appartenenza alla lista rossa regionale, nazionale e internazionale, nonché della protezione accordata dalle convenzioni internazionali e dalle normative nazionali.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



Nello specifico si è fatto riferimento a:

**Direttiva 92/43/CEE o “Direttiva Habitat”:**

*Allegato 2:* specie animali e vegetali d’interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di zone speciali di conservazione.

*Allegato 4:* specie animali e vegetali di interesse comunitario che richiedono una protezione rigorosa.

**Direttiva 79/409/CEE o “Direttiva Uccelli”:**

*Allegato 1:* le specie comprese devono essere soggette a misure speciali di conservazione riguardanti il loro habitat per assicurarne sopravvivenza e riproduzione nel loro areale.

*Allegato 2:* le specie comprese possono essere oggetto di atti di caccia nel quadro della legislazione nazionale.

- *Allegato 2.1:* le specie comprese possono essere cacciate nella zona geografica marittima e terrestre a cui si applica la presente direttiva
- *Allegato 2.2:* le specie comprese possono essere cacciate soltanto negli Stati membri per i quali esse sono menzionate.

**Convenzione relativa alla conservazione della vita selvatica e dell’ambiente naturale in Europa (Berna):**

*Allegato 2:* Specie di fauna rigorosamente protette.

*Allegato 3:* Specie di fauna protette.

**Convenzione relativa alla conservazione delle specie migratrici appartenenti alla fauna selvatica (Bonn):**

*Allegato 1* - Specie migratrici in pericolo.

*Allegato 2-* Specie migratrici che richiederebbero o che trarrebbero un significativo beneficio da accordi internazionali specifici.

**IUCN RED LIST** (valutazione globale, valutazione italiana)

The World Conservation Union, attraverso la sua Commissione per la Sopravvivenza delle

Specie (Species Survival Commission, SSC) stabilisce lo stato di conservazione a scala globale di specie, sottospecie, varietà e sottopopolazioni, al fine di evidenziare i taxa minacciati di estinzione e promuoverne la conservazione.

I taxa in pericolo di estinzione sono segnalati come:

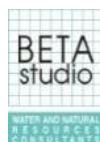
| Sigla | Categoria in Italiano       | Categoria in inglese   |
|-------|-----------------------------|------------------------|
| EX    | Estinto                     | Extinct                |
| EW    | Estinto in natura           | Extinct in the wild    |
| CR    | Gravemente minacciato       | Critically endangered  |
| EN    | Minacciato                  | Endangered             |
| VU    | Vulnerabile                 | Vulnerable             |
| LR    | A minor rischio             | Lower Risk             |
| CD    | Dipendenti dalla protezione | Conservation Dependent |
| NT    | Quasi a rischio             | Near Threatened        |
| LC    | A rischio relativo          | Least Concern          |
| DD    | Dati insufficienti          | Data Deficient         |
| NE    | Non valutato                | Not Evaluated          |
| NA    | Non applicabile             | Not Applicable         |

Tabella 4-3 Categorie iUCN

**L.R 23/1998**, Norme per la protezione della fauna selvatica e per l'esercizio della caccia in Sardegna:

1 = specie particolarmente protette (comprese nell'Allegato II), fra le quali sono evidenziate con un asterisco (\*) le specie per le quali la Regione Sarda "adotta provvedimenti prioritari atti ad istituire un regime di rigorosa tutela dei loro habitat";

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



2 = specie protette (non incluse negli elenchi delle due categorie 1 e 3);

3 = specie parzialmente protette (cacciabili con limitazioni temporali e quantitative, elencate nel Calendario venatorio 2009-2010, fra quelle riportate all'art. 48 della Legge);

4 = specie non protette (specie per le quali non è applicata la normativa faunistico - venatoria).

Nei paragrafi successivi si riporta l'elenco dei vertebrati presenti e/o potenzialmente presenti, desunti dalla bibliografia disponibile.

#### 4.2.3 Ittiofauna

| Nome latino                  | Nome comune   | Direttiva habitat | CONV. BERNINA | CONV. BONN | IUCN Categoria globale | IUCN Categoria pop. Italiana |
|------------------------------|---------------|-------------------|---------------|------------|------------------------|------------------------------|
| <b>Anguilla anguilla</b>     | Anguilla      |                   |               |            | CR                     | CR                           |
| <b>Tinca tinca</b>           | Tinca         |                   |               |            | LC                     | EN                           |
| <b>Salmo trutta</b>          | Trota fario   |                   |               |            |                        | NA                           |
| <b>Gambusia holbrooki</b>    | Gambusia      |                   |               |            | LC                     | NA                           |
| <b>Micropterus salmoides</b> | Persico trota |                   |               |            | LC                     | NA                           |

Tabella 4-4: Pesci Presenti e/o Potenzialmente Presenti lungo il Rio Padrongianus

#### 4.2.4 Erpetofauna

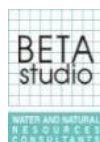
|                               |                               | Direttiva habitat | CONV. BERNA | CONV. BONN | IUCN Categoria globale | Lista Rossa Italiana | Lista Rossa Sardegna | L.R. n. 23/1998 |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|-------------|------------|------------------------|----------------------|----------------------|-----------------|
| Nome Latino                   | Nome comune                   |                   |             |            |                        |                      |                      |                 |
| <i>Discoglossus sardus</i>    | Discoglossso sardo            | All.2 All.4       | All.2       |            | LC                     | VU                   | DD                   | 1               |
| <i>Bufo viridis</i>           | Rospo smeraldino              | All.4             | All.2       |            | LC                     | LC                   | LC                   | 2               |
| <i>Hyla sarda</i>             | Raganella sarda               | All.4             | All.2       |            | LC                     | LC                   | LC                   | 2               |
| <i>Emys orbicularis</i>       | Testuggine palustre           | All.2 All.4       | All.2       |            | NT                     | EN                   | VU                   | 1*              |
| <i>Trachemys scripta</i>      | Testuggine palustre americana |                   |             |            | LC                     | NA                   |                      |                 |
| <i>Testudo hermanni</i>       | Testuggine di Hermann         | All.2 All.4       | All.2       |            | EN                     | EN                   | NT                   | 1               |
| <i>Testudo marginata</i>      | Testuggine marginata          | All.2 All.4       | All.2       |            | LC                     | NT                   | DD                   | 1               |
| <i>Eupletes europaea</i>      | Tarantolino                   | All.2 All.4       | All.2       |            | NT                     | LC                   | NT                   | 1               |
| <i>Hemidactylus turcicus</i>  | Geco verrucoso                |                   | All.3       |            | LC                     | LC                   |                      | 2               |
| <i>Tarentola mauritanica</i>  | Geco comune                   |                   | All.3       |            | LC                     | LC                   |                      | 2               |
| <i>Chalcides chalcides</i>    | Luscengola                    |                   | All.3       |            | LC                     | LC                   |                      | 2               |
| <i>Chalcides ocellatus</i>    | Gongilo                       | All.4             | All.2       |            | LC                     | LC                   |                      | 2               |
| <i>Algiroide nano</i>         | Algyroides fitzingeri         | All.4             | All.2       |            | LC                     | LC                   | NT                   | 1               |
| <i>Podarcis siculus</i>       | Lucertola campestre           | All.4             | All.2       |            | LC                     | LC                   | LC                   | 2               |
| <i>Podarcis tiliguerta</i>    | Lucertola tirrenica           | All.4             | All.2       |            | LC                     | NT                   | LC                   | 2               |
| <i>Hierophis viridiflavus</i> | Biacco                        | All.4             | All.2       |            | LC                     | LC                   | LC                   | 2               |
| <i>Natrix maura</i>           | Natrice viperina              |                   | All.3       |            | LC                     | LC                   | LC                   | 2               |

Tabella 4-5: Rettili e anfibi Presenti e/o Potenzialmente Presenti nelle aree che verranno interessate da opere di presa su Rio Abba Fritta, opere di scarico su Rio Padrongianus e deposito materiale di scavo nelle aree ex ostello e zona cimitero.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



#### 4.2.5 Ornitofauna

| Nome latino                  | Nome comune            | Direttiva Uccelli | CONV. BERNÀ | CONV. BONN | IUCN Categoria globale | Lista Rossa Italiana | Lista rossa Sardegna | L.R. n. 23/1998 | Status faunistico |
|------------------------------|------------------------|-------------------|-------------|------------|------------------------|----------------------|----------------------|-----------------|-------------------|
| <i>Alectoris barbara</i>     | Pernice sarda          | All.1             | All.3       |            | LC                     | DD                   | LC                   | 3               | S, B              |
| <i>Coturnix coturnix</i>     | Quaglia                | All.2.2           | All.3       | All.2      | LC                     | DD                   | NT                   | 3               | M, B, W           |
| <i>Anas platyrhynchos</i>    | Germano reale          | All.2.1           | All.3       | All.2      | LC                     | LC                   |                      | 3               | S, B, M, W        |
| <i>Ixobrychus minutus</i>    | Tarabusino             | All.1             | All.2       |            |                        | VU                   | NT                   | 1               | M, B, W           |
| <i>Nycticorax nycticorax</i> | Nitticora              | All.1             | All.2       |            | LC                     | VU                   | NT                   | 1*              | M, B, W           |
| <i>Bubulcus ibis</i>         | Airone guardabuoi      |                   | All.2       |            | LC                     | LC                   |                      | 1*              | S, M              |
| <i>Ardea cinerea</i>         | Airone cenerino        |                   | All.3       |            | LC                     | LC                   | NA                   | 2               | M, W              |
| <i>Ardea purpurea</i>        | Airone rosso           | All.1             | All.2       |            | LC                     | LC                   | NT                   | 1*              | M, W              |
| <i>Ardea alba</i>            | Airone bianco maggiore | All.1             | All.3       |            | LC                     | NT                   |                      | 1*              | M, W              |
| <i>Egretta garzetta</i>      | Garzetta               | All.1             | All.2       |            | LC                     | LC                   | NT                   | 1*              | S, M, W           |
| <i>Pernis apivorus</i>       | Falco pecchiaiolo      | All.1             | All.2       | All.2      | LC                     | LC                   |                      | 1               | M                 |
| <i>Accipiter nisus</i>       | Sparviere              | All.1             | All.2       | All.2      | LC                     | LC                   | LC                   | 2               | S, M              |
| <i>Circus aeruginosus</i>    | Falco di palude        | All.1             | All.2       | All.2      | LC                     | VU                   | NT                   | 1               | S, B, M, W        |
| <i>Circus pygargus</i>       | Albanella minore       | All.1             | All.2       | All.2      | LC                     | VU                   |                      | 1               | M                 |
| <i>Milvus migrans</i>        | Nibbio bruno           | All.1             | All.2       | All.2      | LC                     | NT                   |                      | 2               | M                 |
| <i>Buteo buteo</i>           | Poiana                 |                   | All.2       | All.2      | LC                     | LC                   | LC                   | 1               | S, B, M, W        |
| <i>Falco tinnunculus</i>     | Gheppio                |                   | All.2       | All.2      | LC                     | LC                   | LC                   | 1               | S, B, M, W        |

Tabella 4-6: Uccelli Presenti e/o Potenzialmente Presenti nelle aree che verranno interessate da opere di presa su Rio Abba Fritta, opere di scarico su Rio Padrongianus e deposito materiale di scavo nelle aree ex ostello e zona cimitero.

#### 4.2.6 Mammalofauna

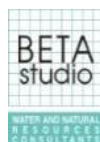
| Nome latino                         | Nome comune              | Direttiva habitat | CONV. BERN | CONV. BONN | IUCN Categoria globale | IUCN Categoria pop. Italiana | Lista rossa Sardegna | L.R. n. 23/1998 |
|-------------------------------------|--------------------------|-------------------|------------|------------|------------------------|------------------------------|----------------------|-----------------|
| <i>Erinaceus europaeus</i>          | Riccio                   |                   |            |            | LC                     | LC                           | LC                   | 2               |
| <i>Crocidura ichnusae</i>           | Crocidura rossiccia      |                   |            |            |                        |                              |                      | 2               |
| <i>Suncus etruscus</i>              | Mustiolo                 |                   | All.3      |            | LC                     | LC                           |                      | 2               |
| <i>Myotis capaccinii</i>            | Vespertilio di Capaccini | All.2             |            |            | VU                     | EN                           | VU                   | 1*              |
| <i>Myotis daubentonii</i>           | Vespertilio di Daubenton | All.4             |            |            | LC                     | LC                           |                      | 1*              |
| <i>Pipistrellus kuhlii</i>          | Pipistrello albolimbato  |                   |            |            | LC                     | LC                           |                      | 1*              |
| <i>Pipistrellus pipistrellus</i>    | Pipistrello nano         |                   | All.3      |            | LC                     | LC                           |                      | 1*              |
| <i>Hypsugo savii</i>                | Pipistrello di Savi      |                   |            |            | LC                     | LC                           |                      | 1*              |
| <i>Eptesicus serotinus</i>          | Serotino comune          |                   |            |            | LC                     | NT                           |                      | 1*              |
| <i>Miniopterus schreibersii</i>     | Miniottero               | All.4             | All.2      |            | VU                     | VU                           | NT                   | 1*              |
| <i>Lepus capensis mediterraneus</i> | Lepre sarda              |                   |            |            | LC                     | NA                           | NT                   | 3               |
| <i>Apodemus sylvaticus</i>          | Topo selvatico           |                   |            |            | LC                     | LC                           |                      | 4               |
| <i>Rattus rattus</i>                | Ratto nero               |                   |            |            | LC                     | NA                           |                      | 4               |
| <i>Mus musculus</i>                 | Topolino comune          |                   |            |            | LC                     | NA                           | LC                   | 4               |
| <i>Vulpes vulpes</i>                | Volpe                    |                   |            |            | LC                     | LC                           | LC                   | 3               |
| <i>Martes martes</i>                | Martora                  |                   | All.3      |            | LC                     | LC                           | NT                   | 1               |
| <i>Mustela nivalis</i>              | Donnola                  |                   |            |            | LC                     | LC                           | LC                   | 2               |
| <i>Sus scrofa</i>                   | Cinghiale                |                   |            |            | LC                     | LC                           | LC                   | 3               |

Tabella 4-7: Mammiferi Presenti e/o Potenzialmente Presenti nelle aree che verranno interessate da opere di presa su Rio Abba Fritta, opere di scarico su Rio Padrongianus e deposito materiale di scavo nelle aree ex ostello e zona cimitero.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



#### 4.2.7 Considerazioni conclusive

Il presente elaborato è da intendersi come un inquadramento faunistico in base alla bibliografia analizzata, alla valutazione dei siti da parte dell'autore, all'analisi delle potenzialità faunistiche in base agli habitat e alle caratteristiche biologiche delle specie elencate, non è da intendersi dunque come un monitoraggio recente dei siti.

Il possibile impatto da disturbo e/o alterazione dell'habitat generato dalla realizzazione delle opere potrà essere significativo su alcune componenti faunistiche particolarmente sensibili. Prendendo in considerazione le specie di vertebrati terrestri di importanza comunitaria presenti nelle liste proposte, spicca fra le altre la Gallina prataiola (*Tetrax tetrax*), specie legata agli ambienti sub steppici e a quelli di prati pascolo permanenti con copertura alberata a *Quercus ssp.* sempreverde (*Dehesa*).

Secondo i dati del primo censimento completo dei maschi territoriali di Gallina prataiola (*Tetrax tetrax*) in Sardegna, alcuni individui sono stati censiti nella zona compresa tra l'area circostante il Castello di Pedres e l'Aeroporto di Olbia Venafiorita, considerando i 10 km di raggio dall'area adiacente al cimitero, dall'Ex Ostello e dall'area della futura presa di scarico Rio Padrongianus le zone potrebbero ricadere all'interno dell'areale potenziale della specie. La riduzione di habitat determinata dalla sottrazione dell'area necessaria per l'opera di deposito materiali e area circostante necessaria per la realizzazione dell'opera stessa, potrebbe essere significativamente impattante per le specie di alto valore conservazionistico (es. Gallina prataiola e Occhione) pertanto si consiglia la realizzazione di un monitoraggio ad hoc che copra il periodo riproduttivo e post riproduttivo al fine di valutare la presenza e la frequentazione reale dell'area in oggetto da parte delle specie elencate.

#### 4.3 Ecosistemi

L'ecosistema in ecologia rappresenta l'unità ecologica funzionale fondamentale; Un sistema ecologico, o ecosistema, è un'unità che include tutti gli organismi che vivono insieme in una data area (comunità biotica), interagenti con l'ambiente fisico, in modo tale che un flusso di energia porta a una ben definita struttura biotica e a una ciclizzazione dei materiali tra viventi

e non viventi all'interno del sistema.

Le componenti fondamentali di un ecosistema sono le comunità biologiche (ambiente biotico), i cicli dei materiali (ambiente abiotico), e il flusso di energia garantito dal Sole. Le interazioni tra queste componenti sono rese ancora più salde da una rete di informazioni che garantisce al sistema, non solo coesione, ma anche capacità di autoregolarsi e rispondere in maniera coesa ai disturbi.

In relazione alla loro estensione gli ecosistemi si distinguono in:

- Macroecosistemi (oceani, grandi foreste ecc.);
- Mesoecosistemi (boschi, garighe, macchie, stagni ecc.);
- Microecosistemi (tronchi di alberi, aiuole ecc.).

Le componenti dell'ecosistema, biotiche e abiotiche, i processi e le funzioni creano i servizi ecosistemici, ossia i servizi multipli forniti dagli ecosistemi al genere umano. Essi hanno un valore pubblico poiché forniscono agli abitanti di un territorio, benefici insostituibili, diretti o indiretti; alcuni servizi sono di interesse globale (es. mantenimento della composizione chimica dell'atmosfera, come nel caso dei boschi), altri dipendono dalla vicinanza di aree abitate (consolidamento del suolo, gestione agro-forestale), altri ancora si esplicano solo localmente (funzione ricreativa); a volte i servizi ecosistemici sono il risultato di processi ecologici, sociali, culturali e delle loro interazioni e, soprattutto nei paesaggi culturali, alcuni servizi ecosistemici sono il risultato di una co-evoluzione storica di usi, regole d'uso, norme sociali e processi naturali.

All'interno delle aree di cantiere, sono individuabili due principali tipi di mesoecosistemi:

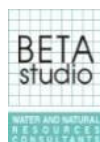
- ecosistema fluviale
- agroecosistema

#### 4.3.1 Ecosistema fluviale

È un sistema a prevalente sviluppo longitudinale che comprende l'ambiente acquatico del fiume, cioè una parte abiotica (acqua, sassi, detrito ecc.) e una parte biotica (organismi acquatici animali e vegetali).

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



L'ecosistema fluviale si può definire complesso e tale complessità si manifesta in termini di diversità delle comunità animali e vegetali la cui presenza è determinata in primo luogo, dalla diversità delle forme fluviali, dalla forza e velocità dell'acqua e dall'andamento temporale delle portate; tali caratteristiche mutano completamente all'interno dello stesso fiume procedendo da monte a valle, per questo motivo, si può parlare di una successione di ecosistemi dove i tratti a valle sono costantemente influenzati da quelli a monte.

L'ecosistema fluviale è soggetto a diverse mutazioni nel corso del tempo quali la divagazione degli alvei con le continue erosioni o accrescimento delle sponde, le piene annuali o con ricorrenze temporali lunghe, l'abbandono dell'alveo con la creazione di nuovi letti; tali mutazioni che possono avvenire anche in tempi molto brevi, si pensi ad esempio agli eventi di piena, influenzano in modo più o meno marcato anche gli equilibri consolidati della flora e della fauna instaurate tra i sedimenti, lungo le sponde e nelle aree limitrofe. Le varie modificazioni del fiume permettono in questo ecosistema di avere grandi complessità biologiche a tutte le scale degli habitat facenti parte dell'ecosistema fluviale.

Gli habitat presenti in ambito fluviale costituiscono un mosaico dinamico determinato dal dinamismo dell'ecosistema del fiume. La complessità del mosaico aumenta andando da monte verso valle in funzione della diversificazione delle forme fluviali e soprattutto dell'ampliamento dell'area di influenza dell'acqua.

L'ambito che più risente del dinamismo fluviale è quello della piana inondabile, ossia il limite esterno del corridoio fluviale rappresentato delle aree di interfaccia tra le aree terrestri vere e proprie ed il corso d'acqua superficiale. Generalmente sono caratterizzate da un'elevata biodiversità, in quanto possono ospitare specie vegetali e animali diverse a seconda della distanza dell'acqua, della torbidità, della profondità e della velocità della stessa.

In particolare, per quanto riguarda la vegetazione riparia, questa può comprendere una grande varietà di specie e comunità vegetali. Le forme biologiche funzionali alla presenza o assenza di acqua che possiamo ritrovare nelle aree inondabili sono:

- **Terofite:** piante che compiono il loro ciclo vitale in un anno, trascorrendo la stagione avversa nello stato di semi. Questa forma biologica è tipica delle aree di secca del

corso d'acqua;

- **Elofite:** piante che pur essendo radicate al suolo, vivono prevalentemente con le radici e le gemme ricoperte da acqua, mentre restano aeree foglie e fiori. Sono specie generalmente appartenenti ai generi *Phragmites* e *Typha*, ma anche ai generi *Salix* e *Alnus*;
- **Idrofite:** piante acquatiche con gemme completamente immerse o natanti. Le specie appartenenti a questa forma biologica invadono le fasce con acqua più profonda e possono essere distinte in natanti (galleggianti, non ancorate al fondo e quindi prive di radici) e in radicanti (radicate sul fondo e con organi perennemente sommersi).

Le elofite assieme alle idrofite formano il raggruppamento delle Macrofite acquatiche.

Le aree riparie rappresentano inoltre dei corridoi ecologici molto importanti, in quanto permettono alle specie di fauna selvatica che vivono nelle aree di sorgente a quote superiori, di spostarsi sfruttando il riparo offerto dalla fascia ripariale e poter quindi frequentare, per la riproduzione e l'alimentazione, anche le zone agricole poste più a valle.

Le aree riparie sono anche quelle che risentono maggiormente dei disturbi antropici a causa dei tagli della vegetazione riparia, comportando seri danni all'ecosistema fluviale: a causa dell'interruzione della continuità con l'ambiente di riva si riduce il grado di ombreggiatura e si determina un aumento della temperatura delle acque, si riduce la disponibilità di rifugi per le specie animali e si rendono le sponde meno stabili e consolidate.

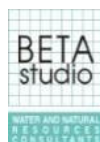
In generale, osservando i tratti fluviali dove si andrà ad intervenire si assiste ad una progressiva limitazione degli ambienti ripariali procedendo verso le aree urbane. Le aree ripariali risultano attualmente estremamente frammentate e a tratti completamente assenti a causa dell'urbanizzazione o dell'uso delle aree limitrofe per la coltivazione e urbanizzazione.

#### 4.3.2 Agroecosistema

L'agroecosistema è un ecosistema modificato dall'attività umana la cui gestione è caratterizzata dalla complessità di governare i fenomeni naturali e antropici delle loro interazioni. La base di partenza è comunque un sistema naturale che viene modificato per

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



scopi agricoli e che si differenzia da quello naturale in quanto produttore di biomasse prevalentemente destinate ad un consumo esterno ad esso e non degradata e riciclata localmente per alimentare la catena del detrito come avverrebbe in natura.

Il passaggio da ecosistema naturale ad agroecosistema avviene attraverso la modifica delle piramidi ecologiche, modifiche alle catene e alle reti trofiche, intervenendo sulla morfologia dell'ambiente (bonifica, sistemazioni), sulla copertura vegetale (semina, diserbo, ecc.), sulla presenza/assenza di competitori animali e vegetali, sui cicli biogeochimici (irrigazione, concimazione) e sugli stati fisici del terreno attraverso le lavorazioni. In sostanza in un agroecosistema vengono costantemente gestiti fattori che in natura sono autonomamente regolati come specie presenti e densità, dinamiche del suolo, presenza di acqua, nutrienti e risposta ai disturbi. Tendenzialmente gli agroecosistemi hanno un basso grado di biodiversità dove vige la logica della monocoltura e dove ogni altra specie che vada a danneggiare la crescita di quella coltivata, viene eliminata. Inoltre, per il fatto che le biomasse vengono asportate è necessario intervenire sugli agroecosistemi artificialmente con la fertilizzazione affinché le specie coltivate ottengano il giusto apporto di nutrienti.

Come gli ecosistemi naturali, gli agroecosistemi sono composti da:

- produttori: colture agrarie, erbe infestanti;
- consumatori primari (erbivori): animali in produzione zootecnica, uomo, parassiti delle colture agrarie;
- consumatori secondari (carnivori): uomo, parassiti di animali zootecnici;
- consumatori decompositori (detritivori): microrganismi del suolo;

Le scale gerarchiche nell'agro ecosistema sono:

- l'ecosistema costituito dall'azienda agricola,
- le comunità costituite dalle varie colture e altri organismi
- la popolazione costituita dalla monocoltura
- l'organismo costituito dalla singola pianta coltivata.

I vari campi costituiscono un agromosaico dove si possono riconoscere degli ambienti di transizione tra uno e l'altro, spesso caratterizzati da fasce residue di vegetazione naturale

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

che fungono sia da separazione funzionale tra un campo e l'altro, sia da corridoio ecologico naturale in grado di assicurare, in un ambiente omogeneo ed uniforme quale può essere quello agrario, una rete di collegamento tra ambienti diversi e le varie colture, che altrimenti rimarrebbero isolati. Le siepi di vegetazione tra un campo e l'altro sono degli ecotopi che rivestono un ruolo fondamentale nell'agroecosistema fungendo da rifugio statico e dinamico per le specie animali garantendo loro la possibilità di spostarsi, colonizzare nuove aree e moltiplicarsi.

#### 4.4 Habitat e indicatori ecologici

La carta della Natura nasce con la Legge 6 dicembre 1991, n. 394 - Legge quadro sulle aree protette, come strumento che consente di individuare lo stato dell'ambiente, naturale in Italia, evidenziando i valori naturali ed i profili di vulnerabilità territoriale, descrive il territorio attraverso la cartografia, a diverse scale, di unità ambientali omogenee e le valuta da un punto di vista ecologico-ambientale combinando fattori fisici, biotici ed antropici che interagiscono tra loro.

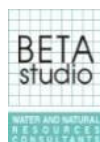
Si definisce *habitat* un luogo in cui sussistono una serie di condizioni ambientali che permettono ad una determinata specie, sia animale che vegetale, di vivere e riprodursi in un determinato luogo. I fattori che contribuiscono alla scelta di un habitat da parte di una specie sono abiotici, come la disponibilità di acqua, luce, clima, substrato ecc., oppure biotici ossia la presenza stessa di altre specie viventi che contribuiscono a rendere un luogo un habitat per una data specie.

Nei luoghi interessati dalle opere possono riconoscere i seguenti habitat:

- 34.81 - *Prati mediterranei subnitrofili (incl. vegetazione mediterranea e submediterranea postcolturale)*. Si tratta di formazioni subantropiche a terofite mediterranee che formano stadi pionieri spesso molto estesi su suoli ricchi in nutrienti influenzati da passate pratiche colturali o pascolo intensivo. Sono ricche in specie dei generi *Bromus*, *Triticum* sp.pl. e *Vulpia* sp.pl.. Si tratta di formazioni ruderali più che di prati pascoli. L'habitat 34.81 si rinviene nell'area di scarico del Padrongianus, nell'area del cimitero, Colcò, opera di presa sul Paule Longa, opera di presa sul rio

---

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



Pasana, opera di presa sul rio Seligheddu, opera di presa sul rio Gadduresu, opera di presa sul rio S. Nicola

- **35.3\* - *Praterie mediterranee a terofite acidofile*.** Si tratta di praterelli effimeri acidofili e di suoli poveri, dominati da specie annuali a ciclo invernale-primaverile. Sono ben diffusi nei territori mediterranei, dal piano costiero al collinare, su suoli a forte disseccamento estivo, di tipo sabbioso e argilloso. L'habitat 35.5 è segnalato nell'area dell'opera di presa del rio Seligheddu e Abba Fritta.
- **44.81 - *Boscaglie ripariali a tamerici, oleandri e agnocasti*.** Si tratta delle formazioni arbustive che si sviluppano lungo i corsi d'acqua temporanei dell'Italia meridionale, dal piano costiero al collinare, su ghiaie e su limi. Sono caratterizzate da *Nerium oleander*, *Vitex agnus-castus* e diverse specie di *Tamarix*. A seconda della dominanza di una delle tre specie si individuano tre sottocategorie, ma a livello cartografico sono stati trattati assieme stante l'impossibilità di poterli districare essendo per lo più distribuiti a mosaico lungo i corsi d'acqua. L'habitat 44.81 si rinviene nell'opera di scarico del Padrongianus.
- **45.21 – *Sugherete tirreniche*.** La sughereta è una formazione tipicamente aperta, sia per il portamento della chioma, sia perché si tratta, in tutti i casi, di un bosco di origine antropica fortemente utilizzato per l'estrazione del sughero, per la legna da ardere e per il pascolo. Trattandosi di un bosco di origine secondaria, in condizioni di maggiore naturalità, nel corso dei processi evolutivi tende a formare boschi misti con le altre querce, mentre il sottobosco è tipicamente formato dalle specie della macchia mediterranea, soprattutto *Arbutus unedo* ed *Erica arborea*, e nella fascia tra i 300 - 500 e i 900 m di quota, subito dopo gli incendi, da *Cytisus villosus* e diverse specie del genere *Cistus*. L'habitat è segnalato nella cartografia della Carta della Natura nei pressi dell'opera di presa sul rio Pasana.
- **53.1 - *Canneti a Phragmites australis e altre elofite*.** Formazioni dominate da elofite di diversa taglia (esclusi i grandi carici) che colonizzano le aree palustri e i bordi di corsi d'acqua e di laghi. Sono usualmente dominate da poche specie (anche cenosi

---

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

monospecifiche). Le specie si alternano sulla base del livello di disponibilità idrica o di caratteristiche chimico fisiche del suolo. Le cenosi più diffuse, e facilmente cartografabili, sono quelle dei canneti in cui *Phragmites australis* è in grado di tollerare diversi livelli di trofia, di spingersi fino al piano montano e di tollerare anche una certa salinità delle acque. L'habitat si rinviene nell'opera di scarico del Padrongianus, nell'opera di presa sul rio Seligheddu, opera di presa sul rio S. Nicola

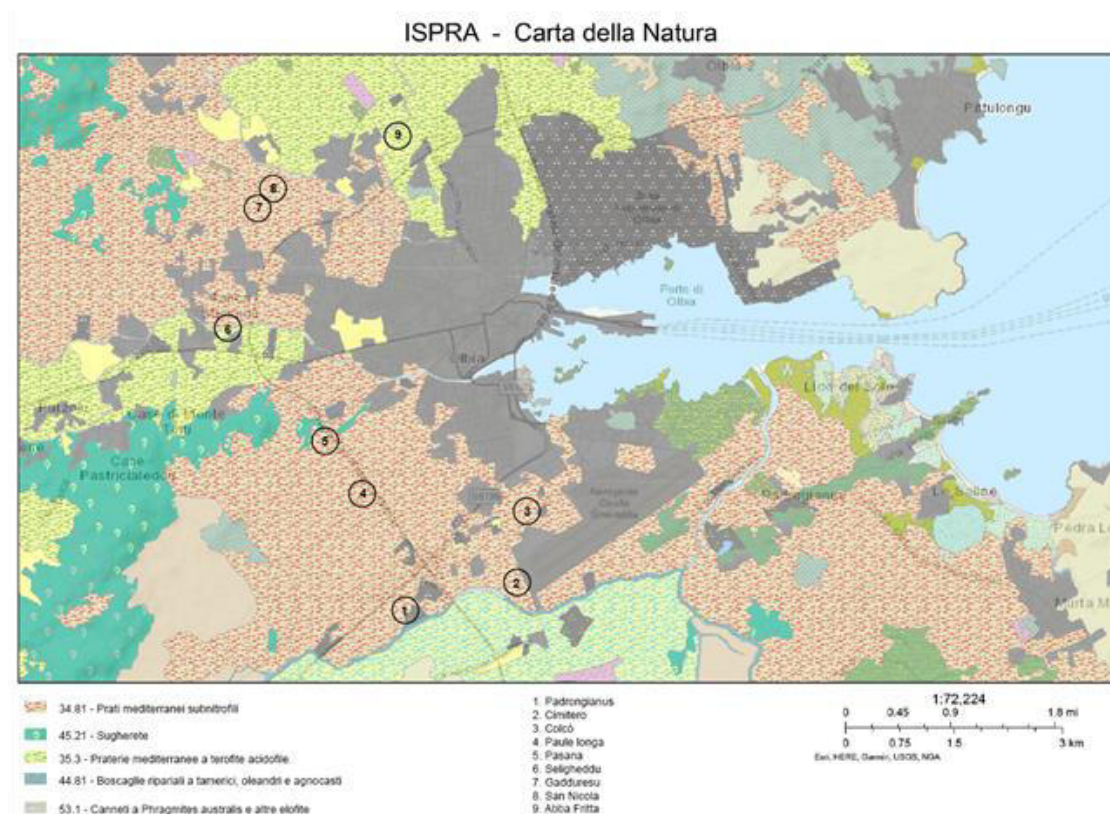
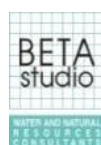


Figura 4.58: Carta degli Habitat, ISPRA – Sistema Informativo di Carta Della Natura

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



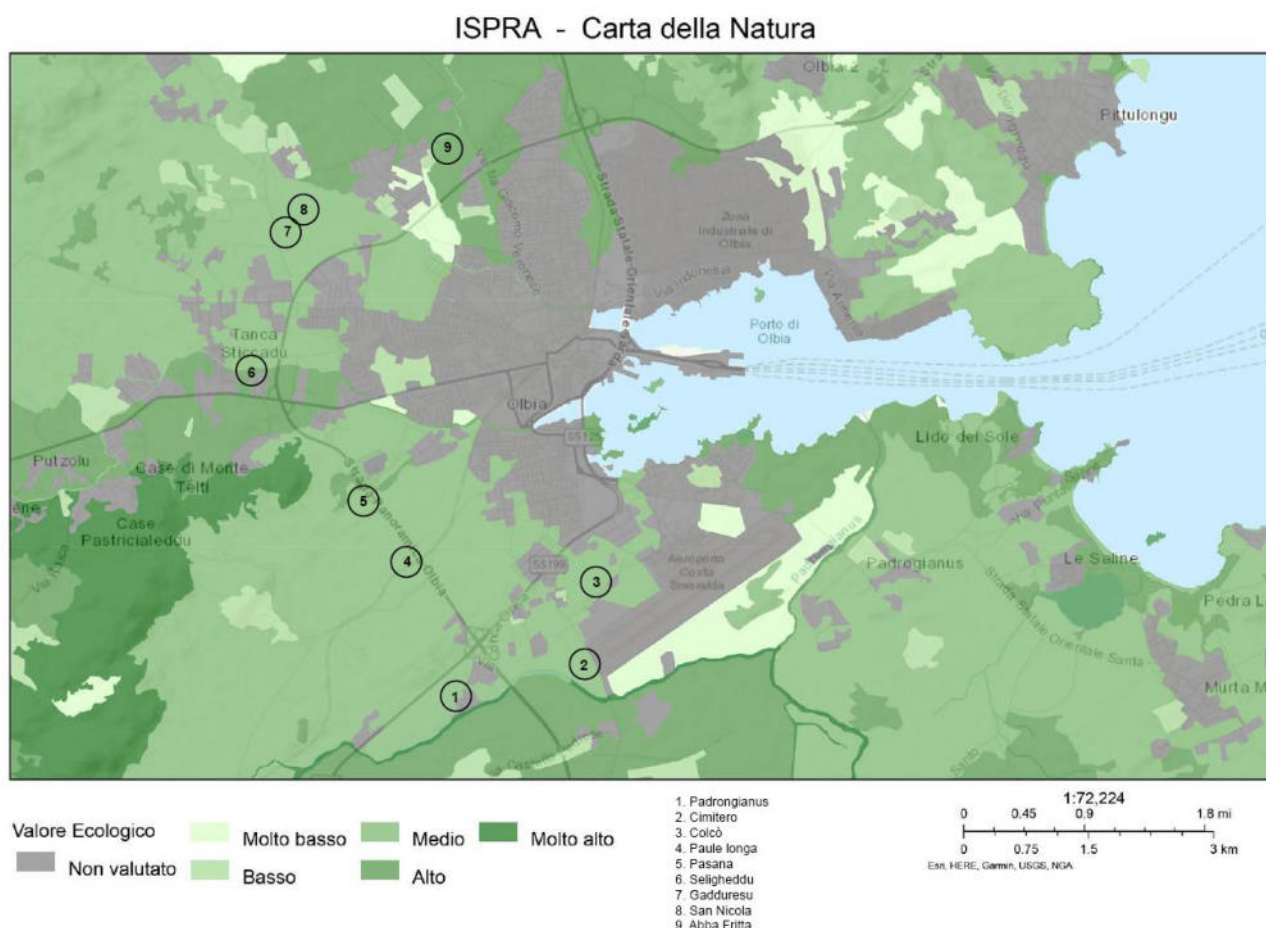
Degli habitat segnalati dalla Carta della Natura, il 35.3\* - *Praterie mediterranee a terofite acidofile* è definito come *prioritario* e inserito nell'allegato I della direttiva Habitat, poiché valutato come particolarmente minacciato, pertanto oggetto di un maggiore livello di attenzione.

#### 4.4.1 Indicatori per la stima del Valore Ecologico

Il Valore Ecologico è definito come la misura della qualità di un biotopo dal punto di vista ambientale, calcolato attraverso l'utilizzo di specifici indicatori di pregio (si veda la seguente tabella). Il Valore Ecologico viene inteso con l'accezione di pregio naturale e per la sua stima si calcola un set di indicatori riconducibili a tre diversi gruppi:

- uno che fa riferimento a cosiddetti valori istituzionali, ossia aree e habitat già segnalati in Direttive Comunitarie;
- uno che tiene conto delle componenti di biodiversità potenziale degli habitat, in base ai criteri di idoneità ecologica specie-habitat ed in base ai rispettivi areali di distribuzione;

- un terzo gruppo che considera indicatori tipici dell'ecologia del paesaggio come la superficie, la rarità e la forma dei biotopi, indicativi dello stato di conservazione degli stessi.



*Figura 4.59 Carta del valore Ecologico. ISPRA - Sistema Informativo di Carta della Natura*

Dalla carta del valore ecologico si può notare che nella maggior parte delle aree è medio, ad eccezione di parte dell'area corrispondente all'opera di scarico nel Padrongianus, dove il valore ecologico è molto alto, alto in corrispondenza delle opere sul rio Pasana, Seligheddu e Abba Fritta.

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

#### 4.4.2 Indicatori per la stima della Sensibilità Ecologica

La stima della Sensibilità Ecologica è finalizzata ad evidenziare quanto un biotopo è soggetto al rischio di degrado sia perché popolato da specie animali e vegetali incluse negli elenchi delle specie a rischio di estinzione, che per caratteristiche strutturali. In questo senso la sensibilità esprime la vulnerabilità o meglio la predisposizione intrinseca di un biotopo a subire un danno, indipendentemente dalle pressioni di natura antropica cui esso è sottoposto. (Ratcliffe, 1971; Ratcliffe, 1977; APAT Manuale n.30/2004). La sensibilità ecologica, invece, è da intendersi come il rischio, quantitativamente determinato, di degrado, o perché popolato da specie animali e vegetali incluse negli elenchi delle specie a rischio di estinzione, oppure per caratteristiche strutturali. In questo senso la sensibilità esprime la vulnerabilità, o meglio, la predisposizione intrinseca di un biotopo a subire un danno, indipendentemente dalle pressioni di natura antropica cui esso è sottoposto (AA.VV., 2004). Anche gli indicatori utilizzati per la stima della Sensibilità Ecologica sono riconducibili alle tre categorie precedentemente descritte per il calcolo del Valore Ecologico; ne ricalcano i contenuti, ma mirano ad evidenziare i fattori di vulnerabilità. In particolare, si considerano i seguenti indicatori:

- indicatori che recepiscono le Direttive Comunitarie, per biotopi già inclusi nell'elenco degli habitat di interesse comunitario secondo la direttiva 92/43CEE;
- indicatori di Biodiversità che si riferiscono alla presenza potenziale di specie faunistiche e floristiche a rischio, in base ai criteri di idoneità ecologica e distributiva.
- indicatori dello stato di conservazione dei biotopi che fanno riferimento all'isolamento, ampiezza, e rarità dei biotopi stessi.

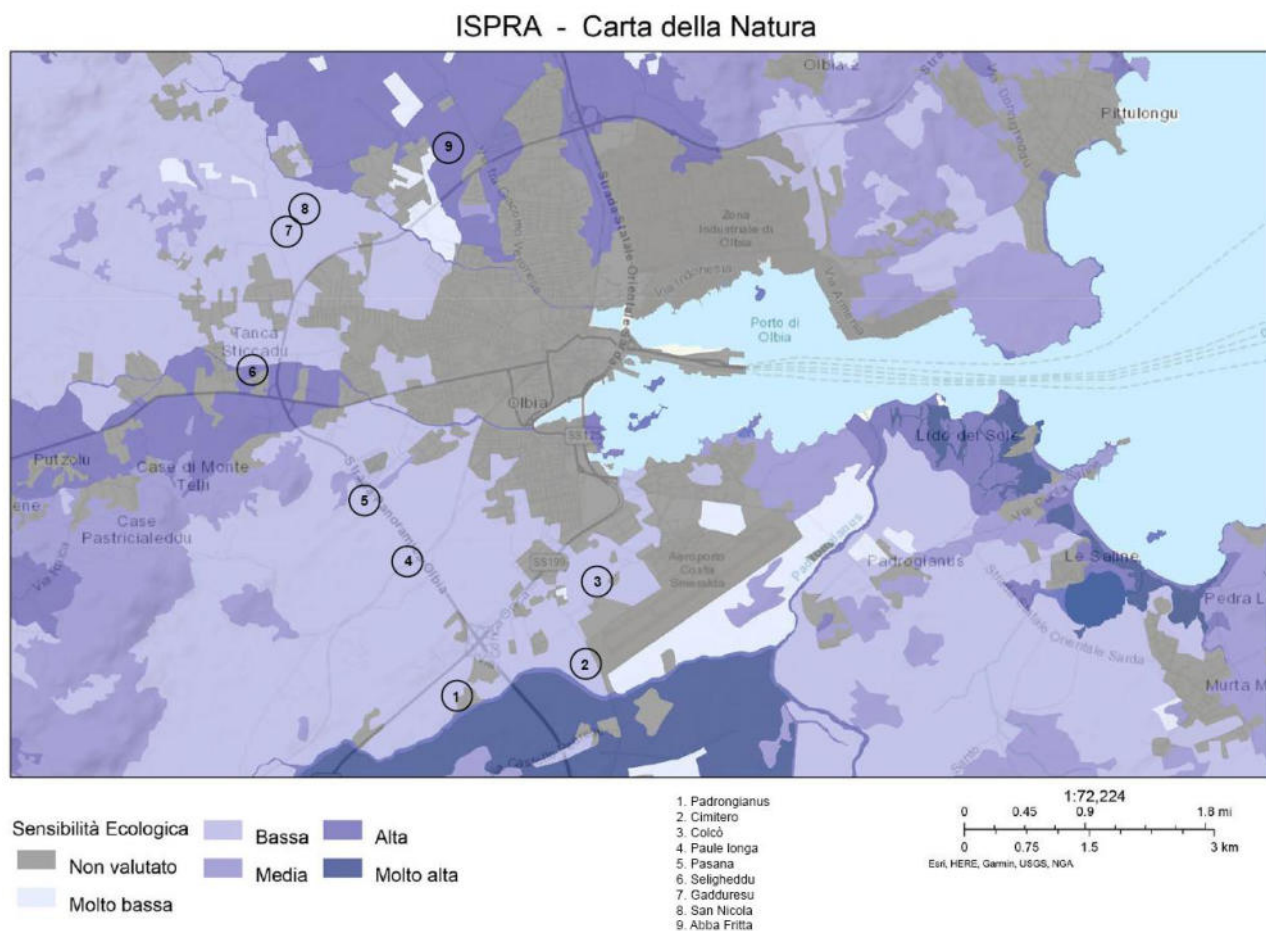


Figura 4.60 Carta della Sensibilità Ecologica. ISPRA - Sistema Informativo di Carta della Natura

Dalla carta della sensibilità ecologica, si può notare che nella maggior parte delle aree è bassa, ad eccezione di parte dell'area corrispondente all'opera di scarico nel Padrongianus, dove la sensibilità ecologica è molto alta, invece alta in corrispondenza delle opere sul rio Pasana, Seligheddu e Abba Fritta.

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

#### 4.4.3 Indicatori per la stima della Pressione Antropica

Gli indicatori per la determinazione della Pressione Antropica forniscono una stima indiretta e sintetica del grado di disturbo indotto su un biotopo dalle attività umane e dalle infrastrutture presenti sul territorio. Si stima che le interferenze maggiori siano dovute a: frammentazione di un biotopo prodotta dalla rete viaria, adiacenza con aree ad uso agricolo, urbano ed industriale, propagazione del disturbo antropico. Il grado di pressione antropica è quindi valutato sulla base del grado di frammentazione di un biotopo prodotto dalla rete viaria, dal grado di costrizione del biotopo e dalla diffusione del disturbo antropico.

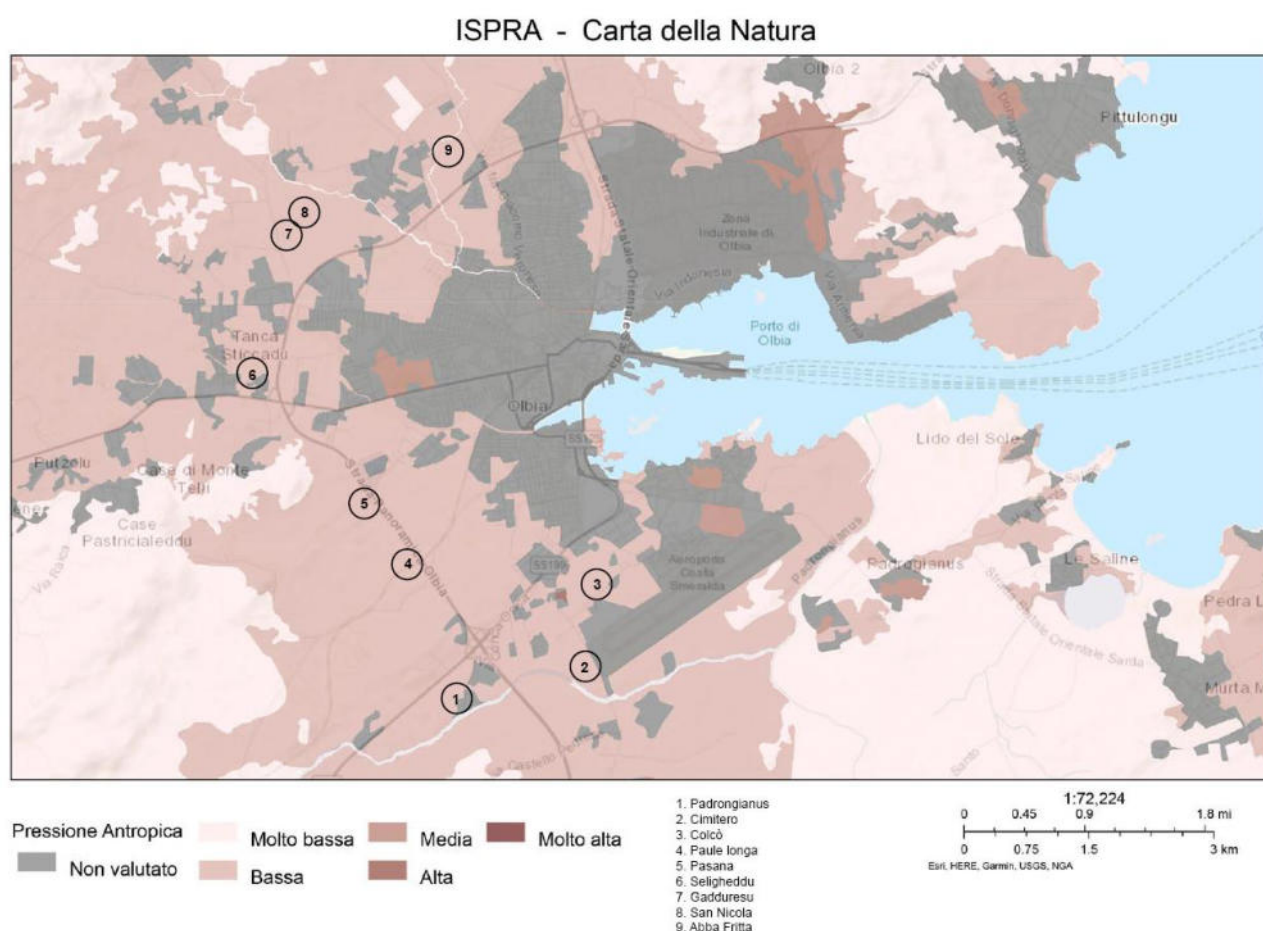


Figura 4.61 Carta della pressione antropica. ISPRA - Sistema Informativo di Carta della Natura

Dalla carta della pressione antropica si evince che su tutte le aree interessate dalle opere è media.

#### 4.4.4 Fragilità Ambientale

La fragilità ambientale di un biotopo rappresenta il suo effettivo stato di vulnerabilità dal punto di vista naturalistico-ambientale. Essa è direttamente proporzionale alla predisposizione dell'unità ambientale al rischio di subire un danno ed all'effettivo disturbo dovuto alla presenza ed alle attività umane che agiscono su di essa. Indicando con “sensibilità ecologica” di un biotopo la sua predisposizione intrinseca al rischio di degrado e intendendo per “pressione antropica” il disturbo provocato dall'uomo nell'unità stessa, l'entità della “fragilità ambientale” di un biotopo è la risultante della combinazione di questi due indici, ciascuno dei quali calcolabile attraverso l'uso di specifici indicatori.

In estrema sintesi la procedura di valutazione consiste nel determinare, per ciascun biotopo, dapprima il valore ecologico, la sensibilità ecologica e la pressione antropica attraverso l'uso di indicatori appositamente selezionati e algoritmi appositamente ideati, e in ultimo la fragilità ambientale come risultato della combinazione tra sensibilità ecologica e pressione antropica (Angelina et al., 2009).

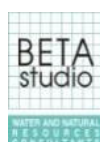
|                     |             | SENSIBILITÀ ECOLOGICA |             |             |            |            |
|---------------------|-------------|-----------------------|-------------|-------------|------------|------------|
|                     |             | Molto bassa           | Bassa       | Media       | Alta       | Molto alta |
| PRESSIONE ANTROPICA | Molto bassa | Molto bassa           | Molto bassa | Molto bassa | Bassa      | Media      |
|                     | Bassa       | Molto bassa           | Bassa       | Bassa       | Media      | Alta       |
|                     | Media       | Molto bassa           | Bassa       | Media       | Alta       | Molto alta |
|                     | Alta        | Bassa                 | Media       | Alta        | Alta       | Molto alta |
|                     | Molto alta  | Media                 | Alta        | Molto alta  | Molto alta | Molto alta |

Tabella 4-8 Quadro sinottico dei valori di sensibilità e pressione che determinano la fragilità ambientale

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



# ISPRA - Carta della Natura

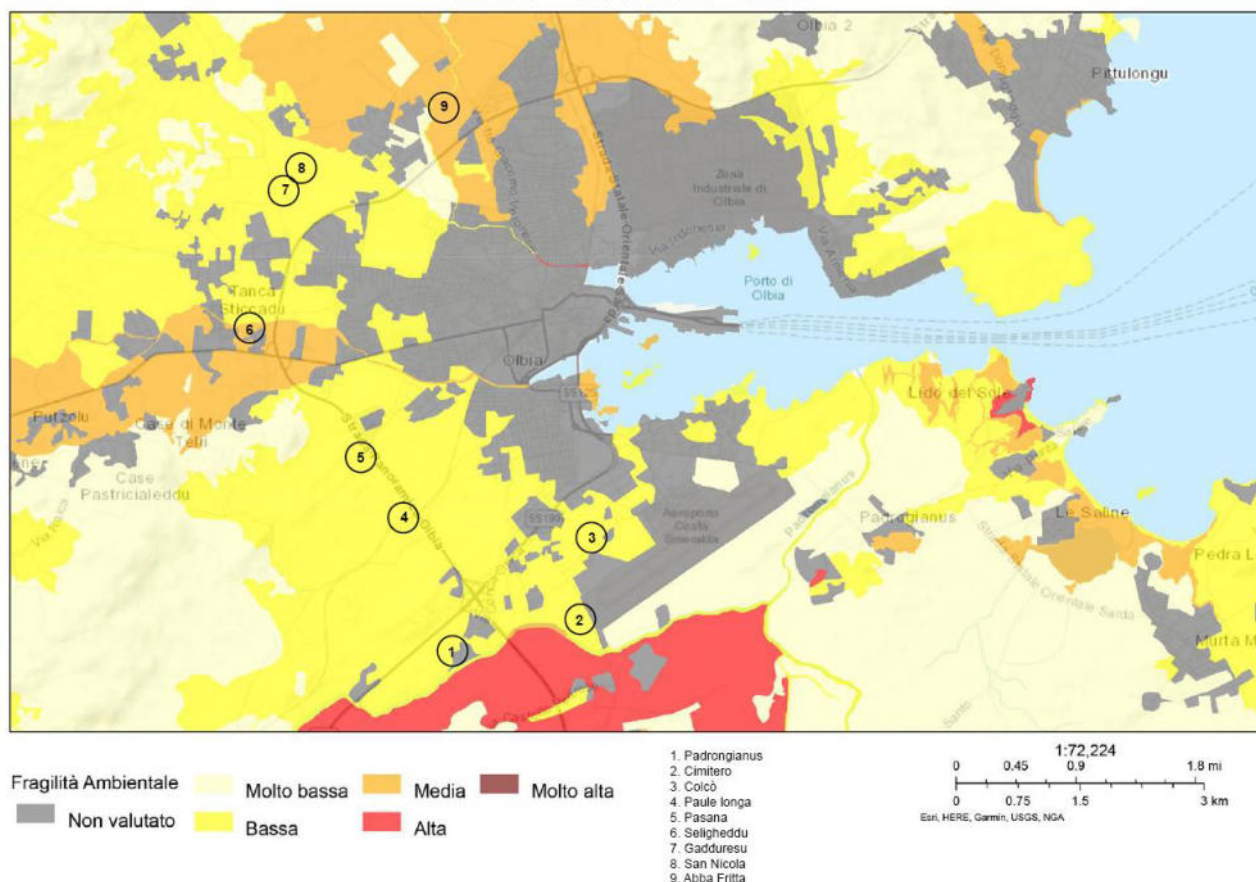


Figura 4.62 Carta della Fragilità ambientale. ISPRA - Sistema Informativo di Carta della Natura

Dalla carta della Fragilità ambientale si può notare che questa è bassa nella maggior parte delle aree tranne in corrispondenza dell'opera sul Seligheddu e Abba Fritta dove la carta degli habitat indica la presenza dell'habitat prioritario 35.3\* - *Praterie mediterranee a terofite acidofile*.

## 4.5 Valutazione degli impatti potenziali e misure di mitigazione

Di seguito si procede all'individuazione dei possibili effetti causati degli interventi in progetto, necessari per mitigare il rischio idraulico per l'area urbana di Olbia, nei confronti delle componenti ambientali analizzate nel presente capitolo. Per semplificare la procedura di individuazione degli impatti potenziali, si procederà a suddividere gli stessi in quelli che potrebbero presentarsi nel corso della fase di cantierizzazione delle opere e quelli che invece si presenteranno inevitabilmente nella fase di esercizio, ossia quando le opere ormai ultimate, esplicheranno l'utilità per la quale sono state progettate, riducendo i rischi per la sicurezza delle persone e per le cose. Risulta inoltre importante in questa fase di valutazione, trovare il giusto equilibrio tra la necessità di tutelare l'ambiente, riducendo doverosamente al minimo la magnitudo degli impatti e la tutela della sicurezza delle persone.

### 4.5.1 Potenziali impatti nella fase di cantiere

#### 4.5.1.1 Interventi sui reticoli fluviali esistenti

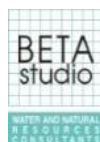
Lo scopo degli interventi è quello di adattare i reticoli principali ad accogliere le portate progettuali riferite a tempi di ritorno di 200 anni. Gli interventi necessari sono differenziati per quanto riguarda i tratti dei corsi d'acqua in area extraurbana ed urbana.

Gli interventi previsti sono:

- Sistemazione idraulica del Rio Gadduresu, a monte e a valle dello scolmatore;
- Sistemazione di tutti gli affluenti in destra e in sinistra idraulica del Rio Gadduresu;
- Risagomatura arginale Rio Ua Niedda, Rio Pasana, Rio Ludos, Rio Santa Mariedda, Rio Tannaule;
- Opere di sistemazione arginale alla foce;
- Sistemazione idraulica del Rio San Nicola;

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



I sopraelencati interventi vengono svolti per i canali scolmatori, i diversivi ed in generale per la sistemazione degli argini; Gli interventi prevedono inoltre la risagomatura degli alvei incisi, la loro riprofilatura in termini di dimensioni e di tracciato il tutto dimensionato per contenere livelli idrici per eventi di piena eccezionale, con tempi di ritorno di 200 anni.

La sistemazione del Rio Gadduresu e del Seligheddu oltre che dei loro affluenti, prevede il posizionamento di geotessile e massi di cava rinverditi con talee inserite negli interstizi dei massi riempiti con terra di risulta degli scavi, per la risagomatura interna degli argini e, nelle sezioni in cui è già presente il calcestruzzo, il ripristino delle porzioni danneggiate. Si prevede inoltre l'inserimento di essenze autoctone in talea nelle aree di ribalta viva e di essenze arbustive e arboree sempre autoctone al di sopra della quota raggiungibile dalle piene.

Le difese di sponda con la realizzazione di muri di sostegno rivestito di pietrame vengono realizzati nei tratti del contesto urbano nei quali si registra un elevato rischio per gli edifici legato all'azione erosiva e distruttrice della corrente dei fiumi a carattere torrentizio e conseguentemente, una elevata probabilità di arrecare danno alle persone, agli animali ed alle cose. Nel caso in esame si tratta di realizzare delle difese così dette "rigide", con fondazione in cls inserito ad una profondità tale da annullare la possibilità di cedimento legato a scalzamenti, movimento franoso o altri fattori imputabili alla scarsa resistenza del terreno di fondazione. Se è elevata la possibilità di scalzamento queste strutture "rigide" sono sostituite da quelle "flessibili" (palificate, scogliere rinverdite ecc.), in quanto meglio si adattano a cedimenti differenziali del terreno di fondazione. Si ricorre generalmente a questa tipologia di sistemazione di sponde, quando la sponda presenta una scarpa notevole e siano da contenere al minimo gli spazi occupati dal torrente a causa della presenza di abitazioni, strade, attività industriali e commerciali o in particolari condizioni topografiche (sponde molto ripide) o geotecniche (forte erosione al piede a causa dell'azione idrodinamica esercitata dalla corrente).

Ci sono degli svantaggi legati alle tipologie di intervento condotte con tecniche di ingegneria naturalistica (palificate e scogliere), quali la scelta del pietrame idoneo per dimensioni e

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

tipologia, così come la scelta del materiale vegetale da trapiantare. Altri svantaggi sono:

- Evitare l’innalzamento della scogliera in pietrame al di sopra del piano di campagna;
- Svuotamento della doppia palificata nei corsi d’acqua a carattere torrentizio;
- Prematura degradazione del legname impiegato;

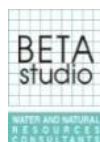
#### 4.5.1.2 Analisi degli impatti sulle singole componenti ambientali

**Flora e vegetazione:** Gli interventi interessano i tratti urbani ed extraurbani dei Rii della piana di Olbia, che percorrono l’area urbana. In queste aree la componente vegetale, in particolare quella delle fasce ripariali, si presenta già fortemente condizionata dall’azione dell’uomo, in esecuzione di pratiche agricole e zootecniche. Nel corso dei sopralluoghi si è osservato che tali aree sono interessate da attraversamenti con posizionamento di tubi in cemento, senza considerare un adeguato dimensionamento in funzione delle portate di piena e dei tempi di ritorno degli eventi di piena, gli stessi costituiscono quindi un grave intralcio al libero scorrimento delle acque. Le sponde degli alvei si presentano fortemente erose a causa degli eventi alluvionali, in particolare in corrispondenza di anse e curve; pertanto, la vegetazione che ricolonizzerà queste aree sarà quella pioniera afferente alla tipologia codificata 1503 nella carta della vegetazione, ossia “Formazioni pioniere degli alvei fluviali torrentizi” che genererà in futuro delle serie di vegetazione tipiche delle fasce ripariali. I lavori di adeguamento dei reticoli fluviali, con i loro scavi e riporti di terra e ciottoli, contribuiranno a creare le condizioni di avvio di ricolonizzazione delle sponde e degli argini, anche grazie all’inserimento di specie autoctone terofitiche ed elofitiche, che potranno ricolonizzare attivamente i greti dei Rii nel corso di 2/3 stagioni successive alla conclusione dei lavori.

Il corretto sviluppo di queste essenze floristiche arbustive ed erbacee consentirà la formazione di un habitat ideale per la nidificazione ed il rifugio delle specie di avifauna, dei rettili e degli anfibi il cui ciclo biologico è legato all’ambiente dulciacquicolo. Nelle aree interessate dagli interventi di adeguamento, in cui esistono porzioni di fasce ripariali residue (1501 - “Formazioni miste di latifoglie mesoigrofile” e 1305 - “Formazioni planiziali a Salice, Ontano e Olmo”, devono prevedersi interventi di ripristino artificiale delle aree adiacenti, volte alla creazione di una fascia continua, avente lo scopo di stabilizzare i suoli, svolgere

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



la fondamentale funzione di biofiltraggio delle acque, alimentazione, riproduzione, rifugio per molte specie di fauna selvatica e protezione dell'ambiente acquatico dal ruscellamento e dall'erosione. Diversi studi scientifici sottolineano l'estrema importanza dell'ombra creata dalle fasce ripariali nel controllo della temperatura dell'acqua, che influenza quindi anche le abitudini ecologiche delle specie di ittiofauna. Per quanto riguarda gli interventi che prevedono adeguamenti, diversivi e scolmatori all'interno dell'area urbana con la realizzazione di muri di sostegno rivestiti in pietrame, si fa presente che essendo questi come già detto realizzati all'interno dell'area urbana, insistono in aree in cui l'impatto delle attività umane sono già elevate. Le attuali sponde non presentano tuttavia nessun rivestimento in pietrame, fattore che contribuisce notevolmente a ridurre l'impatto visivo delle opere. In generale diremo che l'impatto visivo, a fronte degli indubbi vantaggi in termini di consolidamento delle sponde e di sicurezza per le persone e le cose, è sempre elevato, sicuramente a causa della mancanza di vegetazione lungo le sponde e la riva.

Per contro si può affermare che nelle aree extraurbane ed urbane dei sopracitati corsi d'acqua, non sono state notate specie arboree, arbustive e suffrutescenti, che necessitano di particolare tutela.

**Fauna:** I maggiori impatti in fase di cantiere si registrano a carico di questa componente ambientale, in quanto in questa fase con i movimenti di terra, il rumore causato dai mezzi, la continua presenza degli operai ecc., le maggiori interferenze si registrano a carico dell'erpetofauna e dell'avifauna, oltretutto della fauna ittica direttamente impattata dalle attività di posizionamento dei massi di cava e delle gabbionate sugli alvei. L'intervento è comunque limitato ad un'area con un basso tasso di popolamento faunistico, nel corso delle attività di cantiere le specie suddette si sposteranno nelle aree circostanti a causa del disturbo causato dai lavori, ma essendo il loro ciclo biologico legato all'ambiente acquatico e di greto, rientreranno in queste aree a conclusione delle attività di cantiere a condizione che le stesse si concludano nel più breve tempo possibile. L'accorgimento più importante da considerarsi in fase di ultimazione dei lavori è quello di restituire a queste specie momentaneamente allontanatesi, un ambiente adatto al soddisfacimento delle loro

esigenze alimentari, riproduttive e di rifugio, anche se caratterizzato da un buon grado di artificialità. Un esempio pratico è rappresentato dagli interventi sul fondo alveo per la creazione del corazzamento con massi di cava, i quali non dovranno svolgersi in coincidenza con il periodo riproduttivo delle specie ittiche che frequentano i corsi d'acqua.

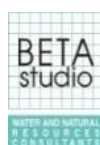
**Ecosistemi:** Gli ecosistemi impattati dagli interventi sopradescritti sono quelli ripariali, attualmente come già descritto nei paragrafi precedenti fortemente frammentati se non completamente assenti e sostituiti dai seminativi, prati pascolo e brevi formazioni frammentate a Frangus, canneti e tifeti, (tipologia 2902 – “Seminativi”; tipologia 1701 - “Praterie perenni a prevalenza di asfodelo” e tipologia 1502 – “Cannetti, Tifeti e Frangeti”). Gli interventi di adeguamento e risistemazione dei tratti extraurbani dei Rii, rappresentano pertanto un'occasione per procedere con il recupero di alcuni tratti di fasce ripariali oggi assenti, anche attraverso la messa a dimora di essenze arboree e arbustive termofisiche ed elofitiche autoctone, contribuendo così ad accelerare le dinamiche evolutive di queste aree degradate dal sovrapascolamento e dalle attività antropiche, creando delle fasce continue di vegetazione in collegamento con quelle presenti nelle aree più a monte dei corsi d'acqua.

**Interventi di mitigazione:**

- Ove le dimensioni dell'alveo lo consentono, per le aree in cui si prevede di risagomare e riprofilare le sponde e gli argini, al fine di ricostruire la continuità in senso verticale del corso d'acqua, è previsto alla sommità delle opere di risagomatura e riprofilatura un consistente apporto di materiale recuperato dagli scavi, in maniera tale da creare una zona, che possa rivegetarsi tramite l'impiego di salici o specie erbacee, compatibilmente con le esigenze di garantire la sicurezza del corso d'acqua, da crolli, sradicamenti, eccessivo trasporto solido a causa di eccessive velocità della corrente.
- Per ovviare alla mancanza di vegetazione lungo la sponda, si possono inserire sulla sommità dei muri rivestito in pietrame, delle specie rampicanti che ricoprano il muro e ne limitino l'impatto visivo.
- Gli interventi con la realizzazione di palificate, presentano un buon impatto sia visivo che ambientale, in quanto si utilizzano materiali naturali, si impiantano specie

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



autoctone per ricreare per quanto possibile un ambiente prossimo a quello naturale. Non necessita quindi di particolari interventi di mitigazione. Per contro, la durabilità dell'opera è inferiore ed i costi sono più elevati.

- La scogliera rinverdata e il geotessile con l'inserimento di talee di specie autoctone, presentano un buon inserimento dal punto di vista ambientale e paesaggistico; infatti, la presenza della vegetazione inserita negli spazi tra i singoli massi e nel geotessile rinverdito con idrosemina, ricrea sulla sponda un ambiente naturale, adatto alla vita delle specie bentoniche ed ittiche.

#### 4.5.1.3 Aree interessate da canali scolmatori, deviatori e opere di presa

Le opere individuano tre direttrici principali:

- 4) La direttrice Seligheddu-Padrongianus, lunga la quale si sviluppa lo scolmatore 1 e le opere di presa sui rii Seligheddu, Pasana e Paole Longa, che permette di convogliare le portate di piena nell'alveo del Rio Padrongianus, esterno alla città, con successivo scarico a mare;
- 5) La direttrice Abba Fritta-Cabu Abbas, lunga la quale si sviluppa lo scolmatore 2 e con scarico nel rio Cabu Abbas in zona industriale, esterno al centro abitato, e successivo scarico a mare;
- 6) La direttrice San Nicola-Zozò-Gadduresu-Seligheddu, lunga la quale si sviluppano lo scolmatore tre e gli interventi di adeguamento di sezioni e profili del tratto di monte del rio Zozò, il deviatore Zozò-Gadduresu, gli interventi di adeguamento di sezioni e profili del Gadduresu, il deviatore Gadduresu-Seligheddu, gli interventi di adeguamento di sezioni e profili del tratto finale del rio Seligheddu. Questa direttrice si sviluppa in parte in ambito urbano.

Una quarta direttrice, minore, è formata dal deviatore Paole Longa/Tannaule-Seligheddu che ha la finalità di risolvere le criticità idrauliche della zona Bandinu e si sviluppa in una zona non urbanizzata.

Gli scolmatori in progetto sono caratterizzati da tratti a cielo aperto, tratti in galleria artificiale

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

(scavati con tecnica cut&cover) e tratti in galleria naturale (dove i ricoprimenti estesi, maggiori di 10 m, ne permettono la realizzazione), a seconda della localizzazione dello scolmatore rispetto alla quota del piano campagna.

Lo scolmatore 1 “Seligheddu-Padrongianus” ha sezione rettangolare di larghezza 9 m ed altezza 7 m. Il tracciato si sviluppa in galleria, e prevalentemente in galleria naturale. Sono previsti alcuni tratti in galleria “artificiale” con tecnologia cut&cover, laddove i ricoprimenti non permettono la realizzazione della galleria naturale. I tratti di canale a cielo aperto sono invece previsti in prossimità delle opere di presa intermedie (Pasana e Paole Longa) e allo sbocco nel Rio Padrongianus.

Lo scolmatore 2, che convoglia le portate di piena del rio Abba Fritta nel rio Cabu Abbas, è caratterizzato, per i primi 330 m, da un canale di larghezza 6 m e altezza 4 m, a cielo aperto, collocato all’interno di una zona di valorizzazione ambientale ove è stata prevista anche la realizzazione di un laghetto e zona umida. Il canale a cielo aperto è seguito, per un tratto di 270 m, da una galleria artificiale realizzata con tecnologia cut&cover, e poi da una galleria naturale di 1.000 m che sottopassa la zona collinare di Sa Minda Noa. Anche la galleria presenta sezione rettangolare 6 x 4 m, scavata nel granito integro, senza rivestimenti, in parete di granito vivo.

All’uscita della galleria naturale, dopo un breve tratto in cut&cover sempre a sezione rettangolare 6 x 4 m, è previsto un tratto di canale a cielo aperto ottenuto dall’allargamento ed approfondimento del canale esistente localizzato alla base del rilevato della tangenziale. Uno scatolare 6 x 4 m, per sottopassare via Birmania, conclude l’opera prima dello scarico nel Cabu Abbas.

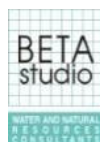
Lo scolmatore 3, San Nicola-Zozò, è costituito da un canale a cielo aperto di lunghezza 350 m e sezione trapezoidale con base minore di 5 m. Tale scolmatore consente di operare un salto di bacino convogliando le portate di piena del Rio sa Nicola nel vicino canale Zozò.

L’intercettazione delle portate di piena con immissione negli scolmatori avviene presso alcune opere di presa.

Le opere sono costituite da un tratto di corso d’acqua reso più largo e profondo rispetto alla

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



sezione corrente del rio, nel quale viene realizzata una “vasca di calma” in linea, che ha un duplice scopo: costituire una zona ove la corrente rallenta ottenendo il tirante per attivare lo stramazzo di presa, mediante sfioro laterale delle portate nello scolmatore e fungere da trappola per i sedimenti ovvero per intercettare una parte del trasporto solido, preservando da possibili danneggiamenti le pareti degli scolmatori ed il golfo di Olbia da interrimenti. A valle della soglia di presa è prevista una “vasca di dissipazione” che permette di dissipare il carico cinetico, contenendo al piede dello stramazzo la formazione del risalto.

Per sostenere il livello nella vasca di calma (e di carico) e rendere più efficiente lo sfioro laterale delle portate di piena, è prevista un’opera trasversale all’asse del corso d’acqua presidiata da paratoie affiancate da stramazzo di sfioro di emergenza.

In fase di ordinario esercizio dell’opera, le paratoie sono regolate in modo da permettere il mantenimento del deflusso ordinario ed ecologico verso valle, garantendo l’apporto di acque dolci al golfo di Olbia.

La diversione delle portate verso lo scolmatore avviene solo in condizioni di piena, senza operazioni sulle paratoie ma sfruttando la partizione delle portate tra quelle modeste che continuano a defluire verso valle sotto il lembo inferiore delle paratoie (che in condizioni di piena funzionano sottobattente) e quelle che sfiorano verso lo scolmatore.

Infine, la soluzione progettuale si compone di interventi in città sui canali urbani in termini di:

- abbassamenti del fondo dei 3 canali urbani principali nei tratti di foce (dragaggio sino alla -2,00 m s.m.m. delle foci e dei tratti finali dei rii San Nicola, Zozò e Seligheddu);
- allargamenti delle sezioni esistenti;
- realizzazione di 3 deviatori in ambito periurbano ed urbano.

Tutti gli interventi previsti in città sono di modesta entità e non impattanti sul tessuto urbano. Il contenimento degli interventi e delle loro dimensioni in ambito urbano è reso possibile dalle opere previste in ambito extraurbano che riducono in modo significativo le portate idrauliche che transitano in città.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

Si osservano i seguenti impatti in fase di cantiere:

**Flora e vegetazione:** Le aree in cui si prevede la realizzazione degli scolmatori risultano esterne al centro urbano di Olbia, in aree in cui sono presenti, seppur in modesta entità, attività agricole e di allevamento.

Per la realizzazione delle opere, l'amministrazione comunale prevede di ricorrere alla procedura di esproprio di queste aree per motivi di pubblica utilità, attraverso il pagamento di adeguati indennizzi ai proprietari.

La vegetazione di queste aree è caratterizzata da categorie vegetazionali afferenti alle tipologie 2901, ovvero "seminativi" creati a scopo zootecnico, e 1503, ovvero "formazioni pioniere degli alvei fluviali torrentizi". Queste formazioni sono presenti principalmente a causa della pressione esercitata dalle attività agricole sulla vegetazione ripariale originaria. Sono presenti anche brevi tratti della tipologia 1502, ovvero "cannetti, frammenti e tifeti", lungo gli argini e la sommità delle sponde.

Nei campi incolti e in quelli soggetti ad arature da destinare a seminativo si osservano isolate formazioni a *Pistacia lentiscus*, *Pyrus spinosa* e *Myrtus communis*, indice della presenza sporadica della serie di sostituzione *Crataego monogynae*-*Pistacietum lentisci*.

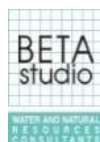
Nel corso dei Rii è evidente la presenza continua del *Rubus ulmifolii* e della serie di sostituzione *Rubus ulmifolii*-*Nerion oleandri*. Tutte queste serie e associazioni vegetazionali annoverano specie afferenti alle tipologie forestali soprariportate.

La serie vegetazionale caratterizzata dalla prevalenza del rovo nella vegetazione ripariale evidenzia la forte influenza che hanno avuto le attività agricole su queste aree. In questa situazione il rovo svolge la funzione di specie pioniera, promuovendo lo sviluppo di essenze arboree e arbustive tipiche di fasce ripariali più complesse e maggiormente strutturate. Ad esempio, permette lo sviluppo di specie ripariali con spiccate caratteristiche igrofile ed eliofile, come il salice e l'ontano.

La realizzazione degli scolmatori rende necessaria la realizzazione di scavi e la movimentazione di terra per la loro sagomatura, affinché le stesse possano ospitare i volumi d'invaso progettati per tempi di ritorno coincidenti con la probabilità che si verifichino eventi

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



atmosferici eccezionali che provochino piene con elevate portate. Al fine di garantire un minor impatto sulla componente floristica attualmente presente e che rappresenta comunque fonte di alimentazione e riparo per alcune specie di avifauna e di mammiferi, gli interventi di movimento terra devono essere limitati alle sole aree in cui si riscontra l'effettiva esigenza di intervenire (aree per la realizzazione degli sbarramenti, aree in cui è necessario risagomare ecc.), limitando all'essenziale i passaggi dei mezzi meccanici e degli operatori, all'interno della superficie che dovrà ospitare i volumi d'acqua.

**Fauna:** Le aree degli scolmatori, anche se esterne al centro abitato, sono comunque attualmente caratterizzate da elevata pressione antropica, che limita fortemente la presenza della fauna. Le condizioni di degrado degli ecosistemi naturali sostituiti da agroecosistemi contribuiscono a ridurre ulteriormente le presenze. Per questi motivi gli impatti sulla fauna derivanti da questo intervento si possono considerare non significativi, oltre che a carattere transitorio.

Le maggiori interferenze si rilevano a carico dell'erpeto fauna e dell'avifauna per disturbo diretto dovuto al rumore, alla presenza di uomini e mezzi, agli scavi e ai riporti di terra per la formazione di rilevati e di vie di accesso utili alla periodica manutenzione delle opere, modificheranno l'aspetto e la giacitura dei terreni. Tale impatto a carico dello stato dei luoghi, si verifica sempre nelle attività di cantiere e rappresenta un effetto di durata coincidente con la durata dei lavori. In questo caso specifico alla conclusione delle attività di cantiere e negli anni successivi della fase di esercizio delle opere, si osserverà il naturale effetto di resilienza, che porterà al ripristino dell'habitat dell'ecosistema originario, ossia l'agroecosistema attualmente esistente.

L'accorgimento più importante da attuare in fase di ultimazione dei lavori è quello di restituire alle specie momentaneamente allontanate a causa del rumore provocato dai mezzi e dell'intensa attività di cantiere, l'ambiente ideale in cui trovare ancora alimentazione e rifugio, attraverso gli interventi di mitigazione prospettati.

In particolare, si prevede di realizzare:

- Aree di sosta e rifugio per la fauna, costituite da strutture artificiali o da aree naturali

opportunamente modificate.

- Aree di riproduzione e di nidificazione per la fauna acquatica, costituite da zone umide artificiali o da aree naturali opportunamente modificate.
- Aree di alimentazione per la fauna, costituite da zone in cui sono presenti specie vegetali di interesse alimentare per le diverse specie animali presenti.

Questi interventi, se realizzati in modo appropriato, possono contribuire a ridurre l'impatto negativo degli scolmatori sulla fauna e a favorire il ripristino degli ecosistemi naturali.

**Ecosistemi:** L'area di cantiere coincide con l'area di localizzazione degli agroecosistemi, caratterizzati dalla presenza di seminativi e prati a scopo agro-zootecnico. Si tratta, pertanto, di ecosistemi artificiali creatisi a seguito dell'attività dell'uomo e il cui fragile equilibrio è strettamente connesso all'esercizio delle attività agricole. In assenza di queste ultime e di altri disturbi di natura antropica, si presume il progressivo ripristino degli equilibri ecologici che caratterizzano gli ecosistemi delle fasce ripariali, maggiormente plastici e adattabili alle naturali dinamiche fluviali.

**Interventi di mitigazione:** Durante la realizzazione dei rilevati arginali sarà posta particolare attenzione nella scelta delle specie vegetali da utilizzare nel rinverdimento delle sponde, al fine di ricostruire una copertura vegetale che garantisca il corretto inserimento paesaggistico delle opere. L'assenza sugli argini di attività agro-zootecniche permetterà la creazione di nuovi equilibri ecologici e la colonizzazione da parte delle specie faunistiche tipiche di tali aree.

## 4.5.2 Potenziali impatti nella fase di esercizio

### 4.5.2.1 Aree interessate dai canali scolmatori, diversivi e adeguamenti dei reticoli esistenti

Si attendono impatti potenziali nelle seguenti componenti ambientali:

**Flora e vegetazione:** la componente vegetazionale risulterà alterata nei tratti in cui si prevedono gli interventi di consolidamento delle sponde e per la realizzazione degli scolmatori, con importanti movimenti di terra. Tuttavia, nella realizzazione delle scogliere e delle palizzate si prevede la piantumazione di talee con essenze autoctone arbustive ed arboree, in alternativa possono essere impiegate anche le specie erbacee rizomatose. La ricolonizzazione da parte della vegetazione di porzioni di territorio sinora destinate a seminativo, a prati a prevalenza di asfodelo e a pascolo, localizzate all'interno di aree sia urbane che extraurbane, come nel caso dei canali scolmatori e dei diversivi e la riqualificazione a verde delle sponde, ad esempio, negli interventi di adeguamento dei reticoli esistenti, possono essere considerati effetti positivi della fase di esercizio delle opere, in quanto, se eseguite con attenzione, scegliendo accuratamente le specie da impiantare e le epoche di piantumazione, oltreché le distanze dalle sponde e dal greto, costituiscono un'importante opportunità di riqualificazione e di ricolonizzazione da specie di specie terofitiche, elofitiche ed idrofitiche tipiche delle fasce ripariali, attualmente esistenti sporadicamente.

**Fauna:** Non sono stati rilevati possibili impatti negativi sulla fauna durante la fase di esercizio. Una volta terminati i lavori l'occupazione degli spazi abbandonati in fase di cantiere dalla fauna avverrà gradualmente e di pari passo con la ricolonizzazione della vegetazione, anche in armonia con le dinamiche fluviali. Arrecherà inoltre particolare beneficio alla ricolonizzazione vegetazionale ed a quella faunistica, oltreché alla sicurezza dei cittadini, la limitazione degli accessi al greto da parte del pubblico, tutta la fauna anche quella ittica, trae sicuramente notevole beneficio dall'incremento di copertura vegetale e di densità di vegetazione, potendola impiegare quale rifugio, alimentazione e possibile sito di riproduzione.

---

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

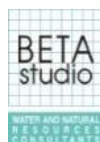
**Ecosistemi:** Come già specificato nella descrizione degli impatti in fase di cantiere, gli ecosistemi maggiormente impattati sono quelli ripariali; tuttavia, gli stessi si presentano attualmente fortemente frammentati e disomogenei, hanno pertanto perso quella fondamentale funzione di connettività ecologica tra le aree planiziali e quelle poste a quote superiori, con evidenti ripercussioni sulla biodiversità ed in particolare sull’entità della fauna che frequenta le aree in esame. Gli interventi di risagomatura e consolidamento delle sponde possono rappresentare un’occasione per riqualificare dal punto di vista naturalistico anche porzioni di aree golenali e i tratti fluviali che percorrono il centro abitato. Se la vegetazione delle sponde non subirà interferenze importanti, in pochi anni, si ripristinerà la continuità longitudinale degli ecosistemi ripariali.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*



## 5 SALUTE PUBBLICA

### 5.1 Premessa

Il progetto “Olbia e le sue acque” intende ridisegnare la città nel suo rapporto con le acque provenienti dal bacino scolante nel suo golfo e, in questo processo di recupero di un rapporto sulla base del quale la città ha fondato nei secoli il suo sviluppo, pone le basi per la messa in sicurezza idraulica della città così duramente colpita nel passato da eventi alluvionali che hanno portato morte e distruzione l'ultimo dei quali è quello del 16 - 18 novembre 2013 denominato ciclone Cleopatra. Il presente capitolo vuole essere una sorta di focus sulla situazione attuale della sanità nel territorio comunale di Olbia, con a seguire un'analisi sugli effetti che il progetto potrebbe avere sulla salute dei cittadini.

### 5.2 Caratterizzazione dello stato di salute ante-operam

La caratterizzazione dello stato di salute nell'assetto ante-operam per il progetto in esame è stata condotta mediante una ricerca dei principali studi disponibili per la regione Sardegna. Di seguito si riporta una sintesi dei principali risultati ottenuti per analisi sanitaria considerata. In prima battuta si è considerato il calcolo degli SMR di mortalità, standardizzati in riferimento ai tassi medi regionali; successivamente è stato considerato il calcolo dei tassi standard di mortalità in riferimento all'ultimo aggiornamento della distribuzione di popolazione europea. Nella tabella seguente si illustra l'andamento della mortalità, con riferimento alla popolazione totale (maschile e femminile), per le singole cause e per i singoli comuni interessati dal progetto con il confronto con il tasso regionale e l'SMR provinciale, come media degli anni 2014-2019.

| Mortalità per tutte le cause |      |
|------------------------------|------|
| Tasso regionale              | 9,96 |
| SMR provinciale              | 0,88 |
| SMR Olbia                    | 1,01 |
| Mortalità per cause naturali |      |
| Tasso regionale              | 9,5  |
| SMR provinciale              | 0,88 |

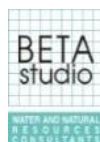
Raggruppamento temporaneo di progettisti:

|                                                             |      |
|-------------------------------------------------------------|------|
| SMR Olbia                                                   | 1,01 |
| <b>Mortalità per tutti i tumori</b>                         |      |
| Tasso regionale                                             | 3,13 |
| SMR provinciale                                             | 0,87 |
| SMR Olbia                                                   | 1    |
| <b>Mortalità per tumori della trachea bronchi e polmoni</b> |      |
| Tasso regionale                                             | 0,54 |
| SMR provinciale                                             | 0,87 |
| SMR Olbia                                                   | 1,18 |
| <b>Mortalità per malattie sistema circolatorio</b>          |      |
| Tasso regionale                                             | 3,04 |
| SMR provinciale                                             | 0,87 |
| SMR Olbia                                                   | 1,04 |
| <b>Mortalità per malattie ischemiche del cuore</b>          |      |
| Tasso regionale                                             | 0,82 |
| SMR provinciale                                             | 0,86 |
| SMR Olbia                                                   | 0,85 |
| <b>Mortalità per infarto miocardico acuto</b>               |      |
| Tasso regionale                                             | 0,37 |
| SMR provinciale                                             | 0,86 |
| SMR Olbia                                                   | 0,87 |
| <b>Mortalità per malattie cerebrovascolari</b>              |      |
| Tasso regionale                                             | 0,78 |
| SMR provinciale                                             | 0,39 |
| SMR Olbia                                                   | 0,5  |
| <b>Mortalità per malattie apparato respiratorio</b>         |      |
| Tasso regionale                                             | 0,72 |
| SMR provinciale                                             | 0,87 |
| SMR Olbia                                                   | 0,95 |
| <b>Mortalità per malattie respiratorie acute</b>            |      |
| Tasso regionale                                             | 0,18 |
| SMR provinciale                                             | 0,75 |
| SMR Olbia                                                   | 0,49 |
| <b>Mortalità per malattie polmonarie croniche</b>           |      |
| Tasso regionale                                             | 0,31 |
| SMR provinciale                                             | 0,82 |
| SMR Olbia                                                   | 0,48 |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



| <b>Mortalità per asma</b>                        |       |
|--------------------------------------------------|-------|
| Tasso regionale                                  | 0,005 |
| SMR provinciale                                  | 0,31  |
| SMR Olbia                                        | 0,86  |
| <b>Mortalità per malattie apparato digerente</b> |       |
| Tasso regionale                                  | 0,43  |
| SMR provinciale                                  | 0,85  |
| SMR Olbia                                        | 0,85  |
| <b>Mortalità per malattie apparato urinario</b>  |       |
| Tasso regionale                                  | 0,18  |
| SMR provinciale                                  | 0,93  |
| SMR Olbia                                        | 1,31  |

*Tabella 5-1: Tassi regionali ed SMR per il territorio di Olbia*

Dalla tabella emerge che generalmente gli SMR registrati nel comune di Olbia non si discostano particolarmente né dai relativi tassi regionali né dagli SMR provinciali, sia per tutte le cause di morte, che per quelle per specifiche tipologie.

Per la caratterizzazione dello stato di salute ante-operam è stato preso in considerazione anche il documento “Atlante sanitario della Sardegna”, aggiornato al 2020. Si è desunto da tale documento che nel corso del 2019 nella popolazione residente in Sardegna sono stati registrati 17.003 decessi, in aumento rispetto all’anno precedente, proseguendo il trend registrato a partire dal 2012 nell’intero Paese, ma con una intensità maggiore (+726 rispetto al 2018) e coinvolgendo maggiormente il genere maschile (51 % M e 49% F; a livello nazionale il maggior numero di decessi coinvolge le donne, 52,1%).

L'aumento dei decessi in Sardegna è in parte strutturale, in quanto la popolazione sarda è caratterizzata da un accentuato invecchiamento. Le condizioni climatiche e le epidemie influenzali stagionali possono influire sull'andamento del fenomeno, come è avvenuto nel 2015 e nel 2017. Nel complesso nazionale, la stagionalità dei decessi nel 2019 non presenta particolari criticità rispetto ai quattro anni precedenti. Tuttavia, in Sardegna si è registrato un eccesso di decessi superiore a quello del 2017. In rapporto al numero di residenti, sono deceduti 104 individui ogni 10.000 abitanti. Il quoziente di mortalità totale (M+F), in aumento

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

rispetto agli anni precedenti, è sempre inferiore al livello nazionale. Tuttavia, la differenza tra Sardegna e Italia si sta riducendo, fino a raggiungere il valore minimo di 1,2 nel 2019. Osservando i tassi standardizzati di mortalità, stratificando per genere, si evidenzia un netto differenziale di mortalità a favore di quello femminile, in entrambi i territori. Dopo un lungo periodo di continua e progressiva diminuzione, la mortalità ha invertito la tendenza in entrambi i territori nel 2015. In particolare, per il genere maschile la curva regionale si sovrappone bene a quella nazionale, mentre per il genere femminile si mantiene al di sotto di circa 3-5 punti. Nel 2018 la Sardegna ha registrato un aumento del tasso di mortalità, che ha assunto il valore di 127,7 individui deceduti per 10.000 per il genere maschile e 82,8 per quello femminile. Così come nel resto d'Italia, per il genere maschile la mortalità proporzionale prevalente è quella per tumori (34,2% Sardegna; 33,1% Italia), mentre per il genere femminile prevalgono le malattie cardiovascolari (31,7% Sardegna; 37,8% Italia). La terza causa di morte è rappresentata dalle malattie del sistema respiratorio per gli uomini (7,9% M; 6,8% F) e dai disturbi psichici e comportamentali per le donne (6,8% F; 3,7% M). Inoltre, tra i maschi si segnala la percentuale dei decessi per cause violente (5,8% per traumatismi e avvelenamenti) al quarto posto, seguiti dalle malattie dell'apparato digerente e del sistema nervoso (4,9%); tra le donne, le malattie del sistema respiratorio e del sistema nervoso sono la quarta e quinta causa di morte rispettivamente (6,8% e 6%).

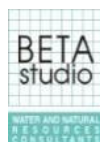
### 5.3 Analisi degli impatti del progetto sulla salute pubblica

Come già visto l'opera prevede la realizzazione di 6 lotti, i quali sono organizzati in diversi cantieri, molti dei quali all'interno del centro urbano di Olbia. Da quanto è emerso dalle ricerche sulla qualità dell'aria è possibile dedurre che complessivamente nell'area di progetto la qualità dell'aria è buona, i valori di inquinanti non eccedono i limiti normativi, sono stabili o in miglioramento rispetto ai dati decennali e i valori registrati non rappresentano un pericolo per la salute umana animale o ambientale.

La realizzazione dei cantieri genererà una grande quantità di materiale particolato, tipicamente dannoso per la salute umana, ma le misure di mitigazione previste dal progetto sono mirate alla riduzione di qualsiasi rischio per gli abitanti di Olbia.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



Per quanto riguarda i flussi veicolari determinati dal progetto, essi rimangono in condizioni accettabili, non troppo distanti dalla situazione ante-operam, senza congestionare particolarmente il traffico nel territorio comunale di Olbia e senza costituire elementi di criticità per la salute umana, anche in termini di emissioni inquinanti da traffico veicolare.

Durante l'analisi della qualità delle acque dei rii di Olbia è risultato che la quasi totalità delle concentrazioni di inquinanti rilevate rispettano gli standard di qualità, fatta eccezione per il Mercurio che presenta valori al di sopra della soglia. Le concentrazioni di Mercurio rilevate, pur superando gli standard di qualità, sono inferiori ai valori limite di emissione individuati dal d.lgs. n. 152/2006 “Norme in materia ambientale”, di conseguenza non sono necessari interventi di mitigazione rispetto a tale sostanza presenza di inquinante. Un altro contaminante da menzionare è il Boro, il quale non è stato confrontato con i valori di SQA – MA, in quanto non figura nella lista delle sostanze dell'elenco di priorità. La concentrazione di tale contaminante, tuttavia, supera le CSC (Concentrazioni Soglia di Contaminazione) individuate dal d.lgs. n. 152/2006 in cinque dei quindici campioni analizzati, di conseguenza si rende necessaria la comunicazione di tali superamenti all' Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente della Sardegna (ARPAS), che procederà alla caratterizzazione del sito e all'analisi del rischio, al fine di individuare le CSR (Contaminazione Soglia di Rischio) e procedere come da normativa.

## 6 TRAFFICO

In riferimento alla “Analisi dell’assetto viario e del traffico per la verifica degli impatti connessi all’avvio dei cantieri”, sono state individuate quali tratti potrebbero essere congestionati, avendo un effetto potenzialmente negativo sulla qualità della circolazione all’interno del centro urbano di Olbia. Le tabelle seguenti inquadrano tali tratti stradali, classificandoli secondo il Piano Urbano della Mobilità (PUM), utilizzando un colore per l’entità del flusso veicolare rispetto alla capacità della strada, secondo la scala individuata all’interno del PUM e distinta tra stagione invernale e stagione estiva. Infatti, la colorazione delle caselle della tabella seguente corrisponde alle diverse classi del rapporto tra flusso che interessa il tratto e la corrispondente capacità secondo la seguente articolazione:

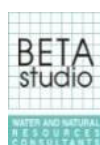
- colore grigio, flusso/capacità caratterizzato da valori trascurabili;
- colore azzurro,  $\text{flusso/capacità} < 0,2$ ;
- colore verde,  $0,5 < \text{flusso/capacità} < 0,2$ ;
- colore arancio,  $0,75 < \text{flusso/capacità} < 0,5$ ;
- colore rosso,  $1,2 < \text{flusso/capacità} < 0,75$ ;
- colore viola  $\text{flusso/capacità} > 1,2$ .

Si mette in evidenza che, per classificare la qualità della circolazione, il solo dato del flusso di traffico non rappresenta un parametro indicativo. Infatti, non è importante quante auto transitano su un certo tratto stradale (domanda di traffico) in valore assoluto, ma rispetto alla capacità che caratterizza lo stesso arco (offerta di traffico). Solo il confronto tra domanda e offerta permette di determinare la qualità della circolazione. Tanto maggiore è l’offerta rispetto alla domanda (dunque quanto più il rapporto flusso / capacità del tratto è vicino allo zero) tanto migliore sarà la qualità della circolazione. Inoltre, altro modo per leggere il suddetto rapporto è la sua differenza rispetto all’unità, che è un indice di quanto sono distanti le condizioni di congestione. Dunque, le strade con rapporti flusso/capacità bassi sono in grado di sopportare un incremento del traffico senza giungere alla saturazione.

Le considerazioni esposte in precedenza verranno utilizzate per comprendere se e quali lavori avranno un effetto sulla circolazione non accettabile.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



Nello specifico ci si è focalizzati su quei tratti stradali, principalmente appartenenti alla Strada Panoramica di Olbia (o tangenziale), interessati dal passaggio dei mezzi pesanti per il trasporto dei materiali di cantiere verso le zone di deposito individuate, ovvero la zona del Cimitero e l'area di Colcò.

Le tabelle ottenute dal confronto tra i lavori previsti e le strade interessate da questi lavori sono le seguenti:

| Strada                                      | Sezione di rilievo | Classifica funzionale         | Totale passaggi | Rapporto flusso/capacità | Rapporto Q/C Estate |
|---------------------------------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------|---------------------|
| Tangenziale                                 | S12                | Strada Extraurbana Principale | 211,00          | 0,18                     |                     |
|                                             |                    |                               | 205,00          | 0,17                     |                     |
|                                             |                    |                               | <b>416,00</b>   | <b>0,35</b>              |                     |
| Tangenziale                                 | I26                | Strada Extraurbana Principale | 200,00          | 0,17                     |                     |
|                                             |                    |                               | 174,00          | 0,15                     |                     |
|                                             |                    |                               | <b>374,00</b>   | <b>0,31</b>              |                     |
| Tangenziale                                 | I25a               | Strada Extraurbana Principale | 280,00          | 0,23                     |                     |
|                                             |                    |                               | 547,00          | 0,46                     |                     |
|                                             |                    |                               | <b>827,00</b>   | <b>0,69</b>              |                     |
| Tangenziale                                 | I25b               | Strada Extraurbana Principale | 295,00          | 0,25                     |                     |
|                                             |                    |                               | 295,00          | 0,25                     |                     |
|                                             |                    |                               | <b>590,00</b>   | <b>0,49</b>              |                     |
| Tangenziale                                 | I27                | Strada Extraurbana Principale | 257,00          | 0,21                     |                     |
|                                             |                    |                               | 288,00          | 0,24                     |                     |
|                                             |                    |                               | <b>545,00</b>   | <b>0,45</b>              |                     |
| SS125<br>Orientale<br>Sarda                 | S05                | Strada di scorrimento         | 255,00          | 0,21                     |                     |
|                                             |                    |                               | 230,00          | 0,19                     |                     |
|                                             |                    |                               | <b>485,00</b>   | <b>0,40</b>              |                     |
| Strada<br>Statale 729<br>Sassari -<br>Olbia | I24                | Strada Extraurbana Principale | 269,00          | 0,11                     |                     |
|                                             |                    |                               | 233,00          | 0,10                     |                     |
|                                             |                    |                               | <b>502,00</b>   | <b>0,10</b>              |                     |

Tabella 6-1 – Condizioni del traffico nei tratti di interesse

Come risulta evidente, nessuna delle strade interessate presenta condizioni di deflusso carenti. La situazione peggiore, anche se non interessata da condizioni di flusso instabile o

congestionato, risulta il tratto della tangenziale identificato come *I25a*, nei pressi dell'incrocio con la SS127, la Strada Statale Settentrionale Sarda.

## 6.1 Metodologia HCM

Per il calcolo delle condizioni di circolazione si è utilizzata, oltre a quella già vista all'interno del PUM, un'altra metodologia volta a caratterizzare le condizioni operative all'interno della corrente di traffico e la loro percezione da parte degli utenti, definita livello di servizio. Il metodo per la determinazione di tale parametro è stato elaborato negli Stati Uniti dal Transportation Research Board nel 1965, ed è stato pubblicato nel testo Highway Capacity Manual (HCM) nel 2000. Sono state prese in considerazione sette sezioni di rilievo delle viabilità d'interesse, e sulla base del modello di calcolo del Livello di Servizio descritto, prendendo come dati di ingresso nelle varie formulazioni le caratteristiche geometriche dei tratti stradali considerati, si è proceduto al calcolo del LOS.

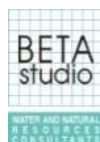
Nella tabella seguente sono riportati i valori di velocità media di viaggio VMV e di percentuale di Tempo di Ritardo %TR calcolati per le strade a due corsie, seguendo il metodo precedentemente illustrato.

|             |                    |                               |                 | Velocità media di viaggio VMV        |                                           |                           | Percentuale di tempo in coda %TR     |                                           |                           |
|-------------|--------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|
| Strada      | Sezione di rilievo | Classifica funzionale         | Totale passaggi | Velocità media di viaggio FFS [Km/h] | Fattore correttivo presenza mezzi pesanti | Tasso di flusso Vp [av/h] | Velocità media di viaggio ATS [Km/h] | Fattore correttivo presenza mezzi pesanti | Tasso di flusso Vp [av/h] |
| Tangenziale | S12                | Strada Extraurbana Principale | <b>423</b>      | 85,1                                 | 0,94                                      | 510,11                    | 72,03                                | 0,99                                      | 484,89                    |
| Tangenziale | I26                | Strada Extraurbana Principale | <b>381</b>      | 85,1                                 | 0,95                                      | 456,02                    | 72,41                                | 0,99                                      | 436,25                    |
| Tangenziale | I25a               | Strada Extraurbana Principale | <b>845</b>      | 85,1                                 | 0,99                                      | 968,41                    | 68,68                                | 0,99                                      | 964,32                    |
| Tangenziale | I25b               | Strada Extraurbana Principale | <b>605</b>      | 85,1                                 | 0,97                                      | 710,57                    | 70,74                                | 0,99                                      | 690,8                     |
| Tangenziale | I27                | Strada Extraurbana Principale | <b>548</b>      | 85,1                                 | 0,95                                      | 652,16                    | 71,04                                | 0,99                                      | 626,93                    |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



|                             |     |                          |            |       |      |        |       |      |        |
|-----------------------------|-----|--------------------------|------------|-------|------|--------|-------|------|--------|
| SS125<br>Orientale<br>Sarda | S05 | Strada di<br>scorrimento | <b>489</b> | 82,22 | 0,94 | 593,86 | 68,57 | 0,99 | 561,14 |
|-----------------------------|-----|--------------------------|------------|-------|------|--------|-------|------|--------|

*Tabella 6-2 - Calcolo della VMV e del %TR per le sezioni di interesse*

Tra i tratti stradali di interesse è presente anche una sezione della Strada Statale 729 Sassari – Olbia a quattro corsie, per la quale è stata applicata la metodologia prevista per quella tipologia di strada.

|                                    |                    |                               |                 | Velocità media di viaggio VMV        |                                           |                           |                                  |
|------------------------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| Strada                             | Sezione di rilievo | Classifica funzionale         | Totale passaggi | Velocità media di viaggio FFS [Km/h] | Fattore correttivo presenza mezzi pesanti | Tasso di flusso Vp [av/h] | Densità [Autovetture/Km /corsia] |
| Strada Statale 729 Sassari - Olbia | I24                | Strada Extraurbana Principale | <b>517</b>      | 70,8                                 | 0,94                                      | 311,26                    | 4,4                              |

*Tabella 6-3 – Calcolo della VMV e della densità stradale per la sezione I24 della SS729*

Dai valori ottenuti nelle tabelle soprastanti si può desumere il LOS, facendo riferimento alla figura 6-2. I risultati sono riportati nella tabella seguente:

| Strada                             | Sezione di rilievo | Classifica funzionale         | Livello di servizio LOS |
|------------------------------------|--------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Tangenziale                        | S12                | Strada Extraurbana Principale | <b>C</b>                |
| Tangenziale                        | I26                | Strada Extraurbana Principale | <b>C</b>                |
| Tangenziale                        | I25a               | Strada Extraurbana Principale | <b>D</b>                |
| Tangenziale                        | I25b               | Strada Extraurbana Principale | <b>C</b>                |
| Tangenziale                        | I27                | Strada Extraurbana Principale | <b>C</b>                |
| SS125 Orientale Sarda              | S05                | Strada di scorrimento         | <b>D</b>                |
| Strada Statale 729 Sassari - Olbia | I24                | Strada Extraurbana Principale | <b>A</b>                |

*Tabella 6-4 - Livelli di Servizio*

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

Come si può desumere dalla tabella soprastante, il LOS delle sezioni delle strade a due corsie (Tangenziale e SS125) oscilla tra il livello C, quindi condizioni di flusso con libertà di manovra condizionata, e il livello D, ovvero condizioni di flusso con libertà di manovra molto limitata e ridotto livello di comfort fisico e psicologico dei conducenti. Discorso differente per quanto riguarda la sezione stradale della SS729 a quattro corsie, la quale rientra nel Livello di Servizio A, quindi condizioni di flusso libero con assenza di condizionamenti tra i veicoli. Le condizioni di flusso sono rimaste quindi praticamente invariate rispetto alla situazione ante-operam. Tutto ciò era già auspicabile, dato che la variazione dei flussi veicolari indotta dal progetto risulta essere di entità molto moderata. Viene riportato di seguito, a titolo conoscitivo, il calcolo del LOS per la situazione ante-operam.

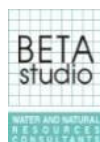
| Velocità media di viaggio VMV |                    |                               |                 |                                      |                                           |                    | Percentuale di tempo in coda %TR     |                                           |                    | Livello di servizio LOS |
|-------------------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------|-------------------------|
| Strada                        | Sezione di rilievo | Classifica funzionale         | Totale passaggi | Velocità media di viaggio FFS [Km/h] | Fattore correttivo presenza mezzi pesanti | Tasso di flusso Vp | Velocità media di viaggio ATS [Km/h] | Fattore correttivo presenza mezzi pesanti | Tasso di flusso Vp |                         |
| Tangenziale                   | S12                | Strada Extraurbana Principale | <b>416</b>      | 85,1                                 | 0,94                                      | 495,81             | 72,13                                | 0,99                                      | 476,04             | <b>C</b>                |
| Tangenziale                   | I26                | Strada Extraurbana Principale | <b>374</b>      | 85,1                                 | 0,95                                      | 442,85             | 72,51                                | 0,99                                      | 427,55             | <b>C</b>                |
| Tangenziale                   | I25a               | Strada Extraurbana Principale | <b>827</b>      | 85,1                                 | 0,99                                      | 954,25             | 68,81                                | 0,99                                      | 941,84             | <b>D</b>                |
| Tangenziale                   | I25b               | Strada Extraurbana Principale | <b>590</b>      | 85,1                                 | 0,97                                      | 680,78             | 70,92                                | 0,99                                      | 671,93             | <b>C</b>                |
| Tangenziale                   | I27                | Strada Extraurbana Principale | <b>545</b>      | 85,1                                 | 0,95                                      | 645,33             | 71,13                                | 0,99                                      | 623,03             | <b>C</b>                |
| SS125 Orientale Sarda         | S05                | Strada di scorrimento         | <b>485</b>      | 82,22                                | 0,94                                      | 585,86             | 68,62                                | 0,99                                      | 556,1              | <b>D</b>                |

Tabella 6-5 – Livelli di servizio Ante Operam dei tratti a due corsie

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



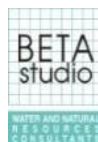
|                                    |                    |                               |                 | Velocità media di viaggio VMV        |                                           |                    |                                     |                         |
|------------------------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| Strada                             | Sezione di rilievo | Classifica funzionale         | Totale passaggi | Velocità media di viaggio FFS [Km/h] | Fattore correttivo presenza mezzi pesanti | Tasso di flusso Vp | Densità [Autovetture/Km per corsia] | Livello di servizio LOS |
| Strada Statale 729 Sassari - Olbia | 124                | Strada Extraurbana Principale | 502             | 70,8                                 | 0,94                                      | 289,68             | 4,09                                | A                       |

Tabella 6-6 – Livelli di servizio Ante Operam del tratto a quattro corsie

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



## 7 RUMORE

### 7.1 Premessa

Secondo quanto evidenziato dagli specifici elaborati propri degli aspetti acustici, emerge che gli unici impatti derivanti dal rumore sono presenti durante la fase di cantiere in quanto di per sé le opere in progetto una volta realizzate non prevedono sorgenti sonore che possono generare emissioni e di conseguenza impatti dal punto di vista acustico in fase di esercizio. Di conseguenza ci si è limitati ad analizzare gli impatti del rumore in fase di cantiere per la realizzazione delle opere previste in progetto conformemente a quanto previsto dal DGR 62/9 del 2008, che stabilisce per la Regione Sardegna le modalità applicative di quanto previsto dalla legge quadro n.447 del 1995 e s.m.i.

### 7.2 Quadro normativo di riferimento

Il quadro normativo di riferimento è costituito dalle seguenti disposizioni statali e regionali:

DPCM 1° marzo 1991: “Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno”;

Legge 26 ottobre 1995, n. 447: “Legge quadro sull'inquinamento acustico”;

DPCM 14 novembre 1997: “Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore”;

DM 16 marzo 1998: “Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico”;

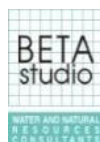
Deliberazione Regione Sardegna n. 62/9 del 14 novembre 2008: “Direttive regionali in materia di inquinamento acustico ambientale e disposizioni in materia di acustica ambientale”.

La tabella A del DPCM 14 novembre 1997, Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore, definisce, dal punto di vista della salvaguardia dall'inquinamento acustico, le sei classi di destinazione d'uso del territorio, che sono:

- **CLASSE I** – aree particolarmente protette: rientrano in questa classe le aree nelle quali la quiete rappresenta un elemento di base per la loro utilizzazione: aree ospedaliere, scolastiche, aree destinate al riposo ed allo svago, aree residenziali rurali, aree di particolare interesse urbanistico, parchi pubblici, ecc;

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



- **CLASSE II** – aree destinate ad uso prevalentemente residenziale: rientrano in questa classe le aree urbane interessate prevalentemente da traffico veicolare locale, con bassa densità di popolazione, con limitata presenza di attività commerciali ed assenza di attività industriali e artigianali;
- **CLASSE III** – aree di tipo misto: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da traffico veicolare locale o di attraversamento, con media densità di popolazione, con presenza di attività commerciali, uffici con limitata presenza di attività artigianali e con assenza di attività industriali; aree rurali interessate da attività che impiegano macchine operatrici;
- **CLASSE IV** – aree di intensa attività umana: rientrano in questa classe le aree urbane interessate da intenso traffico veicolare, con alta densità di popolazione, con elevata presenza di attività commerciali e uffici, con presenza di attività artigianali; le aree in prossimità di strade di grande comunicazione e di linee ferroviarie; le aree portuali, le aree con limitata presenza di piccole industrie;
- **CLASSE V** – aree prevalentemente industriali: rientrano in questa classe le aree interessate da insediamenti industriali e con scarsità di abitazioni;
- **CLASSE VI** – aree esclusivamente industriali: rientrano in questa classe le aree esclusivamente interessate da attività industriali e prive di insediamenti abitativi.

Nelle tabelle B e C dello stesso DPCM 14 novembre 1997, sono riportati rispettivamente i valori limite di emissione, i valori limite assoluti d'immissione e i valori di qualità per le classi definite nella tabella A. L'art. 2, comma 1, lettera e) ed f) della legge 26 ottobre 1995, n. 447 e gli art. 2 e 3, del DPCP 14 novembre 1997, definiscono come:

- valore limite di emissione, il valore massimo che può essere emesso da una sorgente sonora;
- valore limite assoluto d'immissione, il livello equivalente di rumore ambientale immesso nell'ambiente esterno dall'insieme di tutte le sorgenti.

I valori limite di emissioni ed i valori limite assoluti di immissione, relativi alle classi di

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

destinazione d'uso del territorio comunale sono riportati nelle tabelle 7-1 e 7-2.

| <b>Classi di destinazione d'uso del territorio</b> | <b>Tempi di riferimento</b> |                        |
|----------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
|                                                    | Diurno (06.00-22.00)        | Notturmo (22.00-06.00) |
| I - aree particolarmente protette                  | 45 dB(A)                    | 35 dB(A)               |
| II – aree prevalentemente residenziali             | 50 dB(A)                    | 40 dB(A)               |
| III – aree di tipo misto                           | 55 dB(A)                    | 45 dB(A)               |
| IV – aree di intensa attività umana                | 60 dB(A)                    | 50 dB(A)               |
| V – aree prevalentemente industriali               | 65 dB(A)                    | 55 dB(A)               |
| VI – aree esclusivamente industriali               | 65 dB(A)                    | 65 dB(A)               |

*Tabella 7-1: Valori limite di emissione - tabella B del DPCM 14 novembre 1997*

| <b>Classi di destinazione d'uso del territorio</b> | <b>Tempi di riferimento</b> |                        |
|----------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------|
|                                                    | Diurno (06.00-22.00)        | Notturmo (22.00-06.00) |
| I - aree particolarmente protette                  | 50 dB(A)                    | 40 dB(A)               |
| II – aree prevalentemente residenziali             | 55 dB(A)                    | 45 dB(A)               |
| III – aree di tipo misto                           | 60 dB(A)                    | 50 dB(A)               |
| IV – aree di intensa attività umana                | 65 dB(A)                    | 55 dB(A)               |
| V – aree prevalentemente industriali               | 70 dB(A)                    | 60 dB(A)               |
| VI – aree esclusivamente industriali               | 70 dB(A)                    | 70 dB(A)               |

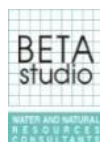
*Tabella 7-2: Valori limite assoluti d'immissione - tabella C del DPCM 14 novembre 1997.*

Nel caso in cui sia assente la zonizzazione acustica del territorio comunale, secondo quanto prescritto dall'art. 8, comma 1 del D.P.C.M 14/11/97, si applicano, i limiti di cui all'art. 6, comma 1 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 1 marzo 1991 (Cfr tabella 7-3).

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*



| <b>DPCM 01/03/1991</b>                          |                                                   |                                                     |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|                                                 | <b>Limite diurno<br/>(6.00-22.00)<br/>[dB(A)]</b> | <b>Limite notturno<br/>(22.00-6.00)<br/>[dB(A)]</b> |
| <i>Tutto il territorio nazionale</i>            | 70                                                | 60                                                  |
| <i>Zona A (decreto ministeriale n. 1444/68)</i> | 65                                                | 55                                                  |
| <i>Zona B (decreto ministeriale n. 1444/68)</i> | 60                                                | 50                                                  |
| <i>Zona esclusivamente industriale</i>          | 70                                                | 70                                                  |

*Tabella 7-3: valori limite di immissione di cui all'art. 6, comma 1 del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 1° marzo 1991.*

L'art. 2, comma 3, lettera b) della legge 26 ottobre 1995, n. 447, definisce il valore limite differenziale come differenza tra il livello equivalente di rumore ambientale ed il livello equivalente di rumore residuo; l'art. 4, comma 1, del DPCP 14 novembre 1997, impone, per tali limiti differenziali, i valori massimi, all'interno degli ambienti abitativi, di: 5 dB per il periodo diurno e 3 dB per il periodo notturno. Tali valori non si applicano alla Classe VI – aree esclusivamente industriali (l'art. 4, comma 1, del DPCP 14 novembre 1997).

Inoltre, i valori limite differenziali di immissione non si applicano, in quanto ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile, nei seguenti casi (art. 4, comma 2, del DPCM 14 novembre 1997):

se il rumore misurato a finestre aperte sia inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante il periodo notturno;

se il livello di rumore ambientale misurato a finestre chiuse sia inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) durante il periodo notturno.

In ultimo, i valori limite differenziali di immissione non si applicano inoltre al rumore prodotto (art. 4, comma 3, del DPCM 14 novembre 1997): dalle infrastrutture stradali, ferroviarie, aeroportuali e marittime; da attività e comportamenti non connesse ad attività produttive, commerciali e professionali; da servizi ed impianti fissi dell'edificio ad uso comune,

limitatamente al disturbo provocato all'interno dello stesso.

L'art. 2, comma 3, lettera b) della legge 26 ottobre 1995, n. 447, definisce il valore limite differenziale come differenza tra il livello equivalente di rumore ambientale ed il livello equivalente di rumore residuo; l'art. 4, comma 1, del DPCM 14 novembre 1997, impone, per tali limiti differenziali, i valori massimi, all'interno degli ambienti abitativi, di: 5 dB per il periodo diurno e 3 dB per il periodo notturno.

Inoltre, i valori limite differenziali d'immissione non si applicano, poiché ogni effetto del rumore è da ritenersi trascurabile, nei seguenti casi (art. 4, comma 2, del DPCM 14 novembre 1997):

se il rumore misurato a finestre aperte sia inferiore a 50 dB(A) durante il periodo diurno e 40 dB(A) durante il periodo notturno;

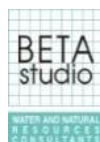
se il livello di rumore ambientale misurato a finestre chiuse sia inferiore a 35 dB(A) durante il periodo diurno e 25 dB(A) durante il periodo notturno.

### 7.3 Emissione del rumore da parte dei mezzi d'opera usati in cantiere

Le uniche sorgenti presenti nella fase di cantiere sono costituite dai mezzi d'opera e dagli elettroutensili che l'impresa appaltatrice dei lavori utilizzerà per la realizzazione delle opere. Nella suddetta fase di realizzazione delle opere le sorgenti di rumore saranno da ricondurre ai mezzi d'opera utilizzati e alle lavorazioni da effettuate che avranno una durata limitata nel tempo (tempo previsto dal progetto per l'esecuzione dei lavori) e saranno presenti solo in periodo diurno. Al fine di poter eseguire uno studio previsionale il più accurato possibile a tutela dei ricettori, è stato definito il seguente schema di utilizzo dei mezzi d'opera nello sviluppo delle varie aree di cantiere.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



| Luogo di produzione                            | Numero mezzi di scavo | Numero mezzi di carico | Numero di Camion | Macchina per formazione di micropali sulle sponde | Draga idraulica aspirante |
|------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|------------------|---------------------------------------------------|---------------------------|
| 1.1 SCOLMATORE 2                               | 1                     | 1                      | 2                |                                                   |                           |
| 1.2 OPERA DI PRESA ABBA FRITTA                 | 1                     | 1                      | 2                |                                                   |                           |
| 1.3 CABU ABBAS                                 | 1                     |                        | 1                |                                                   |                           |
| 1.4 OPERA DI PRESA SAN NICOLA                  | 1                     |                        | 1                |                                                   |                           |
| 1.5 OPERA DI PRESA SELIGHEDDU                  | 1                     |                        | 1                |                                                   |                           |
| 1.6 OPERA DI PRESA SU PASANA                   | 1                     |                        | 1                |                                                   |                           |
| 1.7 OPERA DI PRESA PAULE LONGA                 | 1                     |                        | 1                |                                                   |                           |
| 2.1 SCOLMATORE SAN NICOLA - ZOZO               | 1                     |                        | 1                |                                                   |                           |
| 2.2 GADDURESU                                  | 1                     | 1                      | 2                |                                                   |                           |
| 2.3 - Deviatore Gadduresu - Seligheddu         | 1                     | 1                      | 2                |                                                   |                           |
| 2.4 UA NIEDDA                                  | 1                     | 1                      | 2                |                                                   |                           |
| 2.5 PASANA                                     | 1                     |                        | 1                |                                                   |                           |
| 2.6 DEVIATORE PAULE LONGA - TANNAULE           | 1                     | 1                      | 2                |                                                   |                           |
| 3.1 SCOLMATORE 1                               | 2                     | 1                      | 3                |                                                   |                           |
| 4.1 - Galleria Naturale Pasana - Paole Longa ( | 2                     | 1                      | 2                |                                                   |                           |
| 4.2 - Galleria cut&cover Paole Longa           | 1                     | 1                      | 2                |                                                   |                           |
| 4.3 - Galleria Naturale Paole Longa (attacco d | 1                     |                        | 1                |                                                   |                           |
| 5.1 - Opera di scarico nel Padrongianus        | 1                     | 1                      | 2                |                                                   |                           |
| 6.1 SELIGHEDDU                                 | 1                     | 1                      | 1                | 1                                                 | 1                         |
| 6.2 SAN NICOLA                                 | 1                     | 1                      | 1                | 1                                                 | 1                         |
| 6.3 FOCE CANALE ZOZO                           | 1                     | 1                      | 1                | 1                                                 | 1                         |
| 6.4 - Abba Fritta a valle dell'opera di presa  | 1                     |                        | 1                |                                                   |                           |

Tabella 7-4: Schema di utilizzo dei mezzi di cantiere

Nello specifico le principali sorgenti rumorose considerate nei calcoli sono:

- Escavatore con benna da 2,5 m3, modello di riferimento indicativo CAT352
- Pala cingolata, modello di riferimento indicativo CAT963
- Camion
- Macchina di formazione di micropali
- Draga idraulica aspirante
- Martellone demolitore

Le sorgenti sonore sono state considerate come puntiformi e coincidenti con il baricentro del velivolo o dell'utensile.

Per i mezzi d'opera sono possibili diversi scenari di utilizzo, per i quali si generano differenti

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

livelli di potenza sonora di emissione. Nel presente studio sono stati considerati gli effetti cumulativi delle emissioni derivanti dall'utilizzo contemporaneo di tutti i mezzi ubicati nella stessa zona di lavoro e in zone differenti, questa ipotesi va a vantaggio della sicurezza.

La fase di esercizio dei vari cantieri è prevista esclusivamente nel periodo diurno, quindi all'interno del tempo di riferimento  $T_r$  che va dalle ore 6:00 alle ore 22:00, limitato nel tempo al periodo necessario per realizzare le opere.

#### 7.4 Classe di destinazione d'uso

Il comune di Olbia risulta attualmente dotato di PCA (piano di classificazione acustica comunale), adottato con delibera comunale n°20 del 08/04/2014, così come previsto dalla D.RAS 62/9 del 2008. Pertanto, si è provveduto a considerare la classe di appartenenza dell'area in oggetto attribuita dal PCA. Le aree interessate sono risultate ricadenti in tutte le classi acustiche le cui caratteristiche sono riportate nella seguente tabella:

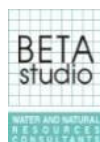
| Classificazione acustica del territorio     |        |                                          | Limiti di  |          |           |          |         |          |
|---------------------------------------------|--------|------------------------------------------|------------|----------|-----------|----------|---------|----------|
| Classi di destinazione d'uso del territorio |        |                                          | immissione |          | emissione |          | qualità |          |
|                                             | Classe | Tipologia                                | Diurno     | Notturmo | Diurno    | Notturmo | Diurno  | Notturmo |
| VERDE                                       | I      | aree particolarmente protette            | 50         | 40       | 45        | 35       | 47      | 37       |
| GIALLO                                      | II     | aree ad uso prevalentemente residenziale | 55         | 45       | 50        | 40       | 52      | 42       |
| ARANCIONE                                   | III    | aree di tipo misto                       | 60         | 50       | 55        | 45       | 57      | 47       |
| ROSSO                                       | IV     | aree di intensa attività umana           | 65         | 55       | 60        | 50       | 62      | 52       |
| VIOLEA                                      | V      | aree prevalentemente industriali         | 70         | 60       | 65        | 55       | 67      | 57       |
| BLU                                         | VI     | aree esclusivamente industriali          | 70         | 70       | 65        | 65       | 70      | 70       |

Tabella 7-5: Classificazione acustica del territorio di Olbia

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



## 7.5 Recettori

Nell'area in oggetto sono presenti diversi fabbricati aventi differenti destinazioni d'uso: da quelli ad uso residenziale a quelli ad uso ricettivo, pubblico, ecc.

I principali ricettori del presente studio sono identificati in corrispondenza delle postazioni di misura da NR01 a NR42, come meglio identificati dalla tabella 4 della "Relazione di clima acustico ante operam", della quale viene riportato un estratto di seguito:

| N° Ricettore | INDIRIZZO                                                   | Report        |
|--------------|-------------------------------------------------------------|---------------|
| NR-01        | Via: del Diamante_ ospedale fronte parcheggi Dir. Sanitaria | Report_NR01_a |
| NR-02        | Via: del Diamante_ ospedale retro eliporto aule formazione  | Report_NR02_a |
| NR-03        | Via: Nereide,6                                              | Report_NR03_a |
| NR-04        | Via: Villa Chiara 10                                        | Report_NR04_a |
| NR-05        | Via: SS 127 Settentrionale Sarda distr. Beyfin              | Report_NR05_a |
| NR-06        | Via: della Luna                                             | Report_NR06_a |
| NR-07        | Via: SS 127 Settentrionale Sarda                            | Report_NR07_b |
| NR-08        | Via: SS 127 Settentrionale Sarda                            | Report_NR08_b |
| NR-09        | Via: Maltineddu 5/A                                         | Report_NR09_a |

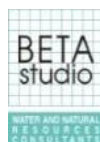
| N° Ricettore | INDIRIZZO                                         | Report        |
|--------------|---------------------------------------------------|---------------|
| NR-10        | Via Rio Siligheddu                                | Report_NR10_a |
| NR-11        | Via Marconi 35                                    | Report_NR11_a |
| NR-12        | Via: Fausto Noce                                  | Report_NR12_b |
| NR-13        | Via: SS Circonvallazione Ovest n. 1               | Report_NR13_a |
| NR-14        | Via: traversa di Via S.Vittore                    | Report_NR14_a |
| NR-15        | Via: Maccionitta                                  | Report_NR15_a |
| NR-16        | Via: S. Vittore                                   | Report_NR16_a |
| NR-17        | Via: Teggia e Stambene                            | Report_NR17_a |
| NR-18        | Via: Lussemburgo, n.32                            | Report_NR18_a |
| NR-19        | Via: Bonn, n.1                                    | Report_NR19_a |
| NR-20        | Via: Birmania _Gruppo GAIA x terrazzo Palestra    | Report_NR20_a |
| NR-21        | Via: Israele                                      | Report_NR21_b |
| NR-22        | Viale Italia                                      | Report_NR22_a |
| NR-23        | Via Indonesia                                     | Report_NR23_a |
| NR-24        | via: Luigi Galvani 10 x Ass. UNIPOL-STUDIO MEDICO | Report_NR24_a |
| NR-25        | Via: Roma/via Tasso edicola                       | Report_NR25_b |
| NR-26        | Angolo Via Ungheria 5                             | Report_NR26_a |
| NR-27        | ORTOS area agricola traversa SS127                | Report_NR26_a |
| NR-28        | Via: Burrai Area partitore Acquedotto             | Report_NR28_a |
| NR-29        | Via: Albitrone                                    | Report_NR29_a |

Tabella 7-6: Codifica report acustici su punti misura

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



## 7.6 Calcolo previsionale

Il metodo di calcolo utilizzato nel presente studio è la norma ISO 9613-2, “Acoustics - Attenuation of sound propagation outdoors, Part 2; General method of calculation”.

Di seguito è riportata una breve descrizione dello standard di calcolo ISO 9613-2, il cui scopo principale è quello di determinare nei punti di ricezione il livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderato “A”, secondo leggi analoghe a quelle descritte nelle norme tecniche ISO 9613, per condizioni meteorologiche favorevoli alla propagazione del suono emesso da sorgenti di potenza nota. La propagazione del suono avviene “sottovento”: il vento, cioè, soffia dalla sorgente verso il ricettore.

Secondo la norma ISO 9613-2, il livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderato “A”, mediato su un lungo periodo, è calcolato utilizzando la seguente formula:

$$LA_{eq,LT} = LA_{eq,dw} - C_m - C_{t,per} \quad (1)$$

dove:

- **$LA_{eq,LT}$**  è il livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderato “A”, mediato nel lungo periodo [dB(A)];
- **$C_m$**  è la correzione meteorologica;
- **$C_{t,per}$**  è la correzione che tiene conto del tempo durante il quale è stata attiva la sorgente nel periodo di riferimento calcolato;
- **$LA_{eq,dw}$**  è il livello continuo equivalente medio di pressione sonora, ponderato “A”, calcolato in condizioni di propagazione sottovento [dB(A)]. Tale livello viene calcolato sulla base dei valori ottenuti per bande di ottava, da 63Hz a 8000 Hz, secondo l'equazione:

$$LA_{eq,dw} = L_w - R - A \quad (2)$$

dove:

- $L_w$  è il livello di potenza sonora emesso dalla sorgente [dB(A)];
- $R$  è la riduzione in bande di ottava del livello emesso dalla sorgente, eventualmente definita dall'utente del programma;
- $A$  è l'attenuazione del livello sonoro, in bande di ottava, durante la propagazione [dB(A)].

L'attenuazione del livello sonoro è calcolata in base alla formula seguente:

$$A = D_c + A_{div} + A_{atm} + A_{ground} + A_{refl} + A_{screen} + A_{misc} \quad (3)$$

dove:

- $D_c$  è l'attenuazione dovuta alla direttività della sorgente [dB(A)];
- $A_{div}$  è l'attenuazione causata alla divergenza geometrica [dB(A)];
- $A_{atm}$  è l'attenuazione dovuta all'assorbimento atmosferico, calcolata per bande di ottava [dB(A)];
- $A_{ground}$  è l'attenuazione causata dall'effetto suolo, calcolata per bande di ottava [dB(A)].  
Le proprietà del suolo sono descritte da un fattore di terreno,  $G$ , che vale 0 per terreno duro, 1 per quello poroso ed assume un valore compreso tra 0 ed 1 per terreno misto (valore che corrisponde alla frazione di terreno poroso sul totale);
- $A_{refl}$  è l'attenuazione dovuta alle riflessioni da parte degli ostacoli presenti lungo il cammino di propagazione, calcolata per bande di ottava [dB(A)];
- $A_{screen}$  è l'attenuazione causata da effetti schermanti, calcolata per bande di ottava [dB(A)];
- $A_{misc}$  è l'attenuazione dovuta all'insieme dei seguenti effetti [dB(A)]:

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

- ✓ **A<sub>foliage</sub>** è l'attenuazione causata dalla propagazione attraverso il fogliame, calcolata per bande di ottava [dB(A)];
- ✓ **A<sub>site</sub>** è l'attenuazione dovuta alla presenza di un insediamento industriale, calcolata per bande di ottava [dB(A)];
- ✓ **A<sub>housing</sub>** è l'attenuazione causata dalla propagazione attraverso un insediamento urbano, a causa dell'effetto schermante e, contemporaneamente, riflettente delle case, calcolata per bande di ottava [dB(A)].

Per eseguire il calcolo del livello sonoro, il programma di simulazione richiede in input alcuni parametri ambientali, tra i quali la temperatura, il grado di umidità relativa ed il coefficiente di assorbimento acustico dell'aria, ecc.; si deve inserire anche un fattore di assorbimento rappresentativo dei diversi tipi di terreno. In funzione di tali parametri, è possibile ottenere un coefficiente di riduzione che permette di valutare l'attenuazione che l'onda sonora subisce durante la propagazione per l'influenza delle condizioni meteorologiche e di tutti gli elementi esplicitati nella (3) come, per esempio, l'effetto suolo e quello dell'aria. Il suono che giunge al ricettore, quindi, è dato dalla somma dell'onda diretta e di tutti i raggi secondari, riflessi dagli edifici e da ostacoli naturali e/o artificiali, debitamente attenuati. Nel presente studio sono state considerate le riflessioni fino al 2° ordine.

Per il coefficiente di assorbimento del suolo  $G$  è stato utilizzato il valore intermedio 0,5, mentre, vista la posizione geografica dell'impianto in progetto, si è impostata, nelle simulazioni, la temperatura pari a 20 °C e l'umidità relativa pari al 50%.

Mediante l'utilizzo del software CadnaA è stato simulato l'impatto acustico che le sorgenti dei cantieri avranno sui ricettori individuati nell'area.

I calcoli previsionali dei livelli di pressione generati dalla sorgente in prossimità dei ricettori sensibili, sono stati eseguiti secondo quanto riportato negli standard internazionali della serie ISO 9613. Gli standard sono stati applicati con delle ipotesi ad hoc al fine di

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

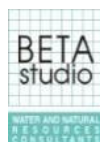
consentirne l'utilizzo con la particolare tipologia di sorgente (mezzi d'opera vari) le situazioni considerate hanno in ogni caso sempre fatto riferimento alle situazioni più gravose onde eseguire un calcolo a vantaggio della sicurezza dei recettori. Di seguito si riportano i risultati della simulazione.

| ID Nome | Destinazione            | Cantiere                                                                       | Immissione |
|---------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
|         |                         |                                                                                | LAeq Day   |
| NR_01   | Ospedale                | Cantiere 4,1                                                                   | 55,1       |
| NR_02   | Ospedale                | Cantiere 4,1                                                                   | 67,0       |
| NR_03   | Abitazione              | Cantiere 1,6 e 2,5                                                             | 56,6       |
| NR_04   | Abitazione              | Opere di presa Su rio Pasana - Cantiere Principale Rio Pasana 1 - Scolmatore 1 | 60,9       |
| NR_05   | Distributore carburante | SCOLMATORE 1 - 1,5 SELIGHEDDU - PASANA - Cantiere 3,1                          | 61,3       |
| NR_06   | Annesso agricolo        | SCOLMATORE 1 - 1,5 SELIGHEDDU - PASANA - Cantiere 3,1                          | 68,7       |
| NR_07   | Abitazione              | SCOLMATORE 1 - 1,5 SELIGHEDDU - PASANA - Cantiere 3,1                          | 67,3       |
| NR_08   | Abitazione              | SCOLMATORE 1 - 1,5 SELIGHEDDU - PASANA - Cantiere 3,1                          | 64,8       |
| NR_09   | Abitazione              | SCOLMATORE 1 - 1,5 SELIGHEDDU - PASANA - Cantiere 3,1                          | 61,4       |
| NR_10   | Abitazione              | Cantiere 1,5 - Cantiere secondario opere di presa Seligheddu                   | 54,8       |
| NR_11   | Abitazione              | Cantiere 2,5 Pasana                                                            | 62,0       |
| NR_12   | Servizi sanitari        | Cantiere 6,3                                                                   | 58,8       |
| NR_13   | Abitazione              | Cantiere 2,1                                                                   | 59,6       |
| NR_14   | Abitazione              | Cantiere 2,1                                                                   | 51,8       |
| NR_15   | Annesso agricolo        | Cantiere 1,4 - Cantiere Secondario Opere di presa San Nicola                   | 57,5       |
| NR_16   | Abitazione              | Cantiere 1,4 - Cantiere Secondario Opere di presa San Nicola                   | 58,0       |
| NR_17   | Abitazione              | Cantiere 1,4 - Cantiere Secondario Opere di presa San Nicola                   | 50,6       |
| NR_18   | Abitazione              | Cantiere 1,1                                                                   | 62,7       |
| NR_19   | Abitazione              | Cantiere 1,1                                                                   | 65,9       |
| NR_20   | Locale industriale      | Cantiere 1,1                                                                   | 62,6       |
| NR_21   | Locale industriale      | Cantiere 1,3                                                                   | 61,5       |
| NR_22   | Distributore carburante | Cantiere 1,3                                                                   | 63,7       |
| NR_23   | Locale industriale      | Cantiere 1,3                                                                   | 55,5       |
| NR_24   | Locale commerciale      | Cantiere 6,2                                                                   | 68,8       |
| NR_25   | Edicola                 | Seligheddu 6,1                                                                 | 67,1       |
| NR_26   | Locale commerciale      | Seligheddu 6,1                                                                 | 66,4       |
| NR_27   | Azienda agricola        | Cantiere 4,1                                                                   | 64,4       |

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



|       |                         |                                                              |      |
|-------|-------------------------|--------------------------------------------------------------|------|
| NR_28 | Partitore<br>acquedotto | Cantiere 4,2                                                 | 62,4 |
| NR_29 | Abitazione              | Cantiere 2,4 AU NIEDDA                                       | 67,7 |
| NR_30 | Abitazione              | Cantiere 2,4 AU NIEDDA                                       | 56,8 |
| NR_31 | Abitazione              | Cantiere 1,5 - Cantiere secondario opere di presa Seligheddu | 56,3 |
| NR_32 | Abitazione              | Seligheddu                                                   | 69,2 |
| NR_33 | Scuola superiore        | Seligheddu                                                   | 63,0 |
| NR_34 | Abitazione              | Cantiere 2,6                                                 | 67,5 |
| NR_35 | Abitazione              | Cantiere 2,2 - Cantiere Principale San Nicola / Gadduresu    | 67,8 |
| NR_36 | Abitazione              | Cantiere 2,3                                                 | 65,1 |
| NR_37 | Abitazione              | Cantiere principale Gadduresu 2,2                            | 62,3 |
| NR_38 | Abitazione              | Cantiere 6,4                                                 | 63,0 |
| NR_39 | Abitazione              | Cantiere 6,2                                                 | 67,3 |
| NR_40 | Abitazione              | Cantiere 6,2                                                 | 67,3 |
| NR_41 | Abitazione              | Cantiere 6,2                                                 | 67,8 |
| NR_42 | Scuola<br>elementare    | Cantiere principale Gadduresu 2,2                            | 54,5 |

*Tabella 7-7: Risultati della simulazione*

Dalla simulazione si evince che i valori di immissione, nella fascia oraria diurna visto che il cantiere funzionerà solo in tale periodo di riferimento TR, saranno mediamente superiore ai 60 dB(A) e non raggiungeranno mai i 70 dB(A).

## 7.7 Mitigazioni

Tra le lavorazioni previste per la realizzazione di tale opera, quella che può considerarsi principalmente impattante è rappresentata dalle operazioni di scavo con la conseguente produzione di emissione sonore, che comportano il mancato rispetto dei limiti normativi vigenti nei confronti dei ricettori posti nelle immediate vicinanze. Si precisa che il DPCM 1 marzo 1991 stabilisce che le attività temporanee, quali cantieri edili, qualora comportino l'impiego di macchinari ed impianti rumorosi, possono essere autorizzare anche in deroga ai limiti di cui al DPCM 1 marzo 1991, dal sindaco.

Anche per verificare direttamente l'ottemperanza di quanto sopra, si manifesta sin da ora la

disponibilità di effettuare appositi monitoraggi acustici durante la fase di cantiere (qualora risulti necessaria l'applicazione della suddetta deroga). Se presso il recettore si dovesse riscontrare a seguito di verifiche strumentali, durante la fase di esecuzione di lavori il superamento dei limiti di immissione sonora, si provvederà a ridurre il numero di mezzi operanti nell'area o ad installare barriere acustiche temporanee.

In sintesi, al fine di garantire il contenimento delle emissioni sonore durante le lavorazioni, si forniscono le seguenti indicazioni mitigative:

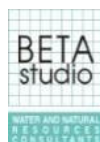
- impiego di macchine conformi al D.lgs. 4 settembre 2002 n.262, attuazione della Direttiva 2000/14/Ce dell'08 maggio 2000 concernente l'emissione acustica ambientale delle macchine ed attrezzature destinate a funzionare all'aperto;
- spegnimento dei macchinari, impianti, mezzi durante le attività in cui non è richiesto il loro impiego;
- orientamento/localizzazione di eventuali impianti fissi più rumorosi alla massima distanza possibili dai limitrofi ricettori presenti;
- formazione nei confronti degli operatori al fine di evitare comportamenti inutilmente rumorosi.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*



## 8 VIBRAZIONI IN SOTTERRANEO

Tra le opere in progetto risulta essere presente la galleria naturale dello scolmatore 2 Abba Fritta – Cabu Abbas che, dato il tracciato che passa al di sotto della zona abitata di Sa Minda Noa, necessita di un approfondimento riguardo il tema delle vibrazioni che si generano durante lo scavo della galleria. Nel presente capitolo si descrivono le attività e le valutazioni da compiere durante i lavori, sulla base del modello geologico e geotecnico definito nella progettazione.

### 8.1 Scolmatore 2 “Abba Fritta – Cabu Abbas”

Il secondo elemento delle opere esterne alla città di Olbia che provvede alla difesa idraulica della città è costituito dal cosiddetto scolmatore 2 “Abba Fritta - Cabu Abbas”.

Tale canale scolmatore ha l'obiettivo di intercettare le portate di piena dell'affluente principale del Rio San Nicola che sfocia nel Golfo romano di Olbia che è il Rio Abba Fritta.

Lo scolmatore 2 “Abba Fritta – Cabu Abbas” ha lo scopo di recapitare le acque intercettate presso l'opera di presa sul Rio Abba Fritta (40 m<sup>3</sup>/s) nel canale Cabu Abbas, in zona Cipnes, il quale a sua volta sfocia in mare al largo del Golfo romano di Olbia, nei pressi del molo Cocciani.

#### 8.1.1 Descrizione e tracciato dell'opera

Lo scolmatore 2 presenta una lunghezza di circa 2.100 m, con incile ad una quota di 31,30 m s.m.m. e scarico nel Cabu Abbas a 24,97 m s.m.m. La pendenza media longitudinale è dello 0,3%.

La portata TR200 del Rio Abba Fritta alla sezione di presa presenta un picco di piena di 41,1 m<sup>3</sup>/s e, considerando di scolmare la quasi totalità della piena (40 m<sup>3</sup>/s) nello scolmatore 2, la sezione necessaria ha dimensioni 6x4 m.

Lo scolmatore 2 “Abba Fritta – Cabu Abbas” è costituito da 3 sezioni tipologiche:

- Una sezione in galleria artificiale di larghezza 6 m e altezza 4 m per una lunghezza di sviluppo longitudinale 270 + 60 + 30 = 360 m (in giallo sotto);

- Una sezione in galleria naturale di medesime dimensioni, per una lunghezza di sviluppo longitudinale 1.000 m (in rosso sotto);
- Una sezione a cielo aperto di sviluppo longitudinale  $330 + 440 = 770$  m (in verde sotto).

La lunghezza complessiva del canale scolmatore è pari a 2.130 m.

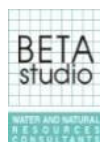


Figura 8.1: Planimetria del canale scolmatore 2 Abba Fritta – Cabu Abbas (tratto iniziale)

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



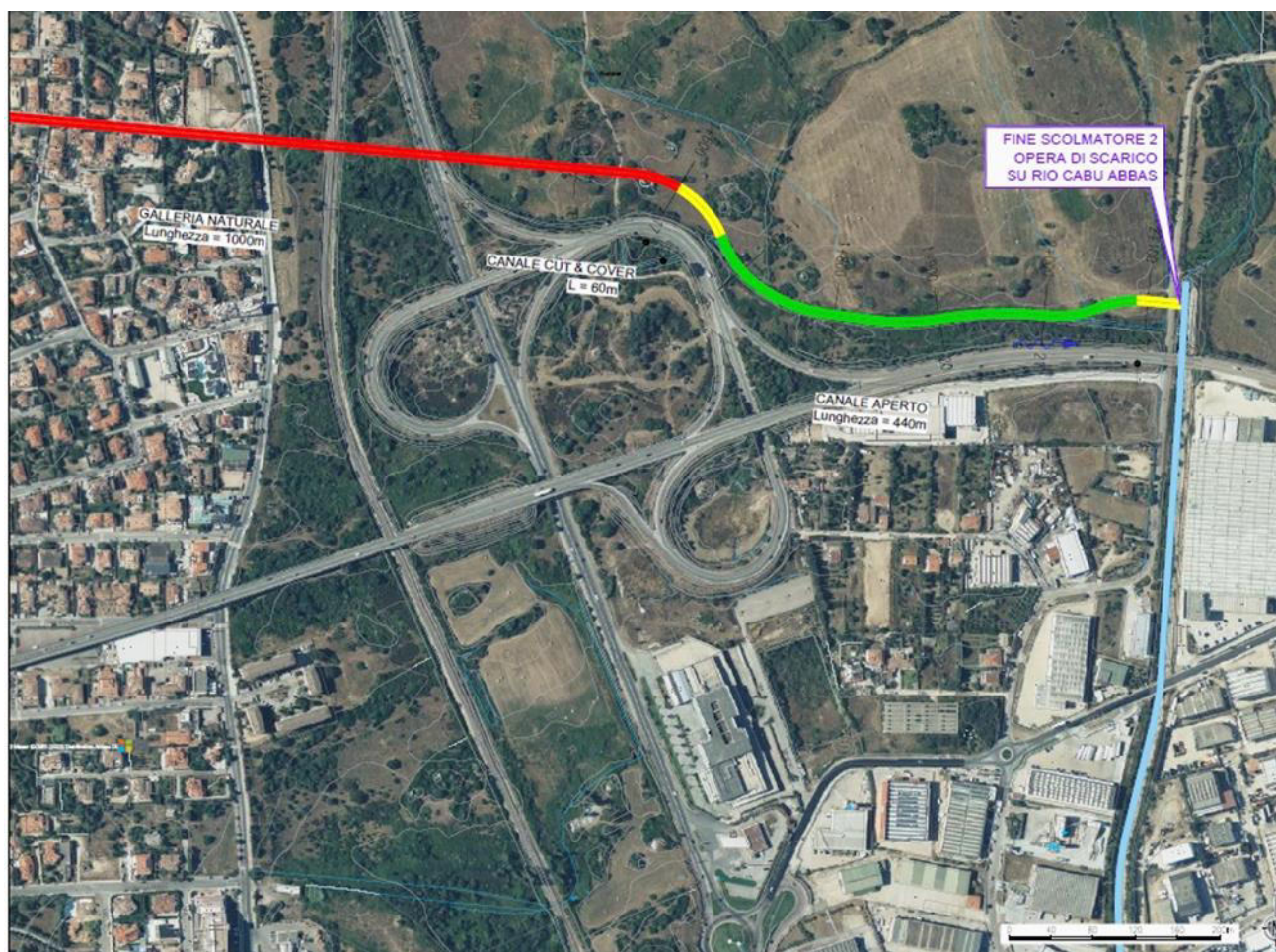


Figura 8.2: Planimetria del canale scolmatore 2 Abba Fritta – Cabu Abbas (tratto iniziale)

Di particolare importanza, ai fini della definizione delle vibrazioni, risulta essere il tratto in galleria naturale che sottopassa l’abitato di Sa Minda Noa. Infatti, risulta fondamentale valutare gli effetti che le vibrazioni indotte dagli scavi generano sul terreno, al fine di monitorare l’interferenza fra i lavori, i terreni e le strutture preesistenti.

Di seguito si riporta il profilo dello scolmatore 2:

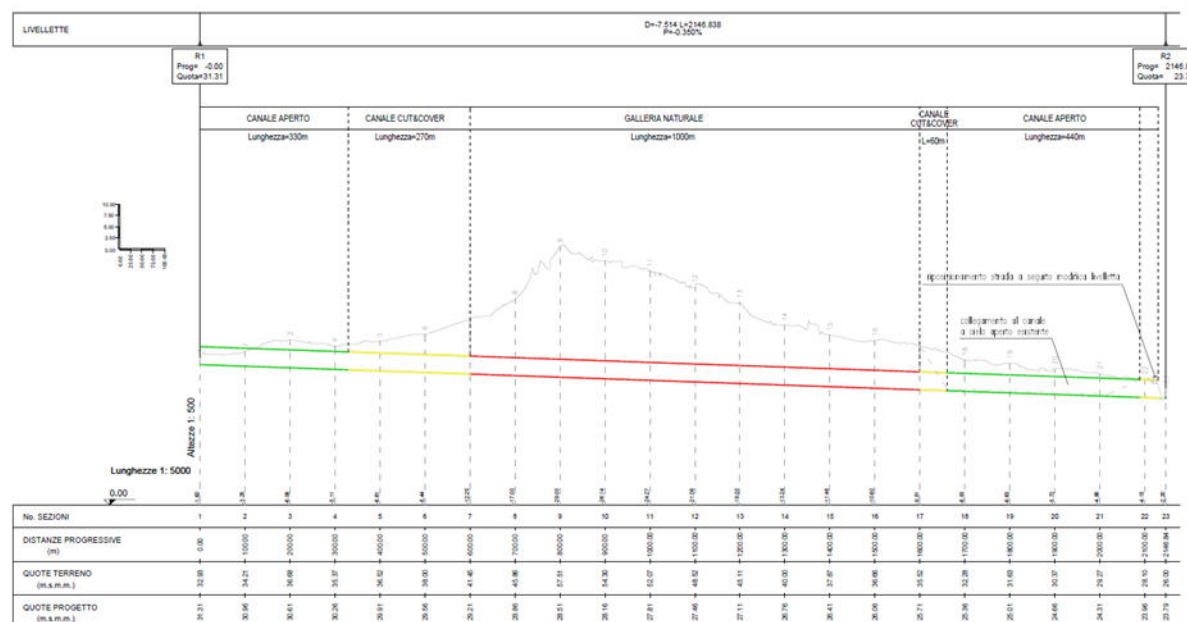


Figura 8.3: Profilo longitudinale del canale scolmatore 2 Abba Fritta-Cabu Abbas. L'abitato di Sa Minda Noa risulta localizzato sul rilevato, ove i ricoprimenti della galleria variano dai 18-25m circa

Come riportato nel profilo geotecnico e geologico dello scolmatore 2 (tavola 1.03.15), il controllo delle vibrazioni è previsto tra le progressive 0+700 e 1+140 circa, ovvero per l'area al di sotto dell'abitato di Sa Minda Noa.

In questo tratto, data la presenza di un granito litoide integro con RQD medio del 60-70%, è prevista la realizzazione della galleria a sezione rettangolare mediante taglio a filo diamantato, tale tecnica permette l'estrazione di blocchi di granito integri che vengono riutilizzati per il rivestimento delle sponde dei canali urbani (la descrizione della tecnica di scavo è riportata al Par. 1.1.2). A favore di sicurezza, si è ipotizzato che un 20% della lunghezza totale della galleria naturale possa presentare un granito litoide con caratteristiche meno performanti, necessitando quindi di una sezione differente (sezione policentrica tipologia B0).

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

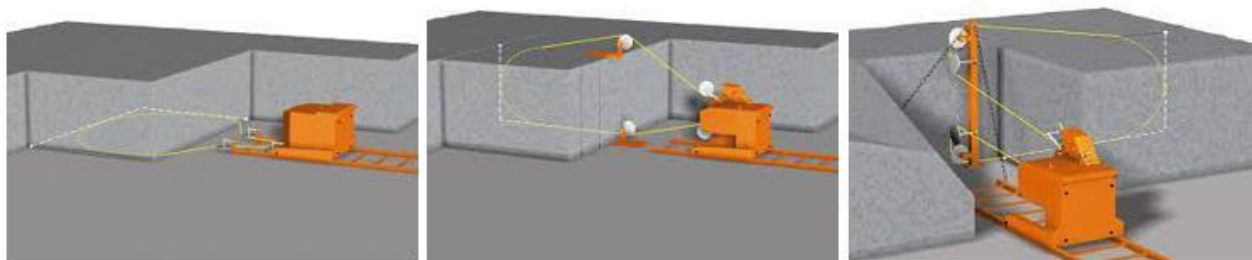
### 8.1.2 Metodologia di scavo della galleria naturale

La tecnica di scavo della galleria rettangolare, al fine dell'estrazione dei blocchi di granito, si basa sulla modalità di estrazione del granito in cava che, negli ultimi 15 anni, ha avuto un'interessante innovazione che, oltre a vantaggi relativi alla riduzione del rumore, della produzione delle polveri e delle vibrazioni, ha ridotto sensibilmente anche i tempi di estrazione e, quindi, i costi generali (energia, acqua e manodopera).

Questa tecnica consiste nell'utilizzo di una macchina tagliatrice che, mettendo in rotazione un filo diamantato a circuito chiuso attraverso l'ausilio di carrucole, permette il taglio dell'ammasso roccioso andando ad asportare progressivamente un sottilissimo spessore di materiale lapideo.

In particolare, la tecnica necessita di avere tre lati del blocco accessibili: frontalmente (nella direzione di scavo), lateralmente (avendo a disposizione un canale di larghezza minima 3 m) e superiormente (avendo a disposizione, al di sopra della superficie superiore, minimo 2 m di altezza), in modo da permettere la predisposizione dei fori complanari nei quali, successivamente, si farà scorrere il filo diamantato.

Nella figura seguente è schematizzata la modalità di taglio delle superfici del blocco.



*Figura 8.4: A sinistra è raffigurata la modalità di taglio del lato inferiore; al centro, la modalità di taglio per la superficie laterale; a destra, la modalità di taglio del lato posteriore. I tratteggi bianchi rappresentano i fori complanari ed intersecanti nei quali far scorrere il filo diamantato (in giallo)*

I tre fori da eseguirsi lungo gli spigoli del blocco devono essere convergenti ed intersecanti, al fine di permettere l'inserimento del filo diamantato. L'esecuzione di tali fori avviene tramite

un'apposita macchina perforatrice che, sfruttando dei sensori, permette di correggere la direzione del foro sino al punto di intersezione. Sono ammesse lunghezze di perforazione nell'ordine dei 30 m.

Il filo diamantato è l'elemento che permette il taglio del materiale lapideo. Esso è costituito da un cavo di acciaio che assorbe le sollecitazioni e sostiene le perline diamantate che sono la vera componente disgregatrice della roccia. Il cavo viene quindi fatto passare attraverso i fori e, successivamente, viene saldato alle due estremità cosicché si formi il circuito chiuso necessario per il taglio. La possibilità di saldare le estremità del cavo permette anche di unire più cavi assieme ed estendere, a seconda della necessità, la lunghezza del filo. La saldatura deve essere eseguita a regola d'arte, in quanto risulta essere il punto debole della catena.

Come si può osservare nelle immagini seguenti, durante la lavorazione il cavo diamantato necessita di un costante apporto d'acqua al fine di non surriscaldare troppo il filo e portarlo a rottura prima del necessario.

Oltre a questa funzione, l'acqua permette di intercettare le modeste quantità di polveri e frammenti di roccia che si formano durante la lavorazione. La combinazione delle due componenti porta alla formazione di un fango che si accumula alla base del blocco, risulta palabile e può essere smaltito, previa asciugatura, in discarica. Il volume del fango prodotto, in prima approssimazione, può essere considerato pari allo 0,4-0,5% dell'area tagliata.



Figura 8.5: Esperienza in cava: la modalità di taglio della superficie laterale del blocco

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

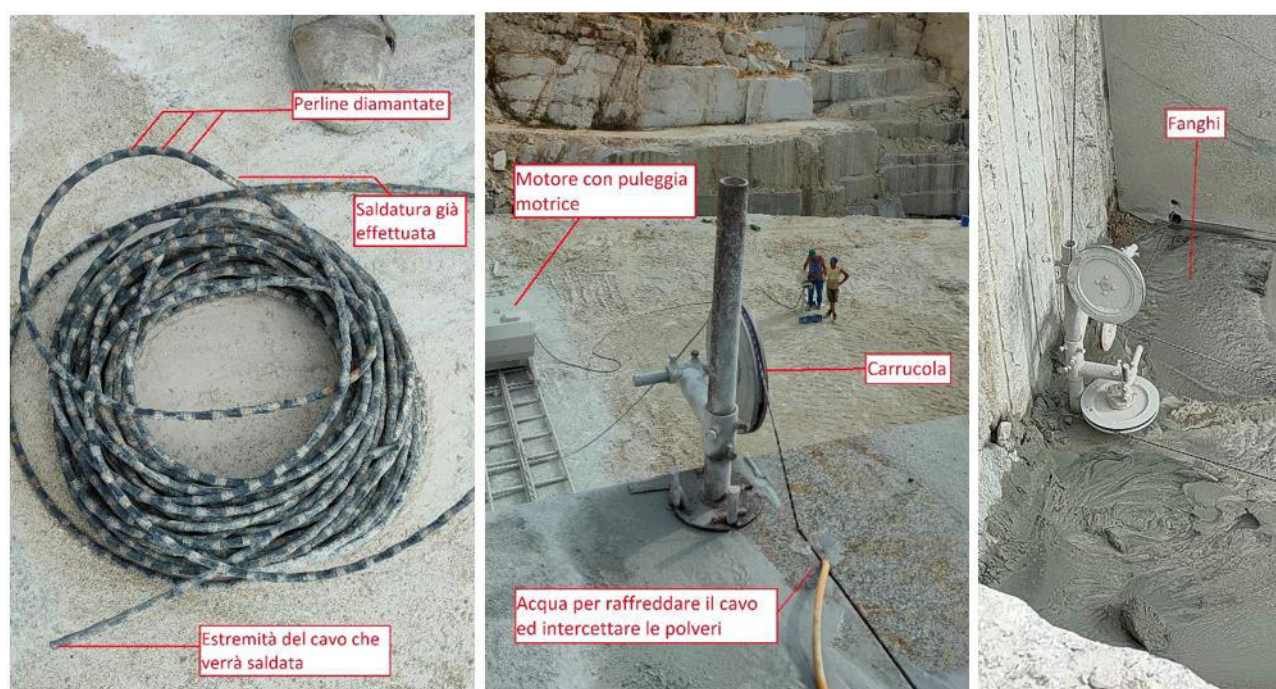


Figura 8.6: Esperienza in cava. A sinistra, particolare del filo diamantato; al centro, particolare della carrucola posta superiormente al blocco da tagliare (la sua forma e posizione dipende dalla superficie da tagliare); a destra, i fanghi prodotti durante il taglio

#### 8.1.2.1 Applicazione alle opere di progetto

Lo sviluppo della tecnica di estrazione dei blocchi di granito con il taglio a filo può essere applicato anche in un ambiente confinato come la galleria naturale. Gli spazi ristretti ed un unico fronte di scavo accessibile necessitano però di piccoli accorgimenti affinché la tecnica possa essere applicata con successo.

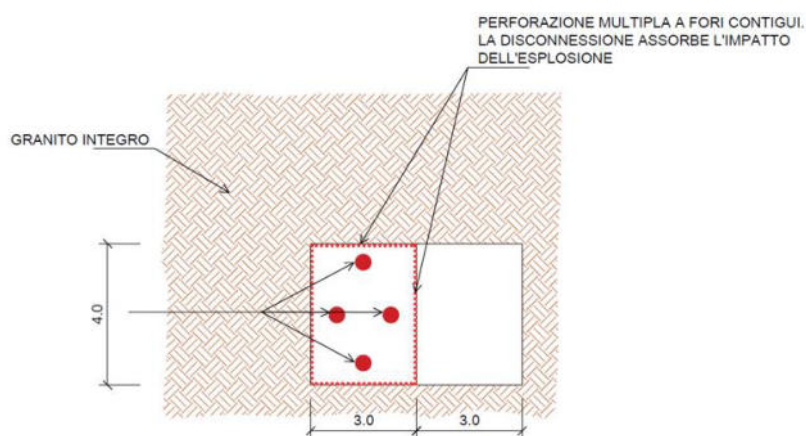
Gli scolmatori previsti in progetto, compreso lo scolmatore 2 Abba Fritta-Cabu Abbas, presentano lunghi tratti in galleria naturale scavati in granito profondo, compatto e poco fratturato. Lungo questi tratti in galleria, si è adattata la modalità di scavo che permette l'estrazione di blocchi di granito. Si riportano di seguito le fasi di realizzazione.

##### 1) Scavo del cunicolo pilota

La prima fase consiste nell'isolare il blocco da estrarre andando a rendere accessibile la

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

seconda superficie necessaria per applicare la modalità di estrazione a filo. La prima superficie, già accessibile, risulta essere il fronte scavo; si procederà quindi a rendere accessibile la seconda superficie tramite la realizzazione di un foro pilota (larghezza 3 m per permettere l'ingresso ai mezzi). La realizzazione del foro pilota avviene tramite esplosivo andando preventivamente a disconnettere l'ammasso roccioso da far esplodere tramite una perforazione multipla a fori contigui.



*Figura 8.7: Scolmatore 2 - predisposizione del fronte scavo per la realizzazione del canale pilota. Prima dell'esplosione risulta necessario disconnettere l'ammasso di granito tramite una perforazione multipla a fori contigui*

Si realizzerà così un canale pilota di lunghezza circa pari a 30 m che presenterà, se necessario, dei chiodi per la stabilità dell'ammasso roccioso.

## 2) Scavo della calotta

L'esigenza di avere una terza superficie del blocco accessibile comporta la necessità di scavare la calotta della galleria. La calotta dovrà presentare un'altezza di almeno 2 m, al fine di permetterne l'accesso. Analogamente al canale pilota, si disconetterà la superficie verticale dall'ammasso roccioso tramite la realizzazione di fori contigui e le due superfici

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

orizzontali tramite carrucole e taglio a filo. Una volta eseguita la disconnessione, si procederà con la fiorettatura della calotta.

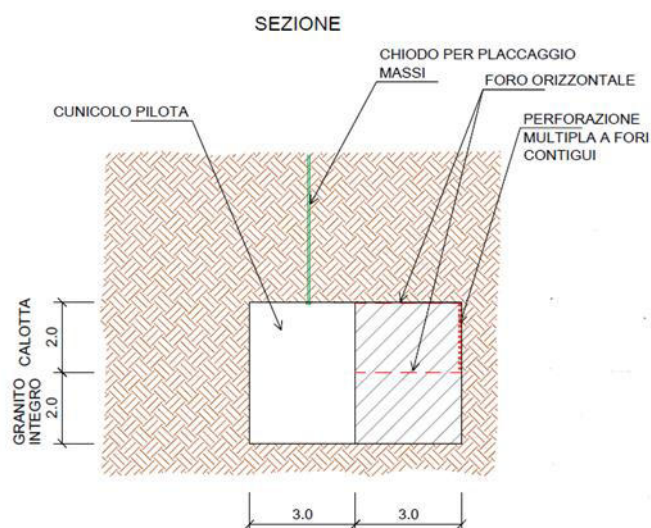


Figura 8.8: Scolmatore 2 – realizzazione della disconnessione della calotta tramite fori contigui e taglio a filo e successiva fiorettatura dei due blocchi

### 3) Taglio dei blocchi di granito

Una volta che sono state rese accessibili le tre superfici necessarie per l'applicazione della tecnica del taglio a filo, si procederà all'installazione delle carrucole e all'estrazione dei blocchi di granito. Questi presentano dimensione 1x1x2 m, per quanto riguarda la galleria dello scolmatore 2 e 1x1,5x2 m, per quanto riguarda le gallerie dello scolmatore 1.

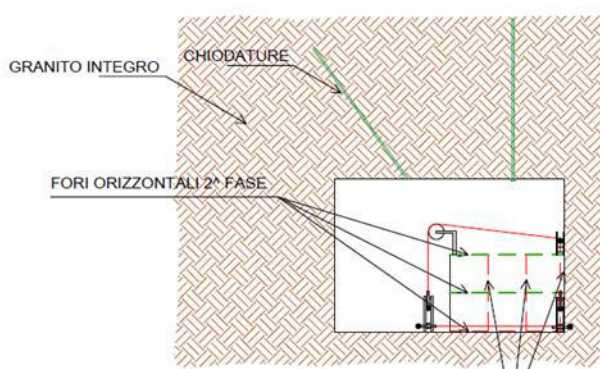


Figura 8.9: Scolmatore 2 – installazione delle carrucole e taglio dei blocchi

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

Dalla metodologia di scavo sopra descritta, le fasi che generano un maggior impatto in termini di vibrazioni risultano essere le fasi iniziali di apertura del canale pilota e della calotta, previste tramite microcariche.

Il monitoraggio delle vibrazioni sarà particolarmente focalizzato durante questa fase dei lavori.

## 8.2 Monitoraggio delle vibrazioni e spostamenti

### 8.2.1 Vibrazioni

Le vibrazioni sono ad oggi una delle cause prevalenti delle lamentele derivanti da lavori condotti in aree antropizzate e il monitoraggio strumentale rappresenta una possibile soluzione a questo problema al fine di:

- documentare la variazione dei livelli di vibrazione rispetto all’ante operam;
- verificare il rispetto dei limiti normativi;
- svolgere azione preventiva e di controllo nel caso di superamento degli standard normativi.

#### 8.2.1.1 Livelli ammissibili

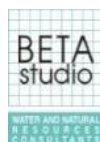
Nella definizione delle soglie di sismicità si fa riferimento alla Norma UNI 9916, che tratta l’argomento delle vibrazioni indotte all’intorno dall’esecuzione dei lavori, ed ai limiti ammissibili in velocità ed accelerazione di cui alle tabelle allegate alla DIN 4150-3 “Vibrazioni nelle costruzioni - Parte 3 - Effetti sui manufatti”. In tali tabelle, di seguito riportate in Figura 1.10, per la categoria “edifici residenziali e simili”, considerando un campo di frequenze compreso fra 10 – 50 Hz, i limiti ammissibili di velocità di vibrazione sono:

$$V_{\text{adm}} = 5\text{-}15 \text{ mm/sec}$$

per vibrazioni di breve durata, cioè, tali da escludere problemi di fatica e amplificazione dovuti a risonanza.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



Tale velocità è espressa in termini di velocità di picco di una componente puntuale (p.c.p.v – peak component particle velocity) definita come il valore massimo del modulo di una delle tre componenti ortogonali misurate simultaneamente.

Per le vibrazioni provocate nelle costruzioni dallo scoppio di mine, dalle attività di macchine di cantiere e dal traffico su strada e ferroviario, la norma UNI 9916 rimanda alla Normativa Svizzera SN 640312 riportata in Figura 1.11. La grandezza di riferimento è la velocità p.p.v. cioè, il picco nel tempo del modulo del vettore velocità.

Facendo cautelativamente riferimento a basse frequenze, nell'ordine di 10 Hz, si ottengono i seguenti limiti per edifici di classe C (normalmente sensibili):

$V_{p_{adm}} \text{ SN 640312} = 15 \text{ mm/s}$  per eventi occasionali;

$V_{p_{adm}} \text{ SN 640312} = 6 \text{ mm/s}$  per eventi frequenti.

In tale contesto si ritiene di assumere, per il caso in studio, il seguente valore limite per le vibrazioni misurate al piano di fondazione dei fabbricati:

$$V_{p_{adm}} = 10 \text{ mm/s}$$

Questo valore dovrà comunque essere confermato alla luce delle reali caratteristiche strutturali degli edifici una volta eseguito il rilievo dello stato di consistenza.

LIMITI AMMISSIBILI ESPRESI IN VELOCITÀ\*

| Categoria | Tipi di strutture                                    | Velocità di vibrazione in mm/s * |       |          |                                       |
|-----------|------------------------------------------------------|----------------------------------|-------|----------|---------------------------------------|
|           |                                                      | Misura alla fondazione           |       |          | Misura al pavimento dell'ultimo piano |
|           |                                                      | Campi di frequenza (Hz)          |       |          |                                       |
|           |                                                      | <10                              | 10-50 | 50-100** | Frequenze diverse                     |
| 1         | Edifici commerciali industriali                      | 20                               | 20-40 | 40-50    | 40                                    |
| 2         | Edifici residenziali e simili                        | 5                                | 5-15  | 15-20    | 15                                    |
| 3         | Strutture sensibili, non rientranti nelle precedenti | 3                                | 3-8   | 8-10     | 8                                     |

\* Si intende la massima delle tre componenti della velocità nel punto di misura.

\*\* Per frequenze maggiori di 100 Hz possono applicarsi i valori riportati in questa colonna.

Figura 8.10: DIN 4150-3 Limiti vibrazionali ammissibili espressi in velocità

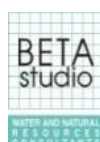
| Classe | Tipo di costruzione                                                                                                                                                                                                                                                | Esposizione | Valori di riferimento per la velocità di vibrazione p.p.v. in mm/s |                                                                    |                                                                    |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                    |             | Da 8 a 30 Hz                                                       | Da 30 a 60 Hz                                                      | Da 60 a 150 Hz                                                     |
| A      | Costruzioni molto poco sensibili (per es. ponti, gallerie, fondazioni di macchine)                                                                                                                                                                                 | Occasionale | Fino a tre volte i                                                 | Fino a tre volte i                                                 | Fino a tre volte i                                                 |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                    | Frequente   | Valori                                                             | Valori                                                             | Valori                                                             |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                    | Permanente  | corrispondenti alla classe C                                       | corrispondenti alla classe C                                       | corrispondenti alla classe C                                       |
| B      | Costruzioni poco sensibili (per es. edifici industriali in cemento armato o metallici) costruiti a regola d'arte e con manutenzione adeguata                                                                                                                       | Occasionale | Fino a due volte i                                                 | Fino a due volte i                                                 | Fino a due volte i                                                 |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                    | Frequente   | Valori                                                             | Valori                                                             | Valori                                                             |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                    | Permanente  | corrispondenti alla classe C                                       | corrispondenti alla classe C                                       | corrispondenti alla classe C                                       |
| C      | Costruzioni normalmente sensibili (per es. edifici di abitazione in muratura di cemento, cemento armato o mattoni, edifici amministrativi, scuole, ospedali, chiese in pietra naturale o mattoni intonacati) costruiti a regola d'arte e con manutenzione adeguata | Occasionale | 15                                                                 | 20                                                                 | 30                                                                 |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                    | Frequente   | 6                                                                  | 8                                                                  | 12                                                                 |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                    | Permanente  | 3                                                                  | 4                                                                  | 6                                                                  |
| D      | Costruzioni particolarmente sensibili (per es. monumenti storici e soggetti a tutela, case con soffitti in gesso, edifici della classe C nuovi o ristrutturati di recente)                                                                                         | Occasionale | Valori compresi tra quelli previsti per la classe C e la loro metà | Valori compresi tra quelli previsti per la classe C e la loro metà | Valori compresi tra quelli previsti per la classe C e la loro metà |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                    | Frequente   |                                                                    |                                                                    |                                                                    |
|        |                                                                                                                                                                                                                                                                    | Permanente  |                                                                    |                                                                    |                                                                    |

Figura 8.11: SN 640312. Limiti vibrazionali ammissibili espressi in velocità

Raggruppamento temporaneo di progettisti:



(Capogruppo mandataria)



### 8.2.1.2 Vibrazioni attese – scavo con esplosivo

Parte dell'energia liberata dall'esplosivo non è impiegata nella fratturazione della roccia e si diffonde nell'ammasso producendo vibrazioni sismiche che si attenuano allontanandosi dal punto di scoppio. Solitamente, in ambito tecnico, per rappresentare il livello di sismicità indotto dal passaggio di un treno di onde sismiche dovuto ad una volata si fa riferimento alla velocità vettoriale massima "vp" che le particelle raggiungono al passaggio dell'onda (velocità di picco).

La legge empirica di attenuazione (legge di scala) utilizzata normalmente fa ricorso al concetto di distanza scalata  $D_s$ :

$$(1) \quad v_p = A D_s^{-\beta}$$

$$(2) \quad D_s = D / q^\alpha$$

dove D e q sono rispettivamente la distanza dal punto di scoppio e la carica istantanea. Infatti, oltre che alla distanza D, l'entità delle vibrazioni prodotte dalla volata è correlata al valore della carica istantanea q, cioè dalla quantità di esplosivo che esplode simultaneamente.

La Figura 8.12 rappresenta un'ampia casistica di dati sperimentali tratti dalla letteratura specialistica. In essa si rappresenta la correlazione tra distanza scalata e velocità di picco. Si vede che, in generale, si può porre:

$$\alpha = 0.5 \text{ (valido per cariche cilindriche)}$$

$$\beta = 1.55$$

Il valore della costante A può variare nel range  $A=15-600$  e, in prima approssimazione, può essere assunto per rappresentare la roccia. Rocce molto trasmissive, di elevata qualità geomeccanica, avranno i valori maggiori della costante A, mentre rocce che dissipano rapidamente l'onda sismica saranno caratterizzate da bassi valori di A.

Nel caso in studio il diametro dello scavo è di circa 4 m (foro pilota) mentre la copertura della galleria naturale (parametro D della formula (2)) è variabile fino a valori massimi nell'ordine di 25 m circa. Per la definizione delle costanti di attenuazione in Figura 8.12 si riportano i

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

valori della costante A in relazione alla curva di resistenza di picco della roccia.

Vista la caratterizzazione dell'ammasso roccioso, considerando il fatto che il granito lapideo è comunque una roccia di medie/alte caratteristiche geomeccaniche (RQD medio 60-70%), si è in questa sede assunto per la costante A il seguente valore:

$$A = 350^1$$

Con una sezione di scavo pari a circa 12 m<sup>2</sup> (area del canale pilota), ipotizzando una carica totale di circa 40 Kg per uno sfondo di circa 4,0 m (volume abbattuto quindi di circa 48 m<sup>3</sup>) si ottiene una densità di carica unitaria di 0,83 Kg/mc. Tale valore risulta congruente se si pensa che, normalmente, la carica unitaria adottata varia, in funzione delle caratteristiche della roccia, fra 0,8 – 1,2 Kg/m<sup>3</sup>. Ipotizzando di distribuire tale carica complessiva sui diversi settori del fronte, con 10 ritardi, otteniamo una carica istantanea (q) di 4,0 Kg.

**Applicando le formule precedentemente esposte (1) - (2) si ottiene che i valori di Vp sono inferiori a 10 mm/sec per coperture pari o superiori a 19,5 m.**

Fermo restando la necessità di un calcolo tarato sulla base dell'effettivo studio della volata, da effettuarsi da parte dell'impresa appaltatrice prima dell'inizio dei lavori in sotterraneo e di un successivo monitoraggio sperimentale in corso d'opera, constatato che la galleria si sviluppa completamente in granito lapideo con coperture prossime o maggiori di 18 m, in fase di realizzazione si dovrà comunque tener conto della eventuale necessità di adottare sistemi di scavo in grado di garantire il mantenimento delle vibrazione entro livelli accettabili.

---

<sup>1</sup> Per la galleria scolmatrice del Fereggiano (GE), già costruita, è stato assunto un valore di A pari a 250, in riferimento alla roccia Flysch di Antola che presenta medie caratteristiche geomeccaniche.

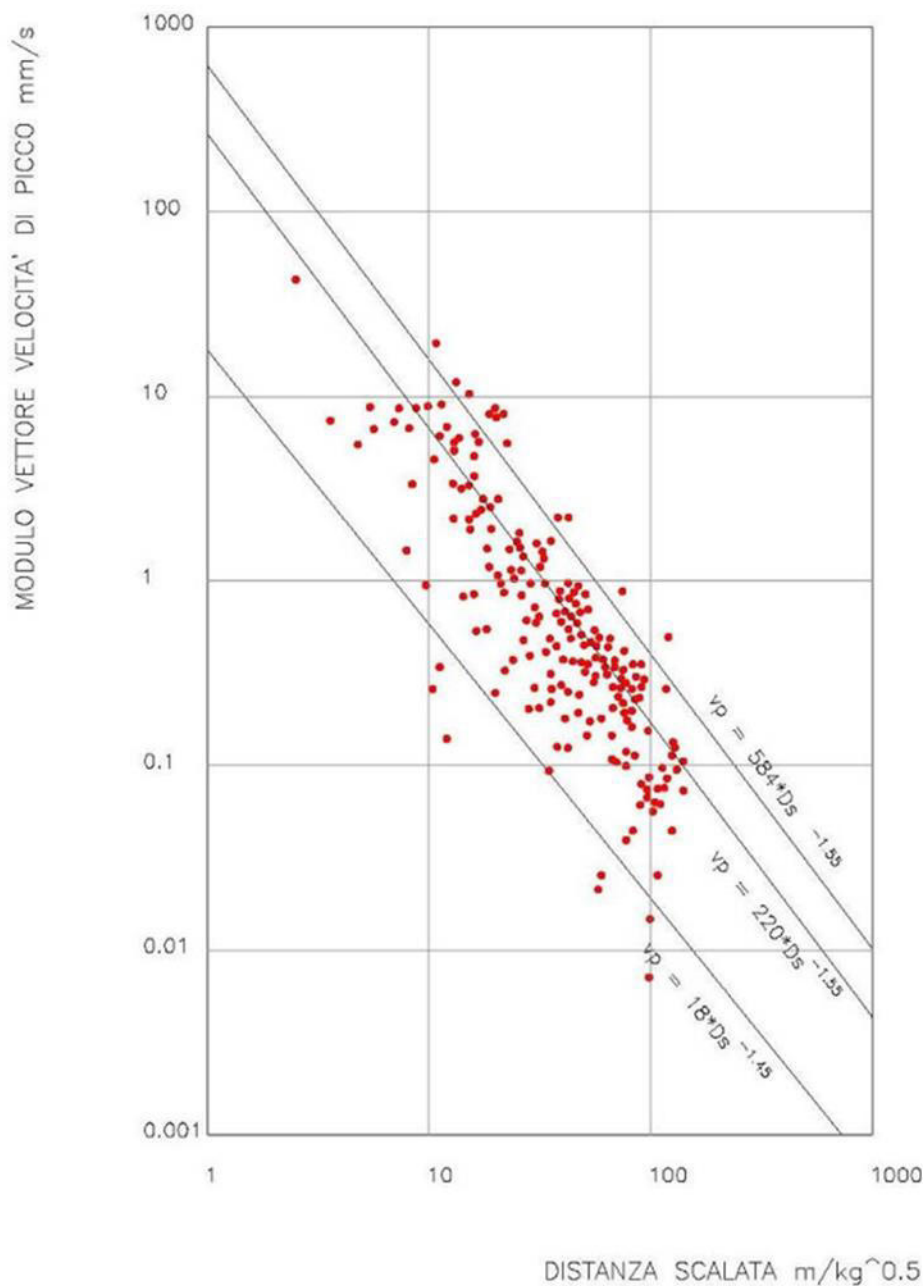


Figura 8.12: Legge empirica di attenuazione della sismicità indotta

Raggruppamento temporaneo di progettisti:

## 8.2.2 Monitoraggi di superficie e in galleria

Stante quanto esposto ai paragrafi precedenti e a quanto riportato nella relazione geotecnica, il progetto ha previsto delle prime indicazioni sui monitoraggi di superficie.

Nel presente paragrafo si riportano, in via generale, i monitoraggi di superficie e in galleria previsti e, nello specifico, quelli individuati preliminarmente nell’area interessata dallo scolmatore 2 “Abba Fritta-Cabu Abbas”.

### 8.2.2.1 Monitoraggio di superficie

In via generale, sulle opere poste nelle adiacenze delle aree di intervento (nel caso di scavi a cielo aperto) o in superficie sulla verticale dei tratti in galleria naturale, si prevede preliminarmente l’esecuzione dello stato di consistenza degli edifici volto a definire l’effettiva condizione ante-operam. Tale attività è prevista a tutela della stazione appaltante, dell’impresa esecutrice e dei proprietari dei fabbricati stessi.

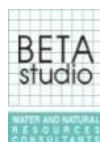
A valle dello stato di consistenza si provvede all’installazione della strumentazione di monitoraggio. In linea generale è prevista l’installazione di fessurimetri manuali, più limitatamente elettrici lungo le fessure esistenti, oltre a clinometri fissi sulle pareti, allineamenti di caposaldi topografici a terra, e mire ottiche da posizionare sia sulle nuove opere (ad esempio sui cordoli delle paratie) che sulle strutture esistenti, e il posizionamento di fonometri per il monitoraggio delle vibrazioni e, ove necessario, del rumore. È stata altresì prevista l’installazione, in fori di sondaggio, di piezometri per il controllo della falda e delle sue variazioni naturali o conseguenti ai lavori nel tempo, che si affiancheranno alla rete piezometrica esistente (ove preservata nel tempo) oltre ad inclinometri per monitorare gli spostamenti del terreno a margine degli scavi più impegnativi e prossimi a preesistenze. Pozzetti ed inclinometri saranno protetti da pozzetti metallici. La campagna di misure sulla strumentazione sarà effettuata da tecnici abilitati, meglio se appositamente dedicati a questa specifica attività; i dati potranno essere elaborati e caricati su un apposito portale, accessibile tramite password a diversi livelli di conoscenza e dettaglio, in modo da permettere agli utenti abilitati di verificare l’effettivo impatto che i lavori determinano sulle preesistenze locali.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*



Per quanto concerne il cantiere dello scolmatore 2 (facente parte del lotto 1), il monitoraggio è concentrato sulla zona edificata lungo la verticale della galleria naturale di Sa Minda Noa, sugli imbocchi della galleria e lungo gli scavi a cielo aperto dello scolmatore, specie laddove si hanno le maggiori altezze di scavo.



Figura 8.13 – In rosso le aree oggetto di monitoraggio

Si riepilogano di seguito le attività e strumentazioni di monitoraggio previste, in via preliminare, nel lotto 1.

|                                                         |        |
|---------------------------------------------------------|--------|
| Stato consistenza edifici                               | 25.00  |
| Installazione piezometro a tubo aperto                  | 4.00   |
| Installazione inclinometro                              | 4.00   |
| Fessurimetro manuale a piastra piano o angolare         | 150.00 |
| Fessurimetri elettrico                                  | 15.00  |
| Estensimetro a filo                                     | 15.00  |
| Piastre clinometro removibili per tiltmetro portatile   | 100.00 |
| Clinometro fisso biassiale ad alte prestazioni          | 4.00   |
| Caposaldo topografico o staffa a perno o bulloni torici | 100.00 |
| Mire ottiche (miniprisma) riflettenti imbullonate       | 60.00  |
| Monitoraggio vibrazioni in continuo per 24 ore          | 10.00  |

Tabella 8-1 – Strumentazioni e monitoraggi previsti nel lotto 1

### 8.2.2.2 Monitoraggio in galleria

Per quanto concerne il monitoraggio in galleria, il progetto prevede anche attività volte al controllo tenso-deformativo in corso d'opera dell'ammasso interessato dagli scavi.

Lo scopo delle misure in corso d'opera è essenzialmente il controllo del comportamento

delle strutture di rivestimento nei confronti delle condizioni geomeccaniche effettivamente incontrate in galleria, consentendo la taratura delle tecnologie esecutive e l'affinamento delle soluzioni progettuali adottate. Più in particolare con le misure in corso d'opera si cercano le seguenti risposte:

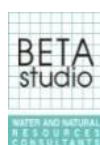
- il controllo della sicurezza;
- la determinazione e verifica delle proprietà dei materiali;
- la verifica della validità delle scelte progettuali con riferimento al metodo costruttivo, e l'adeguamento della tempistica delle operazioni in cantiere condotta sulla base delle misure in sito;
- il confronto delle previsioni teoriche con il comportamento geomeccanico reale.

Per quanto concerne le gallerie di progetto, il programma di monitoraggio previsto, attuato con una serie di sezioni strumentate disposte lungo il loro tracciato, si articolerà in:

- rilievo sistematico delle fasi esecutive e delle cadenze di avanzamento;
- stazioni sistematiche di misura delle convergenze, caratterizzate dalla presenza di 5 chiodi di convergenza in corrispondenza delle sezioni policentriche e di 3 chiodi in quelle rettangolari;
- rilievo geologico dei fronti di scavo;
- stazioni di controllo, che prevedono la misura dello stato tensionale nei rivestimenti e dello stato deformativo dell'ammasso al contorno del cavo, presenti solo per le sezioni policentriche e caratterizzate da n. 3 celle di pressione poste tra l'ammasso e le centine del prerivestimento, n. 2 celle di carico poste sotto il piede delle centine e n. 1 estensimetro multibase installato lungo la calotta, sul lato destro o sinistro in modo indifferente dal momento che ci si attende un comportamento isotropo dell'ammasso. L'insieme dei dati forniti dalla campagna di monitoraggio concorrerà alla determinazione delle informazioni necessarie per la gestione dell'avanzamento e la scelta delle sezioni tipo, consentendo la taratura delle tecnologie esecutive e l'affinamento delle soluzioni progettuali adottate.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



## 9 PAESAGGIO

### 9.1 Premessa

Le premesse storico-culturali, sociali e gestionali hanno contribuito a creare una situazione in cui l'evoluzione urbana e periferica di Olbia è stata caratterizzata da un'assenza di attenzione e consapevolezza, che ha portato a uno sviluppo spesso sconsiderato e dannoso per l'ambiente. Questa situazione non è unica a Olbia, ma è condivisa da molti territori italiani, che stanno pagando il prezzo di un rischio idrogeologico sempre più diffuso. Gli eventi alluvionali si susseguono, e le città sono impreparate. Olbia sta cercando di rimediare, ma le soluzioni adottate sono spesso le stesse che vengono utilizzate in altri territori, che hanno già sperimentato e convivono con queste realtà.

Il territorio di Olbia è cresciuto rapidamente, grazie a un boom edilizio, demografico ed economico alimentato dal turismo. La città è nata in modo spontaneo, spinta da interessi speculativi e dall'incapacità di chi avrebbe dovuto pianificarla. Mentre Olbia si affacciava sulle luci della ribalta, dimenticava le periferie dell'entroterra e scivolava verso una pericolosa china.

Gli eventi che hanno scaturito la necessità di predisporre il progetto per le opere di mitigazione del rischio idraulico hanno dato di certo una scossa decisa al cittadino ed all'amministratore, risvegliando un'attenzione da tempo sopita. È stato scelto che le possibilità di azione fossero quelle che prevedono di poter restituire, in una certa misura, lo spazio del respiro vitale dell'elemento acqua: laddove questa esisteva e dove nel tempo è stata costretta e soffocata, si interverrà per restituire il maltolto.

Non sono state considerate le alternative di progetto che avrebbero mutato in qualsiasi modo la morfologia preesistente del territorio comunale, realizzando manufatti ancora più invasivi dal punto di vista della trasformazione dello stato dei luoghi esistenti. I nuovi argini e le relative sezioni presenteranno caratteristiche naturali con l'uso delle rocce locali ed idonea vegetazione, diventando occasione di accompagnamento dell'utente urbano in nuovi percorsi pedonali e ciclabili.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

## 9.2 Impatto paesaggistico delle opere

Per quanto riguarda le verifiche degli impatti paesaggistici si è proceduto con l'individuazione delle tipologie di vincolo esistenti. Le opere di mitigazione del rischio idraulico ad Olbia interessano sostanzialmente due categorie di vincolo, una fondamentale determinata dalla definizione delle fasce dei 150 metri dei fiumi, torrenti e corsi d'acqua, di cui all'art. 142 comma 1 lett. c) del D.lgs n. 42/04 e l'altra in base allo strumento del Piano Paesaggistico Regionale che perimetra con la Fascia Costiera le porzioni di territorio su cui esercitare un elevato grado di controllo negli interventi di trasformazione del paesaggio esistente. Ai fini di minor impatto paesaggistico, è rilevata nel fatto che si è cercato di attenersi il più possibile al rispetto dei corsi d'acqua naturalmente-storicamente definiti: intervenendo sull'adeguamento delle sezioni esistenti e creando pochi brevi tratti ex-novo soltanto in luoghi dove le opere ultimate avranno le sembianze di corsi d'acqua naturali. Tali elementi di per sé rappresentano solitamente un valore aggiunto del paesaggio naturale, e nel caso del territorio olbiese, non comportano alterazioni che possano sfociare in emergenze negative per le prospettive della città.

Affrontare la criticità di queste realizzazioni ha forzatamente richiesto che il progetto nascesse e si posizionasse sul territorio in base a due obiettivi correlati e dipendenti, quello di fornire alla città sicurezza trasformando nel modo più lieve possibile lo stato attuale dei luoghi.

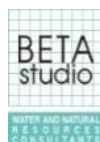
Le opere previste nel progetto, molteplici e diverse tra loro, per tipologia e caratteristiche costruttive, per funzioni e per collocazione geografica, urbana ed extraurbana, al fine di una più efficace integrazione negli ambiti di paesaggio dove si collocano, sono accompagnate da azioni di mitigazione e compensazione, volte a favorirne l'inserimento; le azioni di accompagnamento sono tese alla salvaguardia delle componenti ambientali e paesaggistiche, tali che le nuove opere non costituiscano interferenza, sia quando gli ambiti sono caratterizzati da elementi di naturalità/seminaturalità e sia quando viceversa, risultano propri di quadri antropizzati. In estrema sintesi, con riferimento alle ricadute ambientali e paesaggistiche ed alle azioni volte alla loro integrazione e mitigazione, possiamo elencare

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*



*(Capogruppo mandataria)*



le seguenti opere:

- **Scolmatori, con tratti in galleria naturale, cut&cover e cielo aperto** – in generale è possibile affermare che la realizzazione degli scolmatori in galleria naturale non ha nessun impatto significativo dal punto di vista paesaggistico mentre contribuisce attivamente dal punto di vista ambientale nel bilancio complessivo del progetto in quanto tutti i massi da essi provenienti vengono riutilizzati in altri lotti di intervento per la ridefinizione dei corsi d'acqua. Nel caso del tratto cut&cover è invece previsto il ripristino dello strato vegetale mediante la stesa di 470 cm di terra da coltivo e la successiva semina a spaglio di essenze autoctone al fine di realizzare un inerbimento omogeneo dell'area interessata dagli scavi con quella a contorno. Nei tratti a cielo aperto è previsto l'inerbimento delle scarpate;
- **Opere di presa** - Per il loro inserimento ambientale e paesaggistico si è studiato un sistema di piantumazioni diversificato che prevede l'inerbimento e la piantumazione arbustiva delle scarpate di scavo e rilevato, l'inerbimento e la sistemazione di arbusti autoctoni in corrispondenza delle aree interne di filtro e con una cornice perimetrale verde di caratterizzazione delle opere, costituita da un'alternanza di alberature e arbusti. Il cordone perimetrale delle opere di presa concorre a ricomporre la continuità del corridoio fluviale verde e a caratterizzare in termini naturali le opere di presa
- **Opera di scarico** – Questa sarà organizzata con piantumazioni proprie dei corsi d'acqua nel rispetto della serie vegetazionale caratteristica di questi ambiti che varia dall'ambito del letto di magra verso la parte sponale a quella prossimale, al fine di realizzare un corridoio fluviale tipico degli alvei e delle zone umide.
- **Deviatori** - al fine di non realizzare dei corridoi verdi artificiali in contesti che ne sono privi, evitando di marcare la presenza delle nuove opere attraverso un forzato inserimento paesaggistico che determinerebbe una sottolineatura della rigidità geometrica dei percorsi, si è preferito intervenire sulle sole scarpate di scavo, ricoprendole con terra vegetale ricavata dallo scotico, disponendo all'occorrenza di una stuoia in fibra di cocco e procedendo all'inerbimento e la piantumazione

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

arbustiva, lasciando che l'azione colonizzatrice della vegetazione spontanea concorra alla completa ricucitura paesaggistica, anche cromatica, dei nuovi ambiti.

- **Adeguamento delle sezioni idrauliche** – Nelle situazioni caratterizzate dal doppio muro di contenimento realizzato con massi di granito locale, la geometria delle opere è tale da consigliare una mitigazione esclusivamente di tipo materico e cromatico; Nelle scarpate con protezione antierosiva realizzata con massi di scogliera derivanti ove possibile dallo smarino delle gallerie, si procederà alla piantumazione di essenze arbustive ad rapido attecchimento; Nelle porzioni alte delle scarpate, non interessate dalle piene ordinarie, si procederà al rivestimento con terra vegetale, biostuoia in fibra di cocco, semina e piantumazione arbustiva. Un caso particolare è quello del risezionamento del Rio San Nicola che implica la rimozione di una serie di alberature e alcune infrastrutture destinate alla mobilità lenta poste all'interno del parco Fausto Noce che il progetto si prefigge di ricomporre paesaggisticamente.
- **Aree di destinazione finale delle terre e rocce da scavo** - La realizzazione delle opere determina un considerevole volume di terre e rocce da scavo in esubero, di ottima qualità in quanto derivante dalla matrice granitica, quindi con buone caratteristiche geotecniche. L'Amministrazione Comunale ha individuato degli ambiti urbani in cui questo materiale può diventare elemento di riqualificazione ambientale: nel caso di Colcò verrà realizzato un grande parco urbano, il cimitero un parcheggio, la cava Azza Ruja potrà subire interventi di ripristino ambientale, così come la discarica di Spiritu Santu, mentre a Pittulongu verrà ripristinato il paesaggio dunale.
- **Mitigazioni ambientali relative ai nuovi ponti** - Per le situazioni di maggiore complessità e il progetto ha riguardato anche la ridefinizione complessiva del tassello urbano di riferimento, con il ridisegno dei nodi del traffico e con una riqualificazione ambientale e paesaggistica che ha contribuito a risolvere gravi criticità, anche sulla mobilità nei diversi modi di trasporto. Il ponte sulla via Roma e il ponte sulla via D'annunzio costituiscono gli esempi più significativi di queste complessità urbane.

---

*Raggruppamento temporaneo di progettisti:*

