



PER



PROGETTO DI RIAVVIO DELLA RAFFINERIA DI PRODUZIONE DI ALLUMINA
UBICATA NEL COMUNE DI PORTOSCUSO - ZI PORTOVESME (SU)

PROVVEDIMENTO UNICO REGIONALE IN MATERIA AMBIENTALE
(AI SENSI DELL'ART. 27BIS DEL D.LGS.152/2006 E DELLA L.R. 2 DEL 08.02.2021)
VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

DOC. 14 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI SULLA SALUTE PUBBLICA

ID: 0321-SIA-AMB-D14-R01-R2

Settembre 2021



Prof. Ing. Battista Grosso
Dott. Ing. Marco Cigagna
Dott. Ing. Cristina Levanti

INDICE

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | PREMESSA | 12 |
| 2 | INTRODUZIONE | 13 |
| 2.1 | Contenuti introdotti a seguito degli atti di indirizzo regionali | 14 |
| 3 | SINTESI | 15 |
| 4 | AREA D'INFLUENZA DEL PROGETTO E SINTESI DEGLI IMPATTI ATTESI..... | 19 |
| 5 | IDENTIFICAZIONE DEI POSSIBILI FATTORI DI RISCHIO..... | 21 |
| 6 | STATO AMBIENTALE ANTE OPERAM | 23 |
| 6.1 | Progetti interferenti sull'attuale stato di fatto | 27 |
| 7 | POPOLAZIONE POTENZIALMENTE ESPOSTA E AREE D'INTERESSE | 28 |
| 7.1 | Analisi dell'assetto demografico | 34 |
| 8 | SCELTA DEGLI INDICATORI SANITARI..... | 40 |
| 8.1 | Premessa..... | 40 |
| 8.2 | Evidenze epidemiologiche associate all'esercizio delle raffinerie di produzione di allumina | 40 |
| 8.3 | Evidenze tossicologiche legate ai principali contaminanti emessi | 40 |
| 8.3.1 | Ossidi di azoto (NOx) | 40 |
| 8.3.2 | Biossido di zolfo (SO ₂) | 41 |
| 8.3.3 | Ammoniaca | 42 |
| 8.3.4 | Particolato (PM) | 43 |
| 8.3.5 | Metalli | 44 |
| 8.4 | Indicatori di salute..... | 56 |
| 9 | VALUTAZIONE DELLO STATO DI SALUTE ANTE OPERAM | 57 |
| 9.1 | Premessa..... | 57 |
| 9.2 | Studio SENTIERI..... | 58 |
| 9.1 | Valutazione dello stato di salute ante operam: 2011 - 2016..... | 59 |
| 9.2 | Valutazione dello stato di salute ante operam: 2015 - 2019..... | 61 |
| 10 | VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE | 63 |
| 10.1 | Premessa..... | 63 |
| 10.2 | Scenari di esposizione | 63 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 10.3 | Incertezza delle previsioni..... | 66 |
| 11 | RISCHIO SANITARIO ASSOCIATO AL PROGETTO | 68 |
| 11.1 | Metodologie di valutazione..... | 68 |
| 11.2 | Inalazione | 69 |
| 11.2.1 | Premessa..... | 69 |
| 11.2.2 | Approccio tossicologico - Rischio tossico | 70 |
| 11.2.3 | Approccio tossicologico - Rischio cancerogeno – Approccio EPA | 75 |
| 11.2.4 | Approccio tossicologico - Rischio cancerogeno – Approccio UE | 80 |
| 11.2.5 | Approccio epidemiologico | 83 |
| 11.3 | Ingestione e Contatto dermico..... | 90 |
| 11.3.1 | Premessa..... | 90 |
| 11.3.2 | Ingestione dei contaminanti attraverso la catena alimentare | 91 |
| 11.3.3 | Contatto dermico | 100 |
| 11.3.4 | Ingestione diretta di suolo | 102 |
| 11.4 | Valutazione del rischio per gli scenari di esposizione..... | 103 |
| 11.4.1 | Scenario residenziale | 104 |
| 11.4.2 | Scenario rurale | 106 |
| 11.4.3 | Scenario ricreativo | 107 |
| 11.4.4 | Scenario aree sensibili..... | 110 |
| 11.5 | Valutazione di altri determinanti di salute | 113 |
| 12 | CONCLUSIONI | 116 |
| 13 | MONITORAGGIO SANITARIO | 122 |
| | BIBLIOGRAFIA | 123 |
| A.1. | APPENDICE A1 - Metodologia di calcolo..... | 124 |
| A.1.1 | APPROCCIO TOSSICOLOGICO | 124 |
| A.1.1.1 | ESPOSIZIONE INALATORIA..... | 124 |
| A.1.1.2 | ESPOSIZIONE PER INGESTIONE DIRETTA DI SUOLO, PER INGESTIONE ATTRAVERSO LA CATENA ALIMENTARE E PER CONTATTO DERMICO | 128 |
| A.1.2 | APPROCCIO EPIDEMIOLOGICO..... | 141 |
| A.1.1.3 | IDENTIFICAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E VALUTAZIONE DELLE RELAZIONI DOSE- RISPOSTA | 141 |
| A.1.1.4 | TASSI DI MORBOSITÀ/MORTALITÀ DI BACKGROUND | 143 |

| | |
|---|-----|
| A.2. APPENDICE A2 - Valutazione del rischio Ante Operam..... | 145 |
| A.2.1 Premessa..... | 145 |
| A.2.2 Approccio tossicologico | 147 |
| A.2.3 Approccio epidemiologico..... | 149 |
| A.2.3.1 PM2.5..... | 149 |
| A.2.3.2 PM10..... | 150 |
| A.3. APPENDICE A3 – Valutazione del rischio Post Operam | 152 |
| A.3.1 Premessa..... | 152 |
| A.3.2 Scenario post operam 1 | 152 |
| A.3.2.1 Approccio tossicologico | 152 |
| A.3.2.2 Approccio epidemiologico | 153 |
| A.3.3 Scenario post operam 2 | 156 |
| A.3.4 Calcolo del rischio indotto dai progetti | 156 |
| A.3.4.1 Approccio tossicologico | 156 |
| A.3.4.2 Approccio epidemiologico | 162 |
| A.3.5 Calcolo del rischio Post Operam..... | 166 |
| A.3.5.1 Approccio tossicologico | 166 |
| A.3.5.2 Approccio epidemiologico | 168 |

ELENCO ALLEGATI

Allegato 1 - VALUTAZIONE DELLO STATO DI SALUTE DELLA POPOLAZIONE DEI COMUNI DI CALASETTA, CARBONIA, CARLOFORTE, GONNESA, PORTOSCUSO E SAN GIOVANNI SUERGIU – 2001 - 2016

Allegato 2 - VALUTAZIONE DELLE ALTRE DETERMINANTI SULLA SALUTE – ICARO

Annesso A - Shape files (solo in formato elettronico): AreeAgricole_conc_dep.shp, AreeAgricole_INAL.shp, AreeSensibili_conc_dep.shp, AreeSensibili_INA.shp, sezioni_localit_comune.shp, SezioniCensuarie_conc.shp, SezioniCensuarie_INA.shp, SezioniCensuarie_EPID_long.shp, SezioniCensuarie_EPID_short.shp.

Annesso A - xlsx files (solo in formato elettronico): Conc_Seiz_cens.xlsx, Conc_AreeSens.xlsx, Conc_AreeAgricole.xlsx, Dep_AreeAgricole.xlsx, Dep_AreeSens.xlsx, R_HQ_INAL_SEZ_CENS.xlsx, R_HQ_INAL_AreeSens.xlsx, R_HQ_INAL_AreeAgricole.xlsx, Val_EPID_long.xlsx, Val_EPID_short.xlsx.

Annesso B: VALUTAZIONE DELLO STATO DI SALUTE ANTE OPERAM

INDICE DELLE FIGURE

| | |
|---|-----|
| Figura 1. Localizzazione dell'Area Vasta..... | 20 |
| Figura 2. Modello concettuale ambientale sanitario del sito (in grigio le parti non inerenti al progetto) | 22 |
| Figura 3. Centraline di misura inquinanti della rete di monitoraggio regionale di riferimento, zona industriale di Portoscuso | 24 |
| Figura 4. Rose dei venti della Stazione CENPS7 – periodo 2016-2018..... | 25 |
| Figura 5. Territori comunali e centri abitati ricadenti nell'area vasta | 29 |
| Figura 6. Aree di riferimento ottenute dall'aggregazione delle sezioni di censimento per località .. | 31 |
| Figura 7. Aree d'interesse nell'area d'influenza..... | 32 |
| Figura 8. Aree ad uso agricolo (corine land cover 2018)..... | 34 |
| Figura 9. Popolazione residente nei comuni interessati dal progetto..... | 35 |
| Figura 10. Indice di vecchiaia | 36 |
| Figura 11. Indice di dipendenza strutturale | 37 |
| Figura 12. Indice di ricambio della popolazione..... | 37 |
| Figura 13. Indice di struttura della popolazione attiva | 38 |
| Figura 14. Età media | 38 |
| Figura 15. Struttura della popolazione residente nell'area vasta | 39 |
| Figura 16. Esempio di relazione dose-risposta con l'individuazione del BMDL10..... | 82 |
| Figura 17. Valutazione rischio/opportunità mediante scala semi-qualitativa | 113 |
| Figura 18. Ruolo della valutazione IRIS all'interno della valutazione del rischio. (fonte: https://www.epa.gov/iris/basic-information-about-integrated-risk-information-system#hero) ... | 125 |

INDICE DELLE TABELLE

| | |
|--|----|
| Tabella 1. Medie annue nel periodo di riferimento 2015 - 2020 | 25 |
| Tabella 2. Massima media mobile giornaliera su 8 ore di CO nel periodo di riferimento 2015 - 2020 | 26 |
| Tabella 3. Numero di superamenti del limite di legge nel periodo di riferimento 2015 - 2020..... | 26 |

| | |
|---|----|
| Tabella 4. Concentrazioni annuali dei metalli e IPA nella frazione PM10 - periodo di riferimento 2015 – 2020..... | 26 |
| Tabella 5. Distribuzione della popolazione potenzialmente esposta (residente nell'area vasta) per sesso e classi di età..... | 29 |
| Tabella 6. Popolazione residente nei Comuni inclusi nell'area di influenza e popolazione potenzialmente esposta | 30 |
| Tabella 7. Distribuzione della popolazione residente nelle Aree di riferimento per sesso e classi di età | 31 |
| Tabella 8. Valori massimi del Rischio tossico per singolo inquinante nell'area d'influenza e valori del rischio tossico per singolo inquinante e cumulato nella sezione di censimento più esposta | 71 |
| Tabella 9. Valori del Rischio tossico per inalazione nelle aree di riferimento: As, Be, Cd, Cr..... | 71 |
| Tabella 10. Valori del Rischio tossico per inalazione nelle aree di riferimento: CrVI, Cu, Hg, Mn..... | 72 |
| Tabella 11. Valori del Rischio tossico per inalazione nelle aree di riferimento: Ni, Pb, Sb, Se | 72 |
| Tabella 12. Valori del Rischio tossico per inalazione nelle aree di riferimento: Tl, V, Ammoniaca, CO | 73 |
| Tabella 13. Valori del Rischio tossico per inalazione nelle aree di riferimento: PM25, SO2, NO2 e cumulato HI | 74 |
| Tabella 14. Valori del Rischio tossico per inalazione nei Comuni: As, Be, Cd, Cr | 74 |
| Tabella 15. Valori del Rischio tossico per inalazione nei Comuni: CrVI, Cu, Hg, Mn | 74 |
| Tabella 16. Valori del Rischio tossico per inalazione nei Comuni: Ni, Pb, Sb, Se..... | 75 |
| Tabella 17. Valori del Rischio tossico per inalazione nei Comuni: Tl, V, Ammoniaca, CO | 75 |
| Tabella 18. Valori del Rischio tossico per inalazione nei Comuni: PM25, SO2, NO2 e cumulato HI.. | 75 |
| Tabella 19. Rischio cancerogeno massimo per singolo inquinante nell'area d'influenza | 77 |
| Tabella 20. Rischio cancerogeno, per singola sostanza e cumulato, nelle sezioni di censimento più esposte | 77 |
| Tabella 21. Valori del Rischio cancerogeno per inalazione nelle aree di riferimento: As, Be, Cd..... | 77 |
| Tabella 22. Valori del Rischio cancerogeno per inalazione nelle aree di riferimento: CrVI, Ni, Pb ... | 78 |
| Tabella 23. Valori del Rischio cumulato cancerogeno per inalazione nelle Aree di riferimento e numero di casi annui attesi..... | 78 |
| Tabella 24. Valori del Rischio cancerogeno per inalazione nei Comuni | 79 |
| Tabella 25. Valori del Rischio cumulato cancerogeno per inalazione nei Comuni e numero di casi annui attesi | 79 |
| Tabella 26. Rateo inalatorio e peso corporeo della popolazione esposta | 82 |

| | |
|---|----|
| Tabella 27. Valori del MoE associati al rischio cancerogeno per l'arsenico e il cromo VI | 83 |
| Tabella 28. PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine – Aggregazione per Aree di riferimento – parte 1 | 85 |
| Tabella 29. PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - Aggregazione per Aree di riferimento - parte 2 | 85 |
| Tabella 30. Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine – Aggregazione per Comune | 86 |
| Tabella 31. PM2.5 - Eventi sanitari aggiuntivi per effetti di breve termine – Aggregazione per Aree di riferimento..... | 86 |
| Tabella 32. PM2.5 - Eventi sanitari aggiuntivi per effetti di breve termine – Aggregazione per Comune | 87 |
| Tabella 33. PM2.5 - Incidenza dei casi aggiuntivi rispetto alla mortalità di background (2015-2019) – calcolo effettuato sulla base delle concentrazioni medie e aggregato per comune..... | 88 |
| Tabella 34. PM10 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine (incidenza delle bronchiti croniche negli adulti) – Aggregazione per Aree di riferimento | 89 |
| Tabella 35. PM10 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine (incidenza delle bronchiti croniche negli adulti) – Aggregazione per Comune | 89 |
| Tabella 36. Deposizioni massime annue nelle aree agricole..... | 90 |
| Tabella 37. Deposizioni annue nelle spiagge di Portovesme e Portopaglietto..... | 90 |
| Tabella 38. Concentrazione nel suolo indicativa per l'assorbimento radicale | 92 |
| Tabella 39. Concentrazione dei contaminanti nei prodotti ortofrutticoli (valori medi) | 92 |
| Tabella 40. Concentrazione dei contaminanti nei prodotti ortofrutticoli (valori minimi) | 92 |
| Tabella 41. Concentrazione dei contaminanti nei prodotti ortofrutticoli (valori massimi) | 93 |
| Tabella 42. Concentrazione dei contaminanti nei prodotti della dieta animale (valori medi) | 93 |
| Tabella 43. Concentrazione dei contaminanti nei prodotti della dieta animale (valori minimi) | 94 |
| Tabella 44. Concentrazione dei contaminanti nei prodotti della dieta animale (valori massimi) | 94 |
| Tabella 45. Concentrazione di contaminanti nei prodotti alimentari di origine animale (valori medi) | 94 |
| Tabella 46. Concentrazione di contaminanti nei prodotti alimentari di origine animale (valori minimi) | 95 |
| Tabella 47. Concentrazione di contaminanti nei prodotti alimentari di origine animale (valori massimi)..... | 95 |
| Tabella 48. Dose di contaminante assunta giornalmente per l'intera vita (LADD) per l'ingestione attraverso la catena alimentare (valori medi)..... | 96 |

| | |
|---|-----|
| Tabella 49. Dose di contaminante assunta giornalmente per l'intera vita (LADD) per l'ingestione attraverso la catena alimentare (valori minimi)..... | 96 |
| Tabella 50. Dose di contaminante assunta giornalmente per l'intera vita (LADD) per l'ingestione attraverso la catena alimentare (valori massimi)..... | 96 |
| Tabella 51. Valori del rischio cancerogeno per ingestione attraverso la catena alimentare calcolato sulla base della deposizione media..... | 96 |
| Tabella 52. Valori del rischio cancerogeno per ingestione attraverso la catena alimentare calcolato sulla base della deposizione minima..... | 97 |
| Tabella 53. Valori del rischio cancerogeno per ingestione attraverso la catena alimentare calcolato sulla base della deposizione massima..... | 97 |
| Tabella 54. Dose di contaminante assunta giornalmente (ADD) per l'ingestione attraverso la catena alimentare (valori medi) | 97 |
| Tabella 55. Dose di contaminante assunta giornalmente (ADD) per l'ingestione attraverso la catena alimentare (valori minimi) | 97 |
| Tabella 56. Dose di contaminante assunta giornalmente (ADD) per l'ingestione attraverso la catena alimentare (valori massimi) | 98 |
| Tabella 57. Valori del rischio tossico HQ per l'ingestione attraverso la catena alimentare calcolato sulla base della deposizione media..... | 98 |
| Tabella 58. Valori del rischio tossico per l'ingestione attraverso la catena alimentare calcolato sulla base della deposizione minima..... | 98 |
| Tabella 59. Valori del rischio tossico per l'ingestione attraverso la catena alimentare calcolato sulla base della deposizione massima..... | 99 |
| Tabella 60. Concentrazioni massime nel suolo - Aree agricole..... | 100 |
| Tabella 61. Concentrazioni negli arenili delle spiagge di Portovesme e Portopaglietto | 101 |
| Tabella 62. Rischio cancerogeno per il percorso contatto dermico – Area agricola..... | 101 |
| Tabella 63. Rischio cancerogeno per il percorso contatto dermico nelle spiagge di Portovesme e Portopaglietto..... | 101 |
| Tabella 64. Rischio tossico per il percorso contatto dermico nell'area agricola più esposta..... | 102 |
| Tabella 65. Rischio tossico per il percorso contatto dermico nelle spiagge di Portovesme e Portopaglietto..... | 102 |
| Tabella 66. Rischio cancerogeno per ingestione diretta di suolo negli arenili | 103 |
| Tabella 67. Rischio tossico per ingestione diretta di suolo negli arenili..... | 103 |
| Tabella 68. Rischio tossico aggregato, cumulato e cumulato totale - Scenario residenziale | 105 |

| | |
|---|-----|
| Tabella 69. Rischio cancerogeno massimo aggregato, cumulato e cumulato totale - Scenario residenziale..... | 105 |
| Tabella 70. Rischio tossico aggregato, cumulato e cumulato totale - Scenario rurale..... | 106 |
| Tabella 71. Rischio cancerogeno aggregato, cumulato e cumulato totale, per lo scenario rurale . | 107 |
| Tabella 72. Rischio tossico aggregato, cumulato e cumulato totale - Scenario ricreativo | 109 |
| Tabella 73. Rischio cancerogeno aggregato, cumulato e cumulato totale - Scenario ricreativo..... | 110 |
| Tabella 74. Rischio tossico aggregato, cumulato e cumulato totale, per lo scenario aree sensibili – Scuola | 111 |
| Tabella 75. Rischio cancerogeno aggregato, cumulato e cumulato totale, per lo scenario aree sensibili – Scuola..... | 111 |
| Tabella 76. Rischio tossico aggregato, cumulato e cumulato totale, per lo scenario aree sensibili – Zona industriale | 112 |
| Tabella 77. Rischio cancerogeno aggregato, cumulato e cumulato totale, per lo scenario aree sensibili – zona industriale..... | 112 |
| Tabella 78. Confronto tra i parametri tossicologici nei database ISS-INAIL e IRIS. Effetti cancerogeni e tossici per inalazione..... | 125 |
| Tabella 79. Parametri di riferimento per il PM2.5, NO2, SO2 e CO..... | 126 |
| Tabella 80. Valori dei fattori di esposizione utilizzati nel calcolo del rischio cancerogeno | 127 |
| Tabella 81. Valori dei fattori di esposizione utilizzati nel calcolo del rischio tossico..... | 128 |
| Tabella 82. Confronto tra i parametri tossicologici nei database ISS e IRIS. Effetti cancerogeni e tossici per ingestione..... | 129 |
| Tabella 83. Parametri di calcolo della portata di esposizione per ingestione diretta di suolo | 131 |
| Tabella 84. Parametri di biotrasferimento desunti dal database HHRAP..... | 132 |
| Tabella 85. Composizione della dieta animale..... | 134 |
| Tabella 86. Quantità di prodotti alimentari ingeriti per le tre classi di età. Fonte: INRAN-SCAI 2005-06 (Appendice B2 Parte B L'indagine nazionale sui consumi alimentari in Italia). Maschi e femmine sull'intero campione, provenienza geografica sud ed isole | 137 |
| Tabella 87. Quantità di formaggi ovicaprini ingeriti per le tre classi di età | 137 |
| Tabella 88. Parametri di calcolo della portata di esposizione per ingestione attraverso la catena alimentare | 138 |
| Tabella 89. Valori del rischio relativo (RR) e intervallo di confidenza | 142 |
| Tabella 90. Tassi grezzi di mortalità per il periodo 2013-2014 e tassi grezzi per il periodo 2013-2016 per ricoverati in tutte le diagnosi..... | 144 |

| | |
|---|-----|
| Tabella 91. Concentrazioni medie annue dei macroinquinanti e relativi valori limite per la salute della popolazione- Anni 2015-2019 | 145 |
| Tabella 92. Concentrazioni medie annue microinquinanti e relativi valori di riferimento – Anni 2015-2019..... | 146 |
| Tabella 93. Rischio tossico associato all'esposizione ai valori massimi delle concentrazioni rilevate nelle centraline (HQ) e ai valori limite di normativa (HQnorm) | 147 |
| Tabella 94. Parametri tossicologici aggiuntivi ante operam | 148 |
| Tabella 95. Rischio cancerogeno associato all'esposizione alle massime concentrazioni misurate nelle centraline (R) e ai valori limite di normativa (Rnorm)..... | 148 |
| Tabella 96. Valori della Benchmark Dose (EFSA – Database OpenFoodTox) | 149 |
| Tabella 97. Valori del MoE per l'arsenico e il benzo(a)pirene riferiti all'esposizione ante operam | 149 |
| Tabella 98. PM2.5 - Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di lungo termine –ante operam | 150 |
| Tabella 99. PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine –ante operam | 150 |
| Tabella 100. PM10 - Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di lungo termine (incidenza delle bronchiti croniche negli adulti) – massima media annua misurata nelle centraline RAS –ante operam | 151 |
| Tabella 101. Scenario post operam 1: Rischio tossico: Indice di pericolo HQ per singolo contaminante e indice di pericolo cumulato HI | 152 |
| Tabella 102. Scenario post operam 1: rischio cancerogeno per singolo contaminante e cumulato | 153 |
| Tabella 103. Scenario post operam 1: PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine – mortalità per tutte le cause..... | 154 |
| Tabella 104. Scenario post operam 1: PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - mortalità cardiovascolare..... | 154 |
| Tabella 105. Scenario post operam 1: PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - mortalità tumore al polmone..... | 154 |
| Tabella 106. Scenario post operam 1: PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - mortalità cause respiratorie..... | 154 |
| Tabella 107. Scenario post operam 1: PM10 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine -incidenza delle bronchiti croniche negli adulti..... | 155 |
| Tabella 108. Scenario post operam 1: PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine - mortalità per tutte le cause | 155 |

| | |
|---|-----|
| Tabella 109. Scenario post operam 1: PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine - ricoveri per cause cardiovascolari..... | 155 |
| Tabella 110. Scenario post operam 1: PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine - ricoveri per cause respiratorie | 155 |
| Tabella 111. Scenario post operam 1: Incremento del numero di casi nella condizione post operam | 155 |
| Tabella 112. Approccio tossicologico - rischio tossico. Contributo dei due progetti nelle Sezioni di censimento 1070160000025 e 1070160000009 del comune di Portoscuso | 157 |
| Tabella 113. Approccio tossicologico - rischio tossico. Contributo dei due progetti nelle Aree di riferimento Paringianu e Portoscuso centro | 158 |
| Tabella 114. Approccio tossicologico - rischio tossico. Contributo dei due progetti nelle Aree di riferimento Portoscuso – Case sparse sud e Comune di Portoscuso | 158 |
| Tabella 115. Approccio tossicologico - rischio tossico. Contributo dei due progetti nell'intera area di influenza | 159 |
| Tabella 116. Approccio tossicologico - rischio cancerogeno. Contributo dei due progetti nelle Sezioni di censimento 1070160000025 e 1070160000009 del comune di Portoscuso | 160 |
| Tabella 117. Approccio tossicologico - rischio cancerogeno. Contributo dei due progetti nelle Aree di riferimento Paringianu e Portoscuso centro | 161 |
| Tabella 118. Approccio tossicologico - rischio cancerogeno. Contributo dei due progetti nelle Aree di riferimento Portoscuso – Case sparse sud e Comune di Portoscuso | 161 |
| Tabella 119. Approccio tossicologico - rischio cancerogeno. Contributo dei due progetti nell' area di influenza dei progetti..... | 162 |
| Tabella 120. PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine – mortalità per tutte le cause | 163 |
| Tabella 121. PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - mortalità cardiovascolare | 163 |
| Tabella 122. PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - mortalità tumore al polmone | 164 |
| Tabella 123. PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - mortalità cause respiratorie | 164 |
| Tabella 124. PM10 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine -incidenza delle bronchiti croniche negli adulti | 164 |
| Tabella 125. PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine - mortalità per tutte le cause | 164 |

| | |
|--|-----|
| Tabella 126. PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine - ricoveri per cause cardiovascolari | 165 |
| Tabella 127. PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine - ricoveri per cause respiratorie..... | 165 |
| Tabella 128. Scenario post operam 2: Rischio tossico - Indice di pericolo HQ per singolo contaminante e indice di pericolo cumulato HI | 167 |
| Tabella 129. Scenario post operam 2: Rischio cancerogeno per singolo contaminante e cumulato | 167 |
| Tabella 130. Scenario post operam 2: PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine – mortalità per tutte le cause..... | 168 |
| Tabella 131. Scenario post operam 2: PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - mortalità cardiovascolare..... | 168 |
| Tabella 132. Scenario post operam 2: PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - mortalità tumore al polmone..... | 169 |
| Tabella 133. Scenario post operam 2: PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - mortalità cause respiratorie..... | 169 |
| Tabella 134. Scenario post operam 2: PM10 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine -incidenza delle bronchiti croniche negli adulti..... | 169 |
| Tabella 135. Scenario post operam 2: PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine - mortalità per tutte le cause | 169 |
| Tabella 136. Scenario post operam 2: PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine - ricoveri per cause cardiovascolari..... | 170 |
| Tabella 137. Scenario post operam 2: PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine - ricoveri per cause respiratorie | 170 |
| Tabella 138. Scenario post operam 2: Incremento del numero di casi nella condizione post operam | 170 |

1 PREMESSA

Il presente documento illustra la valutazione degli effetti del *Progetto di riavvio della raffineria di produzione di allumina ubicata nel comune di Portoscuso - ZI Portovesme* (nel seguito Progetto di riavvio) dell'Eurallumina S.p.A.(nel seguito Eurallumina) sulla salute della popolazione, effettuata secondo le indicazioni contenute negli "Atti di indirizzo regionali in materia di valutazione degli effetti significativi di un progetto sui fattori "Popolazione e Salute umana" Allegato alla Delib.G.R. n. 51/19 del 18.12.2019" (nel seguito Atti di indirizzo regionali).

Il documento si articola nelle seguenti parti:

- Area di influenza del progetto e sintesi degli impatti attesi sulle componenti ambientali;
- Identificazione dei possibili fattori di rischio associati al progetto;
- Descrizione sintetica dello stato ambientale ante operam per quanto d'interesse per la presente valutazione;
- Identificazione e caratterizzazione dei bersagli;
- Scelta degli indicatori di salute;
- Valutazione dello stato di salute ante operam;
- Identificazione degli scenari di esposizione;
- Valutazione del rischio sanitario associato al progetto;
- Valutazione degli effetti positivi del progetto sulla salute.

La presente revisione documentale (Rev.2) è stata redatta a seguito della richiesta di integrazioni formulata dal Dipartimento di prevenzione zona sud dell'ATS e dal gruppo di lavoro "ambiente e salute" dell'ARPAS (nota prot. n. 188039 del 03/06/2021), trasmessa dal Servizio Valutazione Impatti e Incidenze Ambientali con nota prot. n. 0013715 del 08/06/2021. Gli elementi oggetto di revisione sono:

- modifica dell'analisi dello stato ante operam relativo alla qualità dell'aria atmosferica facendo riferimento alla media delle concentrazioni dei contaminanti rilevate nel periodo 2015 – 2019, in sostituzione delle concentrazioni rilevate nell'anno 2020, precedentemente assunte quale riferimento;
- aggiornamento della valutazione dello stato di salute ante operam delle popolazioni potenzialmente coinvolte mediante nuova analisi epidemiologica riferita al quinquennio 2015 – 2019;
- integrazione dello studio con le evidenze epidemiologiche associate all'esercizio delle raffinerie di produzione di allumina e con le caratteristiche tossicologiche in formato narrativo in riferimento agli inquinanti emessi dalla raffineria;
- valutazione dell'indice di pericolo (HQ) in relazione all'esposizione inalatoria per i contaminanti CO, NOx, PM2.5 e SO2, non inclusi nella precedente revisione documentale in

quanto non risultano presenti in letteratura i relativi parametri tossicologici di riferimento (RfC). Il calcolo dell'indice HQ per tali contaminanti è stato fatto assumendo come parametri tossicologici di riferimento, i valori obiettivo indicati dall'OMS quali per la qualità dell'aria, generalmente indicati come soglie di non effetto;

- modifica degli effetti sulla salute determinati con approccio epidemiologico a seguito della variazione dei tassi di background (ricalcolati sulla base dei dati di mortalità e di ospedalizzazione relativi al quinquennio 2015 – 2019);
- inserimento di uno scenario post operam aggiuntivo che include gli effetti associati al progetto *Riavvio dello stabilimento di alluminio primario di Portovesme* presentato dalla SiderAlloys Italia SpA, presentato ad aprile 2021 e la cui procedura di PAUR è attualmente in corso di istruttoria.

2 INTRODUZIONE

L'Eurallumina intende riprendere la produzione di allumina (ossido di alluminio) nella propria raffineria di Portovesme (Portoscuso, SU) attraverso la realizzazione di un progetto di adeguamento della raffineria che consenta l'introduzione delle più recenti BAT, la conversione energetica dell'impianto a gas naturale liquefatto (GNL) e l'ampliamento del bacino dei residui di lavorazione.

La precedente versione del progetto "*Progetto di ammodernamento della raffineria di produzione di allumina ubicata nel comune di Portoscuso - ZI Portovesme (SU) - Aggiornamento per sostituzione progetto CHP con vaporedotto da ENEL*" (nel seguito Progetto di ammodernamento), caratterizzata da una vita utile di esercizio di 10 anni e dall'approvvigionamento del vapore necessario al processo dalla vicina centrale termoelettrica ENEL Grazia Deledda, è stata sottoposta alla procedura di valutazione di impatto ambientale (VIA) secondo quanto previsto dalla Delib.G.R. n. 34/33 del 7.8.2012 e D.Lgs. n. 152/2006, conclusasi con esito positivo a dicembre 2019 (D.G.R. N. 49/17 del 5/12/2019).

Lo studio di impatto ambientale (SIA) del Progetto di ammodernamento includeva, tra gli altri, la valutazione di impatto sulla salute pubblica (Allegato 10 allo SIA); il documento sebbene redatto antecedentemente alla pubblicazione degli Atti di indirizzo regionali, rispecchia nella sostanza quanto indicato in essi, in quanto i contenuti e gli aspetti metodologici sono stati definiti di concerto con gli Enti Sanitari competenti durante l'iter di valutazione.

A seguito della decisione governativa di dismettere entro il 2025 le centrali termoelettriche alimentate a carbone, inclusa quella Enel Grazia Deledda, l'Azienda ha modificato il Progetto di ammodernamento con l'introduzione di una propria unità di produzione di vapore ed energia elettrica alimentata a gas naturale liquefatto e con l'estensione a 20 anni del periodo di esercizio.

L'unità termoelettrica in questione è costituita da due caldaie alimentate con GNL, destinate alla produzione del vapore, e da una turbina a gas per la produzione di energia elettrica, i cui gas di

scarico alimentano una terza caldaia (caldaia a recupero). La potenza termica complessiva dell'insieme (CHP) è pari a 299 MW.

La nuova configurazione impiantistica si differenzia da quella del precedente progetto fondamentalmente per i seguenti aspetti:

- la modifica dei forni di calcinazione per consentirne la conversione dell'alimentazione da BTZ a GNL;
- la produzione di vapore ed energia elettrica necessari alla raffineria mediante una nuova unità CHP alimentata GNL in sostituzione dell'approvvigionamento di vapore ed energia elettrica dalla centrale ENEL Grazia Deledda alimentata a Carbone,
- l'estensione del periodo di esercizio da 10 a 20 anni per consentire il rientro degli investimenti.

Dal punto di vista ambientale, la nuova configurazione si caratterizza per una riduzione drastica dell'emissione di:

- inquinanti gassosi provenienti dalla combustione;
- microinquinanti presenti nelle polveri provenienti dalla combustione.

In sintesi, il Progetto di riavvio è caratterizzato da un quadro emissivo complessivamente meno severo di quello del Progetto di ammodernamento, soprattutto in riferimento ai contaminanti gassosi e ai microinquinanti; poiché, inoltre, nel caso specifico, il rischio sanitario è principalmente legato alla via inalatoria, al contatto dermico e all'assunzione di alimenti coltivati in aree di ricaduta dei contaminanti, il suo valore, nella nuova configurazione, è inferiore a quello che, nella valutazione precedente, è stato ritenuto ammissibile. In altri termini, l'impatto del nuovo progetto sulla qualità dell'aria e, quindi, sulla salute è minore di quello relativo al progetto già giudicato favorevolmente.

La presente valutazione è stata sviluppata analogamente a quella dell'Allegato 10 dello SIA del Progetto di ammodernamento con l'integrazione dei contenuti introdotti dagli Atti di indirizzo regionali in materia di valutazione degli effetti significativi di un progetto sui fattori "Popolazione e Salute umana".

2.1 CONTENUTI INTRODOTTI A SEGUITO DEGLI ATTI DI INDIRIZZO REGIONALI

Come anticipato, le valutazioni già sviluppate nel documento relativo al Progetto di ammodernamento sono state integrate con l'inserimento dei nuovi contenuti riportati negli Atti di indirizzo regionali, in particolare nel Capitolo 4:

- descrizione dello stato ambientale ante-operam dell'area di studio;
- scelta degli indicatori sanitari;
- identificazione degli scenari di esposizione a cui è soggetta la popolazione nell'area d'influenza.

Inoltre il calcolo del rischio sanitario associato al progetto, in conformità alle indicazioni del Capitolo 5 degli Atti di indirizzo, è stato modificato/integrato al fine di:

- effettuare la stima in riferimento alle singole sezioni di censimento (in precedenza questo era stato fatto solo per i centri abitati di Portoscuso e Carbonia);
- valutare il rischio in corrispondenza del valore minimo delle concentrazioni nelle sezioni di censimento;
- calcolare il rischio in riferimento al valore medio di concentrazione nella sezione di censimento e utilizzare i valori minimo e massimo di concentrazione come intervalli di variabilità del rischio;
- includere la valutazione del rischio cancerogeno attraverso il calcolo del Margine di Esposizione per gli inquinanti cancerogeni ad azione genotossica.

Circa lo sviluppo degli argomenti, il presente documento, preliminarmente alla valutazione del rischio, riporta le seguenti sezioni:

- area d'influenza del progetto e sintesi degli impatti attesi;
- identificazione dei possibili fattori di rischio;
- stato ambientale ante-operam dell'area di studio;
- definizione della popolazione potenzialmente esposta
- scelta degli indicatori sanitari;
- valutazione dell'esposizione della popolazione sulla base del modello concettuale di esposizione.

Infine, differisce dall'Allegato 10 dello SIA del Progetto di ammodernamento relativamente alla metodologia di valutazione dell'incertezza delle concentrazioni e delle deposizioni al suolo generate dal Progetto. Nell'Allegato 10, infatti, tale incertezza era stata valutata attraverso un procedimento statistico; nel presente documento, in via ancora più cautelativa, è stato introdotto un valore dell'incertezza delle previsioni modellistiche pari al 50% per cui le concentrazioni e le deposizioni calcolate sono state moltiplicate per un fattore 1.5.

3 SINTESI

Il documento di valutazione degli effetti del progetto sulla salute sviluppa le seguenti tematiche principali:

1. descrizione dello stato di salute ante operam delle popolazioni potenzialmente coinvolte dal progetto mediante un'indagine statistica;
2. valutazione del rischio di effetti negativi sulla salute determinati dal progetto;
3. previsione degli effetti positivi del progetto sulla salute.

Le valutazioni sono state sviluppate secondo la metodologia indicata negli "Atti di indirizzo regionali in materia di valutazione degli effetti significativi di un progetto sui fattori "Popolazione e Salute umana" Allegato alla Delib.G.R. n. 51/19 del 18.12.2019.

Il rischio associato al progetto è stato confrontato con i valori di riferimento indicati negli Atti di indirizzo regionali:

- per il rischio cancerogeno cumulativo:
 - $\leq 1 \times 10^{-6}$: rischio trascurabile;
 - $1 \times 10^{-6} \div 1 \times 10^{-4}$: rischio accettabile con misure di mitigazione;
 - $> 1 \times 10^{-4}$: rischio non accettabile;
- per l'indice di pericolo complessivo (HI):
 - $HI < 1$ situazione in cui non sono attesi effetti specifici
 - $HI > 1$ situazione che necessita di approfondimenti per capire se ci possano essere problemi sanitari legati alla presenza di componenti che interagiscono tra di loro;
- per il margine di esposizione (MoE):
 - $MoE \geq 10'000$ rispetto la BMDL10: situazione di bassa preoccupazione (low concern).

I risultati dello studio sono sintetizzati in riferimento alle 3 tematiche citate in premessa.

Punto 1: Una prima descrizione dello stato di salute ante operam è stata effettuata nell'ambito del Progetto di ammodernamento sulla base dei dati ospedalieri (SDO) e ISTAT (mortalità) per gli anni dal 2001 al 2016, confrontando gli eventi sanitari dei comuni potenzialmente impattati dal progetto (Portoscuso, Carbonia, Calasetta, Carloforte, Gonnese e San Giovanni Suergiu) con quelli dei territori provinciale e regionale. Il confronto ha evidenziato che il territorio in questione non presenta differenze significative rispetto alle situazioni provinciale e regionale.

A seguito della richiesta formulata dal Dipartimento di prevenzione zona sud dell'ATS e dal gruppo di lavoro "ambiente e salute" dell'ARPAS (nota prot. n. 188039 del 03/06/2021, trasmessa dal Servizio Valutazione e Incidenze Ambientale con nota prot. n. 0013715 del 08/06/2021), è stata effettuata una nuova analisi epidemiologica riferita al quinquennio 2015 – 2019 condotta secondo la metodologia adottata per il progetto SENTIERI. In generale, i risultati suggeriscono che lo stato di salute della popolazione dell'area nella quale insiste il polo industriale di Portovesme, a confronto con quello della popolazione dell'intera regione Sardegna, sia buono.

Punto 2: Dall'analisi degli impatti del progetto sulle componenti ambientali, riportata nella parte seconda del Quadro di riferimento Ambientale, emerge che: gli impatti diretti del progetto sulle acque sotterranee e i corpi idrici superficiali (Capitolo 3), il suolo e il sottosuolo (Capitolo 4), il clima acustico (Capitolo 7) sono trascurabili; non è trascurabile l'impatto generato dalle emissioni in atmosfera (Capitolo 2). Sulla base di queste risultanze, il rischio connesso agli effetti ambientali del progetto è stato calcolato in riferimento alle seguenti vie di esposizione:

- inalazione;

- ingestione attraverso la catena alimentare;
- contatto dermico;
- ingestione diretta di suolo.

La valutazione del rischio sanitario è stata effettuata in primo luogo in riferimento alle singole vie di esposizione (rischio per singola sostanza e cumulato) e alle differenti aree target (sezioni di censimento, aree sensibili e aree agricole). Sulla base di tali valutazioni sono stati calcolati i valori aggregati e cumulati totali massimi del rischio associati ai seguenti scenari di esposizione:

- residenziale;
 - rurale;
 - ricreativo;
 - aree sensibili – scuola;
 - aree sensibili – area industriale.
-

Rischio legato all'esposizione per via inalatoria

Gli effetti sanitari associati all'esposizione per via inalatoria, sono stati valutati, in riferimento alle singole sezioni di censimento, utilizzando l'approccio epidemiologico relativamente agli effetti sanitari riconducibili al PM2.5 e al PM10 e l'approccio tossicologico per i contaminanti cancerogeni e tossici.

La concentrazione di riferimento per i calcoli è quella media nella sezione di censimento, mentre i valori di concentrazione minimo e massimo nella sezione sono stati utilizzati per il calcolo degli intervalli di variabilità del rischio. I valori relativi alle singole sezioni di censimento sono inoltre stati aggregati in riferimento alle seguenti aree, al fine riferirli ad una popolazione numericamente più rappresentativa:

- *Aree di riferimento*, ottenute aggregando le sezioni di censimento sulla base della *località*, secondo classificazione ISTAT 2011, trattando individualmente le località con un numero di abitanti superiore a 100 ed aggregando le località contigue con popolazione inferiore;
- *Comuni*, ottenuti aggregando le sezioni di censimento sulla base del comune di appartenenza.

Il calcolo del rischio tossico mediante l'approccio tossicologico evidenzia valori dell'indice di pericolo cumulato HI sempre inferiori all'unità:

- valore massimo nelle zone censuarie pari a 0.218;
- valore massimo nei comuni d'interesse pari a 0.100 (comune di Portoscuso).

Il calcolo del rischio cancerogeno mediante l'approccio tossicologico - approccio EPA evidenzia valori del rischio cumulato trascurabili ovvero inferiori al valore $1 \cdot 10^{-6}$ in tutte le sezioni di censimento (valore massimo nelle zone censuarie pari a $2.56 \cdot 10^{-7}$, valore per l'intero comune di Portoscuso pari a $1.34 \cdot 10^{-7}$).

La valutazione del margine di esposizione MoE (rischio cancerogeno mediante l'approccio tossicologico - approccio UE) è stata effettuata in riferimento ad arsenico e cromo esavalente e cautelativamente in riferimento alle concentrazioni massime nelle sezioni di censimento. I calcoli mettono in evidenza valori ampiamente al di sopra dei valori assunti come riferimento minimo (low concern) e pari a 1'000 per l'Arsenico e 10'000 per il Cromo esavalente.

La valutazione degli eventi sanitari legati all'inalazione di PM2.5 mediante l'approccio epidemiologico ha evidenziato che il valore massimo del numero di casi aggiuntivi di mortalità si ha per il centro abitato di Portoscuso ed è pari a 0.169 (0.055-0.348) casi annui per la mortalità totale per tutte le cause (naturali), 0.083 (0.024-0.201) per cause cardiovascolari, 0.019 (0.005-0.047) per il tumore al polmone, 0.022 (0.000-0.085) per cause respiratorie.

La valutazione degli eventi sanitari legati all'inalazione di PM10 mediante l'approccio epidemiologico, ha evidenziato che il valore massimo del numero di casi aggiuntivi di bronchiti croniche negli adulti si ha per il centro abitato di Portoscuso ed è pari a 0.018 (0.004-0.047) casi annui.

Rischio legato all'esposizione per ingestione attraverso la catena alimentare

La valutazione del rischio derivante dall'ingestione attraverso la catena alimentare è stata sviluppata in riferimento all'ingestione dei prodotti ortofrutticoli e dei prodotti di origine ovicaprina (carne e formaggi) prodotti sul territorio. I risultati evidenziano valori di rischio cancerogeno e tossico sempre ampiamente inferiori ai valori di accettabilità del rischio incrementale anche sotto le ipotesi cautelative assunte (rischio cumulato massimo pari a $1.29 \cdot 10^{-8}$ ($6.80 \cdot 10^{-9}$ - $2.37 \cdot 10^{-8}$) e HI massimo pari a $1.49 \cdot 10^{-4}$ ($7.94 \cdot 10^{-4}$ - $2.70 \cdot 10^{-4}$)).

Rischio legato all'esposizione per contatto dermico

Il calcolo dei rischi cancerogeno e tossico per contatto dermico è stato effettuato in riferimento alle deposizioni massime nelle aree agricole e negli arenili. I risultati evidenziano:

- un rischio cancerogeno trascurabile per entrambe le tipologie di aree: valore massimo di rischio cancerogeno cumulato di $1.19 \cdot 10^{-9}$ ($6.23 \cdot 10^{-10}$ - $2.20 \cdot 10^{-9}$) e $6.10 \cdot 10^{-11}$ ($5.79 \cdot 10^{-11}$ - $7.30 \cdot 10^{-11}$) rispettivamente per le aree agricole e gli arenili;
- valori di HI ampiamente al di sotto dell'unità per entrambe le tipologie di aree: valori massimi pari a $8.49 \cdot 10^{-5}$ ($4.44 \cdot 10^{-5}$ - $1.58 \cdot 10^{-4}$) e $4.71 \cdot 10^{-6}$ ($4.25 \cdot 10^{-6}$ - $5.70 \cdot 10^{-6}$) rispettivamente per aree agricole e arenili.

Rischio legato all'esposizione per ingestione diretta di suolo

La valutazione del rischio derivante dall'ingestione diretta di suolo è stata sviluppata in riferimento agli arenili. I risultati evidenziano valori di rischio cancerogeno e tossico sempre ampiamente inferiori ai valori di accettabilità del rischio incrementale anche sotto le ipotesi cautelative assunte (rischio

cumulato massimo pari a $2.50 \cdot 10^{-10}$ ($2.36 \cdot 10^{-10}$ - $3.01 \cdot 10^{-10}$) e HI massimo pari a $1.82 \cdot 10^{-06}$ ($1.66 \cdot 10^{-06}$ - $2.21 \cdot 10^{-06}$)).

Rischio cumulato totale del progetto

Infine è stato valutato il rischio cumulato totale massimo cancerogeno e tossico associato al progetto e ai differenti scenari espositivi, calcolato cautelativamente come somma dei rischi massimi relativi a ciascuna via di esposizione. Il calcolo ha evidenziato che:

- in riferimento a tutti gli scenari analizzati l'HI massimo è inferiore all'unità, il valore massimo si ha in riferimento allo scenario residenziale ed è pari a $2.18 \cdot 10^{-01}$ ($1.12 \cdot 10^{-01}$ - $3.51 \cdot 10^{-01}$);
- in riferimento a tutti gli scenari analizzati il Rischio cancerogeno è trascurabile, il valore massimo del rischio cumulato totale si ha in riferimento allo scenario residenziale ed è pari a $2.69 \cdot 10^{-07}$ ($1.80 \cdot 10^{-07}$ - $4.01 \cdot 10^{-07}$).

Punto 3: la valutazione qualitativa degli effetti positivi del progetto evidenzia l'assenza di rischi per le determinanti indirette a fronte di rilevanti opportunità relative a "livello di occupazione/disoccupazione", "livello di reddito" e "diseguaglianza sociale ed economica".

Rischi ante operam e post operam. La scrivente, su richiesta degli Enti ha calcolato, a margine delle valutazioni riguardanti il progetto, anche i rischi ante operam e post operam relativi alla via di esposizione inalatoria.

4 AREA D'INFLUENZA DEL PROGETTO E SINTESI DEGLI IMPATTI ATTESI

La valutazione degli impatti che il Progetto di riavvio genera sull'ambiente circostante ha quale ambito territoriale di riferimento l'area avente estensione $24 \times 24 \text{ km}^2$, denominata Area vasta, rappresentata in Figura 1 All'interno di tale area si esauriscono tutti i potenziali effetti, diretti e indiretti, sulle componenti ambientali coinvolte dal progetto; essa coincide con l'area di riferimento per la valutazione degli impatti sulla qualità dell'aria.

Dall'analisi e dalla stima degli impatti del Progetto di riavvio, riportata nel quadro di riferimento ambientale, emerge che:

- l'unica componente ambientale su cui il progetto genera effetti negativi non trascurabili è l'*atmosfera*;
- il progetto genera effetti di carattere positivo sul *sistema economico e sociale*, in riferimento all'incremento dell'occupazione, alla riduzione dell'emigrazione e dell'impoverimento demografico dell'area in cui il progetto insiste;
- gli effetti sulle restanti componenti ambientali sono assenti o non significativi.

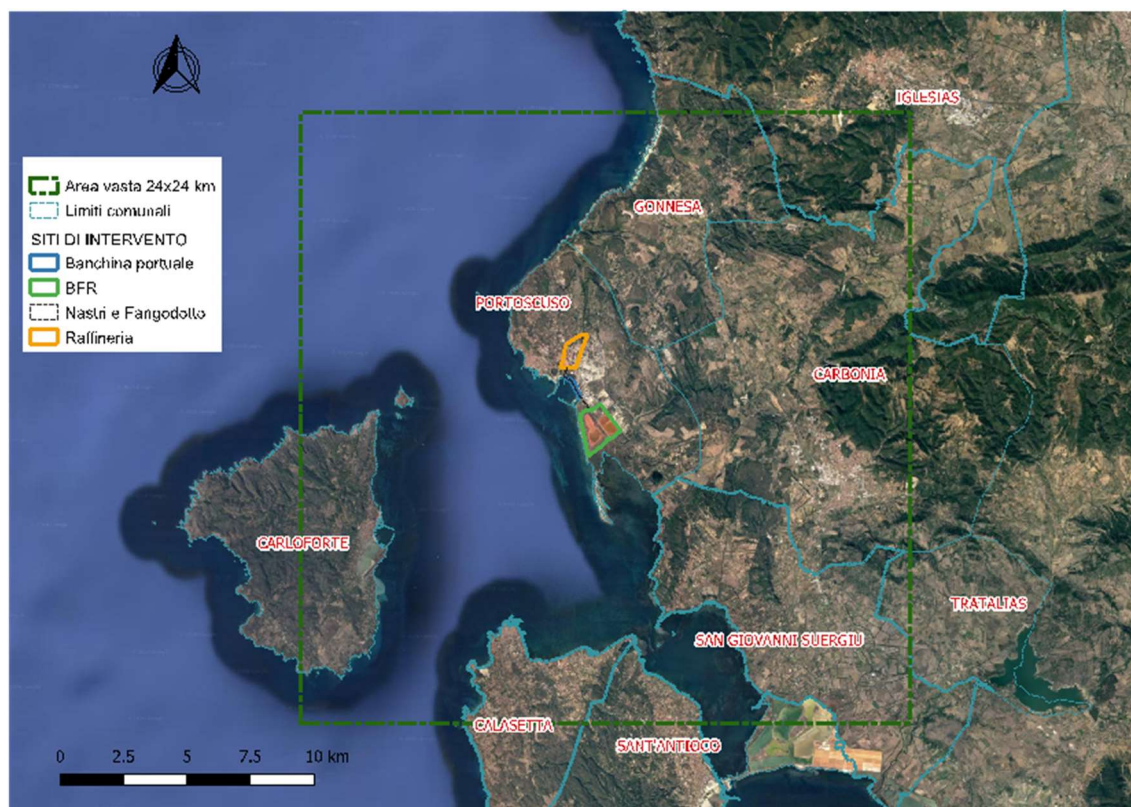


Figura 1. Localizzazione dell'Area Vasta

Più nel dettaglio infatti le emissioni di inquinanti in atmosfera producono un peggioramento, seppur moderato, della *qualità dell'aria* in riferimento ai contaminati caratteristici dell'impianto; per quanto riguarda i possibili effetti sulla salute i livelli di concentrazioni attesi sono sempre inferiori ai valori limiti per la protezione della salute umana definiti dal D.Lgs. 155/2010.

La componente *acque superficiali* non ha interazioni dirette con gli interventi; le componenti *suolo* e *sottosuolo*, la cui qualità attuale (ante operam) è il frutto di una lunga storia industriale del territorio, beneficiano degli interventi di bonifica e messa in sicurezza propedeutici alla realizzazione del progetto e, nel lungo periodo subiscono un impatto positivo. Lo stesso si può dire per la componente *acque sotterranee* in riferimento alla massiccia azione di bonifica dei sistemi di barriera idraulico dei siti industriali in cui il progetto si sviluppa; in riferimento a questa matrice si osserva, inoltre, che non esiste un percorso di trasmissione della contaminazione all'uomo dato che tali acque non vengono utilizzate né ai fini potabili né a quelli agricoli.

L'ampliamento planimetrico della discarica determina nuova e permanente occupazione di suolo (circa 20 ettari); anche in questo caso, però, l'occupazione interessa un terreno la cui qualità è stata compromessa da attività industriali sviluppate in passato ed è accompagnata da importanti interventi di bonifica e messa in sicurezza permanente che, in parte, compensano la sottrazione di suolo.

Gli impatti sul *clima acustico*, oltre ad essere di entità limitata, sono temporanei e, in riferimento ai possibili effetti sulla salute, sono inferiori ai limiti definiti dagli strumenti di pianificazione territoriale che regolano le attività umane nell'area.

L'impatto sul *sistema paesaggistico* in cui si inserisce il sito della raffineria è limitato da scelte di posizionamento e dimensione degli impianti di nuova costruzione; esso inoltre è temporaneo essendo prevista la dismissione degli impianti alla fine della loro vita utile e la restituzione del sito ad altri usi. L'impatto sul *sistema paesaggistico* della discarica è permanente ma è di entità limitata data la configurazione finale del volume e il suo inserimento nel paesaggio circostante mediante interventi di piantumazione e connessione con le altre aree di caratteristiche simili presenti a Sud.

Infine relativamente agli effetti delle *radiazioni ionizzanti* legate al contenuto di radioisotopi della bauxite, dell'allumina e del fango rosso, le verifiche sperimentali effettuate nei siti del progetto hanno evidenziato che il rischio radiologico per i lavoratori e per la popolazione è accettabile nella situazione attuale (ante operam) e non subirà alcun peggioramento a seguito della realizzazione del progetto.

5 IDENTIFICAZIONE DEI POSSIBILI FATTORI DI RISCHIO

I fattori di rischio sono rappresentati dagli impatti del progetto sulla qualità delle componenti ambientali che possono determinare effetti sulla salute umana. La loro identificazione è stata condotta attraverso la costruzione di un modello concettuale ambientale e sanitario (MCAS) che schematizza le relazioni tra il progetto, le componenti ambientali, i percorsi di esposizione ed i bersagli umani.

Il percorso di esposizione è definito dal tragitto, che le sostanze inquinanti seguono, attraverso le matrici ambientali, per arrivare al bersaglio posizionato nel punto di esposizione.

Un fattore di impatto viene identificato quale fattore di rischio quando il percorso di esposizione è attivo, ovvero quando esiste un collegamento tra i quattro elementi del modello concettuale ambientale e sanitario: sorgente, matrice ambientale, percorso di esposizione e bersaglio.

L'identificazione dei fattori di rischio viene effettuata in due fasi successive:

- identificazione degli impatti del progetto sulle matrici ambientali;
- identificazione dei percorsi di esposizione attivi, che mettono in relazione gli impatti sulle matrici di esposizione con i bersagli.

Dall'analisi degli impatti del progetto, la cui sintesi è riportata al capitolo 4, emerge che il progetto determina effetti negativi non trascurabili, seppur moderati, sulla qualità dell'aria.

In riferimento ai contaminanti atmosferici i percorsi attivi sono:

- inalazione;

- ingestione di suolo;
- ingestione attraverso la catena alimentare;
- contatto dermico.

Nella Figura 2 viene schematizzato il modello concettuale ambientale sanitario riferito al progetto in questione.

I contaminanti atmosferici caratteristici del progetto sono stati individuati nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale, essi sono:

- ossidi di azoto;
- biossido di zolfo;
- monossido di carbonio;
- ammoniaca
- particolato (PM10 e PM2.5);
- microinquinanti contenuti nel PM10: Antimonio, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cromo esavalente, Cromo totale, Manganese, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Tallio, Vanadio.

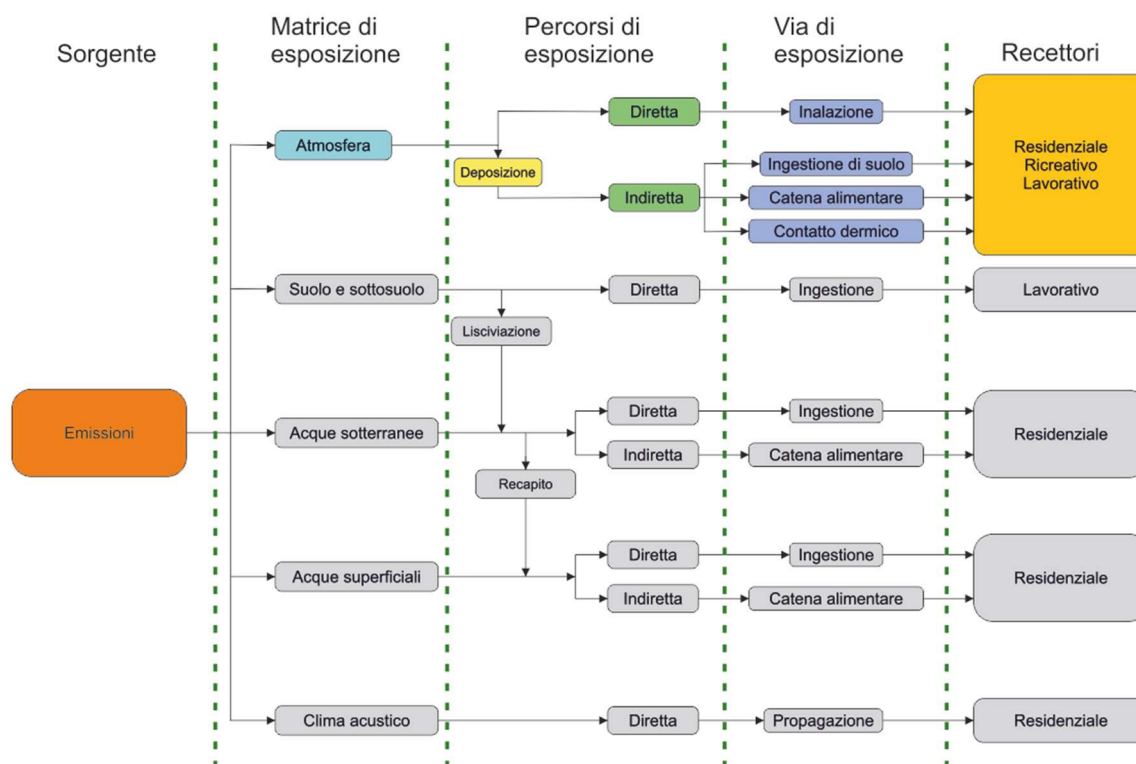


Figura 2. Modello concettuale ambientale sanitario del sito (in grigio le parti non inerenti al progetto)

La valutazione del contributo incrementale del progetto alle concentrazioni di tali inquinanti nell'area vasta è oggetto dei seguenti studi:

- Doc. 3a Studio di dispersione in atmosfera dei contaminanti gassosi;
- Doc. 3b Studio di dispersione in atmosfera delle polveri e dei microinquinanti.

6 STATO AMBIENTALE ANTE OPERAM

La descrizione dell'attuale stato delle componenti ambientali nell'area di influenza del progetto è riportata nel Quadro di riferimento ambientale dello Studio di Impatto Ambientale (SIA). Nel seguito si riporta quanto d'interesse per il presente Studio ovvero lo stato ante operam relativo alla qualità dell'aria.

Nel territorio circostante la zona industriale (Area IT2009 - Zona industriale, Area di Portoscuso) la qualità dell'aria è monitorata attraverso tre centraline della Rete Regionale di Monitoraggio (Figura 5):

- CENPS7 ubicata nel centro urbano di Portoscuso;
- CENPS6 ubicata nella frazione di Paringianu;
- CENPS4 localizzata a NW dell'area industriale.

In tali centraline la misura delle concentrazioni in aria ambiente è effettuata in modo automatico per i seguenti inquinanti: monossido di carbonio (CENPS4 e CENPS7); benzene (CENPS7), ossidi di azoto, ozono, biossido di zolfo, particolato PM10, particolato PM2.5 (CENPS6 e CENPS7).

In tali centraline viene inoltre effettuata la caratterizzazione del PM10. La CENPS7 rappresenta il sito di campionamento principale per la caratterizzazione, in cui sono effettuati campionamenti mensili per metalli e IPA (grado di copertura annuale; mensilmente 15 campioni per i metalli distribuiti a giorni alterni), e stagionali per diossine e furani (4 campionamenti all'anno aventi durata di 15 giorni); mentre nelle stazioni CENPS4 e CENPS6 viene effettuato un campionamento stagionale.

La centralina CENPS7 è inoltre dotata di stazione meteorologica.

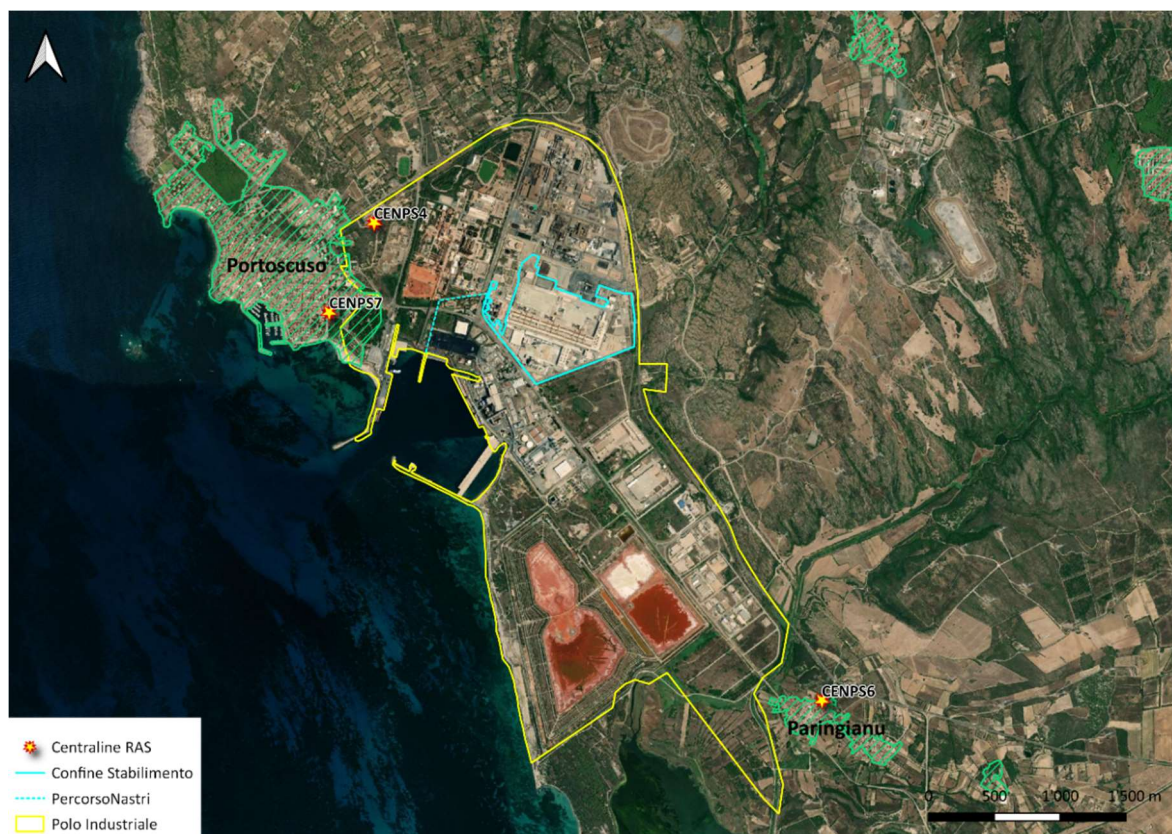


Figura 3. Centraline di misura inquinanti della rete di monitoraggio regionale di riferimento, zona industriale di Portoscuso

I dati di concentrazione registrati dalle centraline, a partire dal 2016, sono consultabili all'indirizzo: <https://portal.sardegناسira.it/ricerca-centraline>. Annualmente tali dati vengono analizzati, elaborati e sintetizzati in una relazione mirata a fornire alle amministrazioni pubbliche e ai cittadini il quadro conoscitivo, utilizzato anche per pianificare le politiche di gestione dell'ambiente. I dati forniti nelle relazioni annuali sono la media annua dei valori orari (MA), la massima media giornaliera in un anno (MMG), il massimo valore orario in un anno (MMO), la massima media mobile giornaliera di otto ore in un anno (MM8). Le relazioni annuali, riportano inoltre i risultati della caratterizzazione del particolato atmosferico.

I dati meteoroclimatici registrati dalla centralina CENPS7 non sono liberamente consultabili, ma vengono forniti, su richiesta, dal Dipartimento Meteoroclimatico Servizio Meteorologico, Agrometeorologico ed Ecosistemi. Nella seguente figura sono riportate le rose dei venti relative al periodo 2016-2018, da cui risulta che il vento predominante è il maestrale.

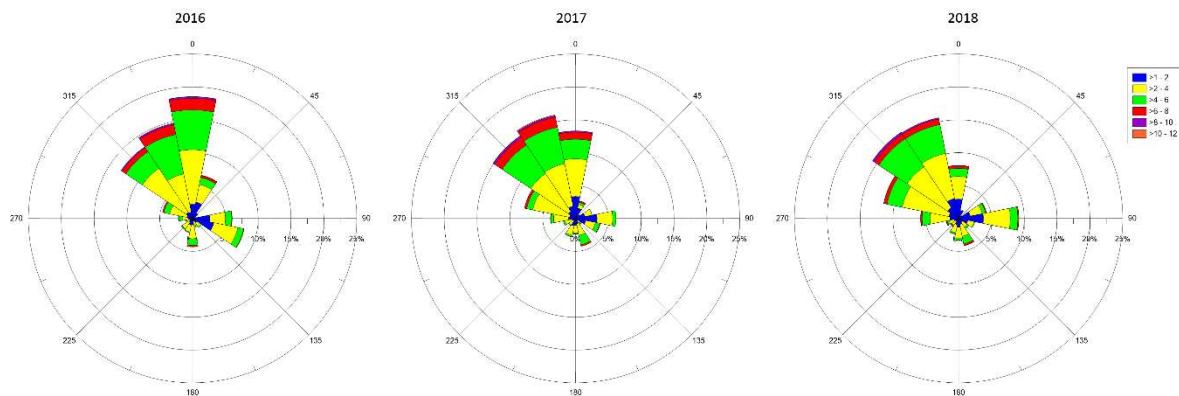


Figura 4. Rose dei venti della Stazione CENPS7 – periodo 2016-2018

Nel seguito sono sintetizzati i dati sulla qualità dell'aria delle centraline d'interesse relativi al periodo 2015-2020; la fonte di tali dati sono le *Relazioni annuali sulla qualità dell'aria in Sardegna* per gli anni disponibili (2015-2019) e il sito SardegnaAmbiente per il 2020.

La Tabella 1 riporta i valori delle medie annue degli inquinanti NO₂, SO₂ e PM₁₀, PM_{2.5} e C₆H₆. L'analisi dei dati evidenzia che:

- biossido di azoto: tutti i valori si attestano ampiamente entro i limiti di legge (40 µg/m³), il valore massimo è stato registrato nella stazione CENPS7 nel 2016 ed è pari a 12 µg/m³;
- biossido di zolfo: il D. Lgs. 155/2010 non fissa un valore medio annuo limite per la protezione della salute umana ma unicamente un livello critico annuale per la protezione della vegetazione (20 µg/m³), che non viene mai superato;
- frazione PM₁₀: tutti i valori risultano entro il limite di legge (40 µg/m³), il valore massimo si è registrato nella stazione CENPS7 nel 2019 ed è pari a 27.6 µg/m³;
- frazione PM_{2.5}: tutti i valori risultano inferiori al limite di legge previsto per il 2020 (20 µg/m³), il valore massimo si è registrato nella stazione CENPS7 nel 2015 ed è pari a 17.7 µg/m³;
- benzene: tutti i valori si attestano entro i limiti di legge (5 µg/m³), il valore massimo è stato registrato nel triennio 2015 - 2017 ed è pari a 1.0 µg/m³.

Tabella 1. Medie annue nel periodo di riferimento 2015 - 2020

| NO ₂ [µg/m ³] | | | | | | |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|-------|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| CENPS4 | 6.5 | 5.3 | 4.6 | 4.1 | 3.8 | 3.47 |
| CENPS6 | 4.3 | 4.6 | 5.1 | 4.4 | 2.8 | 3.62 |
| CENPS7 | 9.7 | 12.0 | 7.9 | 7.0 | 3.5 | 1.55 |
| SO ₂ [µg/m ³] | | | | | | |
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| CENPS4 | 1.7 | 1.5 | 1.7 | 0.9 | 0.5 | 0.75 |
| CENPS6 | 1.6 | 1.1 | 1.3 | 0.5 | 0.5 | 0.67 |
| CENPS7 | 0.6 | 0.8 | 1.5 | 1.0 | 0.6 | 0.59 |
| PM ₁₀ [µg/m ³] | | | | | | |
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| CENPS4 | 23.7 | 23.4 | 22.9 | 24.4 | 24.7 | 15.16 |
| CENPS6 | 16.4 | 16.8 | 17.3 | 18.5 | 17.9 | 17.7 |
| CENPS7 | 23.9 | 24.9 | 23.5 | 27.3 | 27.6 | 24.21 |

| PM2.5 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | | | | | | |
|--|------|------|------|------|------|------|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| CENPS6 | 9.7 | 11.2 | 10.8 | 11.8 | 9.6 | 7.93 |
| CENPS7 | 17.7 | 15.0 | 13.8 | 12.4 | 8.8 | 6.65 |
| C ₆ H ₆ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | | | | | | |
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| CENPS7 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.6 | 0.6 | 0.47 |

La Tabella 2 riporta i valori della massima media mobile giornaliera su 8 ore per il CO registrati durante il periodo di riferimento. L'analisi dei dati evidenzia che i valori registrati per il parametro di riferimento si mantengono sempre ampiamente al di sotto del relativo valore limite di 10 mg/m³.

Tabella 2. Massima media mobile giornaliera su 8 ore di CO nel periodo di riferimento 2015 - 2020

| Massima media mobile giornaliera su 8 ore (mg/m ³) | | | | | | |
|--|------|------|------|------------------|------|------|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| CENPS4 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 1.0 ¹ | 0.7 | 1.2 |
| CENPS7 | 0.7 | 0.6 | 1.4 | 0.6 | 0.5 | 0.5 |

La Tabella 3 riporta i superamenti dei valori di legge registrati nel periodo di riferimento (2015 – 2020) da cui emerge che si registrano superamenti unicamente in riferimento alla media giornaliera di PM10. Tali superamenti si verificano durante l'intero periodo di riferimento e in tutte le centraline (salvo qualche sporadica eccezione), il numero di tali superamenti è comunque sempre inferiore a quello massimo consentito dalla normativa (pari a 35).

Tabella 3. Numero di superamenti del limite di legge nel periodo di riferimento 2015 - 2020

| | PM10 Media giornaliera (PSU) | | | | | |
|--------|--|-----------------|------|--|------|------|
| | Valore limite: 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ | | | Massimo numero di superamenti consentito: 35 | | |
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| CENPS4 | 2 | 10 ² | 7 | 9 | 13 | 3 |
| CENPS6 | - | - | 3 | 3 | 2 | 0 |
| CENPS7 | 7 | 8 | 6 | 14 | 12 | 11 |

(PSU) = valore limite per la protezione della salute umana

In Tabella 4 si riportano gli esiti della caratterizzazione del particolato atmosferico in riferimento a metalli e IPA e al periodo 2015 – 2020.

Tabella 4. Concentrazioni annuali dei metalli e IPA nella frazione PM10 - periodo di riferimento 2015 – 2020

| | As (ng/m ³) | | | | | |
|-------------------------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | VL = 6.0 ng/m ³ | | | | | |
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| CENPS4 | - | - | 2.599 | 2.685 | 3.959 | 1.472 |
| CENPS6 | 3.858 | 1.789 | 1.232 | 0.92 | 1.8 | 1.153 |
| CENPS7 | 5.668 | 4.191 | 2.715 | 2.933 | 2.163 | 1.6 |
| Cd (ng/m ³) | | | | | | |

¹ Valore riportato nella relazione annuale 2018; il valore per tale parametro ricavato dai dati del portale è pari a 0.74

² Nella tabella riassuntiva relazione anno 2019 viene indicato erroneamente in valore 11

| | VL = 5.0 ng/m ³ | | | | | |
|--------|------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| CENPS4 | - | - | 5.009 | 3.690 | 3.742 | 3.958 |
| CENPS6 | 4.825 | 2.397 | 2.473 | 1.309 | 1.103 | 2.532 |
| CENPS7 | 8.022 | 5.223 | 5.557 | 4.543 | 3.243 | 3.873 |
| | Hg (ng/m ³) | | | | | |
| | - | | | | | |
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| CENPS4 | - | - | 0.089 | 0.226 | 0.212 | 0.178 |
| CENPS6 | 0.177 | 0.099 | 0.040 | < 0.079 | 0.058 | 0.066 |
| CENPS7 | 0.445 | 0.126 | 0.108 | 0.103 | 0.176 | 0.107 |
| | Ni (ng/m ³) | | | | | |
| | VL = 20.0 ng/m ³ | | | | | |
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| CENPS4 | - | - | 0.192 | 0.780 | 0.674 | 1.03 |
| CENPS6 | 1.535 | 1.012 | 0.217 | 0.868 | 0.819 | 1.318 |
| CENPS7 | 3.751 | 3.098 | 3.545 | 3.547 | 1.832 | 1.7 |
| | Pb (ng/m ³) | | | | | |
| | VL = 500.0 ng/m ³ | | | | | |
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| CENPS4 | - | - | 102.829 | 86.950 | 148.950 | 110.225 |
| CENPS6 | 107.560 | 48.223 | 65.818 | 23.225 | 36.925 | 80.825 |
| CENPS7 | 156.774 | 131.365 | 123.398 | 109.737 | 83.170 | 120.62 |
| | B(a)P (ng/m ³) | | | | | |
| | VL = 1.0 ng/m ³ | | | | | |
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| CENPS4 | - | - | 0.028 | 0.018 | 0.013 | 0.013 |
| CENPS6 | 0.045 | 0.033 | 0.083 | 0.075 | 0.030 | 0.055 |
| CENPS7 | 0.099 | 0.060 | 0.100 | 0.084 | 0.061 | 0.057 |

In sintesi, dai dati presentati ai paragrafi precedenti emerge che nell'arco temporale considerato:

- i valori limite (orario e annuo) per la protezione della salute umana imposti per il NO₂ non sono mai stati superati;
- i valori limite (orario e giornaliero) per la protezione della salute umana imposti per il SO₂ non sono mai stati superati;
- il valore limite della massima media mobile giornaliera di 8 ore per la protezione della salute umana imposto per il CO non è mai stato superato;
- il valore limite annuale per la protezione della salute umana imposto per il PM10 non è mai stato superato;
- il valore limite giornaliero per la protezione della salute umana imposto per il PM10 ha registrato dei superamenti ma in numero sempre inferiore a quello consentito;
- il valore limite annuale per la protezione della salute umana imposto per il PM2.5 non è mai stato superato;
- i valori obiettivo per metalli e IPA nella frazione PM10, ad eccezione del Cadmio, sono rispettati;
- i valori obiettivo per il cadmio sono stati rispettati nell'ultimo triennio.

6.1 PROGETTI INTERFERENTI SULL'ATTUALE STATO DI FATTO

Per la corretta definizione dello scenario post operam, devono essere valutati i probabili sviluppi futuri rispetto alla condizione attuale, descritta in precedenza. Tali scenari sono principalmente associabili alla sussistenza di progetti che insistano nell'area di interesse e i cui effetti non siano inclusi nella definizione dello scenario attuale.

Nella presente revisione documentale la valutazione dello stato post operam (Appendice A3) è stata condotta in riferimento ad uno scenario aggiuntivo che include gli effetti associati al progetto *Riavvio dello stabilimento di alluminio primario di Portovesme* presentato dalla SiderAlloys Italia SpA, la cui procedura di PAUR – Provvedimento unico regionale in materia ambientale iniziata in data 13/04/2021 è attualmente in corso.

Tale progetto incide nell'ambiente circostante direttamente in termini di qualità dell'aria e in modo indiretto sulla salute della popolazione. L'area di influenza di riferimento per la valutazione degli effetti di tale progetto coincide con l'area d'influenza del presente progetto.

7 POPOLAZIONE POTENZIALMENTE ESPOSTA E AREE D'INTERESSE

La popolazione potenzialmente esposta agli effetti riconducibili al progetto, in riferimento alla quale è sviluppata la presente valutazione, è quella presente all'interno dell'area d'interesse (area vasta). Come indicatore della presenza si è utilizzato la residenza, pur sapendo che la popolazione effettiva può essere numericamente minore o maggiore secondo le caratteristiche socio-economiche dell'area (es. pendolarismo per studio e lavoro).

L'area vasta include, totalmente o parzialmente, i territori comunali di Portoscuso, Carloforte, Calasetta, Gonnese, San Giovanni Suergiu, Carbonia, Iglesias e Sant'Antioco (Figura 7), includendo 358 sezioni di censimento, che rappresentano l'unità minima di rilevazione del Comune per la stima della popolazione.

I dati di popolazione per sesso e classi quinquennali di età abbinati a ciascuna sezione di censimento e i relativi dati geografici sono disponibili sul sito ISTAT(<http://dati.istat.it/>).

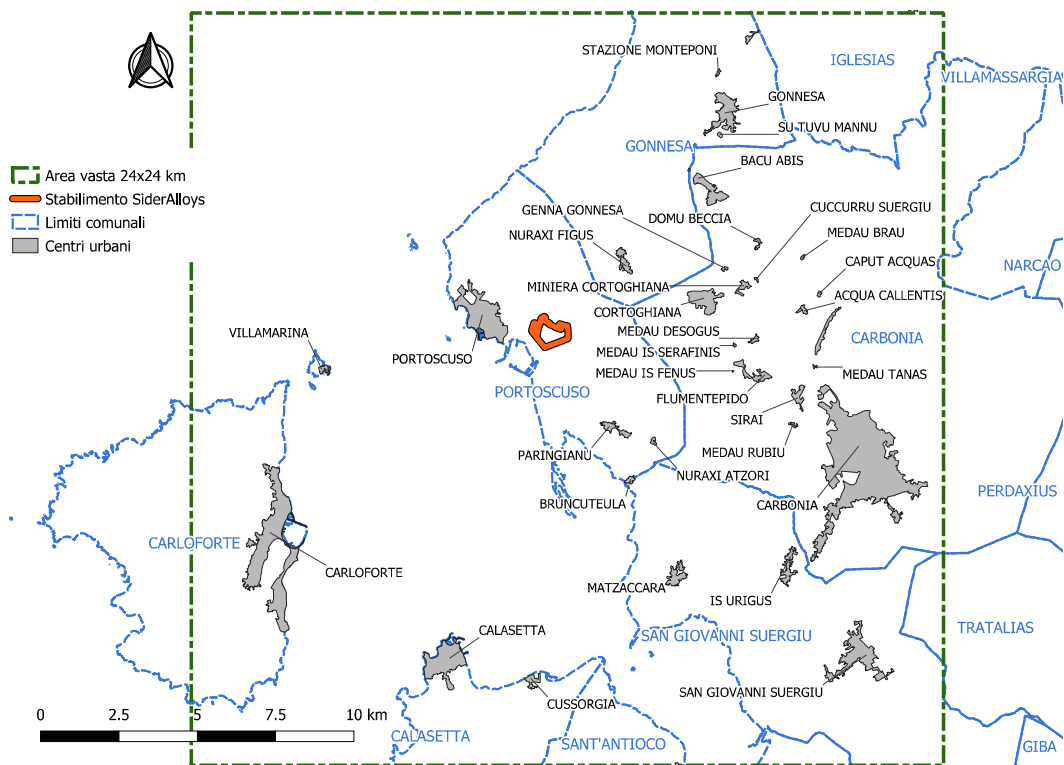


Figura 5. Territori comunali e centri abitati ricadenti nell'area vasta

La distribuzione della popolazione esposta nelle sezioni di censimento, come da ultimo censimento (ISTAT2011), è riportata nel file sezioni_localit_comune.shp mentre la Tabella 5 riporta la distribuzione di tale popolazione per sesso e classi di età, aggregata per comune.

Tabella 5. Distribuzione della popolazione potenzialmente esposta (residente nell'area vasta) per sesso e classi di età

| Comune | Totale | Maschi | Femmine | 0-15 anni | 16-64 anni | >65 anni |
|----------------------|--------|--------|---------|-----------|------------|----------|
| Calasetta | 2794 | 1355 | 1439 | 276 | 1835 | 683 |
| Carbonia | 28636 | 13680 | 14956 | 2945 | 19972 | 5719 |
| Carloforte | 6253 | 3105 | 3148 | 680 | 3915 | 1658 |
| Gonnesa | 5135 | 2559 | 2576 | 596 | 3640 | 899 |
| Iglesias | 623 | 331 | 292 | 62 | 447 | 114 |
| Portoscuso | 5236 | 2576 | 2660 | 582 | 3618 | 1036 |
| San Giovanni Suergiu | 5976 | 3001 | 2975 | 652 | 4168 | 1156 |
| Sant'Antioco | 166 | 97 | 69 | 20 | 123 | 23 |
| Area di influenza | 54819 | 26704 | 28115 | 5813 | 37718 | 11288 |

Per ciascuno dei comuni nell'area d'influenza la Tabella 6 riporta:

- la popolazione residente sul territorio comunale (dati ISTAT 2011);
- la popolazione potenzialmente esposta agli effetti del progetto ovvero la popolazione residente nelle sezioni censuarie incluse nell'area vasta (dati ISTAT 2011);
- la percentuale della popolazione comunale residente all'interno dell'area d'influenza.

Tabella 6. Popolazione residente nei Comuni inclusi nell'area di influenza e popolazione potenzialmente esposta

| Comune | Codice ISTAT PROCOM | Popolazione residente nel comune | Popolazione residente all'interno dell'area di influenza | Percentuale della popolazione comunale all'interno dell'area di influenza |
|----------------------|------------------------|-------------------------------------|---|---|
| Calasetta | 107002 | 2822 | 2794 | 99% |
| Carbonia | 107003 | 28882 | 28636 | 99% |
| Carloforte | 107004 | 6301 | 6253 | 99% |
| Gonnesa | 107008 | 5135 | 5135 | 100% |
| Iglesias | 107009 | 27674 | 623 | 2% |
| Portoscuso | 107016 | 5236 | 5236 | 100% |
| San Giovanni Suergiu | 107017 | 6020 | 5976 | 99% |
| Sant'Antioco | 107020 | 11496 | 166 | 1% |

Dalla Tabella emerge che, per i comuni di Iglesias e Sant'Antioco, la percentuale di popolazione potenzialmente esposta rappresenta una minima parte rispetto alla popolazione residente, rispettivamente 2% e 1%. Tali comuni non sono stati inclusi nell'analisi dell'assetto demografico, sono invece ricompresi nell'analisi statistica finalizzata alla valutazione dello stato di salute attuale delle popolazioni e le relative sezioni censuarie ricomprese nell'area d'influenza, sono incluse nella valutazione del rischio sanitario associato al progetto.

I risultati delle valutazioni che verranno presentati nei capitoli successivi, per semplicità di rappresentazione, sono riferiti a:

- sezioni di censimento più esposte;
- *Aree di riferimento* indicate con colore differente in Figura 8;
- Comuni.

Le *Aree di riferimento* sono state ottenute aggregando le sezioni di censimento sulla base della *località*, secondo classificazione ISTAT 2011, trattando individualmente le località con un numero di abitanti superiore a 100 ed aggregando le località contigue con popolazione inferiore. Il file sezioni_localit_comune.shp riporta il dettaglio delle sezioni di censimento che costituiscono ciascuna Area di riferimento. La distribuzione della popolazione per sesso e classi di età relativa alle Aree di riferimento è riportata in Tabella 7.

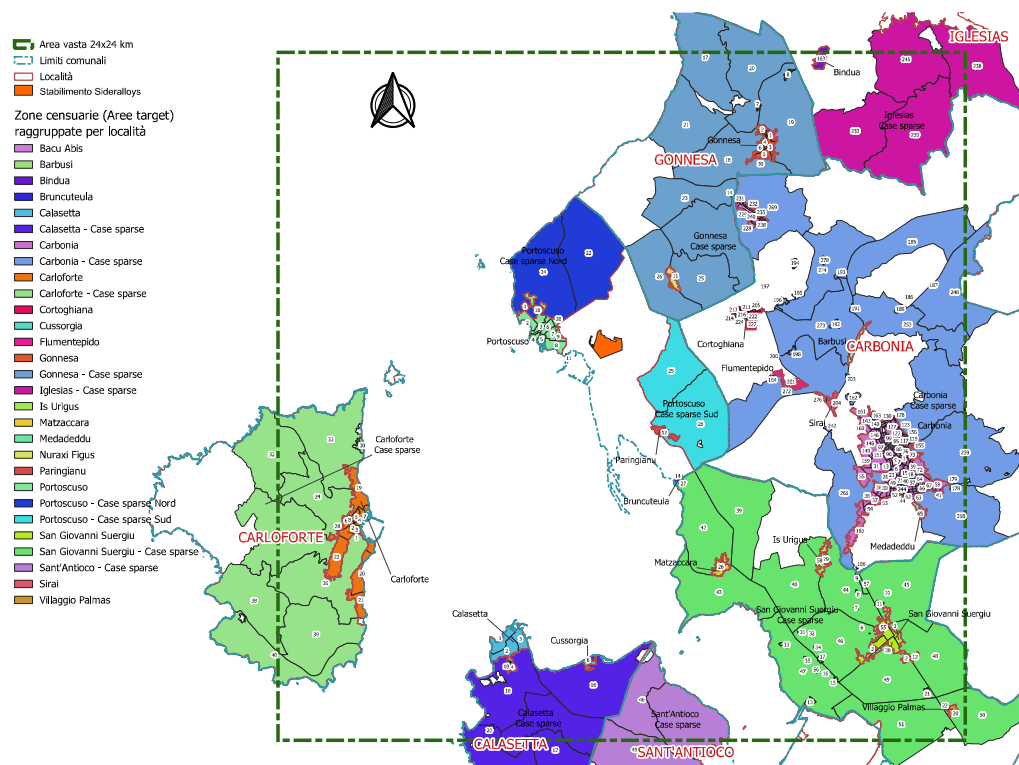


Figura 6. Aree di riferimento ottenute dall'aggregazione delle sezioni di censimento per località

Tabella 7. Distribuzione della popolazione residente nelle Aree di riferimento per sesso e classi di età

| Località (classificazione ISTAT 2011) | Totale | Maschi | Femmine | 0-15 anni | 16-64 anni | >65 anni |
|--|--------|--------|---------|-----------|------------|----------|
| Calasetta | 2331 | 1106 | 1225 | 225 | 1485 | 621 |
| Cussorgia | 65 | 31 | 34 | 5 | 48 | 12 |
| Calasetta - Case sparse | 398 | 218 | 180 | 46 | 302 | 50 |
| Carbonia | 21664 | 10241 | 11423 | 2232 | 14908 | 4524 |
| Medadeddu | 394 | 202 | 192 | 52 | 288 | 54 |
| Carbonia - Case sparse | 1400 | 706 | 694 | 109 | 1054 | 237 |
| Barbusi | 546 | 279 | 267 | 75 | 374 | 97 |
| Flumentepido | 192 | 95 | 97 | 23 | 144 | 25 |
| Bacu Abis | 1673 | 791 | 882 | 157 | 1216 | 300 |
| Sirai | 289 | 157 | 132 | 46 | 205 | 38 |
| Cortoghiana | 2478 | 1209 | 1269 | 251 | 1783 | 444 |
| Carloforte | 5560 | 2720 | 2840 | 615 | 3435 | 1510 |
| Carloforte - Case sparse | 693 | 385 | 308 | 65 | 480 | 148 |
| Gonnesa | 4154 | 2030 | 2124 | 506 | 2894 | 754 |
| Gonnesa - Case sparse | 426 | 230 | 196 | 43 | 318 | 65 |
| Nuraxi Figus | 555 | 299 | 256 | 47 | 428 | 80 |
| Bindua | 418 | 214 | 204 | 38 | 298 | 82 |
| Iglesias - Case sparse | 205 | 117 | 88 | 24 | 149 | 32 |
| Portoscuso | 4447 | 2173 | 2274 | 491 | 3065 | 891 |
| Paringianu | 582 | 292 | 290 | 61 | 409 | 112 |
| Bruncuteula | 76 | 40 | 36 | 11 | 56 | 9 |
| Portoscuso - Case sparse Nord | 99 | 52 | 47 | 11 | 70 | 18 |
| Portoscuso - Case sparse Sud | 71 | 41 | 30 | 10 | 53 | 8 |
| San Giovanni Suergiu | 3198 | 1583 | 1615 | 336 | 2216 | 646 |
| San Giovanni Suergiu - Case sparse | 1268 | 644 | 624 | 150 | 885 | 233 |
| Villaggio Palmas | 349 | 174 | 175 | 39 | 230 | 80 |
| Matzaccara | 547 | 279 | 268 | 59 | 386 | 102 |

| Località (classificazione ISTAT 2011) | Totale | Maschi | Femmine | 0-15 anni | 16-64 anni | >65 anni |
|--|--------|--------|---------|-----------|------------|----------|
| Is Urigus | 575 | 299 | 276 | 66 | 416 | 93 |
| Sant'Antioco - Case sparse | 166 | 97 | 69 | 20 | 123 | 23 |
| Area di influenza | 54819 | 26704 | 28115 | 5813 | 37718 | 11288 |

All'interno dell'area di influenza sono inoltre state identificate le seguenti aree d'interesse (Figura 9):

- target sensibili: scuola primaria con sede in via Nuoro, scuola dell'infanzia e scuola secondaria di I° grado con sede in via G. Asproni ubicate nel Comune di Portoscuso;
- l'area servizi del Consorzio Industriale, caratterizzata dalla presenza di lavoratori adulti;
- la zona industriale di Portovesme, suddivisa in 6 macroaree (ex centrale Monteponi, Eurallumina stabilimento, Sideralloys e Portovesme srl, Centrale Enel, Industrie secondarie e Eurallumina BFR) caratterizzate dalla presenza di lavoratori adulti;
- le due spiagge del centro urbano di Portoscuso: la spiaggia di Portovesme e la spiaggia di Portopaglietto.



Figura 7. Aree d'interesse nell'area d'influenza

La popolazione presente in tali aree d'interesse è stata così stimata:

- zona di servizi del consorzio industriale: 20 lavoratori adulti;
- zona industriale: 3100 circa lavoratori adulti;
- scuola primaria: 227 bambini di cui 101 maschi e 126 femmine, numero calcolato sulla base della distribuzione per età della popolazione residente nel comune di Portoscuso (dato ISTAT 2011), ipotizzando che la scuola sia frequentata da tutti i bambini di età compresa tra i 5 e i 10 anni;
- scuola dell'infanzia: 129 bambini di cui 64 maschi e 65 femmine, numero calcolato sulla base della distribuzione per età della popolazione residente nel comune di Portoscuso (dato ISTAT 2011), ipotizzando che la scuola sia frequentata da tutti i bambini di età compresa tra i 2 e i 4 anni;
- scuola secondaria di I° grado: 144 ragazzi di cui 74 maschi e 70 femmine corrispondete alla classe di età 11-14 anni dei residenti nel Comune di Portoscuso.

Infine costituiscono aree d'interesse le aree ad uso agricolo, potenziali recettori della ricaduta al suolo dei contaminanti atmosferici, individuate al fine di valutare l'esposizione della popolazione all'ingestione attraverso la catena alimentare e al contatto dermico. Tali aree sono state perimetrate sulla base della cartografia dell'uso del suolo (Corine Land Cover 2018) (Figura 10) e appartengono alle seguenti tipologie di aree:

- Colture intensive (168.1 km²);
- Vigneti (9.0 km²);
- Altre colture permanenti (4.0 km²);
- Sistemi colturali e particellari complessi (33.1 km²);
- Aree prevalentemente occupate da colture agrarie con presenza di spazi naturali importanti (58.3 km²).

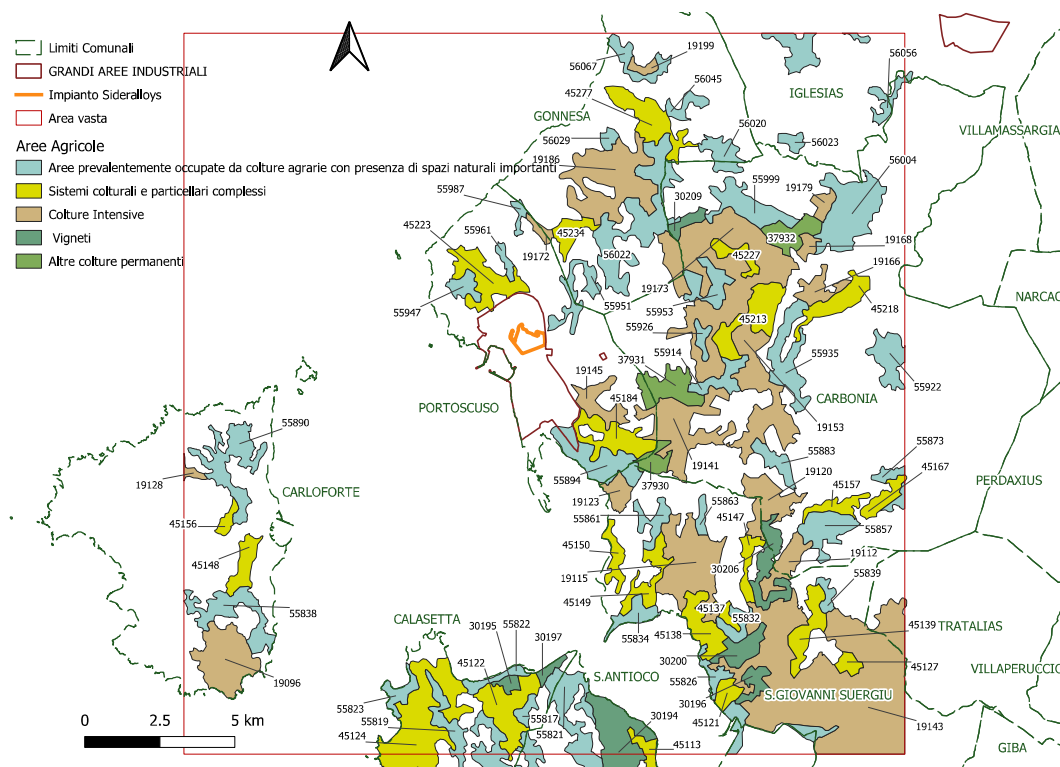


Figura 8. Aree ad uso agricolo (corine land cover 2018)

7.1 ANALISI DELL'ASSETTO DEMOGRAFICO

Nel seguito si riporta l'analisi dell'assetto demografico effettuata a livello comunale, sulla base dei dati ISTAT per gli anni 2002-2019, in riferimento ai comuni di Calasetta, Carbonia, Carloforte, Gonnese, Portoscuso e San Giovanni Suergiu, caratterizzati da una percentuale di popolazione potenzialmente esposta almeno del 99% rispetto alla popolazione residente (Tabella 6).

Nel periodo di riferimento, la popolazione complessivamente residente nei 6 comuni di riferimento è variabile da 56 283 abitanti nel 2002 (48.8% maschi e 51.2% femmine) a 53 046 abitanti nel 2019 (48.6% maschi e 51.4% femmine) in costante diminuzione (Figura 11). Rispetto ai comuni di residenza la popolazione è concentrata nel comune di Carbonia (mediamente negli anni pari al 53%); nel comune di Portoscuso la popolazione residente è pari mediamente al 10% del totale, mentre nel comune di Calasetta è pari mediamente al 5% della popolazione totale.

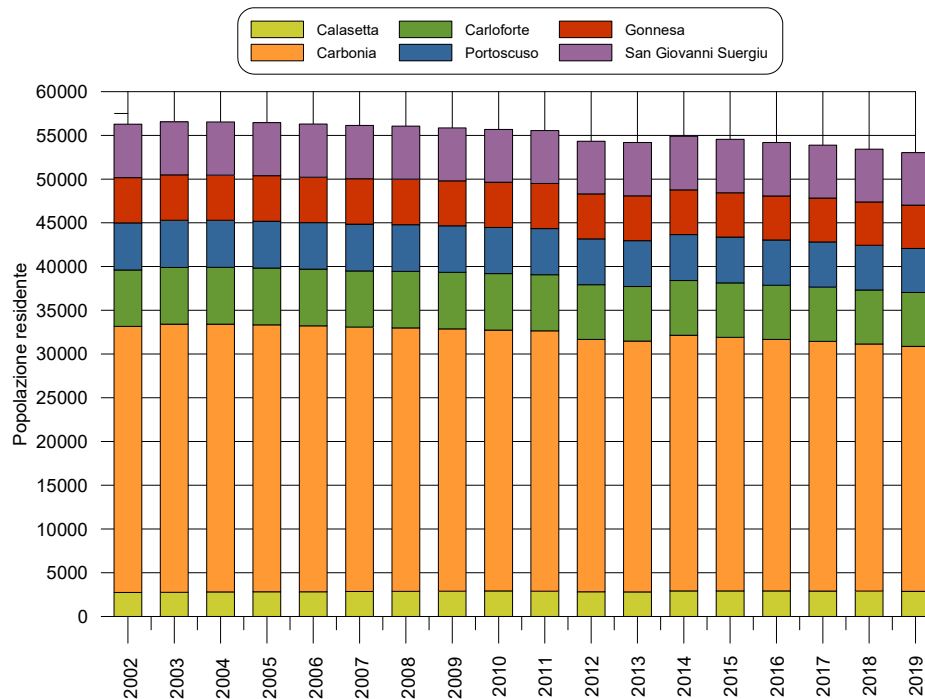


Figura 9. Popolazione residente nei comuni interessati dal progetto

Sulla base dei dati ISTAT sono stati calcolati i seguenti indici demografici:

- Indice di vecchiaia, dato dal rapporto percentuale tra il numero di persone con età maggiore di 65 anni e il numero di giovani fino ai 14 anni. Nei comuni dell'area in esame tale indice è in costante aumento (con variabilità da comune a comune); si passa da 128.9 nel 2002 a 277.6 nel 2019 (Figura 12), sempre superiore alla media regionale (116.6 nel 2002 e 212.0 nel 2019);
- Indice di dipendenza strutturale, che rappresenta il carico sociale ed economico della popolazione non attiva (0-14 anni e 65 anni ed oltre) su quella attiva (15-64 anni). Tale indice varia complessivamente tra 40.6 nel 2002 a 59.7 nel 2019 (Figura 13), anche in questo caso in costante crescita; i valori medi sono inferiore alla media regionale nel 2002 (42.7) e superiori alla media regionale nel 2019 (53.8). Nell'area di interesse, nel 2019, ci sono mediamente 59.7 individui a carico di 100 lavoratori;
- Indice di ricambio della popolazione attiva: rappresenta il rapporto percentuale tra la fascia di popolazione che sta per andare in pensione (60-64 anni) e quella che sta per entrare nel mondo del lavoro (15-19 anni). Tale indice, analizzando la popolazione complessivamente residente nei 6 comuni, varia da 82.5 nel 2002 a 214.8 nel 2019 (Figura 14). Tale indice evidenzia che, nel 2019, 214.8 individui stanno per andare in pensione contro 100 che stanno per entrare nel mondo del lavoro (valore molto superiore alla media regionale 2019 di 165.5); nel 2002 ogni 100 persone che stavano per entrare nel mondo del lavoro solo 82.5 stavano per andare in pensione (valore inferiore alla media regionale 2002 di 93.1);
- Indice di struttura della popolazione attiva: rappresenta il grado di invecchiamento della popolazione in età lavorativa ed è calcolato come rapporto percentuale tra la parte di

popolazione in età lavorativa più anziana (40-64 anni) e quella più giovane (15-39 anni). Tale indice varia da 98.3 nel 2002 a 160.8 nel 2019 (in costante crescita) (Figura 15). Anche in questo caso l'indice conferma che l'età dei lavoratori è molto elevata e leggermente più elevata della media regionale (87.6 nel 2002 e 152.2 nel 2019);

- Età media. Rappresenta la media delle età di una popolazione, calcolata come il rapporto tra la somma delle età di tutti gli individui e il numero totale della popolazione residente. L'età media della popolazione in esame è in crescita e passa da 40.9 anni nel 2002 a 48.3 anni nel 2019 (Figura 16).

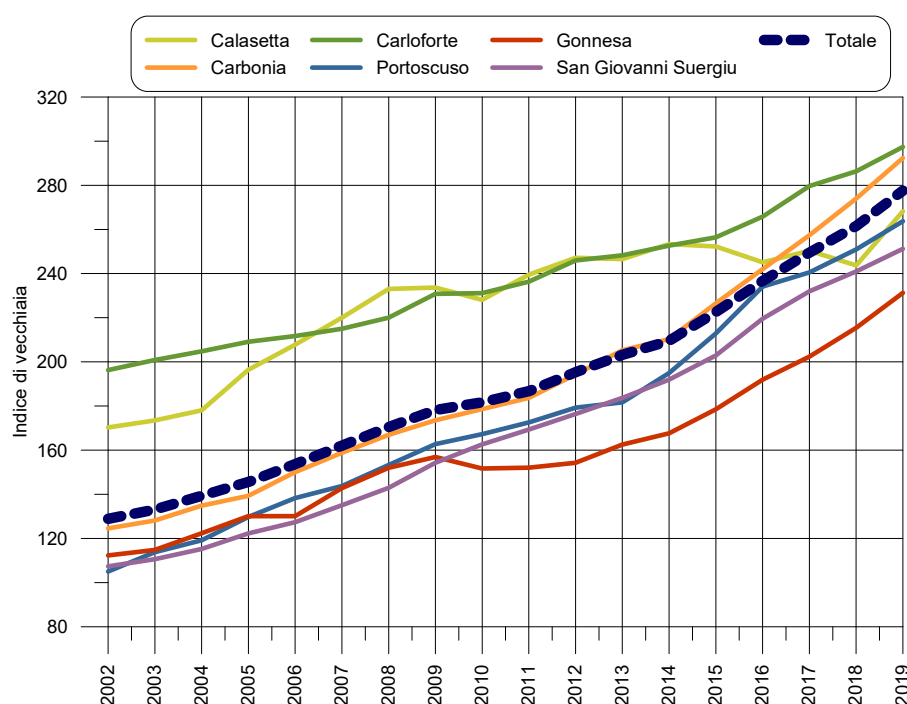


Figura 10. Indice di vecchiaia

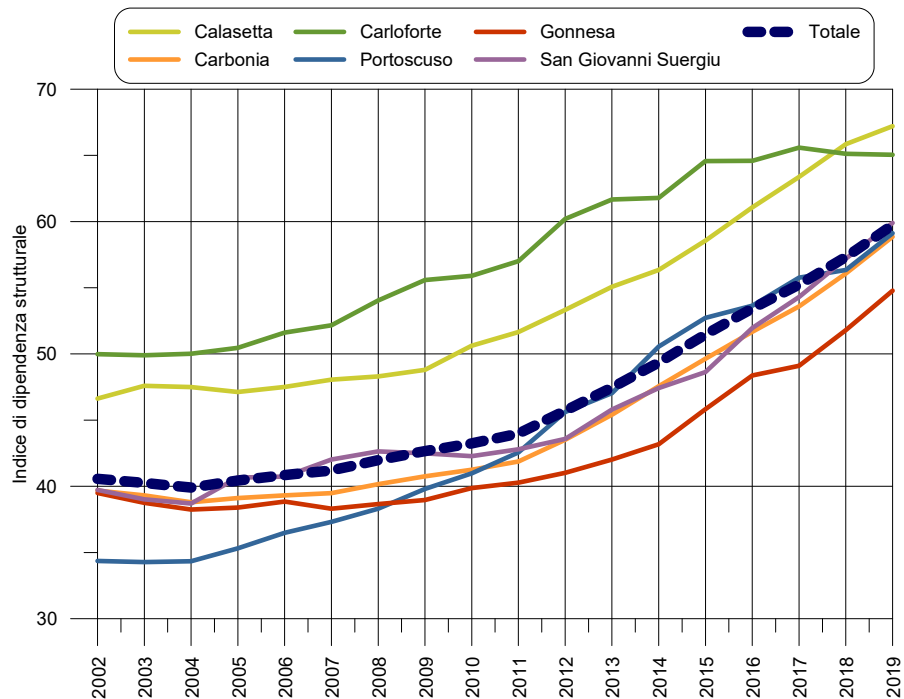


Figura 11. Indice di dipendenza strutturale

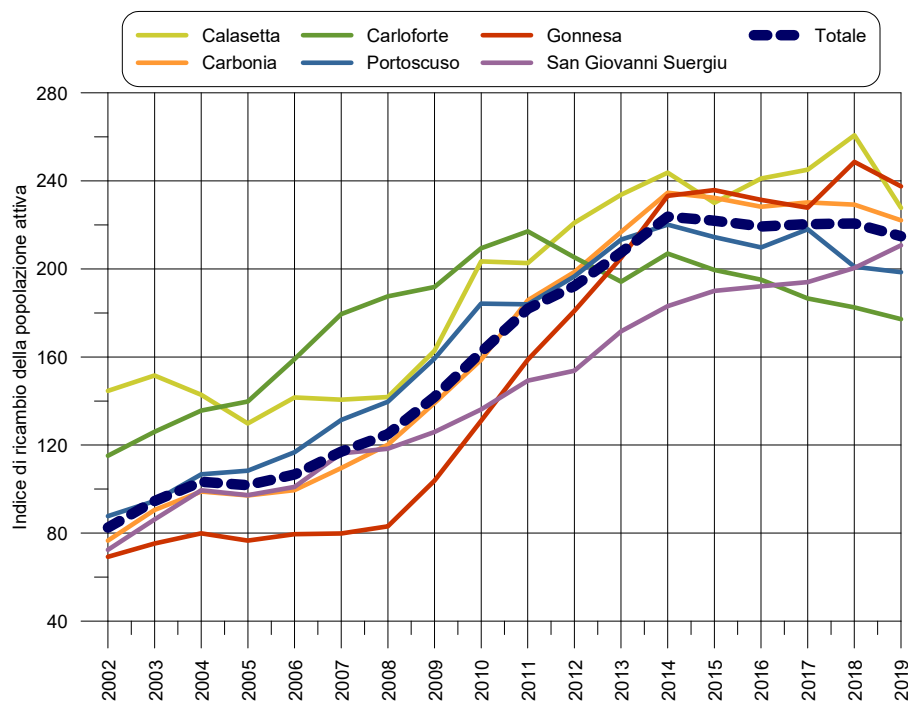


Figura 12. Indice di ricambio della popolazione

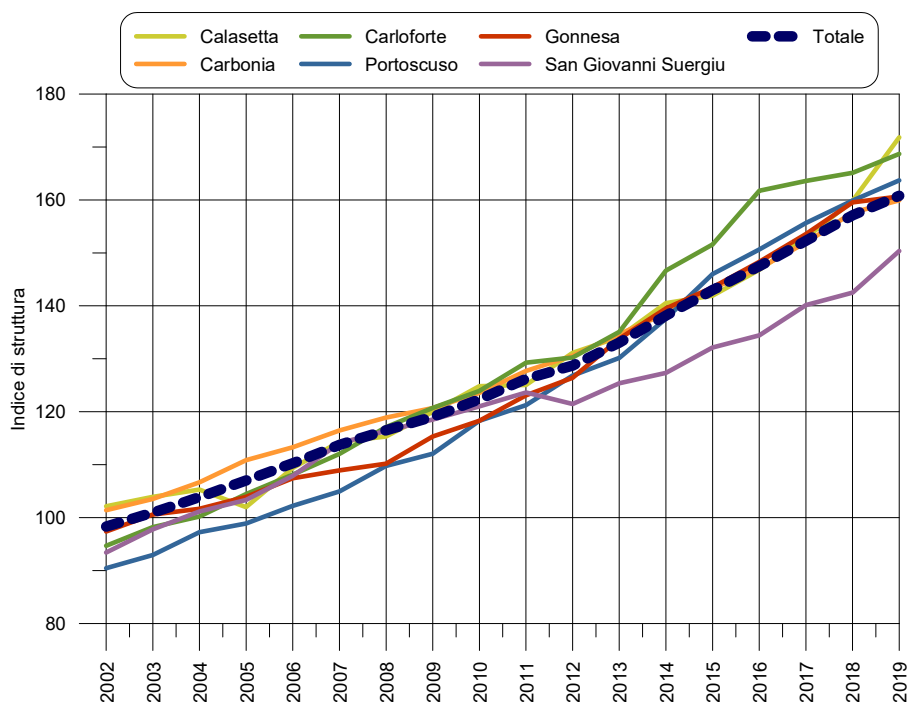


Figura 13. Indice di struttura della popolazione attiva

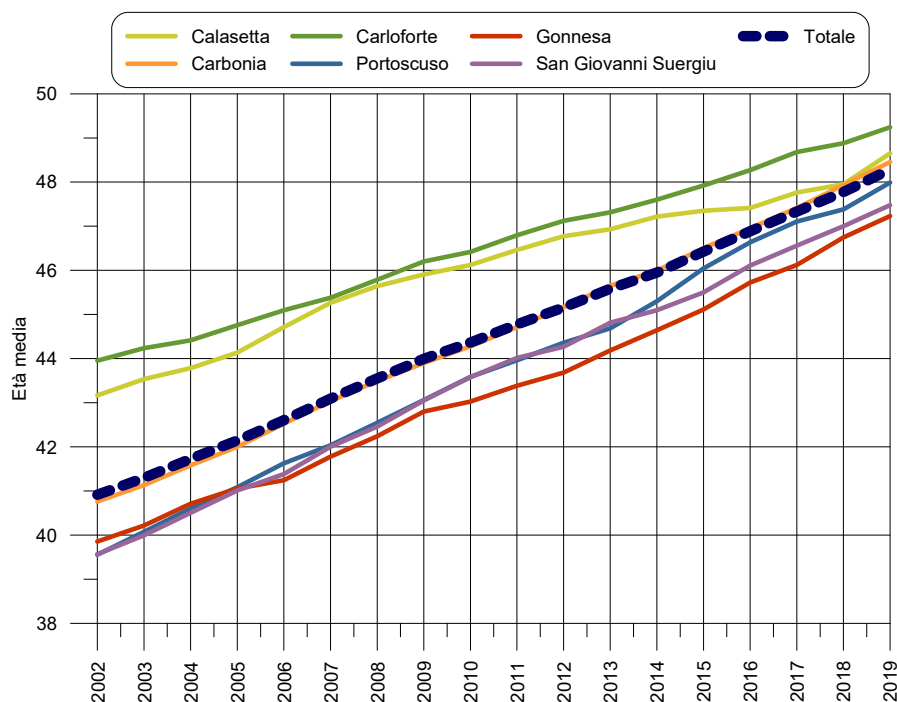


Figura 14. Età media

La distribuzione in classi di età della popolazione è riportata in Figura 17. L'analisi per età, in riferimento alle seguenti fasce, giovani (0-14 anni), adulti (15-64 anni) e anziani (65 anni e oltre), evidenzia una struttura della popolazione di tipo regressivo in cui la popolazione giovane è quindi

minore di quella anziana. Nello specifico la classe di giovani rappresenta mediamente l'12.6% della popolazione nel 2002 (tale dato diminuisce progressivamente a 9.9% nel 2019), mentre la classe anziani rappresenta mediamente il 16.3% della popolazione nel 2002 (tale dato aumenta progressivamente al 27.5% nel 2019). Mentre nel 2002 i dati erano allineati con le medie regionali, il confronto nel 2019 mette in evidenza un incremento della popolazione di anziani ed una diminuzione della classe di giovani rispetto alla media regionale.

All'interno dell'area vasta sono ricomprese, totalmente o parzialmente, 358 sezioni di censimento che rappresentano l'unità minima di rilevazione del Comune per effettuare la stima della popolazione; i dati di popolazione relativi a tale livello di disaggregazione sono disponibili unicamente in corrispondenza dei censimenti.

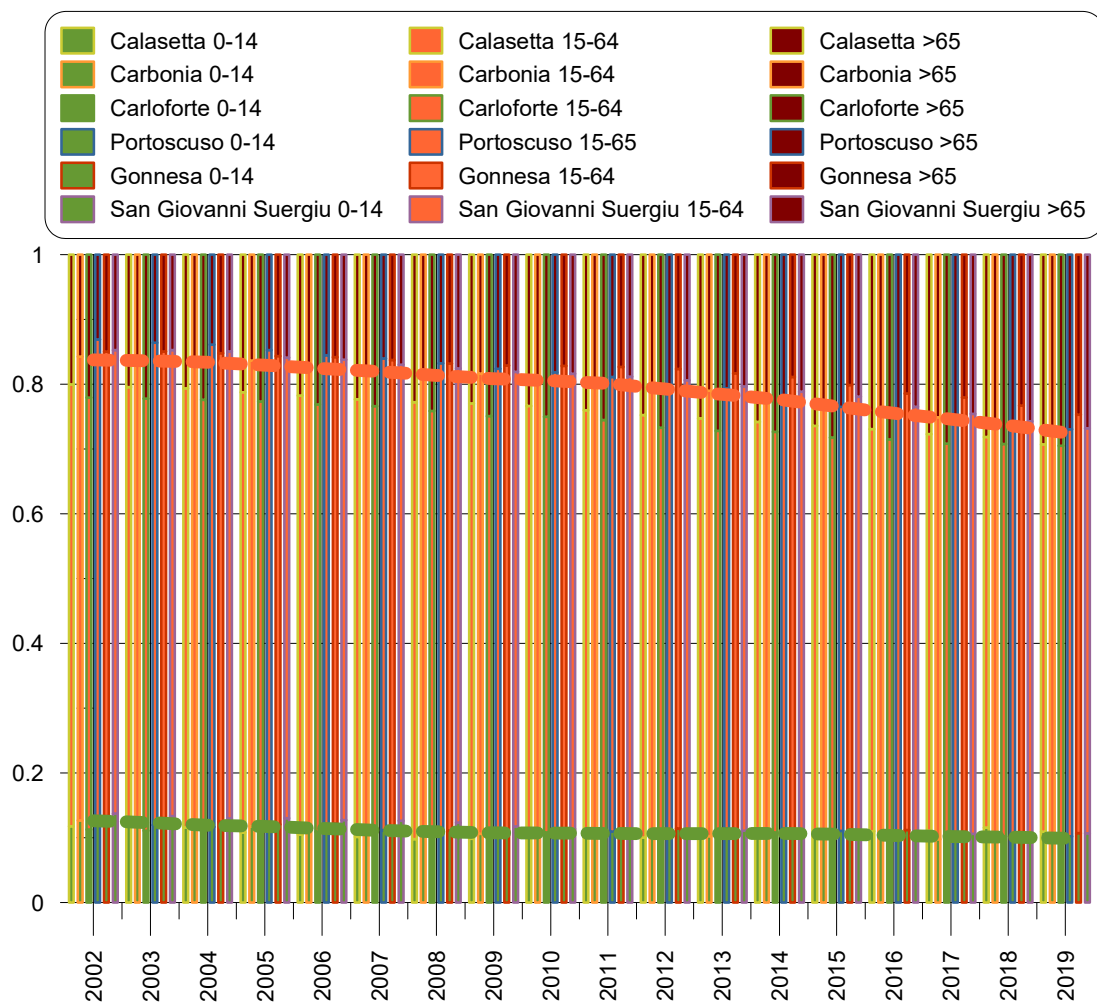


Figura 15. Struttura della popolazione residente nell'area vasta

8 SCELTA DEGLI INDICATORI SANITARI

8.1 PREMESSA

La definizione di indicatori sanitari appropriati è necessaria al fine di definire il profilo di salute specifico associabile agli inquinanti d'interesse *post operam*; tali indicatori devono dunque essere riconducibili ad effetti correlati all'esposizione della popolazione, ed eventualmente di gruppi sensibili, agli inquinanti emessi/prodotti dal progetto.

L'analisi del profilo sanitario utilizza come riferimento il sistema di sorveglianza proposto dal progetto SENTIERI dell'Istituto Superiore di Sanità, che identifica a priori le patologie d'interesse per le quali valutare gli indicatori epidemiologici. Tali indicatori sono utilizzati sia per la caratterizzazione dello stato di salute ante operam della popolazione potenzialmente esposta che per la definizione del monitoraggio sanitario post-operam.

I criteri utilizzati per la selezione delle patologie d'interesse sono i seguenti:

- evidenze epidemiologiche relative ad impianti analoghi a quello oggetto della valutazione;
- evidenze tossicologiche relative agli inquinanti d'interesse.

8.2 EVIDENZE EPIDEMIOLOGICHE ASSOCIATE ALL'ESERCIZIO DELLE RAFFINERIE DI PRODUZIONE DI ALLUMINA

INSERIRE (prof COCCO)

8.3 EVIDENZE TOSSICOLOGICHE LEGATE AI PRINCIPALI CONTAMINANTI EMESSI

Nel seguito si riportano le patologie che la letteratura scientifica associa con sufficiente evidenza all'esposizione di popolazioni agli inquinanti caratteristici del progetto rappresentate da: Ossidi di azoto, biossido di zolfo, ammoniaca, particolato e microinquinanti (metalli).

8.3.1 Ossidi di azoto (NOx)

Gli ossidi di azoto (NOx) sono immessi in atmosfera da processi naturali, come la degradazione della sostanza organica, l'eruzione dei vulcani o gli incendi delle foreste, e da processi antropici legati alla combustione ad alta temperatura, come i motori degli autoveicoli e le caldaie per il riscaldamento domestico oppure di origine industriale legati alla produzione di energia. Le emissioni legate al traffico veicolare rappresentano la sorgente più rilevante di ossidi di azoto in atmosfera.

In generale, il 90% degli ossidi di azoto emesso dalle sorgenti inquinanti è composto da monossido di azoto (NO) e per il restante 10% da biossido di azoto (NO₂): fanno eccezione i motori diesel, per i quali l'NO₂ rappresenta fino al 70% delle emissioni totali di questa famiglia di gas.

La concentrazione di fondo naturale dell'NO₂ ha un range variabile da 0.4 a 9.4 µg/m³ mentre negli ambienti urbani la concentrazione media annuale ha un range di 75-1'015 µg/m³.

Ai fini della tutela della salute umana, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) suggerisce di non superare la concentrazione media annuale di 40 µg/m³ e la concentrazione media oraria di 200 µg/m³. Tali valori sono stati recepiti anche dalla normativa italiana nel D. Lgs. 155/2010 in attuazione della direttiva 2008/50/CE come limiti per NO₂.

I meccanismi mediante cui l'NO₂ induce i suoi effetti tossici nell'uomo sono stati ipotizzati da modelli sperimentali animali e possono essere descritti in termini di irritazione delle vie aeree fino al broncospasmo negli asmatici e di mantenimento dello stato di infiammazione cronica.

In sintesi, gli effetti acuti dell'NO₂ sull'apparato respiratorio comprendono:

- riacutizzazioni di malattie infiammatorie croniche delle vie respiratorie, quali bronchite cronica e asma;
- riduzione della funzionalità polmonare;
- possibili danni riguardanti l'apparato cardiovascolare, per esempio la capacità di indurre patologie ischemiche del miocardio, scompenso cardiaco e aritmie cardiache.

Gli effetti a lungo termine includono:

- alterazioni polmonari a livello cellulare e tessutale;
- aumento della suscettibilità alle infezioni polmonari batteriche e virali.

8.3.2 Biossido di zolfo (SO₂)

L'SO₂ è un gas dal caratteristico odore pungente. Le emissioni di origine antropica derivano prevalentemente dall'utilizzo di combustibili solidi e liquidi e sono correlate al contenuto di zolfo sia come impurezza che come costituente nella formulazione molecolare dei combustibili.

Negli ultimi decenni, nei Paesi economicamente sviluppati, il contenuto in zolfo dei carburanti è stato notevolmente ridotto. Pertanto attualmente la fonte principale del biossido di zolfo è rappresentata dalle emissioni da parte dei motori navali, che continuano ad utilizzare petrolio grezzo come combustibile e dai processi industriali di fusione dei metalli.

Le concentrazioni di fondo del biossido di zolfo in aree rurali sono, in Europa, al di sotto di 5 µg/m³, anche se in prossimità di aree industriali si può osservare un aumento della concentrazione fino a 25 µg/m³. Nelle aree urbane, viceversa, il biossido di zolfo si è ridotto notevolmente e le concentrazioni annuali medie sono attualmente nel range di 12-45³ µg/m³.

³ Effetti sulla salute dell'inquinamento atmosferico. Sentieri Quinto Rapporto.

I primi sintomi della presenza di SO₂ sono avvertiti ad una concentrazione di circa 0.3 ppm, oltre al quale l'odore comincia a raggiungere il limite di tollerabilità. Gli effetti irritanti dell'SO₂ sono in genere limitati alla mucosa del naso e del tratto superiore dell'apparato respiratorio. A concentrazioni superiori a 1.6 ppm per qualche minuto, l'SO₂ può produrre una broncocostrizione, e la comparsa di sintomi quali dispnea e affanno. Effetti simili sulla funzionalità polmonare con aggravamento di bronchiti croniche, asma ed enfisema sono stati osservati anche per esposizioni croniche all'SO₂ pari a 100 µg/m³. I danni al sistema respiratorio provocati dall'SO₂ derivano dalla combinazione del gas con il particolato atmosferico, che favorirebbe il trasporto dell'SO₂ in zone più profonde dell'albero respiratorio, nonostante, a causa dell'elevata solubilità in acqua, l'SO₂ sia assorbito facilmente dalle mucose del naso e del tratto superiore dell'apparato respiratorio.

Gli effetti acuti imputabili all'esposizione ad alti livelli di SO₂ comprendono:

- un aumento della resistenza al passaggio dell'aria a seguito dell'inturgidimento delle mucose delle vie aeree;
- l'aumento delle secrezioni mucose tracheali e bronchiali, spasmi bronchiali e/o difficoltà respiratorie nei soggetti sofferenti di asma.

Fra gli effetti a lungo termine possono manifestarsi:

- alterazioni della funzionalità polmonare;
- aggravamento delle bronchiti croniche, dell'asma e dell'enfisema.

8.3.3 Ammoniaca⁴

L'ammoniaca si trova naturalmente nell'aria, nel suolo e nell'acqua. Viene prodotta dall'uomo e da altri animali dai normali processi biologici. Il suo utilizzo è generalmente legato alla fertilizzazione nel campo agricolo ma è anche utilizzata in altri ambiti industriali o domestici (prodotti per la pulizia).

L'esposizione all'ammoniaca avviene principalmente attraverso l'inalazione nella sua forma gassosa (NH₃); altre vie di esposizione sono legate all'assunzione attraverso la dieta, l'acqua potabile o il contatto diretto con la pelle (generalmente in soluzione acquosa sotto forma di ione ammonio NH₄⁺).

In ambiente esterno le concentrazioni di ammoniaca variano tra 0.28 e 15 µg/m³ e tra 0.09 e 166 µg/m³ negli ambienti interni.

Gli effetti sulla salute dell'ammoniaca, inalata a livelli superiori alle concentrazioni naturali, sono generalmente limitati al tratto respiratorio, sede del contatto diretto con l'ammoniaca. L'esposizione per inalazione a breve termine ad alti livelli di ammoniaca può causare irritazione e gravi ustioni alla bocca, ai polmoni e occhi. L'esposizione cronica all'ammoniaca nell'aria può aumentare il rischio di

⁴ Toxicological Review of Ammonia Noncancer Inhalation - EPA/635/R-16/163Fa - 2016

malattie respiratorie irritazione, tosse, respiro sibilante, senso di oppressione al petto e compromissione della funzione polmonare in umani.

Studi su animali da esperimento indicano che l'esposizione per via inalatoria a concentrazioni di ammoniaca può avere effetti sull'apparato respiratorio e al crescere della concentrazione si hanno influenze negative anche su altri organi, come il fegato, i reni e la milza.

8.3.4 Particolato (PM)

Il PM è una miscela di particelle solide che contengono materiale carbonaceo, residuo delle combustioni, altre sostanze organiche (come gli idrocarburi policiclici aromatici), metalli e ioni inorganici e sostanze gassose intrappolate nelle particelle, come NO₂, SO₂ e CO.

Le polveri totali si distinguono in tre classi dimensionali corrispondenti alla capacità di penetrazione nelle vie respiratorie da cui dipende il tipo di effetti nocivi.

In particolare:

- PM₁₀: particolato formato da particelle con diametro <10 µm, in grado di penetrare nel tratto respiratorio superiore (naso, faringe e laringe);
- PM_{2,5}: particolato fine con diametro <2.5 µm, in grado di penetrare nel tratto tracheobronchiale (trachea, bronchi, bronchioli ed alveoli);
- PM_{0,1}: particolato ultrafine: diametro <0.1 µm, in grado di penetrare profondamente nei polmoni fino agli alveoli.

Il PM si origina sia per emissione diretta (particelle primarie) sia per reazione nell'atmosfera di composti chimici, quali ossidi di azoto e zolfo, ammoniaca e composti organici (particelle secondarie). Le sorgenti del particolato possono essere naturali (polveri del deserto, aerosol marino, eruzioni vulcaniche) e antropiche (combustioni dei motori, riscaldamento, residui dell'usura del manto stradale, dei freni e delle gomme delle vetture, emissioni di impianti industriali).

Gli effetti sulla salute possono essere diretti in particolare sull'apparato cardiovascolare e respiratorio, ed effetti indiretti attraverso lo stress ossidativo e la risposta infiammatoria.

Effetti indiretti si possono avere attraverso lo stimolo al rilascio di agenti infiammatori che comportano uno stato di infiammazione sistemica. Questi effetti rappresentano una spiegazione plausibile della rapida (entro poche ore) risposta cardiovascolare, come l'incremento nella frequenza di infarto miocardico o di aritmie. Recenti studi indicano, inoltre, che l'esposizione acuta a particelle in sospensione contenenti metalli (come le particelle derivanti dai combustibili fossili usati come carburanti) possono causare un vasto spettro di risposte infiammatorie nelle vie respiratorie e nel sistema cardiovascolare quali danneggiamento cellulare e aumento della permeabilità cellulare, verosimilmente in relazione alle loro componenti metalliche.

Il particolato è anche il principale veicolo dei così detti "microinquinanti", ovvero le sostanze che, presenti in concentrazioni molto basse sono tuttavia molto rilevanti dal punto di vista igienico-

sanitario. È questo il caso di molti metalli e metalloidi quali mercurio, arsenico, cadmio, nichel, vanadio, piombo e rame.

8.3.5 Metalli

Il particolato è anche il principale veicolo di “microinquinanti”, ovvero sostanze presenti in concentrazioni molto basse, ma molto rilevanti dal punto di vista igienico-sanitario. È questo il caso di molti metalli e metalloidi dei principali dei quali sono di seguito brevemente descritti gli effetti sanitari.

8.3.5.1 Antimonio⁵

L'antimonio è presente come contaminante nell'aria delle aree urbane (concentrazioni tra 0.42 e 0.85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Si trova nelle acque naturali, sia nella forma trivalente che pentavalente e sotto forma di composti metallici, ed è inoltre contenuto nei cibi, nel fumo, nella polvere da sparo e nei tessuti ignifughi. Può provocare debolezza muscolare, astenia, sapore metallico in bocca. A contatto con la pelle può causare irritazione (macchie d'antimonio).

L'esposizione può avvenire per via inalatoria, per via alimentare o per contatto cutaneo con il terreno, l'acqua ed altri materiali che lo contengono. Particolarmente problematica è l'inalazione di antimonio legato all'idrogeno in fase gassosa. L'esposizione a concentrazioni relativamente alte di antimonio (9 mg/m^3 di aria) per un lungo periodo di tempo può causare irritazione a occhi, cute e polmoni. Se l'esposizione continua possono verificarsi effetti più seri sulla salute, quali infezioni polmonari, problemi cardiaci, diarrea, vomito severo e ulcere dello stomaco.

L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC) ha classificato l'antimonio triossido come possibile cancerogeno per l'uomo (gruppo 2B) sulla base di studi sperimentali per via inalatoria nel ratto, in mancanza di studi epidemiologici nell'uomo.

8.3.5.2 Arsenico

Nelle aree rurali, le concentrazioni atmosferiche di arsenico variano tra 1 ng/m^3 e 10 ng/m^3 , mentre nelle aree urbane non particolarmente contaminate variano da pochi ng/m^3 a circa 30 ng/m^3 . In prossimità di fonti di emissione, come le fonderie di metalli non ferrosi e le centrali elettriche che bruciano carbone ricco di arsenico, le concentrazioni di arsenico nell'aria possono superare 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

L'arsenico inorganico può avere effetti acuti, subacuti e cronici, che possono essere locali o sistemici. Il carcinoma polmonare è considerato l'effetto critico dopo l'inalazione. Una maggiore incidenza di cancro ai polmoni è stata osservata in diversi gruppi professionali esposti a composti inorganici

⁵ <https://www.salute.gov.it/portale/temi/documenti/acquepotabili/parametri/ANTIMONIO.pdf>

dell'arsenico. Alcuni studi mostrano anche che le popolazioni vicino a fonti di emissione di arsenico inorganico, come le fonderie, hanno un rischio moderatamente elevato di cancro ai polmoni.

L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro considera i composti inorganici dell'arsenico come cancerogeni umani certi, con il polmone, la vescica e la cute come organi bersaglio. Per quanto riguarda i composti organici, alcuni sono classificati come possibili cancerogeni (2B9, mentre per altri non esistono evidenze per la loro classificazione (Gruppo 3).

8.3.5.1 Berillio⁶

Il berillio è un elemento presente in natura, usato principalmente come agente rafforzante nelle leghe, negli strumenti diagnostici a raggi X e nella costruzione di giroscopi, parti di computer, molle per orologeria e strumenti per le cui funzioni sono richieste leggerezza, rigidità e stabilità dimensionale. La più importante fonte ambientale di esposizione è dovuta ai residui della combustione del carbone (100 mg/kg nella cenere di carbone).

Le malattie da berillio acute e croniche sono provocate dall'inalazione di polveri o fumi provenienti dai composti e dai prodotti del berillio. La berilliosi acuta è una polmonite chimica che provoca infiltrati infiammatori parenchimali diffusi e edema intralveolare aspecifico. Possono essere colpiti anche altri tessuti, quali cute o congiuntiva. Attualmente, la berilliosi acuta è rara, poiché la maggior parte delle industrie ha ridotto i livelli di esposizione, ma tra il 1940 e il 1970 i casi erano frequenti e nella maggior parte progredivano da berilliosi acute a croniche. La berilliosi cronica resta una pneumoconiosi diffusa nelle industrie che utilizzano il berillio e le leghe al berillio. Si differenzia dalle altre pneumoconiosi in quanto è una patologia da ipersensibilità cellulomediata.

L'Italia assegna al Berillio e ai suoi composti inorganici un valore limite di soglia per le 8 ore di 0,2 µg/m³ e la notazione "sensibilizzazione cutanea e delle vie respiratorie" (misure transitorie: 0,6 µg/m³ fino al 11 luglio 2026 (Decreto Ministeriale 11 febbraio 2021).

8.3.5.2 Cadmio

Il cadmio può essere introdotto nell'organismo sia per inalazione che per ingestione. Le fonti di emissione atmosferica più importanti sono di origine industriale, ma una quota importante è assorbita anche attraverso il fumo di tabacco.

La IARC ha classificato il cadmio ed i suoi composti come cancerogeni umani certi (Gruppo 1), indicando nel polmone l'organo bersaglio, con il rilievo di positive associazioni anche per il rene e la prostata.

⁶ <https://www.msmanuals.com/it-it/professionale/malattie-polmonari/disturbi-polmonari-ambientali/malattia-da-berillio>

Il cadmio, assorbito per inalazione o attraverso alimenti contaminati, può provocare varie alterazioni renali. La stima più bassa dell'esposizione cumulativa al cadmio nell'aria nei lavoratori industriali, che porta ad un aumentato rischio di disfunzione renale (proteinuria a basso peso molecolare) o carcinoma polmonare, è di 100 µg/m³ per un'esposizione annua di 8 ore/giorno. L'estrapolazione a livelli di cadmio nell'aria della maggior parte delle aree urbane o industriali è circa un cinquantesimo di questo valore.

La scoperta di effetti renali in aree contaminate in passato da emissioni di cadmio, indica che, in alcune parti d'Europa, il carico corporeo del cadmio della popolazione generale non può essere ulteriormente aumentato senza mettere in pericolo la funzione renale. Per prevenire qualsiasi ulteriore aumento del cadmio nei suoli agricoli, che potrebbero aumentare l'apporto alimentare delle generazioni future, l'OMS ha indicato nelle linee guida della qualità dell'aria la concentrazione obiettivo di 5 ng/m³.

8.3.5.3 Cromo

Il cromo è onnipresente in natura. I dati disponibili, generalmente espressi come cromo totale, mostrano un intervallo di concentrazione di 5–200 ng/m³. Esistono pochi dati validi sulla valenza e la biodisponibilità del cromo nell'aria ambiente.

Il cromo (III) è riconosciuto come un oligoelemento essenziale per l'uomo e gli animali, mentre i composti del cromo (VI) sono tossici e cancerogeni. L'assorbimento avviene prevalentemente per via inalatoria, ma anche per ingestione e contatto. Il cromo è un potente aptene, capace di dar luogo alla comparsa di dermatiti da contatto, ed un forte irritante per la cute, le mucose nasali e dell'albero respiratorio e digerente. Una tipica lesione professionale, negli addetti alla cromatura galvanica, è la perforazione del setto nasale.

La IARC ha classificato il cromo e alcuni composti del cromo come cancerogeni umani certi (Gruppo 1), con il polmone come organo bersaglio e risultati positivi anche per le mucose del naso e dei seni paranasali, con tempi di latenza tra 15 e 30 anni dall'inizio dell'esposizione in ambito occupazionale.

8.3.5.4 Nichel⁷

Il Nichel è un componente naturale della superficie della Terra, è presente in diversi minerali, nei suoli (compresi i fondali dell'oceano) e tra i componenti delle emissioni vulcaniche.

Facilmente lavorabile, è spesso combinato con altri metalli (come ferro, rame, cromo e zinco) per formare leghe metalliche, a cui conferisce caratteristiche di durezza, resistenza alla corrosione e al calore.

⁷ <https://www.issalute.it/index.php/la-salute-dalla-a-alla-z>

Esso è inoltre presente anche nell'aria a seguito del suo rilascio nell'ambiente da parte di industrie che lo utilizzano, di impianti a carbone e di inceneritori. Una volta nell'aria, aderisce alle particelle di polvere depositandosi al suolo; nell'acqua, dove può arrivare a causa di scarichi industriali, si deposita sul fondo e nei sedimenti.

Il nichel non si accumula nei tessuti dei pesci o in altri animali inclusi nella nostra dieta alimentare.

L'esposizione della popolazione al nichel avviene principalmente attraverso:

- ingestione di alimenti che contengono nichel come elemento naturale;
- ingestione di acqua potabile. Pure se in misura minore rispetto alla sua presenza negli alimenti, il nichel può essere rilasciato anche da condutture idriche o raccordi metallici ed essere contenuto in acque sotterranee per via di un naturale rilascio da parte delle rocce e del terreno;
- contatto con oggetti in metallo contenenti nichel;
- inalazione di aria contaminata o attraverso il fumo (attivo e passivo) di tabacco

Le esposizioni professionali al nichel avvengono generalmente per via inalatoria e possono essere elevate specialmente durante i processi di produzione industriale nei quali è utilizzato.

L'ingestione di elevate quantità di nichel, o di alcuni suoi composti, causa avvelenamento con conseguenti disturbi gastrointestinali (quali vomito, nausea, mal di testa e, nei casi più gravi, emorragia gastrica). L'effetto più comune sulla salute è una reazione allergica di tipo ritardato con manifestazione di dermatiti da contatto.

Per esposizioni prolungate a basse dosi nei mammiferi il nichel ha dimostrato di avere effetti sul sistema riproduttivo e per prevenire questi effetti, nel 2020 l'EFSA (Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare) ha calcolato una massima dose giornaliera accettabile o tollerabile (TDI) di 13 µg/kg di peso corporeo al giorno).

Nei lavoratori esposti professionalmente, generalmente per inalazione e a dosi molto più alte di quelle cui è soggetto il resto della popolazione, sono stati osservati effetti e reazioni sulla cute e sui reni ma, soprattutto, si è notata la comparsa di bronchiti croniche, di una ridotta funzionalità del polmone e, anche, di tumori al polmone e ai seni perinasali. Per questo motivo la IARC ha classificato i composti del nichel, assunti per via inalatoria, nel gruppo 1 dei cancerogeni umani certi, mentre ha inserito il nichel metallico nel gruppo 2B, vale a dire tra le sostanze possibilmente cancerogene per l'uomo, per mancanza di evidenze scientifiche sufficienti.

Non ci sono, inoltre, indicazioni scientifiche che il nichel ed i suoi composti siano cancerogeni, qualora ingeriti o dopo contatto cutaneo.

Dai dati finora disponibili, la popolazione infantile non sembra più vulnerabile rispetto agli adulti. Tuttavia è stato recentemente stimato che l'esposizione cronica attraverso la dieta è più alta nei bambini rispetto agli adulti.

8.3.5.5 *Manganese*⁸

Il manganese è un elemento naturale e un nutriente essenziale. Costituisce circa lo 0.1% della crosta terrestre. Non esiste in natura come forma elementare, ma si trova principalmente come ossidi, carbonati e silicati in più di 100 minerali; la pirolusite (anidride di manganese) è la forma più comune di origine naturale. Il manganese esiste sia in forme organiche che inorganiche.

La concentrazione media di manganese nel suolo è di 40-900 mg/kg; la fonte primaria naturale è l'erosione della roccia. La sua presenza nel suolo determina il suo passaggio negli alimenti vegetali e animali, che ne contengono varie concentrazioni. Come nutriente essenziale, viene aggiunto a determinati alimenti e integratori alimentari. La concentrazione media di manganese nell'aria ambiente è 0.02 µg/m³; tuttavia, i livelli ambientali nelle vicinanze di fonti industriali possono variare da 0.22 a 0.3 µg/m³. Il manganese viene rilasciato nelle acque principalmente attraverso l'erosione di rocce e terreni, a causa di attività minerarie e da rifiuti industriali; il rilascio può anche avvenire da materiali antropici depositati in discariche o sui terreni, come le batterie a secco. Le acque superficiali contengono un livello medio di manganese di 16 µg/L. Le acque sotterranee ne contengono valori mediani da 5 a 150 µg/L, con valori più elevati nelle aree urbane rispetto alle aree rurali. La popolazione generale è esposta al manganese attraverso la dieta, per inalazione e contatto cutaneo con acqua, suolo e prodotti di consumo che lo contengono.

L'eccesso di manganese tende ad accumularsi in maniera caratteristica nella regione dei gangli basali dell'encefalo, dove, ad alte concentrazioni, può determinare effetti neurotossici.

Le segnalazioni di effetti negativi derivanti dall'esposizione a manganese all'uomo sono associate principalmente all'inalazione in ambienti professionali. Il manganese inalato è spesso trasportato direttamente nel sistema nervoso centrale prima di essere metabolizzato dal fegato. I sintomi possono apparire lentamente e protrarsi per mesi o anni.

La tossicità del manganese può causare un disturbo neurologico permanente, noto come manganismo, con sintomi che includono tremori, difficoltà nella deambulazione e spasmi muscolari del viso. Questi sintomi sono spesso preceduti da sintomi minori, tra cui irritabilità, aggressività e allucinazioni. Alcuni studi suggeriscono che l'inalazione di manganese possa anche provocare effetti cognitivi avversi, incluse difficoltà di concentrazione e problemi di memoria. Le esposizioni ambientali a manganese aerodisperso sono state associate ad effetti neurologici preclinici ed effetti sull'umore, simili a quelli riscontrati in popolazioni lavorative.

L'esposizione acuta per inalazione ad alte concentrazioni di polveri contenenti manganese può causare una risposta infiammatoria nel polmone che, nel tempo, può indurre una compromissione della funzione polmonare. La tossicità polmonare si manifesta anche con una maggiore suscettibilità ad infezioni come la bronchite e può provocare polmonite manganica. La polmonite è stata osservata

⁸ https://www.ars.toscana.it/files/aree_intervento/InVetta/Manganese.pdf

anche dopo esposizioni acute per inalazione di particelle contenenti altri metalli, pertanto, questo effetto potrebbe essere caratteristico delle particelle inalabili e potrebbe non dipendere esclusivamente dal contenuto di manganese.

Un certo numero di rapporti indica che l'esposizione orale a manganese, in particolare dalle sorgenti di acqua contaminata, può produrre effetti significativi sulla salute simili a quelli osservati per inalazione, soprattutto dei bambini. Tuttavia, non è stato stabilito un livello effettivo di soglia in cui l'esposizione a manganese produce effetti neurologici nell'uomo.

Esistono prove indirette di effetti sulla salute riproduttiva nei lavoratori esposti a manganese.

L'eliminazione del manganese avviene principalmente attraverso la bile; pertanto, condizioni di gravi insufficienze epatiche e cirrosi, ritardando l'eliminazione del metallo, contribuiscono al suo accumulo ed alla comparsa degli effetti neurotossici conseguenti.

Non ci sono prove che il manganese causi il cancro negli esseri umani, sebbene non si possano trarre conclusioni definitive dai risultati talvolta contrastanti ottenuti in studi sugli animali.

8.3.5.6 Mercurio⁹

Il Mercurio è un componente naturale della superficie della Terra; pur essendo rilasciato nell'ambiente da rocce, vulcani ed incendi di terreni boschivi, la sua presenza deriva soprattutto da alcune attività svolte dall'uomo, tra cui l'uso del carbone per produrre energia e per uso domestico (riscaldamento e cucina), da determinati processi industriali e dalle attività minerarie per l'estrazione di mercurio, oro ed altri metalli.

Il mercurio esiste in natura in forme diverse:

- mercurio metallico
- mercurio inorganico (o sali di mercurio come il solfato mercurico conosciuto come il minerale cinabro di colore rosso: colorante per la pittura di grande diffusione commerciale)
- mercurio organico (tra cui il metilmercurio ed i mercuriali, un tempo usati come disinfettanti e diuretici)

Una volta rilasciato nell'ambiente, il mercurio metallico e inorganico può essere trasformato da batteri ed altri organismi in metilmercurio, che si accumula in pesci, crostacei e molluschi.

Il livello di metilmercurio cresce nella catena alimentare (biomagnificazione) e pertanto la sua concentrazione nei mammiferi marini e infine nell'uomo che se ne alimenta è di gran lunga superiore a quella misurabile nell'acqua o nei piccoli crostacei.

Per la popolazione generale l'esposizione al mercurio avviene attraverso:

⁹ <https://www.issalute.it/index.php/la-salute-dalla-a-alla-z>

- *la dieta*, con il consumo di pesce contaminato, crostacei e molluschi (essenzialmente sotto forma di metilmercurio e, solo in piccola parte, di mercurio inorganico).
- *l'ambiente*, per il rilascio nell'aria e nell'acqua di mercurio proveniente da stabilimenti produttivi, inceneritori, rifiuti di cliniche dentistiche o combustione di carbone e legno utilizzati per la produzione di energia e calore
- la rottura accidentale di prodotti in vetro o metallo che lo contengono
- *rilascio di mercurio dall'amalgama dentale*, con conseguente esposizione sia della persona sottoposta alle cure dentistiche, sia del personale degli studi dentistici
- *uso di prodotti disinfettanti* (ad esempio, mercurocromo) o di medicinali contenenti il timerosal (composto organico del mercurio) come conservante

I fattori che determinano il tipo e la gravità delle conseguenze prodotte sono: la forma di mercurio; la quantità, la durata e la via dell'esposizione (inalazione, ingestione, contatto cutaneo); l'età dell'individuo esposto (le fasi dello sviluppo del feto e del bambino sono, ad esempio, le più critiche).

Il mercurio metallico è bene assorbito per via inalatoria, mentre l'assorbimento per la via digerente è scarso, anche se in rari casi ha dato luogo a gravi epidemie di intossicazioni croniche (malattia di Minamata). Una volta assorbito, può attraversare la barriera ematoencefalica e la placenta.

L'assorbimento del mercurio inorganico attraverso l'apparato digerente e la cute dipende dalla solubilità dei sali. Il metilmercurio è facilmente assorbito dopo assunzione orale. Il mercurio metallico e il metilmercurio hanno come bersaglio principale il sistema nervoso centrale e periferico, mentre i sali inorganici di mercurio sono corrosivi per congiuntive e cute e, se ingeriti, hanno effetti sul sistema gastrointestinale e possono provocare danni ai reni.

L'avvelenamento acuto associato ad inalazione di elevate quantità di vapori di mercurio, si manifesta con disturbi (sintomi) come:

- tracheite
- bronchite
- tosse ed ipertermia
- disturbi nervosi progressivi (tremori e perdita di sensibilità) che possono portare alla morte della persona colpita

Se, invece, sono ingerite elevate quantità di sali di mercurio, i disturbi (sintomi) che compaiono sono:

- vomito
- diarrea
- coliche addominali con emorragia
- effetti sull'apparato circolatorio (shock)
- effetti sull'apparato respiratorio (polmonite interstiziale)
- effetti sui reni

L'ingestione di elevate quantità di metilmercurio provoca:

- paralisi alle mani e ai piedi

- generale debolezza muscolare
- danni alla vista, all'udito e difficoltà nell'articolare le parole, con possibili aggravamenti che possono determinare disordine mentale, paralisi e coma, nei casi più gravi.

Gli effetti più frequenti sono, però, associati ad esposizioni ripetute a dosi generalmente basse, che non causano immediatamente i disturbi (sintomi) sopra descritti.

Per prevenire questi effetti l'EFSA (Autorità Europea per la Sicurezza Alimentare) ha stabilito una dose settimanale tollerabile di mercurio inorganico di 4 mg/kg di peso corporeo e di metilmercurio pari a 1.3 microgrammi/per chilo di peso corporeo.

Nei lavoratori, l'esposizione al mercurio costituisce una causa di malattia professionale. Il principale bersaglio è il sistema nervoso ma sono riportati anche effetti su reni, polmoni, cuore e sistema immunitario. Sintomi come perdita della memoria, tremori, mal di testa, insonnia, disfunzioni cognitive e disfunzioni nei movimenti sono stati segnalati in lavoratori esposti per diversi anni a circa 0,020 milligrammi per metro cubo (mg/m³) di mercurio metallico. La concentrazione massima tollerabile di mercurio e dei suoi composti nell'aria è pari a 0.1 mg/m³.

I bambini sono i più vulnerabili perché il metilmercurio altera il normale sviluppo dell'encefalo causando difficoltà di apprendimento e di elaborazione del pensiero (ritardo mentale), disturbi della memoria, disturbi dell'attenzione, disturbi del linguaggio, e disfunzioni motorie e visive.

Una fase critica è quella della gravidanza perché il feto può essere esposto al mercurio se la madre consuma pesce contaminato.

La IARC ha classificato il metilmercurio come possibile cancerogeno per l'uomo (categoria 2B).

8.3.5.7 Piombo¹⁰

Anche il piombo è un componente naturale della superficie della crosta terrestre, ed è il più comune dei cosiddetti metalli pesanti. L'esposizione della popolazione al piombo, riveste principalmente interesse storico. Fino ad alcuni decenni fa, rilevanti fonti di esposizione erano costituite da:

- emissione nell'atmosfera di gas di scarico degli autoveicoli;
- le vernici e gli smalti al piombo usati per pareti, mobili, giocattoli e prodotti di consumo;
- l'acqua: le concentrazioni di piombo nell'acqua potabile sono generalmente inferiori a 5 microgrammi per litro, ma concentrazioni più elevate erano state trovate nelle vecchie condutture in piombo, ancora presenti, in relazione alla durezza ed all'acidità dell'acqua, alla temperatura e al tempo di ristagno dell'acqua nelle tubature;

¹⁰ <https://www.issalute.it/index.php/la-salute-dalla-a-alla-z>

- cereali, tranne riso, patate e vegetali, presentano le concentrazioni di piombo più elevate. Per gli adulti, l'assunzione media quotidiana di piombo con la dieta è compresa da 0.36 a 1.24 microgrammi per chilo di peso corporeo;
- il fumo di tabacco: la pianta del tabacco assorbe efficientemente il piombo sia dal terreno, attraverso le radici, che dalle foglie, dove si depona il particolato sospeso in aria contaminato da piombo.

Negli adulti, l'intossicazione da ingestione accidentale di alti livelli di piombo, si manifesta con:

- coliche addominali;
- anemia;
- disturbi nervosi a carico dei nervi periferici, ed il particolare il nervo mediano degli arti superiori, che compaiono quando i livelli di piombo nel sangue sono circa di 40-60 microgrammi per decilitro di sangue.

In rari casi, livelli di piombo più elevati possono causare anche:

- l'encefalopatia da piombo (con edema e aumento di pressione intracranica);
- paralisi, con possibilità di morte.

In gravidanza, l'avvelenamento per alti livelli di piombo, può determinare: aborto, parto prematuro e basso peso corporeo alla nascita del bambino.

In passato, la forma di intossicazione cronica da piombo più frequente, in ambito professionale era nota come saturnismo. Attualmente negli adulti, l'esposizione cronica a basse dosi di piombo può causare malattie cardiovascolari, ipertensione e danni renali.

Nella popolazione infantile fino a 6 anni di età, gli effetti tossici più importanti sono a carico del sistema nervoso centrale, con coma, convulsioni e anche morte per concentrazioni ematiche superiori a 50 microgrammi per decilitro, e problemi di ritardo mentale e disordini comportamentali nei sopravvissuti.

Esposizioni ripetute a basse dosi possono causare affaticamento, deficit dell'apprendimento e possibilità di comportamenti antisociali. Gli effetti sul sistema nervoso centrale nella popolazione infantile sarebbero irreversibili e si verificherebbero per esposizioni inferiori a quelle capaci di dar luogo agli stessi effetti nella popolazione adulta.

La IARC ha classificato il piombo inorganico nel Gruppo 2A (probabili cancerogeni umani).

8.3.5.8 Rame¹¹

Il rame può essere trovato in molti tipi di alimenti, nell'acqua potabile ed in aria. Tuttavia, in concentrazioni eccessivamente elevate, può dar luogo a gravi intossicazioni.

¹¹ <https://www.lenntech.it/periodica/elementi/cu.htm>

L'esposizione a lungo termine al rame può causare irritazione di naso, bocca e occhi e causare emicrania, dolori epigastrici, senso di disorientamento, vomito e diarrea. L'elevata assunzione intenzionale di rame può causare danni a fegato e reni e condurre alla morte.

Non è nota una sua azione cancerogena. Esistono articoli scientifici che indicano un collegamento fra l'esposizione di lunga durata ad alte concentrazioni di rame e un declino delle capacità di elaborazione intellettuale nei giovani adolescenti.

L'esposizione industriale a vapori, polveri, o nebbie di rame può provocare la cosiddetta febbre da metalli (metal fume fever) con alterazioni a livello delle membrane mucose nasali.

8.3.5.9 Selenio¹²

Il selenio è un nutriente essenziale per l'eliminazione dei radicali liberi, la difesa delle cellule dal danno ossidativo. È inoltre importante per la corretta funzionalità della tiroide, per il metabolismo degli ormoni tiroidei: in particolare per la conversione del T4 (tiroxina) in T3 (triiodotironina).

La dose massima giornaliera tollerabile per un adulto è di 300 µg, di 250 µg in età adolescenziale e di 60 µg in età infantile (fino ai 3 anni).

Sebbene il selenio sia un oligoelemento essenziale, alcuni suoi composti, assunti in eccesso, manifestano effetti tossici simili a quelli dell'arsenico: caduta dei capelli, fragilità delle unghie, nausea, vomito, dolori addominali, diarrea, confusione mentale, affaticamento, irritabilità, danni neurologici e odore d'aglio nel fiato. Casi estremi di selenosi possono sfociare in cirrosi epatica, edema polmonare e morte.

Il seleniuro di idrogeno è un gas estremamente tossico e corrosivo.

Insieme ad Alluminio, Arsenico, Cadmio, Manganese, Rubidio, Tallio e Vanadio, il Selenio può essere presente nel particolato fine (PM_{2.5}), ma la sua fonte principale sembra essere il fumo di sigaretta (Wang X et al. Sources of 24-h personal exposure to PM_{2.5}-bound metals: results from a panel study in Wuhan, China. Environ Sci Pollut Res 2021;28(22):27555-64.)

Il deflusso agricolo e la contaminazione delle falde acquifere sarebbero una potenziale fonte di aumentata introduzione di selenati, provenienti soprattutto da combustione del carbone, miniere, fusione dei metalli o discariche, ed è aggravato dal prosciugamento delle falde, che aumenta esponenzialmente la concentrazione finale. Alti livelli di selenio nei corsi d'acqua hanno causato disordini congeniti nelle specie ovipare e pesci.

Tuttavia, gli effetti descritti in letteratura su popolazioni riguardano in prevalenza la carenza dietetica di selenio, mentre non risultano episodi che abbiamo portato una sua eccessiva esposizione ambientale da emissioni ambientali, tale da causare problemi sanitari.

¹² <http://www.retinitepigmentosa.it/wp-content/uploads/2020/05/Macro-e-Micro-nutrienti-per-la-salvaguardia-della-vista.pdf>

8.3.5.10 Tallio¹³

Il tallio è un componente naturale della superficie della Terra, la sua presenza nell'ambiente deriva soprattutto da attività svolte dall'uomo, tra cui la combustione del carbone per produrre energia e per uso domestico, la fusione di metalli ferrosi e non-ferrosi, le attività di estrazione di minerali (oro, rame, piombo, zinco e uranio) e vari processi industriali.

Il tallio emesso in aria si deposita al suolo e nelle acque superficiali dove può rimanere per tempi lunghi ed assorbito dai vegetali attraverso le radici e le foglie.

L'esposizione umana al tallio può essere ambientale o professionale e può avvenire attraverso:

- inalazione di polveri e fumi di composti del tallio;
- contatto diretto di cute e mucose con tallio metallico o suoi Sali;
- ingestione di acqua e cibo contaminati, soprattutto frutta e verdura e colture coltivate nelle vicinanze delle centrali elettriche a carbone o di impianti industriali.

Nell'ambiente lavorativo l'esposizione avviene soprattutto per contatto cutaneo diretto e per inalazione. Per la popolazione generale la fonte principale è quella ambientale.

Il tallio è facilmente assorbito e si distribuisce rapidamente attraverso l'apparato circolatorio (già dopo 1 ora dall'esposizione) nelle cellule e nei tessuti di piante ed animali, interferendo con il metabolismo cellulare, attraverso la sua proprietà di spiazzare sodio e potassio. Nel caso dei mammiferi, il tallio si distribuisce principalmente in ossa, reni, fegato e sistema nervoso. Inoltre, il tallio è in grado di attraversare la barriera ematoencefalica, quella placentare e delle gonadi.

L'assunzione accidentale e rapida di dosi alte di tallio provoca effetti tossici in tempi brevi che possono portare anche alla morte. I sintomi causati dall'intossicazione acuta sono principalmente:

- *gastro-intestinali*, forti dolori addominali, nausea, vomito, diarrea, necrosi epatica;
- *cardiaci*, iniziale ipotensione e bradicardia, seguite da ipertensione e tachicardia con aritmia ed episodi infartuali;
- *respiratori*, bronchite acuta, edema polmonare
- renali
- *perdita dei capelli*, alopecia, atrofia dei follicoli piliferi
- *cutanei*, eritemi, acne e desquamazione della cute
- *neurologici*, neuropatie del sistema nervoso centrale e periferico, con formicolii, paralisi ascendente fino all'arresto respiratorio; perdita di conoscenza fino allo stadio di coma

¹³ <https://www.issalute.it/index.php/la-salute-dalla-a-alla-z>

Generalmente, l'esposizione al tallio prolungata nel tempo e a basse concentrazioni (esposizione cronica) si verifica soprattutto in ambiti professionali per inalazione di polveri e fumi.

Studi su lavoratori esposti hanno mostrato che i sintomi causati dall'intossicazione cronica da tallio possono manifestarsi anche dopo lunghi periodi e sono in gran parte simili a quelli acuti; in particolare includono:

- polineuropatia, parestesie e dolori muscolari e alle articolazioni, sensazioni di paralisi, debolezza, tremori, cefalee, insonnia, anoressia, depressione, ansia, apatia;
- perdita di capelli, ciglia e sopracciglia, comparsa di strie ungueali (leuconichia);
- disturbi visivi, riduzione della vista, paralisi dei muscoli oculari, alterazione della percezione cromatica.

In alcuni casi l'inalazione cronica del tallio è stata associata ad una diminuzione degli ormoni tiroidei (T4 e FT4) e a disfunzioni della tiroide.

Ad oggi, non ci sono evidenze di mutazioni geniche e tumori causati dal tallio all'uomo, né di difetti alla nascita (congeniti) presenti in bambini nati da madri che avevano consumato frutta e verdura contaminate con tallio a bassi livelli.

Nella popolazione residente in prossimità di un cementificio in Germania, i livelli di Tallio furono misurati in concentrazione particolarmente elevata e messi in relazione al consumo di frutta e verdura coltivata nei propri orti. Fu in questo caso individuata una relazione tra le concentrazioni di Tallio nelle urine e nei capelli e sintomi indicativi di polineurite, disturbi del sonno e cefalea (Brockhaus A et al. Intake and health effects of thallium among a population living in the vicinity of a cement plant emitting thallium containing dust. Int Arch Occup Environ Health 1981;48(4):375-89. Non risultano segnalati in letteratura altri episodi di contaminazione ambientale da Tallio.

8.3.5.11 Vanadio¹⁴

Il vanadio è presente naturalmente nel suolo, nell'acqua e nell'aria. Le fonti naturali di vanadio atmosferico includono polveri continentali, aerosol marini e emissioni vulcaniche. Le emissioni di vanadio all'ambiente sono principalmente associate alle polveri fini emesse da fonti industriali, in particolare le raffinerie di petrolio e le centrali elettriche che impiegano olio combustibile ricco di vanadio e carbone.

La principale fonte di esposizione a vanadio nella popolazione generale è quella dietetica. Gli alimenti con il maggior contenuto di vanadio includono prezzemolo macinato, spinaci congelati, funghi

¹⁴ https://www.ars.toscana.it/files/aree_intervento/InVetta/Vanadio.pdf

selvatici e ostriche. Sono stati riportati intake giornalieri di vanadio con la dieta compresi tra 0.01 a 0.02 mg.

Alcuni composti organici del vanadio sono utilizzati nel trattamento del diabete e del cancro; questi composti hanno proprietà tossicocinetiche diverse rispetto ai composti vanadio inorganici presenti a livello ambientale. Nausea, lieve diarrea e crampi allo stomaco sono stati descritti nelle persone che assumono sodio metavanadato o vanadil solfato per il trattamento sperimentale del diabete.

Uno studio multicentrico Europeo ha rilevato un'associazione tra l'esposizione a lungo termine a particolato fine contenente Vanadio ed il rischio di cancro del polmone (Hvidtfeldt UA et al. Long term exposure to fine particles elemental components and lung cancer incidence in the ELAPSE pooled cohort. Environ Res 2021;193:110568). Un altro studio Italiano ha rilevato una relazione tra la mortalità per cause naturali ed in contenuto di Vanadio nell'area urbana di Roma (Badaloni C et al. Effects of long term exposure to particulate matter and metal components on mortality in the Rome longitudinal study, Environ Int 2017;109:146-154). Inoltre, uno studio condotto in un gruppo di scolari affetti da asma in Canada, la concentrazione di Vanadio nel particolato fine dimostrò un'associazione con la frazione esalata di ossido nitrico, indicatore di infiammazione delle vie aeree (Pollitt KJG et al. Trace metal exposure is associated with increased exhaled nitric oxide in asthmatic children. Environ Health 2016;15 (1):94.).

8.4 INDICATORI DI SALUTE

Analizzate le evidenze epidemiologiche e le evidenze tossicologiche messe in luce dalla letteratura scientifica in merito alla sufficiente evidenza tra gli esiti sanitari e l'esposizione della popolazione agli inquinanti ambientali correlati alla realizzazione e all'esercizio dell'iniziativa in Progetto, sono state individuate le seguenti patologie di interesse (non tumorali e tumorali) assunte quali indicatori di salute nell'ambito della presente valutazione:

- Mortalità generale;
- Malattie dell'apparato respiratorio;
- Malattie del sistema circolatorio;
- Cardiopatia ischemica acuta;
- Malattie acute dell'Apparato respiratorio;
- Asma;
- Tumore del pancreas;
- Tumore trachea bronchi e polmone;
- Tumore della vescica;
- Tumore dello stomaco;
- Tumore del rene;

- Tumore alla cute;
- Nefropatie e insufficienza renale.

9 VALUTAZIONE DELLO STATO DI SALUTE ANTE OPERAM

9.1 PREMESSA

Lo stato della salute pubblica nel comprensorio in cui si colloca il Progetto di riavvio della raffineria dell'Eurallumina di Portovesme rappresenta un aspetto particolarmente rilevante in quanto il territorio ricade sia all'interno dell'area dichiarata ad elevato rischio di crisi ambientale, per il quale sono stati realizzati piani di disinquinamento, sia di un sito inquinato di interesse nazionale (SIN). Questo è il portato dell'antica vocazione industriale dell'area, che la differenzia sostanzialmente dal resto della regione Sardegna.

La presenza storica di un'importante industria estrattiva, esauritasi con la cessazione dell'attività della miniera di carbone di Nuraxi Figus- Serbariu il 31 Dicembre 2018, e la successiva installazione a partire dai primi anni '70 del maggior polo industriale della Sardegna, hanno prodotto nel corso degli anni rilevanti alterazioni degli equilibri ambientali nel territorio del Sulcis-Iglesiente.

Lo studio SENTIERI (Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento) costituisce il principale riferimento in materia epidemiologica per le popolazioni residenti nei SIN.

Una specifica valutazione dello stato della salute della popolazione residente nei comuni inclusi nell'area vasta del progetto (Portoscuso, Carbonia, Calasetta, Gonnese, Sant'Antioco, San Giovanni Suergiu e Carloforte), è stata condotta nell'ambito della procedura di VIA della precedente versione del progetto (Progetto di Ammodernamento) mediante uno studio epidemiologico afferente agli anni 2011 - 2016, i cui risultati sono presentati nel documento "Valutazione dello stato di salute della popolazione dei comuni di Calasetta, Carbonia, Carloforte, Gonnese, Portoscuso e San Giovanni Suergiu. Anni 2011 - 2016" del novembre 2017 e nei successivi elaborati integrativi.

A seguito della richiesta formulata dal Dipartimento di prevenzione zona sud dell'ATS e dal gruppo di lavoro "ambiente e salute" dell'ARPAS (nota prot. n. 188039 del 03/06/2021, trasmessa dal Servizio Valutazione e Incidenze Ambientale con nota prot. n. 0013715 del 08/06/2021), di una rielaborazione della caratterizzazione dello stato di salute ante operam della popolazione esposta considerando almeno gli ultimi 5 anni di disponibilità dei dati (con l'esclusione dell'annualità 2020), è stata effettuata una nuova analisi epidemiologica riferita al quinquennio 2015 – 2019, contenuta nel documento "Valutazione dello stato di salute Ante Operam" (Annesso B del presente documento).

Nel seguito si riporta una sintesi dei risultati dei summenzionati tre studi epidemiologici.

9.2 STUDIO SENTIERI

Per il SIN del Sulcis Iglesiente Guspinese, che ricomprende 39 comuni tra cui il comune di Portoscuso, il quinto rapporto SENTIERI (2019) mette in evidenza che:

- la mortalità per le principali cause è in eccesso per le malattie dell'apparato respiratorio in uomini e donne, in entrambi i generi gli osservati sono compatibili con l'atteso per tutte le cause e inferiori all'atteso per le malattie circolatorie. Tra le cause con evidenza Sufficiente o Limitata di associazione con le esposizioni ambientali del sito, mostrano un eccesso per il tumore dello stomaco in entrambi i generi, per il tumore della pleura negli uomini e per l'asma tra le donne;
- l'analisi dei ricoverati per le principali cause mostra un eccesso per le malattie dell'apparato urinario in entrambi i generi; le altre cause principali, incluse tutte le cause, sono in difetto. L'asma, causa con evidenza Limitata di associazione con le esposizioni del sito, è in eccesso in entrambi i generi, il tumore della pleura tra i soli uomini;
- in riferimento alla sezione pediatrica, adolescenziale e giovanile:
 - il quadro della mortalità generale è sostanzialmente in linea o in difetto rispetto all'atteso nelle classi di età considerate, ma l'elevata incertezza delle stime non consente di delineare un chiaro profilo. Le poche stime di eccessi di mortalità si riferiscono a un numero esiguo di casi, quali i tre decessi per leucemia o per i tumori del sistema nervoso centrale tra i giovani adulti;
 - il numero di ricoverati per tutte le cause naturali è in linea con l'atteso in età pediatrica, mentre risulta in difetto tra i giovani adulti (SHR=96; IC90% 94-97) e nel primo anno di vita (SHR=91; IC90% 89- 94), quest'ultimo associato a un deficit di ricoverati per condizioni morbose di origine perinatale (SHR=84; IC90% 80-88). In età pediatrica si registra un eccesso di ricoverati per asma e un difetto per le malattie respiratorie acute e per il linfoma di Hodgkin.

Agli eccessi per patologie tumorali e non tumorali dell'apparato respiratorio contribuisce l'inquinamento dell'aria da fonti industriali documentato da misurazioni della qualità dell'aria. Per il tumore del polmone è possibile che abbiano svolto un ruolo il particolato, gli ossidi di zolfo e composti organici volatili emessi nell'atmosfera dagli impianti industriali presenti nel sito sulla base di quanto riportato nel 2006 e 2013. Gli eccessi di pneumoconiosi segnalano il retaggio dell'esposizione professionale nell'attività mineraria ora dismessa. Le analisi presentate confermano un rischio aumentato per le malattie del rene in uomini e donne. Agli aumenti di rischio per le patologie renali può avere contribuito l'esposizione, sia professionale sia ambientale, a metalli e idrocarburi, come confermato per metalli pesanti quali cadmio e piombo in una revisione della letteratura. Eccessi di patologie renali (mortalità per nefrosi, nefriti e nefropatie) sono stati riportati in popolazioni del Regno Unito residenti nel raggio di 2 km da industrie chimiche con documentato rilascio di metalli pesanti quali piombo, mercurio, arsenico e cromo.

Per le cause con evidenza a priori di associazione con le esposizioni ambientali, si segnala un eccesso di ricoverati per asma e un difetto per le malattie respiratorie acute in età pediatrica.

9.1 VALUTAZIONE DELLO STATO DI SALUTE ANTE OPERAM: 2011 - 2016

La valutazione dello stato di salute ante operam della popolazione presente nell'area vasta è oggetto del documento *"Valutazione dello stato di salute della popolazione dei comuni di Calasetta, Carbonia, Carloforte, Gonnesa, Portoscuso e San Giovanni Suergiu. Anni 2011 - 2016"* del novembre 2017 e di successivi elaborati integrativi; tale documentazione, riportato integralmente in Allegato 1, è stata redatta nell'ambito della VIA del Progetto di ammodernamento della raffineria.

In tali documenti, il profilo di salute della popolazione coinvolta è definito attraverso uno specifico studio statistico che ha permesso di valutare gli indicatori sanitari, definiti al paragrafo precedente, a livello comunale. Nello specifico sono stati analizzati i dati a livello comunale, provinciale e regionale; l'attenzione è stata focalizzata sui comuni di Portoscuso, Carbonia, Calasetta, Gonnesa, Sant'Antioco, San Giovanni Suergiu e Carloforte.

La fonte dei dati relativi ai decessi della popolazione della Sardegna è l'ISTAT che ha fornito le seguenti serie di dati:

- la prima serie, indica i decessi per età, per singola causa di decesso, e per provincia, per gli anni dal 2001 al 2014;
- la seconda, indica i decessi per singola causa di decesso, e per comune, ma non per età, per gli anni dal 2001 al 2003 e dal 2006 al 2014.

Con tali dati è stato possibile calcolare una standardizzazione indiretta dei dati comunali (con riferimento regionale), standardizzando solo per età e non per deprivazione.

I dati relativi ai ricoveri provengono dal flusso informativo delle Schede di Dimissione Ospedaliera (SDO) messe a disposizione dalla Regione Sardegna, secondo un tracciato record concordato.

I dati si riferiscono ai ricoveri effettuati in Sardegna tra il 2001 ed il 2016, includendo i ricoveri effettuati fuori dalla Regione a carico di cittadini residenti in Sardegna.

I dati relativi ad alcune prestazioni ambulatoriali sono stati messi a disposizione dalla Regione Sardegna, secondo un tracciato record concordato, per il periodo 2012 ed il 2016.

I dati relativi ai consumi farmaceutici della classe ATC "R03" (ATC = classificazione Anatomica, Terapeutica e Chimica; classe "R03" = farmaci per la broncopneumopatia cronica ostruttiva) sono stati messi a disposizione dalla Regione Sardegna, secondo un tracciato record concordato, e si riferiscono ai consumi effettuati in Sardegna tra il 2012 ed il 2016.

Lo stato di salute del territorio esaminato che emerge dallo studio, alla luce delle indicazioni fornite dai dati di ricovero e di mortalità dal 2001 al 2016 (analizzati anche in quattro sotto periodi: 2001-2004, 2005-2008, 2009- 2012, 2013-2016), può essere sintetizzato come segue:

- i valori di SMR Rapporto Standardizzato di Mortalità (superiori o inferiori a 100, media regionale) che meritano di essere segnalati sono molti, anche in virtù delle tante analisi condotte. In generale, tali SMR mostrano una grande variabilità per la stessa patologia sia tra sessi che tra periodi, ma anche tra diverse tipologie di analisi (ricoveri, ricoverati; diagnosi principale, tutte le diagnosi, mortalità), evidenziando quindi importanti inconsistenze e differenze. I valori superiori/inferiori alla media regionale, per altro, compaiono in comuni diversi a seconda delle differenti patologie considerate, aumentando pertanto le difficoltà di catturare la variabilità naturale presente nei risultati emergenti. Inoltre, per alcune patologie la numerosità degli eventi riscontrati è risultata così piccola da rendere praticamente impossibile l'interpretazione dei risultati. Tali eterogeneità risultano aggravate, nel caso della mortalità, per via della maggiore variabilità del fenomeno a causa della minore frequenza degli eventi di decesso (soprattutto per i comuni, come Portoscuso, dove è scarsa la numerosità delle popolazioni residenti);
- in riferimento alle analisi condotte sui ricoveri:
 - o sono stati osservati valori superiori alla media regionale, in alcuni dei sei comuni maggiormente interessati, per il totale delle patologie respiratorie, sia nell'analisi dei ricoveri sia nell'analisi dei ricoverati (superiori alla media regionale risultano anche il totale della provincia di Carbonia-Iglesias e diversi altri comuni della provincia stessa);
 - o sono stati osservati valori inferiori alla media regionale per le patologie cardiocircolatorie. Non si rilevano invece risultati di particolare rilievo (scostamenti significativi dai valori regionali) per le patologie oncologiche;
 - o considerando nello specifico il comune di Portoscuso, nessun valore significativamente superiore alla media regionale è da segnalare, né per le femmine e neppure per i maschi, mentre difetti significativi si osservano in quasi tutti i periodi esaminati per le patologie dell'apparato circolatorio nelle femmine e per le patologie cerebrovascolari nei maschi. Inoltre valori di SMR costantemente inferiori a 100 (seppure non in maniera statisticamente significativa) sono presenti nelle femmine per le patologie dell'apparato respiratorio (sia nel totale che nei sottogruppi patologici esaminati). Anche a Portoscuso non si rilevano risultati di particolare rilievo (in termini di scostamenti significativi dai valori regionali) per le patologie oncologiche (sia nel complesso che con riferimento a specifiche sedi tumorali);
- in riferimento alle analisi condotte sulla mortalità:
 - o in termini generali non vi sono patologie per le quali nei sei comuni individuati si osservi, rispetto al territorio regionale, un aumento consistente della mortalità sia per sesso che nell'intero periodo di osservazione. Sono comunque da segnalare valori tendenzialmente elevati di mortalità per il totale delle patologie dell'apparato respiratorio nei comuni di Carbonia e Gonnese in entrambi i sessi e per il tumore del polmone nei soli soggetti maschi del comune di Portoscuso, limitatamente agli anni

2001-04 (contrariamente a quanto succede invece nelle femmine dove per questa patologia le frequenze sono sempre inferiori alla media regionale). Inoltre, valori tendenzialmente bassi di mortalità si osservano nel comune di Portoscuso per le malattie cardiocircolatorie in entrambi i sessi.

In termini generali i risultati emergenti dalle molte analisi condotte non segnalano (nei sei comuni individuati, e soprattutto nel comune di Portoscuso) patologie per le quali si abbia un aumento degli eventi sanitari considerati (ricoveri, mortalità), rispetto al livello regionale, che sia consistente sia per sesso (cioè presente in entrambi i sessi) che nell'intero periodo di osservazione (o perlomeno in ripetuti periodi di osservazione). Sono comunque da segnalare valori tendenzialmente superiori alla media regionale per il totale delle patologie dell'apparato respiratorio (valori che caratterizzano peraltro l'intera provincia di Carbonia-Iglesias e non solo i sei comuni maggiormente indagati) e tendenzialmente inferiori alla media per le patologie cardiocircolatorie. Non vi è niente da segnalare, invece, per le patologie oncologiche, dove l'unico eccesso riscontrato a Portoscuso riguarda, per i soli anni 2001-04, la mortalità (ma non i ricoveri) per il tumore del polmone ed è confinato ai soli soggetti maschi (nelle femmine non vi è alcun eccesso), il che rimanda necessariamente a fattori causali specifici per il sesso maschile (attività minerarie, abitudine tabagica, ecc.). Nessuna singola patologia tra quelle esaminate ha segnalato risultati superiori alla media regionale consistenti per sesso e periodo (2001-2016); e nessuna patologia, in particolare, risulta costantemente in eccesso (per sesso e periodo) nel comune di Portoscuso. Sporadici eccessi sono stati osservati, ma la loro eterogeneità nel tempo (osservati isolatamente solo in qualche periodo), nello spazio (in differenti comuni), tra i sessi (presenti in uno ma non nell'altro), non induce a trovare in tali eccessi una specifica riconducibilità alle esposizioni ambientali del territorio esaminato.

In sintesi, dunque, l'analisi evidenzia che non sussiste uno stato di particolare fragilità delle popolazioni coinvolte rispetto a quelle esterne all'area di potenziale impatto del polo industriale.

9.2 VALUTAZIONE DELLO STATO DI SALUTE ANTE OPERAM: 2015 - 2019

Il documento *"Valutazione dello stato di salute Ante Operam"* dell'agosto 2021, riportato integralmente in Annesso B, contiene la valutazione dello stato ante operam della salute delle popolazioni potenzialmente coinvolte dal progetto effettuata mediante un'analisi epidemiologica riferita al quinquennio 2015 – 2019.

L'analisi della situazione sanitaria attuale nell'area, all'interno della quale insiste il progetto di riattivazione degli impianti per la produzione dell'alluminio primario, si è avvalsa della metodologia adottata per il progetto SENTIERI. In particolare, i decessi avvenuti nel corso degli anni 2015-2019 nei 23 comuni che costituivano la ex-provincia di Carbonia-Iglesias (Buggerru, Calasetta, Carbonia, Carloforte, Domusnovas, Fluminimaggiore, Giba, Gonnese, Iglesias, Masainas, Musei, Narcao, Nuxis, Perdaxius, Piscinas, Portoscuso, San Giovanni Suergiu, Santadi, Sant'Anna Arresi, Sant'Antioco, Tratalias, Villamassargia e Villaperuccio) sono stati ottenuti dal Registro Nominativo della Cause di

Morte (RENCAM) dell'Osservatorio Epidemiologico Regionale, presso l'Assessorato dell'Igiene, Sanità ed Assistenza Sociale della Regione Sardegna. Lo stesso Osservatorio Epidemiologico Regionale ha fornito i dati relativi alle ospedalizzazioni avvenute tra gli assistiti residenti negli stessi comuni nel corso degli stessi anni, presenti nel Registro delle Schede di Dimissione Ospedaliera (SDO).

In generale, i risultati suggeriscono che lo stato di salute della popolazione dell'area nella quale insiste il polo industriale di Portovesme, a confronto con quello della popolazione dell'intera regione Sardegna, sia buono. Gli indicatori di mortalità e di morbidità indicano significativi deficit rispetto alle attese, rispettivamente pari al 10 ed al 23%. Anche la morbidità per patologie neoplastiche nel complesso, per quanto è possibile dedurre dei dati di ospedalizzazione, appare significativamente inferiore a quella osservata nell'ambito regionale (-19%), mentre la mortalità risulta sostanzialmente sovrapponibile a quella regionale. Per quanto riguarda singole sedi neoplastiche, le ospedalizzazioni per tumore del polmone sono risultate significativamente elevate nel comune di Portoscuso, ma non negli altri 5 comuni immediatamente confinanti con l'area industriale, mentre i decessi per tale neoplasia, seppure lievemente aumentati rispetto alle attese su base regionale, non se ne distanziano in maniera significativa. Il modesto eccesso di ospedalizzazioni per tumore del polmone, osservato complessivamente nell'area a rischio, appare non significativo, ma mostra una tendenza a decrescere con la distanza dal polo industriale. I dati di mortalità, al contrario, non sono indicativi di un eccesso nell'area a rischio. Il tumore della vescica, invece, non appare aumentato se si osservano i dati di ospedalizzazione, mentre è significativamente aumentata la mortalità tra i residenti dei comuni di Iglesias e Sant'Antioco, ed in particolare nella popolazione maschile di quest'ultimo comune (SMR = 199, IC90% 111 – 326). Nella popolazione dei comuni dell'area a rischio, l'aumento della mortalità per neoplasie della vescica è di gran lunga inferiore rispetto ai due centri di Iglesias e Sant'Antioco, relativamente distanti dall'area industriale; non è suffragato da analogo incremento della morbidità; e non mostra una tendenza a diminuire con la distanza dalle installazioni industriali. Nel complesso, le neoplasie renali non appaiono aumentate rispetto alle attese su base regionale, né esaminando i dati di mortalità, né secondo quelli di ospedalizzazione. Nel caso di questi ultimi, tuttavia, si rileva una tendenza alla diminuzione del SHR in relazione alla distanza dal polo industriale. Questa osservazione trova supporto in un'analogha tendenza osservabile per i ricoveri per nefropatie, compresa l'insufficienza renale. Anche per quest'ultimo gruppo di patologie, tuttavia, i dati di mortalità non sembrano confermare un simile pattern in relazione alla distanza dal polo industriale. In ragione della ridottissima sopravvivenza dei pazienti che ne sono affetti, per quanto riguarda il tumore del pancreas, l'analisi della mortalità è sufficientemente rappresentativa dello stato di salute della popolazione. Pertanto, la mancata disponibilità dei dati di ospedalizzazione per questa patologia non ne impedisce la valutazione. I risultati mostrano SMR non significativamente elevati nei comuni di Iglesias e Sant'Antioco e nelle aree rurali, mentre tra le popolazioni residenti nei comuni delle aree a rischio, nel quinquennio analizzato, a differenza che nel passato, si è verificato un numero di decessi per tumore del pancreas approssimativamente corrispondente a quello atteso

su base regionale. Analogo discorso può essere fatto per i decessi per tumore dello stomaco, che si mantengono costantemente inferiori alle attese su base regionale in tutti i segmenti della provincia di Carbonia – Iglesias analizzati, e che, in particolare, non mostrano alcuna relazione con la distanza dal polo industriale di Portovesme.

In sintesi, l'analisi dello stato di salute della popolazione dell'ex-provincia di Carbonia-Iglesias rivela la persistenza di eccessi di malattie respiratorie acute e di asma, in possibile relazione con le emissioni provenienti dall'area industriale di Portovesme. Appare ormai esaurito l'effetto della storica importante attività estrattiva sull'incremento della mortalità per malattie croniche dell'Apparato Respiratorio. Per quanto riguarda le patologie neoplastiche, a fronte di una significativa riduzione dei decessi e delle ospedalizzazioni nel loro complesso, rimane dubbio il ruolo delle esposizioni ambientali conseguenti alle missioni dagli insediamenti industriali nei confronti della comparsa di casi di neoplasie del polmone, della vescica e del rene. Qualora presenti, tuttavia, tali effetti sarebbero potrebbero essere ristretti al segmento dei lavoratori esposti in ambito industriale nel corso dei decenni precedenti, o attualmente diluiti dalla multifattorialità eziologica di tale neoplasia nella popolazione generale. Si rammenta al riguardo, che il fumo di tabacco costituisce un importante fattore causale di tutte e tre le neoplasie segnalate. In conclusione, non si evidenziano allo stato attuale condizioni di particolare fragilità delle popolazioni coinvolte rispetto a quelle esterne all'area di potenziale impatto del polo industriale.

10 VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE DELLA POPOLAZIONE

10.1 PREMESSA

La valutazione dell'esposizione viene effettuata sulla base del modello concettuale, ai fini di identificare le modalità di contatto tra contaminante e popolazione e quindi determinare la dose assunta dall'organismo. Devono dunque essere valutati gli scenari di esposizione in termini qualitativi determinando per ogni percorso, l'intensità, la frequenza e la durata di esposizione.

10.2 SCENARI DI ESPOSIZIONE

Per via inalatoria, l'intensità dell'esposizione è determinata dalle concentrazioni in aria dei contaminanti. Le aree target, ovvero il luogo fisico di contatto tra l'inquinante e le popolazioni potenzialmente esposte, rispetto alle quali è stata effettuata la valutazione, descritte al Capitolo 6, sono:

- le sezioni di censimento (scenario residenziale);
- le aree sensibili (scuole, area industriale e spiagge);
- le aree agricole (scenario rurale).

L'intensità dell'esposizione in riferimento alle restanti vie di esposizione (contatto dermico, ingestione diretta di suolo ed ingestione dei contaminanti attraverso la catena alimentare) è determinata dalle ricadute al suolo dei contaminanti atmosferici. Per queste vie di esposizione le aree target sono rappresentate dalle aree agricole e dalle spiagge di Portovesme e di Portopaglietto.

Le valutazioni sono state condotte in riferimento ai valori minimi, medi e massimi delle concentrazioni e delle deposizioni in ciascuna area target. I valori minimo e massimo di esposizione a ciascun inquinante sono assunti quali intervalli di variabilità (equiprobabile) nella stima dell'esposizione e sono considerabili come intervalli di confidenza.

Tali valori (minimi, medi e massimi delle concentrazioni e delle deposizioni) sono stati calcolati a partire dai risultati delle simulazioni della dispersione dei contaminanti atmosferici attraverso i seguenti passaggi:

- interpolazione sull'intero dominio delle concentrazioni medie annue e delle deposizioni al suolo calcolate dal modello nei punti della griglia di calcolo¹⁵. L'interpolazione è stata condotta in ambiente GIS utilizzando un metodo di interpolazione ampiamente utilizzato chiamato Reti Irregolari Triangolate (TIN) implementato anche nel software CALPUFF in modo da avere le stesse distribuzioni areali delle mappe di isoconcentrazione (allegate agli studi di dispersione dello SIA). Il risultato del calcolo è un raster, formato da pixel di dimensione spaziale 10x10 m a cui è associato il valore di concentrazione o di deposizione al suolo ottenuto dall'interpolazione (banda del raster);
- calcolo dei valori minimo, medio e massimo delle concentrazioni e delle deposizioni nell'area target (insieme di pixel) mediante il tools " statistiche zonali" di QGIS.

I valori di concentrazione e di deposizioni al suolo così determinati sono allegati in formato shape file (SezioniCensuarie_conc.shp, AreeSensibili_conc_dep.shp e AreeAgricole_conc_dep.shp) ed excel (Annesso A – shape files e Annesso A – xls files).

In riferimento alle aree target sono stati individuati i seguenti scenari di esposizione per la popolazione:

- **Scenario residenziale:** condizione di esposizione di un soggetto che riede e lavora nella sezione di censimento più esposta dell'area di influenza, esso include:
 - o l'esposizione per inalazione nell'ipotesi di permanenza nella sezione censuaria di residenza per 24 ore al giorno e per 365 giorni all'anno;
 - o l'esposizione per ingestione attraverso la catena alimentare, nell'ipotesi cautelativa che tutti i prodotti ortofrutticoli e di origine animale (carne ovina, caprina e formaggio ovicaprini) ingeriti provengano dall'area di influenza del progetto;

¹⁵ Il modello calcola la concentrazione in aria sui 7744 punti di una maglia regolare di 250 m di lato.

- **Scenario rurale:** condizione di esposizione di un agricoltore (e della sua famiglia) che risiede e lavora nell'area agricola più esposta dell'area di influenza, esso include:
 - o l'esposizione per inalazione nell'ipotesi di permanenza nell'area agricola per 24 ore al giorno e per 365 giorni all'anno;
 - o l'esposizione per ingestione attraverso la catena alimentare, nell'ipotesi di assunzione di prodotti coltivati (ortofrutticoli) e di origine animale (carne ovina, caprina e formaggi ovicaprini) provenienti dall'area di influenza;
 - o l'esposizione per contatto dermico ai microinquinanti che si depositano nell'area agricola;
- **Scenario ricreativo:** rappresentativo della condizione di esposizione dei soggetti residenti nella sezione censuaria più esposta del centro abitato di Portoscuso che frequentano le spiagge di Portovesme e di Portopaglietto, esso include:
 - o l'esposizione per inalazione nell'ipotesi di permanenza in spiaggia per un periodo di esposizione di 150 giorni all'anno e per 12 ore al giorno;
 - o l'esposizione per inalazione nell'ipotesi di permanenza nella sezione censuaria più esposta del centro abitato di Portoscuso per le restanti ore dell'anno;
 - o l'esposizione per contatto dermico ai microinquinanti che si depositano negli arenili;
 - o l'esposizione per ingestione diretta del suolo ai microinquinanti che si depositano negli arenili;
 - o l'esposizione per ingestione attraverso la catena alimentare, nell'ipotesi di assunzione di prodotti coltivati (ortofrutticoli) e di origine animale (carne ovina, caprina e formaggi ovicaprini) provenienti dall'area di influenza;
- **Scenario aree sensibili - Scuole,** rappresentativo della condizione di esposizione dei soggetti residenti nella sezione censuaria più esposta del centro abitato di Portoscuso che frequentano le scuole, esso include:
 - o l'esposizione per inalazione nell'ipotesi di permanenza a scuola nelle ore scolastiche;
 - o l'esposizione per inalazione nell'ipotesi di permanenza nella sezione censuaria più esposta del centro abitato di Portoscuso per le restanti ore dell'anno;
 - o l'esposizione per ingestione attraverso la catena alimentare, nell'ipotesi di assunzione di prodotti coltivati (ortofrutticoli) e di origine animale (carne ovina, caprina e formaggi ovicaprini) provenienti dall'area di influenza;
- **Scenario aree sensibili – Area industriale,** rappresentativo della condizione di esposizione dei soggetti residenti nella sezione censuaria più esposta del centro abitato di Portoscuso che lavorano nell'area industriale di Portoscuso, esso include:
 - o l'esposizione per inalazione nell'ipotesi di permanenza nell'area di lavoro durante le ore lavorative;
 - o l'esposizione per inalazione nell'ipotesi di permanenza nella sezione censuaria più esposta del centro abitato di Portoscuso per le restanti ore dell'anno;

- l'esposizione per ingestione attraverso la catena alimentare, nell'ipotesi di assunzione di prodotti coltivati (ortofrutticoli) e di origine animale (carne ovina, caprina e formaggi ovicaprini) provenienti dall'area di influenza.

Per quanto riguarda le aree sensibili, la valutazione del rischio per inalazione è stata effettuata assumendo i seguenti tempi (ore/giorno) e frequenze di esposizione (giorni/anno):

- lavoratori: 40 ore settimanali per 250 giorni all'anno;
- scuola primaria: 30 ore settimanali, distribuite su 6 giorni per un totale di 200 giorni all'anno;
- scuola dell'infanzia: 40 ore settimanali distribuite su 6 giorni e per 220 giorni all'anno;
- scuola secondaria di I° grado: 36 ore settimanali e per 200 giorni all'anno.

Nel seguito si riporta in primo luogo la valutazione del rischio sanitario per ciascuna via di esposizione (per singolo inquinante e cumulato) e successivamente, per ciascuno scenario di esposizione, la valutazione del rischio aggregato (relativo a più vie di esposizione) e cumulato totale (relativo a tutti gli inquinanti e a tutte le vie di esposizione incluse nello scenario).

10.3 INCERTEZZA DELLE PREVISIONI

In generale, la stima previsionale degli effetti di un progetto sulla salute pubblica è sviluppata attraverso una metodologia complessa che presenta elementi di incertezza. Questi sono principalmente:

- le incertezze sul quadro emissivo;
- la capacità dei modelli di dispersione di riprodurre correttamente i fenomeni e, conseguente affidabilità con cui vengono valutate la concentrazione in aria e le ricadute al suolo dei contaminanti emessi;
- l'affidabilità delle relazioni fra l'esposizione alla contaminazione e gli effetti sulla salute umana.

Relativamente all'incertezza del quadro emissivo, premesso che i fattori emissivi delle sorgenti puntuali (quali i camini, depolveratori etc.) vengono calcolati alla massima capacità produttiva dell'impianto e nelle condizioni limite autorizzate e che quindi sono introdotte nel quadro emissivo con i loro valori massimi, rimane il problema di valutare le emissioni delle sorgenti diffuse (erosione eolica, movimentazione di materiale polverulenti, transito di veicoli su piste etc). I fattori di emissione, in questo caso, sono rappresentati da formule che mettono in relazione l'emissione in kg con i parametri che la determinano (vento, traffico veicolare, movimentazione dei cumuli). La loro affidabilità nel prevedere le effettive emissioni nel caso specifico dipende da quanto le condizioni di quest'ultimo si avvicinano a quelle che hanno determinato la formulazione del fattore di emissione. Questa valutazione è data mediante un rating espresso da A a E. Alcuni degli enti che hanno sviluppato i fattori di emissione hanno anche studiato la loro affidabilità di previsione esprimendola in termini numerici (studi di validazione EPA per esempio, per alcuni fattori). L'incertezza con cui sono valutati i parametri sito specifici che costituiscono l'input dei fattori emissivi (contenuto di silt

delle piste, peso specifico, umidità etc) è stimata attraverso l'analisi statistica delle misure effettuate sul particolare parametro. L'incertezza della misura è valutata rispetto al valore medio, tipicamente attraverso lo scarto. Il calcolo della concentrazione media al recettore potrebbe essere fatto, dunque, sulla base dei valori medi dei dati di input e a essa potrebbe essere associata l'incertezza calcolata sulla base delle incertezze dei dati di input. Nel caso specifico si è operato diversamente: sono stati presi i valori più cautelativi delle distribuzioni dei dati di input ed è stato calcolato direttamente il valore più cautelativo della concentrazione al recettore, non il valore medio. A tale valore cautelativo o, se si preferisce, di estremo superiore, non è associata incertezza, nel senso che non esiste nessun valore esterno al valore calcolato, esistono solo valori inferiori. Lo stesso criterio è stato applicato ai dati di letteratura: non sono stati adottati valori medi ma valori cautelativi per cui l'impatto della loro incertezza sulla concentrazione al recettore deve intendersi come compreso all'interno del valore adottato.

In sintesi dunque l'incertezza associata alla variabilità dei dati di input è assorbita dal calcolo effettuato in corrispondenza dei valori di estremo dei dati stessi. In altri termini, il risultato ottenuto rappresenta l'estremo superiore del campo di variabilità dei risultati ottenibili facendo variare i dati di input nel loro intervallo di esistenza.

L'incertezza dei parametri di progetto (numero di mezzi, loro velocità, lunghezza delle piste etc..) coincide con la loro variabilità intrinseca; di essa si è tenuto conto nell'assunzione dei valori che determinano scenari cautelativi (massimo numero di mezzi, massima lunghezza delle piste etc..) ossia scenari in cui l'impatto di tali parametri è quello massimo. Per questa classe di parametri valgono dunque le considerazioni già esposte in riferimento ai parametri sito specifici.

In sintesi il quadro emissivo è costruito in modo che i valori di emissione rappresentino i valori massimi che possono verificarsi anche in considerazione della variabilità e incertezza con cui sono valutati i parametri di input.

L'incertezza delle stime dei modelli, generata dalla parziale capacità di riprodurre i fenomeni naturali è, in parte, ridotta utilizzando strumenti di affidabilità riconosciuta dalla comunità scientifica internazionale. Nel caso in esame è stata utilizzata la catena modellistica CALMET (modello meteorologico) – CALPUFF (Modello di dispersione). Il sistema modellistico CALPUFF (CALMET e CALPUFF) è incluso nella lista di modelli meteorologici raccomandati da US-EPA, che li indica quali modelli più affidabili nella stima delle concentrazioni medie di lungo periodo, e meno per concentrazioni di breve periodo e che le stime relative ai massimi di concentrazione vanno ritenute ragionevolmente affidabili come ordine di grandezza (tipicamente i valori massimi sono sovrastimati del 10 fino al 40%).

La normativa italiana (Allegato 1 del D.Lgs. 155/2010 "obiettivi di qualità dei dati") prevede un'incertezza della modellizzazione per le medie annue del 30% per i gassosi e del 50% per il particolato.

Nel caso specifico, l'incertezza delle previsioni modellistiche è stata considerata pari al 50% per cui le concentrazioni e le deposizioni calcolate mediante la simulazione della dispersione in aria dei contaminanti, sono state moltiplicate per il fattore 1.5.

Relativamente all'affidabilità delle relazioni fra l'esposizione alla contaminazione e gli effetti sulla salute umana, si evidenzia che sono state utilizzate metodologie collaudate e si è operato conformemente alle norme e alle linee guida nazionali ed internazionali. Le fonti bibliografiche sono state selezionate in riferimento all'autorevolezza scientifica e la valutazione di rischio è stata condotta usando modelli caratterizzati da validità scientifica riconosciuta.

11 RISCHIO SANITARIO ASSOCIATO AL PROGETTO

11.1 METODOLOGIE DI VALUTAZIONE

La valutazione del rischio sanitario ha l'obiettivo di quantificare i potenziali effetti sulla salute; gli atti di indirizzo RAS individuano due approcci per la caratterizzazione del rischio: l'approccio tossicologico e quello epidemiologico, proponendo l'utilizzo congiunto ed integrato tra i due.

Per le sostanze tossiche non cancerogene, o con meccanismo noto di cancerogenicità non genotossico, si suppone che esista una dose di soglia al di sotto della quale, verosimilmente, non si hanno effetti sanitari avversi. La procedura di valutazione prevede il calcolo della dose a cui un individuo viene esposto e il suo confronto con valori di riferimento, quali la Reference Concentrations (RfC), Reference Dose (RfD), Tolerable Daily Intake (TDI), desunti da fonti ufficiali e stabiliti per proteggere la popolazione sul lungo periodo (esposizione cronica nell'arco della vita), tenendo conto anche dei gruppi di popolazione più vulnerabili.

Nell'esposizione cumulata (esposizione a più sostanze) viene applicata l'additività di dose, utilizzando il metodo l'Hazard Index (HI) definito come somma dei rapporti tra la concentrazione nella miscela e i valori di riferimento relativi alla tossicità (RfD o RfC) di ciascun componente (Hazard Quotient (HQ)).

Per le sostanze con potenziale cancerogeno, per le quali non è definibile a priori una soglia di non effetto, si possono seguire due approcci differenti:

- il primo è stato proposto dall'EPA ed è utilizzato a livello internazionale fin dai primi anni '80; esso utilizza modelli matematici di estrapolazione lineare alle basse dosi, per analizzare le relazioni dose-risposta e descrivere la potenza cancerogena delle sostanze attraverso uno Slope Factor, da cui si definisce un coefficiente di rischio unitario Unit Risk (UR). In rischio individuale per l'esposizione lifetime ad una dose unitaria di sostanza cancerogena, viene utilizzato per calcolare il numero di casi di tumore attesi in una data popolazione. Il principale vantaggio di tale metodo è legato alla disponibilità dei parametri di calcolo (Slope Factor o Unit Risk) in database riconosciuti a livello internazionale. Questo approccio, indicato nel seguito come

approccio EPA, era indicato nelle linee guida per la Valutazione di Impatto Sanitario redatte dall'Istituto Superiore della Sanità nel 2017;

- il secondo utilizza invece la Benchmark dose (BMD) che viene stimata con tecniche di best fitting dei risultati sperimentali sull'animale o, più raramente, su dati epidemiologici. Il metodo utilizzato è quello del Margine di Esposizione (MoE, Margin of Exposure), definito come rapporto tra la BMDL10 e l'esposizione, in cui la BMDL10 rappresenta il limite inferiore dell'intervallo di confidenza della Benchmark Dose associata ad un incremento di tumori del 10%. Tale metodo, indicato nel seguito come approccio UE, è indicato nelle linee guida VIS dell'Istituto Superiore della Sanità nella versione 2019. Le stesse linee guida identificano in 10.000 il valore del MoE che indica una situazione di bassa preoccupazione ("low concern").

11.2 INALAZIONE

11.2.1 Premessa

La valutazione in riferimento al percorso inalatorio è stata effettuata secondo due approcci:

- Approccio tossicologico in cui sono state valutate:
 - o gli effetti tossici dell'esposizione ai contaminanti: Arsenico, Berillio, Cadmio, Nichel, Piombo, Mercurio, Cromo, Cromo VI, Rame, Manganese, Antimonio, Tallio, Selenio, Vanadio, Ammoniaca, Monossido di carbonio (CO), Particolato (PM2.5), Biossido di azoto (NO₂) e Biossido di zolfo (SO₂);
 - o mediante approccio EPA gli effetti cancerogeni dell'esposizione ai contaminanti: Arsenico, Berillio, Cadmio, Nichel, Cromo VI e Piombo;
 - o mediante approccio UE gli effetti cancerogeni dell'esposizione ai contaminanti: Arsenico e Cromo VI;
- Approccio epidemiologico utilizzato per valutare gli effetti dall'esposizione inalatoria a PM10 e PM2.5.

La valutazione degli effetti tossici all'esposizione dei contaminanti Monossido di carbonio (CO), Particolato (PM2.5), Biossido di azoto (NO₂) e Biossido di zolfo (SO₂) è stata effettuata assumendo come parametri di riferimento le rispettive concentrazioni obiettivo indicate dall'OMS (WHO Regional Publications, European Series, No. 91).

Il biossido di azoto non è stato incluso nella valutazione secondo l'approccio epidemiologico in quanto le concentrazioni attese nell'area d'influenza nel post operam risultano inferiori alla soglia minima per il calcolo degli effetti sanitari secondo l'approccio epidemiologico indicata dall'OMS, pari a 20 µg/m³. Infatti la rete di monitoraggio regionale nel comune di Portoscuso indica che la concentrazione di questo contaminante è in netta diminuzione dal 2013; nel 2020 la concentrazione media annua è inferiore ai 4 µg/m³; anche considerando il massimo del contributo del Progetto nelle sezioni censuarie (1.28 µg/m³), nel futuro assetto post operam, non verrà raggiunta la soglia minima per il calcolo degli effetti sanitari.

11.2.2 Approccio tossicologico - Rischio tossico

Il calcolo del rischio tossico mediante l'approccio tossicologico è stato effettuato utilizzando la metodologia riportata in Appendice A1 e in riferimento ai seguenti inquinanti: Arsenico, Berillio, Cadmio, Nichel, Piombo, Mercurio, Cromo, Cromo VI, Rame, Manganese, Antimonio, Selenio, Tallio, Vanadio e Ammoniaca.

Il calcolo è stato effettuato in riferimento a:

- singole sezioni di censimento, utilizzando:
 - o il valore medio della concentrazione nella sezione (moltiplicato per 1.5 per tener conto dell'incertezza), mentre gli intervalli di variabilità del rischio sono stati calcolati utilizzando i valori minimo e massimo (moltiplicati per 1.5 per tener conto dell'incertezza);
 - o esposizione per 24 ore al giorno e per 365 giorni all'anno;
- aree sensibili utilizzando:
 - o il valore medio della concentrazione nell'area sensibile (moltiplicato per 1.5 per tener conto dell'incertezza), mentre gli intervalli di variabilità del rischio sono stati calcolati utilizzando i valori minimo e massimo della concentrazione (moltiplicati per 1.5 per tener conto dell'incertezza);
 - o esposizione riportata al paragrafo 10.2;
- aree agricole utilizzando:
 - o il valore medio della concentrazione nell'area agricola (moltiplicato per 1.5 per tener conto dell'incertezza), mentre gli intervalli di variabilità del rischio sono stati calcolati utilizzando i valori minimo e massimo della concentrazione (moltiplicati per 1.5 per tener conto dell'incertezza);
 - o esposizione per 24 ore al giorno e per 365 giorni all'anno.

I valori del rischio HQ per singolo inquinante e i valori del rischio cumulato HI relativi a queste aree sono riportati rispettivamente in Annesso A - Shape files (file SezioniCensuarie_INA.shp, AreeSensibili_INAL e Areeagricole_INAL.shp) e in Annesso A – xlsx files.

Il criterio di accettabilità adottato per il rischio tossico è quello del non superamento della dose tollerabile/ accettabile ovvero indice di pericolo complessivo HI inferiore a 1.

Nelle seguenti Tabelle si riportano:

- i valori massimi di rischio tossico per singolo inquinante (Tabella 8), ovvero il valore HQ più elevato tra quelli calcolati sulla base delle concentrazioni medie nelle sezioni di censimento, unitamente ai massimi valori di estremo, inferiore e superiore, dell'intervallo di variazione (valori più elevati del rischio calcolati sulla base delle concentrazioni minime e massime nelle sezioni di censimento);

- i valori del rischio tossico, per singolo inquinante e cumulato (Tabella 8), relativi alla Sezione di *censimento* caratterizzata dal massimo rischio cumulato HI (*Sezione di censimento 1070160000009*);
- i valori del rischio relativi alle *Aree di riferimento* determinati come media ponderata, sulla base del numero di abitanti, dei valori del rischio delle sezioni di censimento ricomprese nella singola area di riferimento (indicate nel file sezioni_localit_comune.shp);
- i valori del rischio relativi ai *Comuni* determinati come media ponderata, sulla base del numero di abitanti, dei valori del rischio delle sezioni di censimento incluse nel Comune (indicate nel file sezioni_localit_comune.shp).

Tabella 8. Valori massimi del Rischio tossico per singolo inquinante nell'area d'influenza e valori del rischio tossico per singolo inquinante e cumulato nella sezione di censimento più esposta

| Sostanza | HQ – Valori massimi | HQ - Sezione di censimento 1070160000009 |
|-----------|-------------------------------------|---|
| Arsenico | 1.77E-03 (1.66E-03-2.84E-03) | 1.45E-03 (9.92E-04-1.86E-03) |
| Berillio | 4.19E-05 (3.78E-05-5.64E-05) | 3.00E-05 (2.09E-05-3.77E-05) |
| Cadmio | 1.08E-03 (9.72E-04-1.43E-03) | 6.45E-04 (4.78E-04-7.57E-04) |
| Cromo | 3.32E-03 (1.84E-03-5.04E-03) | 3.32E-03 (1.84E-03-5.04E-03) |
| Cromo VI | 1.75E-05 (8.79E-06-2.85E-05) | 1.75E-05 (8.79E-06-2.85E-05) |
| Rame | 4.33E-07 (2.76E-07-6.59E-07) | 4.33E-07 (2.44E-07-6.59E-07) |
| Mercurio | 2.14E-06 (1.95E-06-2.97E-06) | 2.14E-06 (1.35E-06-2.97E-06) |
| Manganese | 3.30E-03 (1.61E-03-5.49E-03) | 3.30E-03 (1.61E-03-5.49E-03) |
| Nichel | 5.32E-04 (2.92E-04-8.29E-04) | 5.32E-04 (2.88E-04-8.29E-04) |
| Piombo | 6.77E-05 (6.10E-05-9.03E-05) | 3.78E-05 (2.87E-05-4.33E-05) |
| Antimonio | 1.40E-05 (1.14E-05-2.01E-05) | 1.40E-05 (8.51E-06-2.01E-05) |
| Selenio | 2.24E-06 (2.02E-06-3.03E-06) | 1.30E-06 (9.72E-07-1.52E-06) |
| Tallio | 2.03E-05 (1.82E-05-2.69E-05) | 1.17E-05 (8.73E-06-1.35E-05) |
| Vanadio | 2.32E-03 (1.69E-03-3.49E-03) | 2.32E-03 (1.30E-03-3.49E-03) |
| Ammoniaca | 4.15E-05 (2.94E-05-6.48E-05) | 7.92E-06 (5.66E-06-1.03E-05) |
| CO | 4.03E-04 (3.00E-04-7.58E-04) | 3.11E-04 (2.37E-04-3.80E-04) |
| PM2.5 | 1.93E-01 (9.58E-02-3.17E-01) | 1.93E-01 (9.58E-02-3.17E-01) |
| SO2 | 2.40E-03 (1.73E-03-3.93E-03) | 1.04E-03 (7.75E-04-1.36E-03) |
| NO2 | 2.97E-02 (2.13E-02-4.82E-02) | 1.20E-02 (8.80E-03-1.43E-02) |
| HI | - | 2.18E-01 (1.12E-01-3.51E-01) |

Tabella 9. Valori del Rischio tossico per inalazione nelle aree di riferimento: As, Be, Cd, Cr

| ID | Area di riferimento | As | Be | Cd | Cr |
|----|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | Calasetta | 3.3E-04 (3.0E-04-3.8E-04) | 7.8E-06 (6.9E-06-8.9E-06) | 2.0E-04 (1.8E-04-2.3E-04) | 2.3E-04 (2.1E-04-2.5E-04) |
| 2 | Cussorgia | 3.1E-04 (3.0E-04-3.3E-04) | 7.3E-06 (6.8E-06-7.8E-06) | 1.9E-04 (1.7E-04-2.0E-04) | 2.5E-04 (2.4E-04-2.6E-04) |
| 3 | Calasetta - Case sparse | 1.9E-04 (1.1E-04-2.5E-04) | 4.1E-06 (2.1E-06-5.7E-06) | 1.0E-04 (5.2E-05-1.4E-04) | 1.6E-04 (1.1E-04-2.2E-04) |
| 4 | Bacu Abis | 4.7E-05 (4.6E-05-4.8E-05) | 1.0E-06 (9.8E-07-1.0E-06) | 2.5E-05 (2.4E-05-2.6E-05) | 5.1E-05 (4.9E-05-5.2E-05) |
| 5 | Barbusi | 4.2E-05 (3.8E-05-4.4E-05) | 8.9E-07 (7.8E-07-9.5E-07) | 2.2E-05 (1.9E-05-2.3E-05) | 4.6E-05 (4.1E-05-4.9E-05) |
| 6 | Carbonia | 4.7E-05 (4.4E-05-4.9E-05) | 1.0E-06 (1.0E-06-1.1E-06) | 2.6E-05 (2.5E-05-2.7E-05) | 4.6E-05 (4.4E-05-4.9E-05) |
| 7 | Cortoghiana | 1.3E-04 (1.1E-04-1.4E-04) | 2.6E-06 (2.3E-06-2.9E-06) | 6.4E-05 (5.8E-05-7.1E-05) | 1.3E-04 (1.2E-04-1.5E-04) |
| 8 | Sirai | 5.1E-05 (4.9E-05-5.3E-05) | 1.1E-06 (1.1E-06-1.2E-06) | 2.8E-05 (2.6E-05-2.9E-05) | 5.6E-05 (5.4E-05-6.0E-05) |
| 9 | Flumentepido | 7.0E-05 (5.9E-05-8.8E-05) | 1.5E-06 (1.3E-06-1.9E-06) | 3.7E-05 (3.2E-05-4.7E-05) | 7.9E-05 (6.8E-05-9.6E-05) |
| 10 | Medadeddu | 5.0E-05 (4.7E-05-5.2E-05) | 1.1E-06 (1.0E-06-1.1E-06) | 2.7E-05 (2.5E-05-2.8E-05) | 5.0E-05 (4.7E-05-5.3E-05) |
| 11 | Carbonia - Case sparse | 5.0E-05 (4.3E-05-6.2E-05) | 1.1E-06 (9.1E-07-1.3E-06) | 2.6E-05 (2.3E-05-3.3E-05) | 5.4E-05 (4.7E-05-6.6E-05) |
| 12 | Carloforte | 6.5E-04 (5.7E-04-7.5E-04) | 1.5E-05 (1.3E-05-1.8E-05) | 4.0E-04 (3.4E-04-4.6E-04) | 4.1E-04 (3.6E-04-4.6E-04) |
| 13 | Carloforte - Case sparse | 5.9E-04 (3.4E-04-9.2E-04) | 1.4E-05 (7.9E-06-2.2E-05) | 3.5E-04 (2.0E-04-5.5E-04) | 4.3E-04 (2.6E-04-6.0E-04) |
| 14 | Gonnese | 3.0E-05 (2.8E-05-3.2E-05) | 6.6E-07 (6.2E-07-7.1E-07) | 1.6E-05 (1.5E-05-1.8E-05) | 3.5E-05 (3.4E-05-3.8E-05) |

| | | | | | |
|----|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 15 | Nuraxi Figus | 1.4E-04 (1.2E-04-1.6E-04) | 3.1E-06 (2.6E-06-3.5E-06) | 7.6E-05 (6.6E-05-8.8E-05) | 1.4E-04 (1.3E-04-1.7E-04) |
| 16 | Gonnesa - Case sparse | 4.8E-05 (3.3E-05-6.7E-05) | 1.0E-06 (7.2E-07-1.5E-06) | 2.6E-05 (1.8E-05-3.7E-05) | 5.4E-05 (3.7E-05-7.7E-05) |
| 17 | Bindua | 1.3E-05 (1.2E-05-1.4E-05) | 2.9E-07 (2.6E-07-3.1E-07) | 7.0E-06 (6.4E-06-7.6E-06) | 1.7E-05 (1.5E-05-1.8E-05) |
| 18 | Iglesias - Case sparse | 1.2E-05 (6.8E-06-1.7E-05) | 2.2E-07 (1.3E-07-3.1E-07) | 5.3E-06 (3.2E-06-7.4E-06) | 1.5E-05 (7.8E-06-2.1E-05) |
| 19 | Paringianu | 1.4E-03 (7.2E-04-2.8E-03) | 2.8E-05 (1.5E-05-5.5E-05) | 7.1E-04 (3.9E-04-1.4E-03) | 1.2E-03 (6.3E-04-2.6E-03) |
| 20 | Portoscuso | 9.7E-04 (7.3E-04-1.3E-03) | 2.1E-05 (1.6E-05-2.7E-05) | 4.8E-04 (3.7E-04-6.3E-04) | 1.6E-03 (1.1E-03-2.4E-03) |
| 21 | Bruncuteula | 1.6E-03 (1.3E-03-1.8E-03) | 2.1E-05 (1.9E-05-2.3E-05) | 5.0E-04 (4.5E-04-5.5E-04) | 2.1E-03 (1.6E-03-2.5E-03) |
| 22 | Portoscuso - Case sparse Nord | 3.4E-04 (1.4E-04-7.9E-04) | 7.5E-06 (3.2E-06-1.6E-05) | 1.8E-04 (8.1E-05-3.9E-04) | 4.1E-04 (1.4E-04-1.4E-03) |
| 23 | Portoscuso - Case sparse Sud | 5.1E-04 (1.5E-04-2.7E-03) | 1.1E-05 (3.4E-06-5.5E-05) | 2.7E-04 (8.3E-05-1.4E-03) | 4.6E-04 (1.6E-04-2.1E-03) |
| 24 | Is Urigus | 1.1E-04 (9.5E-05-1.3E-04) | 2.1E-06 (1.9E-06-2.3E-06) | 5.1E-05 (4.7E-05-5.7E-05) | 1.1E-04 (9.9E-05-1.4E-04) |
| 25 | Matzaccara | 6.8E-04 (6.2E-04-7.6E-04) | 7.6E-06 (6.9E-06-8.6E-06) | 1.7E-04 (1.5E-04-2.0E-04) | 1.0E-03 (9.5E-04-1.1E-03) |
| 26 | San Giovanni Suergiu | 1.0E-04 (7.9E-05-1.6E-04) | 1.6E-06 (1.4E-06-2.0E-06) | 3.8E-05 (3.3E-05-4.5E-05) | 1.4E-04 (9.1E-05-2.3E-04) |
| 27 | Villaggio Palmas | 6.6E-05 (5.7E-05-7.5E-05) | 8.0E-07 (7.2E-07-8.8E-07) | 1.8E-05 (1.7E-05-2.0E-05) | 9.8E-05 (8.3E-05-1.1E-04) |
| 28 | San Giovanni Suergiu - Case sparse | 1.9E-04 (1.4E-04-2.7E-04) | 2.4E-06 (1.9E-06-3.3E-06) | 5.6E-05 (4.5E-05-7.6E-05) | 2.8E-04 (1.9E-04-4.0E-04) |
| 29 | Sant'Antioco - Case sparse | 2.1E-04 (6.0E-05-2.7E-04) | 4.4E-06 (9.8E-07-6.1E-06) | 1.1E-04 (2.4E-05-1.5E-04) | 2.0E-04 (6.9E-05-2.9E-04) |

Tabella 10. Valori del Rischio tossico per inalazione nelle aree di riferimento: CrVI, Cu, Hg, Mn

| ID | Area di riferimento | CrVI | Cu | Hg | Mn |
|----|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | Calasetta | 4.4E-07 (3.9E-07-4.7E-07) | 4.6E-08 (4.1E-08-5.3E-08) | 3.7E-07 (3.3E-07-4.3E-07) | 7.1E-05 (6.5E-05-7.7E-05) |
| 2 | Cussorgia | 5.9E-07 (5.5E-07-6.3E-07) | 4.6E-08 (4.3E-08-4.9E-08) | 3.6E-07 (3.4E-07-3.8E-07) | 9.3E-05 (8.8E-05-1.0E-04) |
| 3 | Calasetta - Case sparse | 3.5E-07 (2.0E-07-4.7E-07) | 2.6E-08 (1.4E-08-3.6E-08) | 2.1E-07 (1.1E-07-2.8E-07) | 5.9E-05 (3.7E-05-8.4E-05) |
| 4 | Bacu Abis | 1.5E-07 (1.5E-07-1.6E-07) | 7.4E-09 (7.2E-09-7.6E-09) | 5.3E-08 (5.2E-08-5.5E-08) | 2.7E-05 (2.6E-05-2.8E-05) |
| 5 | Barbusi | 1.4E-07 (1.1E-07-1.5E-07) | 6.7E-09 (5.8E-09-7.3E-09) | 4.7E-08 (4.2E-08-5.1E-08) | 2.6E-05 (2.2E-05-2.9E-05) |
| 6 | Carbonia | 1.5E-07 (1.4E-07-1.5E-07) | 7.7E-09 (7.4E-09-8.0E-09) | 5.5E-08 (5.2E-08-5.7E-08) | 2.7E-05 (2.6E-05-2.8E-05) |
| 7 | Cortoghiana | 3.2E-07 (2.8E-07-3.6E-07) | 1.8E-08 (1.6E-08-2.0E-08) | 1.4E-07 (1.2E-07-1.5E-07) | 6.1E-05 (5.5E-05-6.7E-05) |
| 8 | Sirai | 2.0E-07 (1.9E-07-2.1E-07) | 8.9E-09 (8.5E-09-9.3E-09) | 6.0E-08 (5.8E-08-6.3E-08) | 3.7E-05 (3.5E-05-3.9E-05) |
| 9 | Flumentepido | 2.6E-07 (2.3E-07-2.9E-07) | 1.2E-08 (1.0E-08-1.4E-08) | 8.1E-08 (7.0E-08-1.0E-07) | 4.8E-05 (4.3E-05-5.5E-05) |
| 10 | Medadeddu | 1.4E-07 (1.3E-07-1.4E-07) | 7.7E-09 (7.2E-09-8.0E-09) | 5.6E-08 (5.3E-08-5.8E-08) | 2.6E-05 (2.4E-05-2.7E-05) |
| 11 | Carbonia - Case sparse | 1.5E-07 (1.3E-07-1.8E-07) | 7.8E-09 (6.8E-09-9.5E-09) | 5.6E-08 (4.8E-08-6.9E-08) | 2.8E-05 (2.5E-05-3.4E-05) |
| 12 | Carloforte | 6.1E-07 (5.4E-07-7.2E-07) | 8.8E-08 (7.7E-08-1.0E-07) | 7.3E-07 (6.4E-07-8.4E-07) | 9.8E-05 (8.8E-05-1.1E-04) |
| 13 | Carloforte - Case sparse | 9.0E-07 (4.7E-07-1.3E-06) | 8.4E-08 (5.1E-08-1.3E-07) | 6.7E-07 (3.9E-07-1.0E-06) | 1.5E-04 (7.6E-05-2.2E-04) |
| 14 | Gonnesa | 1.2E-07 (1.2E-07-1.3E-07) | 5.2E-09 (4.9E-09-5.5E-09) | 3.6E-08 (3.4E-08-3.9E-08) | 2.1E-05 (2.0E-05-2.2E-05) |
| 15 | Nuraxi Figus | 4.5E-07 (4.0E-07-5.3E-07) | 2.2E-08 (1.9E-08-2.5E-08) | 1.6E-07 (1.4E-07-1.8E-07) | 7.4E-05 (6.5E-05-8.5E-05) |
| 16 | Gonnesa - Case sparse | 1.8E-07 (1.2E-07-2.6E-07) | 7.9E-09 (5.6E-09-1.1E-08) | 5.6E-08 (3.9E-08-7.9E-08) | 3.0E-05 (2.1E-05-4.3E-05) |
| 17 | Bindua | 5.7E-08 (5.1E-08-6.3E-08) | 2.3E-09 (2.1E-09-2.5E-09) | 1.6E-08 (1.4E-08-1.7E-08) | 9.9E-06 (8.8E-06-1.1E-05) |
| 18 | Iglesias - Case sparse | 3.8E-08 (2.0E-08-5.5E-08) | 1.7E-09 (1.0E-09-2.4E-09) | 1.2E-08 (7.1E-09-1.7E-08) | 7.7E-06 (4.2E-06-1.1E-05) |
| 19 | Paringianu | 1.8E-06 (1.3E-06-3.0E-06) | 1.8E-07 (1.0E-07-3.4E-07) | 1.4E-06 (7.8E-07-2.8E-06) | 4.1E-04 (2.6E-04-7.8E-04) |
| 20 | Portoscuso | 7.7E-06 (4.4E-06-1.2E-05) | 2.3E-07 (1.5E-07-3.4E-07) | 1.3E-06 (9.4E-07-1.8E-06) | 1.4E-03 (8.0E-04-2.4E-03) |
| 21 | Bruncuteula | 2.3E-06 (1.9E-06-2.7E-06) | 1.5E-07 (1.3E-07-1.7E-07) | 1.2E-06 (1.1E-06-1.4E-06) | 6.9E-04 (5.4E-04-8.2E-04) |
| 22 | Portoscuso - Case sparse Nord | 1.5E-06 (4.6E-07-5.7E-06) | 6.0E-08 (2.4E-08-1.6E-07) | 4.1E-07 (1.7E-07-1.0E-06) | 2.5E-04 (8.3E-05-9.1E-04) |
| 23 | Portoscuso - Case sparse Sud | 1.1E-06 (4.9E-07-2.8E-06) | 7.3E-08 (2.5E-08-3.3E-07) | 5.5E-07 (1.8E-07-2.7E-06) | 2.0E-04 (8.9E-05-6.4E-04) |
| 24 | Is Urigus | 2.5E-07 (2.3E-07-2.8E-07) | 1.5E-08 (1.4E-08-1.7E-08) | 1.1E-07 (1.0E-07-1.2E-07) | 5.2E-05 (4.7E-05-6.2E-05) |
| 25 | Matzaccara | 1.3E-06 (1.2E-06-1.4E-06) | 6.3E-08 (5.7E-08-7.0E-08) | 4.8E-07 (4.4E-07-5.4E-07) | 3.7E-04 (3.4E-04-4.0E-04) |
| 26 | San Giovanni Suergiu | 2.3E-07 (1.8E-07-3.2E-07) | 1.2E-08 (1.0E-08-1.6E-08) | 9.0E-08 (7.5E-08-1.2E-07) | 5.5E-05 (4.1E-05-8.7E-05) |
| 27 | Villaggio Palmas | 1.4E-07 (1.2E-07-1.5E-07) | 6.6E-09 (5.9E-09-7.3E-09) | 5.0E-08 (4.4E-08-5.5E-08) | 3.7E-05 (3.2E-05-4.2E-05) |
| 28 | San Giovanni Suergiu - Case sparse | 3.9E-07 (3.0E-07-5.2E-07) | 2.0E-08 (1.5E-08-2.6E-08) | 1.5E-07 (1.1E-07-2.0E-07) | 1.1E-04 (7.6E-05-1.5E-04) |
| 29 | Sant'Antioco - Case sparse | 4.9E-07 (9.7E-08-6.6E-07) | 3.0E-08 (6.7E-09-4.0E-08) | 2.3E-07 (5.3E-08-3.1E-07) | 8.9E-05 (2.4E-05-1.1E-04) |

Tabella 11. Valori del Rischio tossico per inalazione nelle aree di riferimento: Ni, Pb, Sb, Se

| ID | Area di riferimento | Ni | Pb | Sb | Se |
|----|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | Calasetta | 4.4E-05 (3.9E-05-5.0E-05) | 1.2E-05 (1.1E-05-1.4E-05) | 2.1E-06 (1.9E-06-2.4E-06) | 4.1E-07 (3.7E-07-4.7E-07) |
| 2 | Cussorgia | 4.4E-05 (4.1E-05-4.7E-05) | 1.2E-05 (1.1E-05-1.2E-05) | 2.1E-06 (1.9E-06-2.2E-06) | 3.8E-07 (3.6E-07-4.1E-07) |
| 3 | Calasetta - Case sparse | 2.7E-05 (1.7E-05-3.7E-05) | 6.5E-06 (3.3E-06-9.1E-06) | 1.2E-06 (6.5E-07-1.6E-06) | 2.2E-07 (1.1E-07-3.0E-07) |
| 4 | Bacu Abis | 8.2E-06 (8.0E-06-8.4E-06) | 1.6E-06 (1.5E-06-1.6E-06) | 3.2E-07 (3.1E-07-3.2E-07) | 5.2E-08 (5.1E-08-5.4E-08) |
| 5 | Barbusi | 7.6E-06 (6.6E-06-8.1E-06) | 1.4E-06 (1.2E-06-1.5E-06) | 2.8E-07 (2.5E-07-3.0E-07) | 4.6E-08 (4.1E-08-4.9E-08) |
| 6 | Carbonia | 8.2E-06 (7.8E-06-8.6E-06) | 1.6E-06 (1.5E-06-1.7E-06) | 3.2E-07 (3.1E-07-3.4E-07) | 5.4E-08 (5.2E-08-5.7E-08) |

| | | | | | |
|----|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 7 | Cortoghiana | 2.1E-05 (1.9E-05-2.3E-05) | 4.0E-06 (3.6E-06-4.5E-06) | 8.1E-07 (7.3E-07-8.9E-07) | 1.4E-07 (1.2E-07-1.5E-07) |
| 8 | Sirai | 9.8E-06 (9.4E-06-1.0E-05) | 1.7E-06 (1.6E-06-1.8E-06) | 3.6E-07 (3.4E-07-3.7E-07) | 5.8E-08 (5.4E-08-6.0E-08) |
| 9 | Flumentepido | 1.3E-05 (1.1E-05-1.6E-05) | 2.3E-06 (2.0E-06-2.9E-06) | 4.9E-07 (4.2E-07-6.0E-07) | 7.7E-08 (6.6E-08-9.7E-08) |
| 10 | Medadeddu | 8.5E-06 (7.9E-06-8.8E-06) | 1.7E-06 (1.6E-06-1.8E-06) | 3.3E-07 (3.1E-07-3.4E-07) | 5.6E-08 (5.3E-08-5.9E-08) |
| 11 | Carbonia - Case sparse | 8.8E-06 (7.6E-06-1.1E-05) | 1.6E-06 (1.4E-06-2.0E-06) | 3.3E-07 (2.9E-07-4.1E-07) | 5.5E-08 (4.7E-08-6.8E-08) |
| 12 | Carloforte | 8.2E-05 (7.2E-05-9.4E-05) | 2.5E-05 (2.2E-05-2.9E-05) | 4.1E-06 (3.6E-06-4.7E-06) | 8.2E-07 (7.1E-07-9.5E-07) |
| 13 | Carloforte - Case sparse | 8.1E-05 (4.9E-05-1.2E-04) | 2.2E-05 (1.3E-05-3.5E-05) | 3.8E-06 (2.3E-06-5.8E-06) | 7.3E-07 (4.2E-07-1.2E-06) |
| 14 | Gonnesa | 5.6E-06 (5.3E-06-5.9E-06) | 1.0E-06 (9.5E-07-1.1E-06) | 2.1E-07 (2.0E-07-2.3E-07) | 3.4E-08 (3.2E-08-3.6E-08) |
| 15 | Nuraxi Figus | 2.3E-05 (2.0E-05-2.6E-05) | 4.7E-06 (4.1E-06-5.5E-06) | 9.4E-07 (8.1E-07-1.1E-06) | 1.6E-07 (1.3E-07-1.8E-07) |
| 16 | Gonnesa - Case sparse | 8.5E-06 (6.0E-06-1.2E-05) | 1.6E-06 (1.1E-06-2.3E-06) | 3.3E-07 (2.3E-07-4.7E-07) | 5.4E-08 (3.7E-08-7.6E-08) |
| 17 | Bindua | 2.5E-06 (2.3E-06-2.8E-06) | 4.3E-07 (4.0E-07-4.7E-07) | 9.4E-08 (8.6E-08-1.0E-07) | 1.4E-08 (1.3E-08-1.6E-08) |
| 18 | Iglesias - Case sparse | 2.2E-06 (1.2E-06-3.1E-06) | 3.3E-07 (2.0E-07-4.6E-07) | 7.5E-08 (4.3E-08-1.1E-07) | 1.1E-08 (6.8E-09-1.6E-08) |
| 19 | Paringianu | 2.0E-04 (1.1E-04-4.2E-04) | 4.5E-05 (2.4E-05-8.8E-05) | 8.3E-06 (4.5E-06-1.6E-05) | 1.5E-06 (8.1E-07-3.0E-06) |
| 20 | Portoscuso | 2.7E-04 (1.7E-04-4.0E-04) | 2.9E-05 (2.3E-05-3.8E-05) | 8.1E-06 (5.8E-06-1.1E-05) | 9.9E-07 (7.6E-07-1.3E-06) |
| 21 | Bruncuteula | 2.7E-04 (2.2E-04-3.2E-04) | 3.3E-05 (2.9E-05-3.6E-05) | 7.9E-06 (6.8E-06-9.0E-06) | 1.2E-06 (1.0E-06-1.3E-06) |
| 22 | Portoscuso - Case sparse Nord | 6.4E-05 (2.5E-05-1.8E-04) | 1.1E-05 (5.0E-06-2.4E-05) | 2.4E-06 (9.9E-07-6.1E-06) | 3.8E-07 (1.7E-07-7.9E-07) |
| 23 | Portoscuso - Case sparse Sud | 7.9E-05 (2.7E-05-3.7E-04) | 1.7E-05 (5.2E-06-8.9E-05) | 3.2E-06 (1.0E-06-1.6E-05) | 5.7E-07 (1.7E-07-3.0E-06) |
| 24 | Is Urigus | 1.8E-05 (1.6E-05-2.2E-05) | 3.2E-06 (3.0E-06-3.6E-06) | 6.6E-07 (6.0E-07-7.6E-07) | 1.1E-07 (1.0E-07-1.2E-07) |
| 25 | Matzaccara | 1.3E-04 (1.2E-04-1.4E-04) | 1.1E-05 (1.0E-05-1.3E-05) | 3.3E-06 (3.0E-06-3.7E-06) | 4.2E-07 (3.8E-07-4.7E-07) |
| 26 | San Giovanni Suergiu | 1.9E-05 (1.4E-05-3.0E-05) | 2.4E-06 (2.1E-06-3.0E-06) | 5.8E-07 (4.7E-07-8.1E-07) | 8.5E-08 (7.3E-08-1.1E-07) |
| 27 | Villaggio Palmas | 1.2E-05 (1.1E-05-1.4E-05) | 1.2E-06 (1.1E-06-1.3E-06) | 3.3E-07 (3.0E-07-3.7E-07) | 4.4E-08 (3.9E-08-4.8E-08) |
| 28 | San Giovanni Suergiu - Case sparse | 3.6E-05 (2.6E-05-5.0E-05) | 3.7E-06 (2.9E-06-5.0E-06) | 9.9E-07 (7.5E-07-1.3E-06) | 1.3E-07 (1.0E-07-1.8E-07) |
| 29 | Sant'Antioco - Case sparse | 3.3E-05 (9.9E-06-4.2E-05) | 6.9E-06 (1.5E-06-9.6E-06) | 1.3E-06 (3.3E-07-1.8E-06) | 2.3E-07 (5.3E-08-3.2E-07) |

Tabella 12. Valori del Rischio tossico per inalazione nelle aree di riferimento: TI, V, Ammoniacca, CO

| ID | Area di riferimento | TI | V | Ammoniacca | CO |
|----|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 1 | Calasetta | 3.7E-06 (3.3E-06-4.3E-06) | 2.0E-04 (1.8E-04-2.2E-04) | 8.8E-07 (8.0E-07-9.7E-07) | 3.5E-05 (3.1E-05-4.0E-05) |
| 2 | Cussorgia | 3.5E-06 (3.2E-06-3.7E-06) | 2.0E-04 (1.9E-04-2.2E-04) | 1.2E-06 (1.1E-06-1.3E-06) | 4.2E-05 (3.7E-05-4.9E-05) |
| 3 | Calasetta - Case sparse | 2.0E-06 (9.7E-07-2.7E-06) | 1.4E-04 (8.9E-05-2.0E-04) | 1.5E-06 (8.5E-07-4.3E-06) | 3.8E-05 (2.0E-05-1.1E-04) |
| 4 | Bacu Abis | 4.7E-07 (4.6E-07-4.8E-07) | 4.1E-05 (4.0E-05-4.3E-05) | 4.9E-06 (4.7E-06-5.0E-06) | 1.1E-04 (9.8E-05-1.2E-04) |
| 5 | Barbusi | 4.1E-07 (3.6E-07-4.4E-07) | 3.9E-05 (3.5E-05-4.0E-05) | 7.5E-06 (6.7E-06-8.5E-06) | 1.1E-04 (9.4E-05-1.1E-04) |
| 6 | Carbonia | 4.9E-07 (4.6E-07-5.1E-07) | 3.8E-05 (3.6E-05-4.1E-05) | 1.1E-05 (1.0E-05-1.1E-05) | 1.2E-04 (1.1E-04-1.3E-04) |
| 7 | Cortoghiana | 1.2E-06 (1.1E-06-1.3E-06) | 1.2E-04 (1.1E-04-1.3E-04) | 1.3E-05 (1.2E-05-1.3E-05) | 2.2E-04 (2.0E-04-2.4E-04) |
| 8 | Sirai | 5.2E-07 (4.9E-07-5.4E-07) | 4.5E-05 (4.3E-05-4.8E-05) | 1.2E-05 (1.1E-05-1.4E-05) | 1.2E-04 (1.0E-04-1.7E-04) |
| 9 | Flumentepido | 6.9E-07 (5.9E-07-8.7E-07) | 6.4E-05 (5.5E-05-8.0E-05) | 1.4E-05 (1.3E-05-1.6E-05) | 1.5E-04 (1.3E-04-1.8E-04) |
| 10 | Medadeddu | 5.0E-07 (4.7E-07-5.2E-07) | 4.3E-05 (4.0E-05-4.6E-05) | 9.9E-06 (9.4E-06-1.0E-05) | 1.5E-04 (1.3E-04-1.6E-04) |
| 11 | Carbonia - Case sparse | 4.9E-07 (4.2E-07-6.1E-07) | 4.5E-05 (3.9E-05-5.7E-05) | 8.2E-06 (7.3E-06-9.5E-06) | 1.0E-04 (9.0E-05-1.2E-04) |
| 12 | Carloforte | 7.4E-06 (6.4E-06-8.6E-06) | 3.6E-04 (3.2E-04-4.1E-04) | 1.1E-06 (9.4E-07-1.3E-06) | 4.2E-05 (3.1E-05-5.7E-05) |
| 13 | Carloforte - Case sparse | 6.6E-06 (3.8E-06-1.0E-05) | 3.7E-04 (2.2E-04-5.3E-04) | 1.8E-06 (9.8E-07-2.3E-06) | 8.1E-05 (3.8E-05-1.2E-04) |
| 14 | Gonnesa | 3.0E-07 (2.9E-07-3.3E-07) | 2.7E-05 (2.6E-05-2.9E-05) | 3.2E-06 (2.9E-06-3.4E-06) | 7.6E-05 (6.5E-05-8.5E-05) |
| 15 | Nuraxi Figus | 1.4E-06 (1.2E-06-1.6E-06) | 1.1E-04 (9.7E-05-1.3E-04) | 8.8E-06 (7.1E-06-1.1E-05) | 2.0E-04 (1.8E-04-2.3E-04) |
| 16 | Gonnesa - Case sparse | 4.8E-07 (3.3E-07-6.8E-07) | 4.1E-05 (2.9E-05-5.9E-05) | 4.1E-06 (3.0E-06-6.4E-06) | 9.5E-05 (6.8E-05-1.4E-04) |
| 17 | Bindua | 1.3E-07 (1.2E-07-1.4E-07) | 1.3E-05 (1.2E-05-1.4E-05) | 1.5E-06 (1.4E-06-1.6E-06) | 3.3E-05 (2.9E-05-3.8E-05) |
| 18 | Iglesias - Case sparse | 9.9E-08 (6.0E-08-1.4E-07) | 1.3E-05 (6.9E-06-1.9E-05) | 1.6E-06 (1.1E-06-2.1E-06) | 4.5E-05 (3.0E-05-6.2E-05) |
| 19 | Paringianu | 1.3E-05 (7.3E-06-2.6E-05) | 1.2E-03 (5.8E-04-2.7E-03) | 3.2E-05 (2.9E-05-3.5E-05) | 2.5E-04 (2.1E-04-2.9E-04) |
| 20 | Portoscuso | 8.9E-06 (6.9E-06-1.2E-05) | 1.2E-03 (7.9E-04-1.7E-03) | 7.7E-06 (5.8E-06-9.9E-06) | 2.9E-04 (2.2E-04-3.8E-04) |
| 21 | Bruncuteula | 9.5E-06 (8.6E-06-1.0E-05) | 2.2E-03 (1.7E-03-2.6E-03) | 2.2E-05 (2.2E-05-2.2E-05) | 2.3E-04 (2.1E-04-2.5E-04) |
| 22 | Portoscuso - Case sparse Nord | 3.4E-06 (1.5E-06-7.1E-06) | 3.1E-04 (1.1E-04-9.6E-04) | 1.5E-05 (4.7E-06-2.4E-05) | 3.8E-04 (1.4E-04-7.6E-04) |
| 23 | Portoscuso - Case sparse Sud | 5.1E-06 (1.6E-06-2.6E-05) | 4.0E-04 (1.3E-04-2.1E-03) | 3.5E-05 (2.4E-05-4.8E-05) | 2.8E-04 (1.8E-04-4.6E-04) |
| 24 | Is Urigus | 9.6E-07 (8.8E-07-1.1E-06) | 1.0E-04 (9.0E-05-1.3E-04) | 1.6E-05 (1.6E-05-1.7E-05) | 9.8E-05 (9.2E-05-1.2E-04) |
| 25 | Matzaccara | 3.3E-06 (3.0E-06-3.8E-06) | 1.1E-03 (1.0E-03-1.2E-03) | 1.6E-05 (1.5E-05-1.7E-05) | 1.5E-04 (1.4E-04-1.7E-04) |
| 26 | San Giovanni Suergiu | 7.2E-07 (6.3E-07-8.7E-07) | 1.4E-04 (8.7E-05-2.4E-04) | 1.2E-05 (1.1E-05-1.2E-05) | 8.1E-05 (7.7E-05-8.6E-05) |
| 27 | Villaggio Palmas | 3.5E-07 (3.2E-07-3.8E-07) | 1.0E-04 (8.5E-05-1.2E-04) | 6.0E-06 (5.4E-06-6.5E-06) | 5.1E-05 (4.6E-05-5.6E-05) |
| 28 | San Giovanni Suergiu - Case sparse | 1.1E-06 (8.5E-07-1.5E-06) | 2.9E-04 (1.9E-04-4.1E-04) | 1.2E-05 (1.1E-05-1.3E-05) | 9.1E-05 (8.1E-05-1.1E-04) |
| 29 | Sant'Antioco - Case sparse | 2.1E-06 (4.5E-07-2.9E-06) | 1.7E-04 (6.9E-05-2.9E-04) | 3.8E-06 (1.5E-06-8.0E-06) | 1.2E-04 (2.5E-05-1.6E-04) |

Tabella 13. Valori del Rischio tossico per inalazione nelle aree di riferimento: PM25, SO2, NO2 e cumulato HI

| ID | Area di riferimento | PM25 | SO2 | NO2 | HI |
|----|------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| 1 | Calasetta | 5.3E-03 (4.8E-03-5.8E-03) | 1.1E-04 (1.0E-04-1.2E-04) | 1.5E-03 (1.4E-03-1.6E-03) | 8.0E-03 (7.4E-03-8.8E-03) |
| 2 | Cussorgia | 6.6E-03 (6.2E-03-7.1E-03) | 1.3E-04 (1.2E-04-1.4E-04) | 1.7E-03 (1.6E-03-1.9E-03) | 9.6E-03 (9.1E-03-1.0E-02) |
| 3 | Calasetta - Case sparse | 4.5E-03 (2.7E-03-7.5E-03) | 1.4E-04 (7.8E-05-4.2E-04) | 1.8E-03 (1.0E-03-5.5E-03) | 7.2E-03 (4.2E-03-1.5E-02) |
| 4 | Bacu Abis | 3.4E-03 (3.3E-03-3.5E-03) | 2.7E-04 (2.7E-04-2.8E-04) | 3.4E-03 (3.3E-03-3.5E-03) | 7.4E-03 (7.2E-03-7.6E-03) |
| 5 | Barbusi | 4.2E-03 (3.7E-03-4.7E-03) | 4.1E-04 (3.6E-04-4.5E-04) | 5.1E-03 (4.5E-03-5.6E-03) | 1.0E-02 (8.8E-03-1.1E-02) |
| 6 | Carbonia | 5.4E-03 (5.2E-03-5.5E-03) | 5.7E-04 (5.5E-04-5.9E-04) | 7.1E-03 (6.9E-03-7.3E-03) | 1.3E-02 (1.3E-02-1.4E-02) |
| 7 | Cortoghiana | 8.1E-03 (7.6E-03-8.6E-03) | 6.9E-04 (6.6E-04-7.1E-04) | 8.5E-03 (8.2E-03-8.9E-03) | 1.8E-02 (1.7E-02-1.9E-02) |
| 8 | Sirai | 6.6E-03 (6.1E-03-6.9E-03) | 6.7E-04 (6.0E-04-7.2E-04) | 8.4E-03 (7.5E-03-9.0E-03) | 1.6E-02 (1.5E-02-1.7E-02) |
| 9 | Flumentepido | 7.9E-03 (7.1E-03-8.7E-03) | 7.7E-04 (6.9E-04-8.6E-04) | 9.7E-03 (8.7E-03-1.1E-02) | 1.9E-02 (1.7E-02-2.1E-02) |
| 10 | Medadeddu | 5.0E-03 (4.7E-03-5.2E-03) | 5.2E-04 (4.9E-04-5.5E-04) | 6.5E-03 (6.2E-03-6.8E-03) | 1.2E-02 (1.2E-02-1.3E-02) |
| 11 | Carbonia - Case sparse | 4.5E-03 (4.0E-03-5.2E-03) | 4.3E-04 (3.8E-04-5.0E-04) | 5.4E-03 (4.8E-03-6.2E-03) | 1.1E-02 (9.5E-03-1.2E-02) |
| 12 | Carloforte | 7.3E-03 (6.6E-03-8.3E-03) | 1.1E-04 (1.1E-04-1.3E-04) | 1.5E-03 (1.4E-03-1.6E-03) | 1.1E-02 (9.9E-03-1.2E-02) |
| 13 | Carloforte - Case sparse | 1.0E-02 (5.6E-03-1.5E-02) | 1.5E-04 (9.3E-05-2.0E-04) | 1.8E-03 (1.2E-03-2.5E-03) | 1.4E-02 (8.1E-03-2.0E-02) |
| 14 | Gonnesa | 2.4E-03 (2.3E-03-2.5E-03) | 1.8E-04 (1.7E-04-1.9E-04) | 2.2E-03 (2.1E-03-2.4E-03) | 5.0E-03 (4.7E-03-5.3E-03) |
| 15 | Nuraxi Figus | 7.7E-03 (6.6E-03-9.0E-03) | 5.3E-04 (4.4E-04-6.6E-04) | 6.6E-03 (5.5E-03-8.3E-03) | 1.6E-02 (1.3E-02-1.9E-02) |
| 16 | Gonnesa - Case sparse | 3.4E-03 (2.5E-03-4.8E-03) | 2.5E-04 (1.8E-04-3.7E-04) | 3.1E-03 (2.3E-03-4.7E-03) | 7.1E-03 (5.1E-03-1.0E-02) |
| 17 | Bindua | 1.1E-03 (1.0E-03-1.2E-03) | 8.6E-05 (7.8E-05-9.2E-05) | 1.1E-03 (9.9E-04-1.2E-03) | 2.4E-03 (2.2E-03-2.6E-03) |
| 18 | Iglesias - Case sparse | 1.0E-03 (6.4E-04-1.4E-03) | 9.0E-05 (6.1E-05-1.2E-04) | 1.1E-03 (7.6E-04-1.5E-03) | 2.4E-03 (1.5E-03-3.1E-03) |
| 19 | Paringianu | 3.6E-02 (2.7E-02-6.0E-02) | 1.9E-03 (1.7E-03-2.2E-03) | 2.2E-02 (2.1E-02-2.4E-02) | 6.6E-02 (5.3E-02-9.7E-02) |
| 20 | Portoscuso | 8.8E-02 (4.9E-02-1.4E-01) | 9.0E-04 (6.3E-04-1.2E-03) | 1.1E-02 (7.4E-03-1.4E-02) | 1.1E-01 (6.2E-02-1.7E-01) |
| 21 | Bruncuteula | 4.9E-02 (4.0E-02-5.7E-02) | 1.4E-03 (1.4E-03-1.4E-03) | 1.8E-02 (1.7E-02-1.9E-02) | 7.6E-02 (6.5E-02-8.6E-02) |
| 22 | Portoscuso - Case sparse Nord | 2.2E-02 (9.8E-03-6.2E-02) | 1.2E-03 (4.1E-04-3.0E-03) | 1.4E-02 (5.0E-03-4.0E-02) | 3.9E-02 (1.6E-02-1.1E-01) |
| 23 | Portoscuso - Case sparse Sud | 2.4E-02 (1.5E-02-5.3E-02) | 1.9E-03 (1.4E-03-2.7E-03) | 2.4E-02 (1.7E-02-3.3E-02) | 5.2E-02 (3.4E-02-9.9E-02) |
| 24 | Is Urigus | 8.6E-03 (8.2E-03-9.0E-03) | 8.5E-04 (8.0E-04-8.8E-04) | 1.1E-02 (1.0E-02-1.1E-02) | 2.1E-02 (2.0E-02-2.2E-02) |
| 25 | Matzaccara | 2.9E-02 (2.7E-02-3.1E-02) | 1.2E-03 (1.1E-03-1.3E-03) | 1.5E-02 (1.4E-02-1.7E-02) | 4.9E-02 (4.6E-02-5.4E-02) |
| 26 | San Giovanni Suergiu | 7.3E-03 (6.4E-03-9.1E-03) | 6.2E-04 (5.9E-04-6.4E-04) | 7.7E-03 (7.4E-03-8.0E-03) | 1.6E-02 (1.5E-02-1.9E-02) |
| 27 | Villaggio Palmas | 4.2E-03 (3.7E-03-4.6E-03) | 3.1E-04 (2.8E-04-3.4E-04) | 3.9E-03 (3.5E-03-4.2E-03) | 8.8E-03 (7.8E-03-9.6E-03) |
| 28 | San Giovanni Suergiu - Case sparse | 1.1E-02 (8.6E-03-1.3E-02) | 6.9E-04 (6.2E-04-7.5E-04) | 8.6E-03 (7.7E-03-9.5E-03) | 2.1E-02 (1.8E-02-2.5E-02) |
| 29 | Sant'Antioco - Case sparse | 7.9E-03 (2.2E-03-1.1E-02) | 3.9E-04 (1.3E-04-7.3E-04) | 5.2E-03 (1.6E-03-9.8E-03) | 1.4E-02 (4.3E-03-2.3E-02) |

Tabella 14. Valori del Rischio tossico per inalazione nei Comuni: As, Be, Cd, Cr

| Comune | As | Be | Cd | Cr |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Calasetta | 3.1E-04 (2.7E-04-3.6E-04) | 7.2E-06 (6.2E-06-8.4E-06) | 1.8E-04 (1.6E-04-2.2E-04) | 2.2E-04 (1.9E-04-2.5E-04) |
| Carbonia | 5.4E-05 (5.1E-05-5.8E-05) | 1.2E-06 (1.1E-06-1.3E-06) | 2.9E-05 (2.8E-05-3.1E-05) | 5.5E-05 (5.1E-05-5.9E-05) |
| Carloforte | 6.5E-04 (5.4E-04-7.7E-04) | 1.5E-05 (1.3E-05-1.8E-05) | 3.9E-04 (3.3E-04-4.7E-04) | 4.1E-04 (3.5E-04-4.8E-04) |
| Gonnesa | 4.3E-05 (3.8E-05-4.9E-05) | 9.5E-07 (8.5E-07-1.1E-06) | 2.4E-05 (2.1E-05-2.7E-05) | 4.9E-05 (4.4E-05-5.5E-05) |
| Iglesias | 1.3E-05 (1.1E-05-1.5E-05) | 2.6E-07 (2.2E-07-3.1E-07) | 6.4E-06 (5.4E-06-7.5E-06) | 1.6E-05 (1.3E-05-1.9E-05) |
| Portoscuso | 1.0E-03 (7.1E-04-1.5E-03) | 2.1E-05 (1.5E-05-3.1E-05) | 5.0E-04 (3.7E-04-7.2E-04) | 1.5E-03 (9.9E-04-2.4E-03) |
| San Giovanni Suergiu | 1.8E-04 (1.5E-04-2.4E-04) | 2.4E-06 (2.1E-06-3.0E-06) | 5.7E-05 (5.0E-05-6.8E-05) | 2.6E-04 (2.0E-04-3.5E-04) |
| Sant'Antioco | 2.1E-04 (6.0E-05-2.7E-04) | 4.4E-06 (9.8E-07-6.1E-06) | 1.1E-04 (2.4E-05-1.5E-04) | 2.0E-04 (6.9E-05-2.9E-04) |

Tabella 15. Valori del Rischio tossico per inalazione nei Comuni: CrVI, Cu, Hg, Mn

| Comune | CrVI | Cu | Hg | Mn |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Calasetta | 4.3E-07 (3.7E-07-4.7E-07) | 4.3E-08 (3.7E-08-5.0E-08) | 3.5E-07 (3.0E-07-4.1E-07) | 7.0E-05 (6.1E-05-7.9E-05) |
| Carbonia | 1.6E-07 (1.5E-07-1.7E-07) | 8.6E-09 (8.1E-09-9.2E-09) | 6.2E-08 (5.8E-08-6.6E-08) | 3.0E-05 (2.8E-05-3.2E-05) |
| Carloforte | 6.4E-07 (5.4E-07-7.9E-07) | 8.8E-08 (7.4E-08-1.0E-07) | 7.2E-07 (6.1E-07-8.6E-07) | 1.0E-04 (8.7E-05-1.2E-04) |
| Gonnesa | 1.6E-07 (1.5E-07-1.8E-07) | 7.2E-09 (6.5E-09-8.1E-09) | 5.1E-08 (4.6E-08-5.8E-08) | 2.7E-05 (2.5E-05-3.1E-05) |
| Iglesias | 5.1E-08 (4.1E-08-6.0E-08) | 2.1E-09 (1.7E-09-2.5E-09) | 1.5E-08 (1.2E-08-1.7E-08) | 9.1E-06 (7.3E-06-1.1E-05) |
| Portoscuso | 6.8E-06 (3.9E-06-1.1E-05) | 2.2E-07 (1.4E-07-3.3E-07) | 1.3E-06 (9.0E-07-1.9E-06) | 1.3E-03 (7.2E-04-2.1E-03) |
| San Giovanni Suergiu | 3.7E-07 (3.1E-07-4.6E-07) | 1.9E-08 (1.6E-08-2.4E-08) | 1.4E-07 (1.2E-07-1.8E-07) | 9.7E-05 (7.9E-05-1.3E-04) |
| Sant'Antioco | 4.9E-07 (9.7E-08-6.6E-07) | 3.0E-08 (6.7E-09-4.0E-08) | 2.3E-07 (5.3E-08-3.1E-07) | 8.9E-05 (2.4E-05-1.1E-04) |

Tabella 16. Valori del Rischio tossico per inalazione nei Comuni: Ni, Pb, Sb, Se

| Comune | Ni | Pb | Sb | Se |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Calasetta | 4.1E-05 (3.6E-05-4.8E-05) | 1.2E-05 (1.0E-05-1.4E-05) | 2.0E-06 (1.7E-06-2.3E-06) | 3.8E-07 (3.3E-07-4.5E-07) |
| Carbonia | 9.4E-06 (8.8E-06-1.0E-05) | 1.8E-06 (1.7E-06-2.0E-06) | 3.6E-07 (3.4E-07-3.9E-07) | 6.1E-08 (5.7E-08-6.5E-08) |
| Carloforte | 8.2E-05 (6.9E-05-9.7E-05) | 2.5E-05 (2.1E-05-2.9E-05) | 4.1E-06 (3.4E-06-4.8E-06) | 8.1E-07 (6.8E-07-9.7E-07) |
| Gonnesa | 7.7E-06 (6.9E-06-8.6E-06) | 1.5E-06 (1.3E-06-1.7E-06) | 3.0E-07 (2.7E-07-3.4E-07) | 4.9E-08 (4.3E-08-5.5E-08) |
| Iglesias | 2.4E-06 (2.0E-06-2.9E-06) | 4.0E-07 (3.3E-07-4.7E-07) | 8.8E-08 (7.2E-08-1.0E-07) | 1.3E-08 (1.1E-08-1.6E-08) |
| Portoscuso | 2.6E-04 (1.6E-04-4.0E-04) | 3.1E-05 (2.2E-05-4.4E-05) | 8.0E-06 (5.5E-06-1.2E-05) | 1.0E-06 (7.5E-07-1.5E-06) |
| San Giovanni Suergiu | 3.4E-05 (2.7E-05-4.4E-05) | 3.7E-06 (3.2E-06-4.5E-06) | 9.6E-07 (8.1E-07-1.2E-06) | 1.3E-07 (1.1E-07-1.6E-07) |
| Sant'Antioco | 3.3E-05 (9.9E-06-4.2E-05) | 6.9E-06 (1.5E-06-9.6E-06) | 1.3E-06 (3.3E-07-1.8E-06) | 2.3E-07 (5.3E-08-3.2E-07) |

Tabella 17. Valori del Rischio tossico per inalazione nei Comuni: TI, V, Ammoniaca, CO

| Comune | TI | V | Ammoniaca | CO |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Calasetta | 3.5E-06 (3.0E-06-4.1E-06) | 1.9E-04 (1.7E-04-2.2E-04) | 9.7E-07 (8.1E-07-1.5E-06) | 3.6E-05 (3.0E-05-4.9E-05) |
| Carbonia | 5.5E-07 (5.1E-07-5.9E-07) | 4.6E-05 (4.2E-05-4.9E-05) | 1.0E-05 (1.0E-05-1.1E-05) | 1.3E-04 (1.2E-04-1.4E-04) |
| Carloforte | 7.3E-06 (6.1E-06-8.8E-06) | 3.7E-04 (3.1E-04-4.3E-04) | 1.1E-06 (9.4E-07-1.4E-06) | 4.6E-05 (3.2E-05-6.4E-05) |
| Gonnesa | 4.4E-07 (3.9E-07-5.0E-07) | 3.7E-05 (3.4E-05-4.2E-05) | 3.9E-06 (3.4E-06-4.5E-06) | 9.1E-05 (7.7E-05-1.1E-04) |
| Iglesias | 1.2E-07 (9.9E-08-1.4E-07) | 1.3E-05 (1.0E-05-1.6E-05) | 1.5E-06 (1.3E-06-1.7E-06) | 3.7E-05 (2.9E-05-4.6E-05) |
| Portoscuso | 9.2E-06 (6.8E-06-1.3E-05) | 1.2E-03 (7.5E-04-1.8E-03) | 1.1E-05 (8.8E-06-1.4E-05) | 2.9E-04 (2.2E-04-3.8E-04) |
| San Giovanni Suergiu | 1.1E-06 (9.5E-07-1.3E-06) | 2.6E-04 (2.0E-04-3.6E-04) | 1.2E-05 (1.2E-05-1.3E-05) | 9.1E-05 (8.5E-05-1.0E-04) |
| Sant'Antioco | 2.1E-06 (4.5E-07-2.9E-06) | 1.7E-04 (6.9E-05-2.9E-04) | 3.8E-06 (1.5E-06-8.0E-06) | 1.2E-04 (2.5E-05-1.6E-04) |

Tabella 18. Valori del Rischio tossico per inalazione nei Comuni: PM25, SO2, NO2 e cumulato HI

| Comune | PM25 | SO2 | NO2 | HI |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Calasetta | 5.2E-03 (4.6E-03-6.0E-03) | 1.2E-04 (1.0E-04-1.6E-04) | 1.6E-03 (1.4E-03-2.2E-03) | 8.0E-03 (6.9E-03-9.6E-03) |
| Carbonia | 5.4E-03 (5.2E-03-5.7E-03) | 5.5E-04 (5.3E-04-5.7E-04) | 6.9E-03 (6.7E-03-7.2E-03) | 1.3E-02 (1.3E-02-1.4E-02) |
| Carloforte | 7.6E-03 (6.5E-03-9.0E-03) | 1.2E-04 (1.0E-04-1.4E-04) | 1.5E-03 (1.4E-03-1.7E-03) | 1.1E-02 (9.7E-03-1.3E-02) |
| Gonnesa | 3.0E-03 (2.7E-03-3.4E-03) | 2.2E-04 (2.0E-04-2.6E-04) | 2.8E-03 (2.5E-03-3.2E-03) | 6.3E-03 (5.7E-03-7.2E-03) |
| Iglesias | 1.1E-03 (9.0E-04-1.3E-03) | 8.7E-05 (7.3E-05-1.0E-04) | 1.1E-03 (9.1E-04-1.3E-03) | 2.4E-03 (2.0E-03-2.8E-03) |
| Portoscuso | 8.0E-02 (4.6E-02-1.3E-01) | 1.0E-03 (7.6E-04-1.4E-03) | 1.2E-02 (9.1E-03-1.6E-02) | 1.0E-01 (6.0E-02-1.6E-01) |
| San Giovanni Suergiu | 1.0E-02 (9.0E-03-1.2E-02) | 6.9E-04 (6.5E-04-7.4E-04) | 8.7E-03 (8.2E-03-9.3E-03) | 2.1E-02 (1.9E-02-2.3E-02) |
| Sant'Antioco | 7.9E-03 (2.2E-03-1.1E-02) | 3.9E-04 (1.3E-04-7.3E-04) | 5.2E-03 (1.6E-03-9.8E-03) | 1.4E-02 (4.3E-03-2.3E-02) |

Dalle tabelle emerge che i valori calcolati dell'indice di pericolo sono sempre ampiamente inferiori all'unità, anche nel caso di indice cumulato:

- il massimo valore dell'indice di pericolo HQ (valore medio) si ha per il PM2.5 ed è pari a 1.93E-01 (9.58E-02-3.17E-01);
- il rischio cumulato HI nella sezione censuaria più esposta dell'area vasta è pari a 2.18E-01 (1.12E-01-3.51E-01);
- il rischio cumulato HI nell'area di riferimento più esposta (20- Portoscuso) è pari 1.1E-01 (6.2E-02-1.7E-01);
- il rischio cumulato HI nel Comune più esposto, Portoscuso è pari a 1.0E-01 (6.0E-02-1.6E-01).

11.2.3 Approccio tossicologico - Rischio cancerogeno – Approccio EPA

Il calcolo del rischio cancerogeno mediante l'approccio EPA è stato effettuato utilizzando la metodologia riportata in Appendice A1 e in riferimento ai seguenti inquinanti: Arsenico, Berillio,

Cadmio, Nichel, Cromo VI e Piombo. Cautelativamente i suddetti inquinanti sono stati considerati come sostanze cancerogene che agiscono attraverso un'azione genotossica.

Il calcolo è stato effettuato in riferimento a:

- singole sezioni di censimento, utilizzando:
 - o il valore medio della concentrazione nella sezione (moltiplicato per 1.5 per tener conto dell'incertezza), mentre gli intervalli di variabilità del rischio sono stati calcolati utilizzando i valori minimo e massimo (moltiplicati per 1.5 per tener conto dell'incertezza);
 - o esposizione per 24 ore al giorno e per 365 giorni all'anno;
- aree sensibili utilizzando:
 - o il valore medio della concentrazione nell'area sensibile (moltiplicato per 1.5 per tener conto dell'incertezza), mentre gli intervalli di variabilità del rischio sono stati calcolati utilizzando i valori minimo e massimo della concentrazione (moltiplicati per 1.5 per tener conto dell'incertezza);
 - o esposizione riportata al paragrafo 10.2;
- aree agricole utilizzando:
 - o il valore medio della concentrazione nell'area agricola (moltiplicato per 1.5 per tener conto dell'incertezza), mentre gli intervalli di variabilità del rischio sono stati calcolati utilizzando i valori minimo e massimo della concentrazione (moltiplicati per 1.5 per tener conto dell'incertezza);
 - o esposizione per 24 ore al giorno e per 365 giorni all'anno.

I valori del rischio calcolati per le singole sezioni di censimento, per le aree sensibili e per le aree agricole sono riportati nel in formato shape file (Annesso A – Shape files - SezioniCensuarie_INA.shp, AreeSensibili_INAL e Areeagricole_INAL.shp) e in formato xls (Annesso A – xls files).

Nelle seguenti Tabelle si riportano:

- i valori massimi di rischio cancerogeno per singolo inquinante, ovvero il valore più elevato del rischio calcolato sulla base delle concentrazioni medie nelle sezioni di censimento, unitamente ai massimi valori di estremo, inferiore e superiore, dell'intervallo di variazione (valori più elevati del rischio calcolati sulla base delle concentrazioni minime e massime nelle sezioni di censimento);
- i valori del rischio nelle sezioni di censimento caratterizzate dal massimo rischio cumulato:
 - o *Sezione di censimento 1070160000009*: in cui si registra il massimo valore del rischio cumulato (somma dei rischi calcolati sulla base della concentrazione media nella sezione) e il massimo valore di estremo superiore dell'intervallo di variazione del rischio cumulato (somma dei rischi calcolati sulla base della concentrazione massima nella sezione);

- *Sezione di censimento 1070160000011*: in cui si registra il massimo valore di estremo inferiore dell'intervallo di variazione del rischio cumulato (somma dei rischi calcolati sulla base della concentrazione minima nella sezione).
- *Aree di riferimento* determinati come media ponderata, sulla base del numero di abitanti, dei valori del rischio delle sezioni di censimento ricomprese nella singola area di riferimento (indicate nel file sezioni_localit_comune.shp).
- *Comuni* determinati come media ponderata, sulla base del numero di abitanti, dei valori del rischio delle sezioni di censimento ricomprese nel comune (indicate nel file sezioni_localit_comune.shp).

Gli atti di indirizzo regionali, in riferimento al rischio cumulativo, indicano i seguenti valori di accettabilità o non:

- $\leq 1 \times 10^{-6}$: rischio trascurabile;
- $1 \times 10^{-6} \div 1 \times 10^{-4}$: rischio accettabile con misure di mitigazione;
- $> 1 \times 10^{-4}$: rischio non accettabile.

Tabella 19. Rischio cancerogeno massimo per singolo inquinante nell'area d'influenza

| Sostanza chimica | R | Intervallo di variazione | |
|------------------|----------|--------------------------|-------------------|
| | | Estremo inferiore | Estremo superiore |
| Arsenico | 1.08E-07 | 1.01E-07 | 1.73E-07 |
| Berillio | 1.90E-09 | 1.71E-09 | 2.55E-09 |
| Cadmio | 1.83E-08 | 1.65E-08 | 2.42E-08 |
| Nichel | 1.17E-08 | 6.45E-09 | 1.83E-08 |
| Piombo | 9.42E-09 | 8.48E-09 | 1.26E-08 |
| Cromo VI | 1.39E-07 | 6.96E-08 | 2.25E-07 |

Tabella 20. Rischio cancerogeno, per singola sostanza e cumulato, nelle sezioni di censimento più esposte

| Sostanza chimica | Sezione di censimento 1070160000009 | Sezione di censimento 1070160000011 |
|------------------|--|--|
| Arsenico | 8.84E-08 (6.03E-08 - 1.13E-07) | 1.04E-07 (1.01E-07 - 1.10E-07) |
| Berillio | 1.36E-09 (9.47E-10 - 1.71E-09) | 1.74E-09 (1.67E-09 - 1.84E-09) |
| Cadmio | 1.10E-08 (8.11E-09 - 1.28E-08) | 1.63E-08 (1.56E-08 - 1.73E-08) |
| Nichel | 1.17E-08 (6.37E-09 - 1.83E-08) | 6.40E-09 (6.29E-09 - 6.52E-09) |
| Piombo | 5.26E-09 (3.99E-09 - 6.03E-09) | 8.30E-09 (7.96E-09 - 8.80E-09) |
| Cromo VI | 1.39E-07 (6.96E-08 - 2.25E-07) | 4.31E-08 (4.09E-08 - 4.45E-08) |
| Rischio cumulato | 2.56E-07 (1.49E-07 - 3.77E-07) | 1.80E-07 (1.73E-07 - 1.88E-07) |

Tabella 21. Valori del Rischio cancerogeno per inalazione nelle aree di riferimento: As, Be, Cd

| ID | Area di riferimento | As | Be | Cd |
|----|-------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | Calasetta | 2.01E-08 (1.80E-08-2.31E-08) | 3.51E-10 (3.13E-10-4.04E-10) | 3.37E-09 (3.00E-09-3.88E-09) |
| 2 | Cussorgia | 1.91E-08 (1.79E-08-2.03E-08) | 3.30E-10 (3.08E-10-3.51E-10) | 3.15E-09 (2.94E-09-3.36E-09) |
| 3 | Calasetta - Case sparse | 1.14E-08 (6.64E-09-1.52E-08) | 1.86E-10 (9.39E-11-2.58E-10) | 1.77E-09 (8.77E-10-2.45E-09) |
| 4 | Bacu Abis | 2.86E-09 (2.79E-09-2.94E-09) | 4.56E-11 (4.45E-11-4.69E-11) | 4.24E-10 (4.14E-10-4.37E-10) |
| 5 | Barbusi | 2.57E-09 (2.29E-09-2.70E-09) | 4.03E-11 (3.54E-11-4.30E-11) | 3.73E-10 (3.28E-10-3.98E-10) |
| 6 | Carbonia | 2.86E-09 (2.70E-09-3.01E-09) | 4.74E-11 (4.51E-11-4.97E-11) | 4.43E-10 (4.21E-10-4.65E-10) |
| 7 | Cortoghiana | 7.72E-09 (6.98E-09-8.48E-09) | 1.17E-10 (1.06E-10-1.29E-10) | 1.09E-09 (9.86E-10-1.21E-09) |
| 8 | Sirai | 3.10E-09 (2.97E-09-3.22E-09) | 5.09E-11 (4.82E-11-5.28E-11) | 4.70E-10 (4.44E-10-4.88E-10) |
| 9 | Flumentepido | 4.26E-09 (3.62E-09-5.37E-09) | 6.82E-11 (5.82E-11-8.54E-11) | 6.29E-10 (5.36E-10-7.91E-10) |
| 10 | Medadeddu | 3.05E-09 (2.85E-09-3.16E-09) | 4.87E-11 (4.58E-11-5.09E-11) | 4.55E-10 (4.27E-10-4.75E-10) |
| 11 | Carbonia - Case sparse | 3.05E-09 (2.64E-09-3.79E-09) | 4.77E-11 (4.14E-11-5.92E-11) | 4.43E-10 (3.84E-10-5.52E-10) |

| | | | | |
|----|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 12 | Carloforte | 3.98E-08 (3.46E-08-4.58E-08) | 6.98E-10 (6.06E-10-8.06E-10) | 6.73E-09 (5.84E-09-7.78E-09) |
| 13 | Carloforte - Case sparse | 3.61E-08 (2.09E-08-5.58E-08) | 6.26E-10 (3.59E-10-9.78E-10) | 6.00E-09 (3.42E-09-9.41E-09) |
| 14 | Gonnesa | 1.83E-09 (1.73E-09-1.97E-09) | 3.00E-11 (2.82E-11-3.23E-11) | 2.78E-10 (2.61E-10-2.99E-10) |
| 15 | Nuraxi Figus | 8.34E-09 (7.14E-09-9.56E-09) | 1.38E-10 (1.19E-10-1.59E-10) | 1.30E-09 (1.11E-09-1.49E-09) |
| 16 | Gonnesa - Case sparse | 2.89E-09 (1.99E-09-4.07E-09) | 4.75E-11 (3.28E-11-6.68E-11) | 4.42E-10 (3.04E-10-6.24E-10) |
| 17 | Bindua | 8.15E-10 (7.49E-10-8.78E-10) | 1.29E-11 (1.18E-11-1.40E-11) | 1.19E-10 (1.09E-10-1.28E-10) |
| 18 | Iglesias - Case sparse | 7.19E-10 (4.13E-10-1.01E-09) | 9.89E-12 (5.93E-12-1.38E-11) | 8.99E-11 (5.43E-11-1.25E-10) |
| 19 | Paringianu | 8.39E-08 (4.40E-08-1.73E-07) | 1.27E-09 (6.97E-10-2.50E-09) | 1.20E-08 (6.57E-09-2.36E-08) |
| 20 | Portoscuso | 5.89E-08 (4.43E-08-7.71E-08) | 9.47E-10 (7.14E-10-1.24E-09) | 8.22E-09 (6.33E-09-1.07E-08) |
| 21 | Bruncuteula | 9.43E-08 (7.80E-08-1.10E-07) | 9.56E-10 (8.56E-10-1.05E-09) | 8.48E-09 (7.71E-09-9.25E-09) |
| 22 | Portoscuso - Case sparse Nord | 2.06E-08 (8.65E-09-4.80E-08) | 3.37E-10 (1.47E-10-7.37E-10) | 3.12E-09 (1.37E-09-6.57E-09) |
| 23 | Portoscuso - Case sparse Sud | 3.07E-08 (9.24E-09-1.61E-07) | 4.93E-10 (1.52E-10-2.50E-09) | 4.65E-09 (1.41E-09-2.38E-08) |
| 24 | Is Urigus | 6.41E-09 (5.81E-09-7.65E-09) | 9.41E-11 (8.61E-11-1.05E-10) | 8.71E-10 (7.97E-10-9.62E-10) |
| 25 | Matzaccara | 4.14E-08 (3.77E-08-4.60E-08) | 3.44E-10 (3.10E-10-3.90E-10) | 2.90E-09 (2.61E-09-3.32E-09) |
| 26 | San Giovanni Suergiu | 6.32E-09 (4.81E-09-9.62E-09) | 7.19E-11 (6.21E-11-8.94E-11) | 6.44E-10 (5.66E-10-7.71E-10) |
| 27 | Villaggio Palmas | 3.98E-09 (3.48E-09-4.56E-09) | 3.64E-11 (3.27E-11-3.99E-11) | 3.12E-10 (2.82E-10-3.41E-10) |
| 28 | San Giovanni Suergiu - Case sparse | 1.17E-08 (8.55E-09-1.61E-08) | 1.11E-10 (8.70E-11-1.49E-10) | 9.56E-10 (7.60E-10-1.29E-09) |
| 29 | Sant'Antioco - Case sparse | 1.26E-08 (3.65E-09-1.67E-08) | 2.00E-10 (4.42E-11-2.76E-10) | 1.88E-09 (4.04E-10-2.62E-09) |

Tabella 22. Valori del Rischio cancerogeno per inalazione nelle aree di riferimento: CrVI, Ni, Pb

| ID | Area di riferimento | CrVI | Ni | Pb |
|----|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | Calasetta | 3.49E-09 (3.12E-09-3.71E-09) | 9.67E-10 (8.66E-10-1.10E-09) | 1.73E-09 (1.54E-09-2.00E-09) |
| 2 | Cussorgia | 4.66E-09 (4.35E-09-4.98E-09) | 9.73E-10 (9.14E-10-1.04E-09) | 1.61E-09 (1.51E-09-1.72E-09) |
| 3 | Calasetta - Case sparse | 2.76E-09 (1.55E-09-3.73E-09) | 5.96E-10 (3.73E-10-8.09E-10) | 9.10E-10 (4.54E-10-1.26E-09) |
| 4 | Bacu Abis | 1.19E-09 (1.16E-09-1.23E-09) | 1.80E-10 (1.76E-10-1.85E-10) | 2.17E-10 (2.12E-10-2.23E-10) |
| 5 | Barbusi | 1.08E-09 (8.97E-10-1.22E-09) | 1.67E-10 (1.46E-10-1.79E-10) | 1.91E-10 (1.68E-10-2.03E-10) |
| 6 | Carbonia | 1.15E-09 (1.10E-09-1.19E-09) | 1.82E-10 (1.72E-10-1.90E-10) | 2.26E-10 (2.15E-10-2.37E-10) |
| 7 | Cortoghiana | 2.54E-09 (2.25E-09-2.82E-09) | 4.65E-10 (4.20E-10-5.09E-10) | 5.63E-10 (5.07E-10-6.20E-10) |
| 8 | Sirai | 1.56E-09 (1.49E-09-1.64E-09) | 2.16E-10 (2.08E-10-2.25E-10) | 2.39E-10 (2.25E-10-2.48E-10) |
| 9 | Flumentepido | 2.04E-09 (1.82E-09-2.33E-09) | 2.90E-10 (2.51E-10-3.53E-10) | 3.20E-10 (2.73E-10-4.03E-10) |
| 10 | Medadeddu | 1.08E-09 (1.02E-09-1.13E-09) | 1.88E-10 (1.75E-10-1.95E-10) | 2.33E-10 (2.19E-10-2.44E-10) |
| 11 | Carbonia - Case sparse | 1.19E-09 (1.05E-09-1.40E-09) | 1.93E-10 (1.69E-10-2.37E-10) | 2.27E-10 (1.96E-10-2.83E-10) |
| 12 | Carloforte | 4.84E-09 (4.30E-09-5.70E-09) | 1.81E-09 (1.58E-09-2.07E-09) | 3.47E-09 (3.00E-09-4.01E-09) |
| 13 | Carloforte - Case sparse | 7.13E-09 (3.71E-09-1.06E-08) | 1.78E-09 (1.09E-09-2.64E-09) | 3.08E-09 (1.75E-09-4.84E-09) |
| 14 | Gonnesa | 9.71E-10 (9.23E-10-1.04E-09) | 1.23E-10 (1.16E-10-1.31E-10) | 1.41E-10 (1.33E-10-1.52E-10) |
| 15 | Nuraxi Figus | 3.58E-09 (3.15E-09-4.17E-09) | 5.03E-10 (4.36E-10-5.75E-10) | 6.60E-10 (5.67E-10-7.61E-10) |
| 16 | Gonnesa - Case sparse | 1.43E-09 (9.77E-10-2.06E-09) | 1.87E-10 (1.32E-10-2.61E-10) | 2.24E-10 (1.54E-10-3.17E-10) |
| 17 | Bindua | 4.52E-10 (4.02E-10-4.98E-10) | 5.62E-11 (5.14E-11-6.08E-11) | 6.03E-11 (5.52E-11-6.50E-11) |
| 18 | Iglesias - Case sparse | 3.00E-10 (1.62E-10-4.35E-10) | 4.91E-11 (2.76E-11-6.92E-11) | 4.63E-11 (2.79E-11-6.46E-11) |
| 19 | Paringianu | 1.46E-08 (1.02E-08-2.39E-08) | 4.49E-09 (2.43E-09-9.18E-09) | 6.23E-09 (3.39E-09-1.23E-08) |
| 20 | Portoscuso | 6.12E-08 (3.50E-08-9.82E-08) | 5.94E-09 (3.80E-09-8.88E-09) | 4.07E-09 (3.16E-09-5.28E-09) |
| 21 | Bruncuteula | 1.86E-08 (1.53E-08-2.17E-08) | 5.98E-09 (4.83E-09-7.07E-09) | 4.54E-09 (4.09E-09-4.98E-09) |
| 22 | Portoscuso - Case sparse Nord | 1.17E-08 (3.62E-09-4.53E-08) | 1.42E-09 (5.49E-10-4.01E-09) | 1.58E-09 (6.99E-10-3.27E-09) |
| 23 | Portoscuso - Case sparse Sud | 8.34E-09 (3.91E-09-2.24E-08) | 1.74E-09 (5.92E-10-8.24E-09) | 2.39E-09 (7.21E-10-1.23E-08) |
| 24 | Is Urigus | 1.98E-09 (1.84E-09-2.23E-09) | 3.96E-10 (3.60E-10-4.78E-10) | 4.49E-10 (4.11E-10-4.99E-10) |
| 25 | Matzaccara | 1.00E-08 (9.26E-09-1.10E-08) | 2.84E-09 (2.60E-09-3.13E-09) | 1.58E-09 (1.43E-09-1.81E-09) |
| 26 | San Giovanni Suergiu | 1.79E-09 (1.44E-09-2.55E-09) | 4.16E-10 (3.06E-10-6.57E-10) | 3.39E-10 (2.95E-10-4.14E-10) |
| 27 | Villaggio Palmas | 1.08E-09 (9.49E-10-1.21E-09) | 2.74E-10 (2.37E-10-3.16E-10) | 1.68E-10 (1.51E-10-1.83E-10) |
| 28 | San Giovanni Suergiu - Case sparse | 3.11E-09 (2.36E-09-4.12E-09) | 7.96E-10 (5.70E-10-1.10E-09) | 5.13E-10 (4.05E-10-6.92E-10) |
| 29 | Sant'Antioco - Case sparse | 3.90E-09 (7.71E-10-5.25E-09) | 7.23E-10 (2.17E-10-9.34E-10) | 9.64E-10 (2.12E-10-1.34E-09) |

Tabella 23. Valori del Rischio cumulato cancerogeno per inalazione nelle Aree di riferimento e numero di casi annui attesi

| ID | Area di riferimento | Popolazione esposta | Rischio cumulato | Numero di casi annui attesi |
|----|---------------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | Calasetta | 2331 | 3.01E-08 (2.68E-08-3.42E-08) | 7.01E-05 (6.25E-05-7.96E-05) |
| 2 | Cussorgia | 65 | 2.98E-08 (2.80E-08-3.18E-08) | 1.94E-06 (1.82E-06-2.07E-06) |

| | | | | |
|------------------|------------------------------------|-------|------------------------------|------------------------------|
| 3 | Calasetta - Case sparse | 398 | 1.76E-08 (9.98E-09-2.37E-08) | 7.00E-06 (3.97E-06-9.45E-06) |
| 4 | Bacu Abis | 1673 | 4.91E-09 (4.79E-09-5.06E-09) | 8.21E-06 (8.01E-06-8.47E-06) |
| 5 | Barbusi | 546 | 4.42E-09 (3.87E-09-4.74E-09) | 2.41E-06 (2.11E-06-2.59E-06) |
| 6 | Carbonia | 21664 | 4.90E-09 (4.65E-09-5.15E-09) | 1.06E-04 (1.01E-04-1.11E-04) |
| 7 | Cortoghiana | 2478 | 1.25E-08 (1.13E-08-1.38E-08) | 3.10E-05 (2.79E-05-3.41E-05) |
| 8 | Sirai | 289 | 5.64E-09 (5.39E-09-5.88E-09) | 1.63E-06 (1.56E-06-1.70E-06) |
| 9 | Flumentepido | 192 | 7.61E-09 (6.56E-09-9.34E-09) | 1.46E-06 (1.26E-06-1.79E-06) |
| 10 | Medadeddu | 394 | 5.06E-09 (4.74E-09-5.25E-09) | 1.99E-06 (1.87E-06-2.07E-06) |
| 11 | Carbonia - Case sparse | 1400 | 5.15E-09 (4.48E-09-6.33E-09) | 7.21E-06 (6.27E-06-8.86E-06) |
| 12 | Carloforte | 5560 | 5.73E-08 (4.99E-08-6.62E-08) | 3.19E-04 (2.77E-04-3.68E-04) |
| 13 | Carloforte - Case sparse | 693 | 5.47E-08 (3.12E-08-8.42E-08) | 3.79E-05 (2.16E-05-5.84E-05) |
| 14 | Gonnesa | 4154 | 3.38E-09 (3.19E-09-3.62E-09) | 1.40E-05 (1.33E-05-1.51E-05) |
| 15 | Nuraxi Figus | 555 | 1.45E-08 (1.25E-08-1.67E-08) | 8.06E-06 (6.95E-06-9.28E-06) |
| 16 | Gonnesa - Case sparse | 426 | 5.22E-09 (3.59E-09-7.40E-09) | 2.23E-06 (1.53E-06-3.15E-06) |
| 17 | Bindua | 418 | 1.52E-09 (1.38E-09-1.64E-09) | 6.34E-07 (5.76E-07-6.87E-07) |
| 18 | Iglesias - Case sparse | 205 | 1.21E-09 (6.91E-10-1.72E-09) | 2.49E-07 (1.42E-07-3.53E-07) |
| 19 | Paringianu | 582 | 1.22E-07 (6.73E-08-2.44E-07) | 7.13E-05 (3.91E-05-1.42E-04) |
| 20 | Portoscuso | 4447 | 1.39E-07 (9.33E-08-2.01E-07) | 6.20E-04 (4.15E-04-8.96E-04) |
| 21 | Brunçuteula | 76 | 1.33E-07 (1.11E-07-1.54E-07) | 1.01E-05 (8.42E-06-1.17E-05) |
| 22 | Portoscuso - Case sparse Nord | 99 | 3.87E-08 (1.50E-08-1.08E-07) | 3.83E-06 (1.49E-06-1.07E-05) |
| 23 | Portoscuso - Case sparse Sud | 71 | 4.83E-08 (1.60E-08-2.31E-07) | 3.43E-06 (1.14E-06-1.64E-05) |
| 24 | Is Urigus | 575 | 1.02E-08 (9.30E-09-1.19E-08) | 5.87E-06 (5.35E-06-6.86E-06) |
| 25 | Matzaccara | 547 | 5.91E-08 (5.39E-08-6.56E-08) | 3.23E-05 (2.95E-05-3.59E-05) |
| 26 | San Giovanni Suergiu | 3198 | 9.58E-09 (7.48E-09-1.41E-08) | 3.06E-05 (2.39E-05-4.51E-05) |
| 27 | Villaggio Palmas | 349 | 5.85E-09 (5.13E-09-6.65E-09) | 2.04E-06 (1.79E-06-2.32E-06) |
| 28 | San Giovanni Suergiu - Case sparse | 1268 | 1.72E-08 (1.27E-08-2.35E-08) | 2.18E-05 (1.61E-05-2.98E-05) |
| 29 | Sant'Antioco - Case sparse | 166 | 2.03E-08 (5.29E-09-2.71E-08) | 3.36E-06 (8.79E-07-4.50E-06) |
| Area d'influenza | | 54819 | | 0.0014 (0.0011 - 0.0019) |

Tabella 24. Valori del Rischio cancerogeno per inalazione nei Comuni

| Comune | As | Be | Cd |
|----------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Calasetta | 1.89E-08 (1.64E-08-2.19E-08) | 3.27E-10 (2.82E-10-3.82E-10) | 3.14E-09 (2.70E-09-3.66E-09) |
| Carbonia | 3.30E-09 (3.07E-09-3.53E-09) | 5.34E-11 (5.01E-11-5.71E-11) | 4.98E-10 (4.67E-10-5.33E-10) |
| Carloforte | 3.94E-08 (3.30E-08-4.69E-08) | 6.90E-10 (5.78E-10-8.25E-10) | 6.65E-09 (5.57E-09-7.96E-09) |
| Gonnesa | 2.63E-09 (2.34E-09-2.96E-09) | 4.32E-11 (3.84E-11-4.88E-11) | 4.02E-10 (3.57E-10-4.55E-10) |
| Iglesias | 7.84E-10 (6.39E-10-9.22E-10) | 1.19E-11 (9.88E-12-1.39E-11) | 1.09E-10 (9.08E-11-1.27E-10) |
| Portoscuso | 6.08E-08 (4.33E-08-8.87E-08) | 9.66E-10 (6.95E-10-1.39E-09) | 8.50E-09 (6.21E-09-1.22E-08) |
| San Giovanni Suergiu | 1.11E-08 (9.11E-09-1.44E-08) | 1.11E-10 (9.59E-11-1.34E-10) | 9.68E-10 (8.46E-10-1.16E-09) |
| Sant'Antioco | 1.26E-08 (3.65E-09-1.67E-08) | 2.00E-10 (4.42E-11-2.76E-10) | 1.88E-09 (4.04E-10-2.62E-09) |
| Comune | CrVI | Ni | Pb |
| Calasetta | 3.41E-09 (2.92E-09-3.74E-09) | 9.14E-10 (7.97E-10-1.06E-09) | 1.61E-09 (1.39E-09-1.88E-09) |
| Carbonia | 1.28E-09 (1.21E-09-1.36E-09) | 2.07E-10 (1.94E-10-2.21E-10) | 2.55E-10 (2.39E-10-2.72E-10) |
| Carloforte | 5.09E-09 (4.24E-09-6.24E-09) | 1.81E-09 (1.53E-09-2.13E-09) | 3.42E-09 (2.87E-09-4.10E-09) |
| Gonnesa | 1.29E-09 (1.17E-09-1.46E-09) | 1.69E-10 (1.52E-10-1.90E-10) | 2.04E-10 (1.81E-10-2.31E-10) |
| Iglesias | 4.02E-10 (3.23E-10-4.78E-10) | 5.39E-11 (4.36E-11-6.36E-11) | 5.57E-11 (4.63E-11-6.49E-11) |
| Portoscuso | 5.41E-08 (3.11E-08-8.74E-08) | 5.64E-09 (3.55E-09-8.80E-09) | 4.25E-09 (3.11E-09-6.12E-09) |
| San Giovanni Suergiu | 2.91E-09 (2.45E-09-3.66E-09) | 7.43E-10 (6.03E-10-9.79E-10) | 5.17E-10 (4.49E-10-6.23E-10) |
| Sant'Antioco | 3.90E-09 (7.71E-10-5.25E-09) | 7.23E-10 (2.17E-10-9.34E-10) | 9.64E-10 (2.12E-10-1.34E-09) |

Tabella 25. Valori del Rischio cumulato cancerogeno per inalazione nei Comuni e numero di casi annui attesi

| Comune | Popolazione esposta | Rischio cumulato | Numero di casi annui attesi |
|------------|---------------------|------------------------------|------------------------------|
| Calasetta | 2794 | 2.83E-08 (2.44E-08-3.26E-08) | 7.80E-05 (6.76E-05-9.00E-05) |
| Carbonia | 28636 | 5.59E-09 (5.23E-09-5.97E-09) | 1.61E-04 (1.50E-04-1.72E-04) |
| Carloforte | 6253 | 5.70E-08 (4.78E-08-6.82E-08) | 3.55E-04 (2.98E-04-4.25E-04) |
| Gonnesa | 5135 | 4.73E-09 (4.23E-09-5.35E-09) | 2.55E-05 (2.24E-05-2.92E-05) |
| Iglesias | 623 | 1.42E-09 (1.15E-09-1.67E-09) | 8.40E-07 (7.41E-07-9.39E-07) |

| | | | |
|-------------------------|-------|------------------------------|---------------------------------|
| Portoscuso | 5236 | 1.34E-07 (8.80E-08-2.05E-07) | 7.01E-04 (4.60E-04-1.06E-03) |
| San Giovanni Suergiu | 5976 | 1.63E-08 (1.36E-08-2.10E-08) | 1.00E-04 (8.17E-05-1.40E-04) |
| Sant'Antioco | 166 | 2.03E-08 (5.29E-09-2.71E-08) | 3.10E-06 (9.02E-07-4.15E-06) |
| Area d'influenza | 54819 | | 0.0014 (0.0011 - 0.0019) |

Dalle tabelle emerge che i valori del rischio cancerogeno per singola sostanza e cumulato sono sempre ampiamente inferiori al valore 10^{-6} e dunque trascurabili. Infatti:

- il valore massimo del rischio cancerogeno per singola sostanza ed il massimo valore dell'estremo superiore si hanno per il Cromo VI e sono pari rispettivamente a $1.39E-07$ e $2.25E-07$;
- il massimo valore del rischio cancerogeno cumulato e dell'estremo superiore dell'intervallo di variazione si ha nella Sezione di censimento 0160000009 e risultano pari a $2.56E-07$ ($1.49E-07 - 3.77E-07$);
- in riferimento alle *Aree di riferimento* il valore massimo del rischio cancerogeno cumulato si ha nell'area "Portoscuso" ed è pari a $1.39E-07$ ($9.33E-08-2.01E-07$), mentre il massimo valore di estremo superiore si ha nell'area "Paringianu" ed è pari a $2.44E-07$;
- in riferimento ai *Comuni*, il valore massimo del rischio cancerogeno cumulato si ha nel comune di Portoscuso ed è pari a $1.34E-07$ ($8.80E-08-2.05E-07$).

11.2.4 Approccio tossicologico - Rischio cancerogeno – Approccio UE

Per le sostanze cancerogene con effetti genotossici, gli Atti di indirizzo RAS, indicano la possibilità di effettuare la valutazione del rischio attraverso il calcolo del MoE (Margin of Exposure), calcolato come rapporto tra la BMDL10 (limite inferiore dell'intervallo di confidenza della Benchmark Dose associata ad un incremento di tumori del 10%) e l'esposizione alla sostanza genotossica considerata:

$$MoE = \frac{BMDL10}{EXP}$$

L'EFSA (Autorità europea per la sicurezza alimentare) e le Linee guida VIS (ISS) indicano che un valore del MoE al di sopra di 10'000, rispetto alla BMDL10, rappresenti una situazione di bassa preoccupazione ("low concern") o di rischio tollerabile. Tale numero corrisponde ad un rischio di 1 caso su 100'000 persone esposte.

In generale la natura delle relazioni dose-risposta viene esplorata in dettaglio nella caratterizzazione del pericolo (hazard characterization). Per la maggior parte degli effetti tossicologici, lo scopo generale del processo è identificare una dose (Reference Point - RP) per la quale non sono apprezzabili effetti nocivi per la salute degli animali nelle specifiche condizioni sperimentali. Il punto di riferimento (RP) degli studi di tossicità viene utilizzato per stabilire una dose di assunzione umana, al di sotto della quale ci si aspetta con certezza che non ci siano effetti nocivi apprezzabili sulla salute.

Per ottenere una completa caratterizzazione sono necessarie dosi che producano effetti di diversa dimensione, fornendo informazioni sia sulla parte inferiore che su quella superiore della relazione dose-risposta.

Le variazioni sperimentali e biologiche influenzano le misurazioni della risposta; di conseguenza, la risposta media a ciascun livello di dose includerà un errore statistico. Pertanto, i dati dose-risposta devono essere analizzati con metodi statistici per evitare di trarre conclusioni biologiche inappropriate a causa di errori statistici associati ai dati. Attualmente, sono disponibili due approcci statistici per derivare il punto di riferimento (RP): l'approccio NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) e l'approccio BMD (Benchmark Dose).

L'approccio NOAEL stima la massima dose di esposizione alla quale non è statisticamente rilevabile alcuna variazione nella risposta. Se vengono identificati effetti significativi statisticamente rilevanti a tutti i livelli di dose studiati, il punto di riferimento (RP) viene generalmente identificato nella minima dose per la quale si osservano effetti avversi (LOAEL).

L'approccio BMD utilizza i dati dose-risposta per stimare la forma della relazione complessiva dose-risposta per un particolare endpoint. La curva dose-risposta viene stimata a partire dai dati sperimentali attraverso tecniche di best-fitting dei risultati sperimentali sull'animale o, più raramente, su dati epidemiologici. La BMD è un livello di dose, stimato dalla curva dose-risposta adattata, associato a una specifica variazione della risposta (Benchmark Response - BMR). Il BMDL è il limite di confidenza inferiore del BMD e questo valore viene normalmente utilizzato come RP.

I concetti chiave dell'approccio BMD sono illustrati nella Figura 16. La figura mostra che un BMDL calcolato, ad esempio per un BMR del 10%, può essere interpretato come la dose a cui è probabile che la variazione della risposta sia inferiore al 10% (il termine "probabile" è definito dal livello di confidenza statistica, solitamente pari al 95% dell'intervallo di fiducia).

Nel caso in cui la Benchmark dose non sia disponibile, o non calcolabile, le Linee Guida VIS indicano la possibilità di usare in alternativa la T25, ovvero la dose associata ad un incremento del 25% di tumori, ottenuta, anche questa, per interpolazione dai dati sperimentali. In tal caso il MoE minimo, ovvero di low concern, dovrebbe essere proporzionalmente maggiore, ovvero pari a 25'000.

Consultando le principali banche dati nazionali ed internazionali è stato possibile identificare gli BMD associati ad eventi cancerogeni per i seguenti contaminanti d'interesse:

- Arsenico, per il quale è stato identificato il BMDL01 (pari a 0.69 µg/kgbw/day) ovvero la dose a cui corrispondente un aumento del numero di casi di neoplasie inferiore all'1% (EFSA – Database OpenFoodTox)¹⁶;
- Cromo esavalente, per il quale è stato identificato il BMDL10 (pari a 1 mg/kgbw/day) ovvero la dose a cui corrispondente un aumento del numero di casi di neoplasie inferiore all'10% (EFSA – Database OpenFoodTox)¹⁷.

¹⁶ Arsenic, inorganic derivatives - EFSA CONTAM - Human health - study with volunteers -BMDL01 = 0.69 µg/kg bw/day (histopathology neoplastic - pulmonary and cardiac);

¹⁷ Chromium (VI) - EFSA CONTAM - Human health – chronic - oral: drinking water - BMDL10 = 1 mg/kg bw/day (histopathology neoplastic);

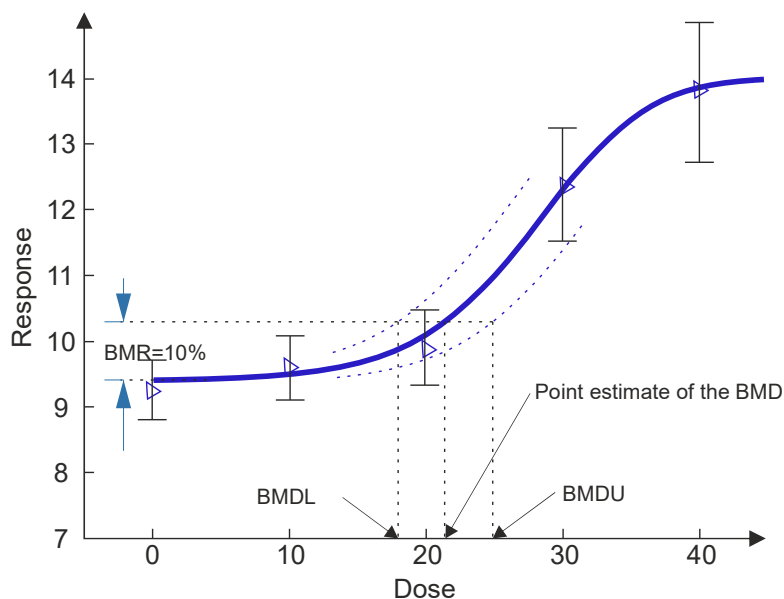


Figura 16. Esempio di relazione dose-risposta con l'individuazione del BMDL10

L'esposizione per la via inalatoria viene calcolata con la formula:

$$EXP = C_{air} \cdot R_{ina} / P_{corporeo}$$

Dove:

C_{air} è la concentrazione del contaminante in aria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$); R_{ina} è il rateo inalatorio medio della popolazione esposta; $P_{corporeo}$ è il peso corporeo medio della popolazione esposta.

Il calcolo è stato effettuato per ciascun contaminante utilizzando la concentrazione media della sezione di censimento più esposta (massimo delle concentrazioni medie), moltiplicata per 1.5 per tener conto dell'incertezza; mentre gli intervalli di variabilità sono stati calcolati utilizzando i valori massimi delle concentrazioni minime e massime nelle sezioni di censimento, moltiplicati per 1.5 per tener conto dell'incertezza.

Il rateo respiratorio e il peso corporeo sono stati calcolati sulla base dei dati pubblicati nel Rapporto ISTISAN 10/19 - Valutazione dell'esposizione umana a contaminazione ambientale: scenari di esposizione, divisi per sesso e per classe di età e considerando la distribuzione per sesso e per classe di età rappresentativa dell'intera area di influenza del progetto (ISTAT 2021 per classi quinquennali) (riportata in Tabella 26).

Tabella 26. Rateo inalatorio e peso corporeo della popolazione esposta

| Classe di età | Pop Totale | M | % M | F | % F | Rateo inalatorio M (m^3/g) | Rateo inalatorio F (m^3/g) | Peso corporeo M (kg) | Peso corporeo F (kg) | Rateo inalatorio (m^3/g) | Peso corporeo (kg) |
|---------------|------------|-----|------|-----|-----|---|---|-------------------------|-------------------------|---|-----------------------|
| 0-4 | 1891 | 999 | 3.7% | 892 | 3.2 | 7.9 | 7.0 | 17.1 | 17 | | |
| 5-9 | 1895 | 968 | 3.6% | 927 | 3.3 | 8.9 | 8.3 | 31.9 | 30.5 | | |

| | | | | | | | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 10-19 | 4391 | 2307 | 8.6% | 2084 | 7.4 | 15.2 | 11.7 | 58.8 | 51.5 | | |
| 20-39 | 14049 | 7236 | 27.1% | 6813 | 24.2 | 17.8 | 16.0 | 76.7 | 60.2 | | |
| 40-64 | 21305 | 10346 | 38.7% | 10959 | 39.0 | 16.9 | 15.7 | 78.8 | 64.8 | | |
| >65 | 11288 | 4848 | 18.2% | 6440 | 22.9 | 14.8 | 13.6 | 75.2 | 17.0 | | |
| Totale | 54819 | 26704 | 48.7% | 28115 | 51.3 | 16.0 | 14.5 | 71.8 | 60.4 | 15.2 | 66.0 |

I risultati del calcolo sono riportati in Tabella 27.

Tabella 27. Valori del MoE associati al rischio cancerogeno per l'arsenico e il cromo VI

| Sostanza | EXP ($\mu\text{g/day/kg}_{bw}$) | MoE | Low concern |
|----------|-----------------------------------|------------------------------|-------------|
| Arsenico | 6.12E-06 (5.73E-06-9.83E-06) | 1.13E+05 (1.20E+05-7.02E+04) | 1'000 |
| Cromo VI | 4.0E-07 (2.0E-07-6.6E-07) | 2.48E+09 (4.93E+09-1.52E+09) | 10'000 |

I valori calcolati del MoE sono ampiamente al di sopra dei valori assunti come riferimento "low concern" ovvero 1'000 per l'arsenico e 10'000 per il Cromo esavalente.

11.2.5 Approccio epidemiologico

Mediante l'approccio epidemiologico sono stati calcolati gli effetti sanitari determinati dal progetto in riferimento all'inalazione di PM2.5 e di PM10, analizzando gli effetti associati ad esposizioni di lungo e di breve periodo. In particolare:

- esposizione al PM2.5:
 - effetti sanitari di lungo periodo:
 - mortalità per tutte le cause (naturali);
 - mortalità per cause cardiovascolari;
 - tumore al polmone;
 - mortalità per cause respiratorie;
 - effetti sanitari di breve periodo:
 - mortalità per tutte le cause (naturali);
 - ricoveri per cause cardiovascolari tutte le età;
 - ricoveri per cause respiratorie.
- esposizione al PM10:
 - effetti sanitari di lungo periodo:
 - incidenza delle bronchiti croniche negli adulti.

Non è stata effettuata la valutazione degli effetti dell'esposizione all'NO₂ poiché le concentrazioni di riferimento sono sempre inferiori ai 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, che rappresenta il limite di applicabilità della metodologia¹⁸.

¹⁸ WHO Regional Office for Europe 2013

11.2.5.1 PM2.5

Preliminarmente all'illustrazione dei risultati relativi alla valutazione dell'incremento di eventi sanitari legati all'inalazione di PM2.5, al fine di una loro corretta valutazione, si evidenzia che:

- viene valutato il numero incrementale di casi generati dal progetto nell'ipotesi che le concentrazioni ante operam siano nulle e senza considerare l'esistenza della soglia¹⁹ di 10 µg/m³;
- il numero di casi di mortalità totale attribuibili agli effetti di breve periodo, sono già ricompresi in quelli attribuibili agli effetti di lungo periodo; i casi attribuibili ad effetti di breve periodo non possono, dunque, essere sommati a quelli di lungo periodo per determinare una sorta di effetto complessivo²⁰;
- le valutazioni effettuate con l'approccio epidemiologico non tengono conto del tempo di esposizione ai contaminanti atmosferici, e assumono, dunque, che l'esposizione sia riferita a tutta la vita;
- la valutazione è stata effettuata anche per la mortalità per cause respiratorie ponendo uguale ad 1 il limite inferiore dell'intervallo di confidenza di RR.

Gli effetti sanitari sono stati calcolati in riferimento alle sezioni di censimento, utilizzando la formula (20) dell'Appendice A1, sia per gli effetti sanitari di lungo termine sia per quelli di breve termine.

I calcoli sono stati fatti in riferimento ai valori medi, minimi e massimi di concentrazione nelle sezioni di censimento (moltiplicati per 1.5 per tener conto dell'incertezza) e in riferimento al rischio relativo (RR) e ai valori del suo intervallo di confidenza. I risultati così ottenuti sono riportati in formato elettronico in formato shape file (Annesso A – shape files: SezioniCensuarie_EPID_long.shp e SezioniCensuarie_EPID_short.shp) e in formato xlsx (Annesso A – xlsx files).

Nelle seguenti tabelle si riportano i risultati aggregati per *Aree di riferimento* e per *Comune* in riferimento a:

- effetti di lungo periodo relativi a mortalità per tutte le cause (naturali), per cause cardiovascolari, per tumore al polmone e per cause respiratorie.
- effetti di breve periodo relativi a mortalità per tutte le cause (naturali), a ricoveri per cause cardiovascolari e ricoveri per cause respiratorie

L'aggregazione per *Aree di riferimento* è stata effettuata sommando i casi determinati sulle sezioni di censimento incluse nell'area (indicate nel file sezioni_localit_comune.shp), mentre l'aggregazione per *Comune* è stata effettuata sommando i casi determinati sulle sezioni di censimento incluse nello stesso (indicate nel file sezioni_localit_comune.shp).

¹⁹ WHO Regional Office for Europe, 2006 "10 µg/m³ was chosen and recommended as a cut-off value for long-term analysis because it represents the lower end of the range over which significant effects on survival have been observed"

²⁰ coerentemente con le indicazioni della "Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide" e "Outdoor air pollution – Assessing the environmental burden of disease at national and local levels – Environmental burden of disease series, N° 5"

Nelle Tabelle:

- il numero di eventi sanitari è relativo al valore medio di concentrazione e al valore dell'RR;
- l'estremo inferiore è relativo al valore minimo di concentrazione e all'estremo inferiore dell'intervallo di confidenza dell'RR;
- l'estremo superiore è relativo al valore massimo di concentrazione e all'estremo superiore dell'intervallo di confidenza dell'RR.

Tabella 28. PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine – Aggregazione per Aree di riferimento – parte 1

| ID | Area di riferimento | P exp (>30anni) | PM2.5 mortalità totale N° di casi aggiuntivi | PM2.5 mortalità cardiovascolare N° di casi aggiuntivi |
|----|------------------------------------|--------------------|---|--|
| 1 | Calasetta | 1798 | 0.007 (0.004-0.010) | 0.004 (0.002-0.006) |
| 2 | Cussorgia | 52 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) |
| 3 | Calasetta - Case sparse | 292 | 0.001 (0.000-0.002) | 0.001 (0.000-0.001) |
| 4 | Bacu Abis | 1215 | 0.003 (0.002-0.004) | 0.001 (0.001-0.002) |
| 5 | Barbusi | 403 | 0.001 (0.001-0.002) | 0.000 (0.000-0.001) |
| 6 | Carbonia | 16087 | 0.061 (0.033-0.080) | 0.024 (0.012-0.038) |
| 7 | Cortoghiana | 1817 | 0.010 (0.006-0.014) | 0.004 (0.002-0.007) |
| 8 | Sirai | 195 | 0.001 (0.000-0.001) | 0.000 (0.000-0.001) |
| 9 | Flumentepido | 134 | 0.001 (0.000-0.001) | 0.000 (0.000-0.000) |
| 10 | Medadeddu | 284 | 0.001 (0.001-0.001) | 0.000 (0.000-0.001) |
| 11 | Carbonia - Case sparse | 1017 | 0.003 (0.002-0.005) | 0.001 (0.001-0.002) |
| 12 | Carloforte | 4189 | 0.026 (0.014-0.039) | 0.014 (0.006-0.024) |
| 13 | Carloforte - Case sparse | 547 | 0.005 (0.002-0.009) | 0.003 (0.001-0.005) |
| 14 | Gonnesa | 2981 | 0.003 (0.002-0.005) | 0.001 (0.001-0.002) |
| 15 | Nuraxi Figus | 392 | 0.001 (0.001-0.002) | 0.001 (0.000-0.001) |
| 16 | Gonnesa - Case sparse | 309 | 0.000 (0.000-0.001) | 0.000 (0.000-0.000) |
| 17 | Bindua | 315 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) |
| 18 | Iglesias - Case sparse | 149 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) |
| 19 | Paringianu | 427 | 0.008 (0.004-0.018) | 0.004 (0.002-0.010) |
| 20 | Portoscuso | 3284 | 0.158 (0.051-0.325) | 0.078 (0.022-0.187) |
| 21 | Bruncuteula | 57 | 0.002 (0.001-0.002) | 0.001 (0.000-0.001) |
| 22 | Portoscuso - Case sparse Nord | 75 | 0.001 (0.000-0.003) | 0.000 (0.000-0.002) |
| 23 | Portoscuso - Case sparse Sud | 43 | 0.001 (0.000-0.002) | 0.000 (0.000-0.001) |
| 24 | Is Urigus | 406 | 0.002 (0.001-0.003) | 0.001 (0.000-0.001) |
| 25 | Matzaccara | 400 | 0.007 (0.004-0.009) | 0.003 (0.001-0.005) |
| 26 | San Giovanni Suergiu | 2299 | 0.010 (0.005-0.016) | 0.004 (0.002-0.008) |
| 27 | Villaggio Palmas | 255 | 0.001 (0.000-0.001) | 0.000 (0.000-0.000) |
| 28 | San Giovanni Suergiu - Case sparse | 929 | 0.006 (0.003-0.009) | 0.002 (0.001-0.005) |
| 29 | Sant'Antioco - Case sparse | 117 | 0.001 (0.000-0.001) | 0.000 (0.000-0.001) |

Tabella 29. PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - Aggregazione per Aree di riferimento - parte 2

| ID | Area di riferimento | P exp (>30anni) | PM2.5 mortalità tumore al polmone N° di casi aggiuntivi | PM2.5 mortalità cause respiratorie N° di casi aggiuntivi |
|----|-------------------------|--------------------|--|---|
| 1 | Calasetta | 1798 | 0.000 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.002) |
| 2 | Cussorgia | 52 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) |
| 3 | Calasetta - Case sparse | 292 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.001) |
| 4 | Bacu Abis | 1215 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.001 (0.000-0.001) |
| 5 | Barbusi | 403 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.001) |
| 6 | Carbonia | 16087 | 0.004 (0.002-0.007) | 0.012 (0.000-0.030) |
| 7 | Cortoghiana | 1817 | 0.001 (0.000-0.001) | 0.002 (0.000-0.005) |
| 8 | Sirai | 195 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) |
| 9 | Flumentepido | 134 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) |

| ID | Area di riferimento | P exp (>30anni) | PM2.5 mortalità tumore al polmone N° di casi aggiuntivi | PM2.5 mortalità cause respiratorie N° di casi aggiuntivi |
|----|------------------------------------|--------------------|--|---|
| 10 | Medadeddu | 284 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.001) |
| 11 | Carbonia - Case sparse | 1017 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.001 (0.000-0.002) |
| 12 | Carloforte | 4189 | 0.002 (0.001-0.003) | 0.004 (0.000-0.010) |
| 13 | Carloforte - Case sparse | 547 | 0.000 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.002) |
| 14 | Gonnesa | 2981 | 0.000 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.001) |
| 15 | Nuraxi Figus | 392 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.001) |
| 16 | Gonnesa - Case sparse | 309 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) |
| 17 | Bindua | 315 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) |
| 18 | Iglesias - Case sparse | 149 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) |
| 19 | Paringianu | 427 | 0.001 (0.000-0.002) | 0.001 (0.000-0.004) |
| 20 | Portoscuso | 3284 | 0.018 (0.004-0.044) | 0.021 (0.000-0.079) |
| 21 | Bruncuteula | 57 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.001) |
| 22 | Portoscuso - Case sparse Nord | 75 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.001) |
| 23 | Portoscuso - Case sparse Sud | 43 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) |
| 24 | Is Urigus | 406 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.001) |
| 25 | Matzaccara | 400 | 0.001 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.003) |
| 26 | San Giovanni Suergiu | 2299 | 0.001 (0.000-0.002) | 0.002 (0.000-0.005) |
| 27 | Villaggio Palmas | 255 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) |
| 28 | San Giovanni Suergiu - Case sparse | 929 | 0.001 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.003) |
| 29 | Sant'Antioco - Case sparse | 117 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) |

Tabella 30. Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine – Aggregazione per Comune

| Comune | P exp (>30anni) | PM2.5 mortalità totale N° di casi aggiuntivi | PM2.5 mortalità cardiovascolare N° di casi aggiuntivi |
|----------------------|--------------------|--|---|
| Calasetta | 2142 | 0.009 (0.004-0.013) | 0.004 (0.002-0.008) |
| Carbonia | 21152 | 0.081 (0.044-0.108) | 0.033 (0.016-0.051) |
| Carloforte | 4736 | 0.031 (0.015-0.047) | 0.017 (0.007-0.029) |
| Gonnesa | 3682 | 0.005 (0.003-0.008) | 0.002 (0.001-0.004) |
| Iglesias | 464 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) |
| Portoscuso | 3855 | 0.169 (0.055-0.348) | 0.083 (0.024-0.201) |
| San Giovanni Suergiu | 4320 | 0.026 (0.013-0.039) | 0.011 (0.005-0.019) |
| Sant'Antioco | 117 | 0.001 (0.000-0.001) | 0.000 (0.000-0.001) |
| Comune | P exp (>30anni) | PM2.5 mortalità tumore al polmone N° di casi aggiuntivi | PM2.5 mortalità cause respiratorie N° di casi aggiuntivi |
| Calasetta | 2142 | 0.001 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.003) |
| Carbonia | 21152 | 0.006 (0.002-0.009) | 0.016 (0.000-0.041) |
| Carloforte | 4736 | 0.002 (0.001-0.003) | 0.004 (0.000-0.013) |
| Gonnesa | 3682 | 0.001 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.002) |
| Iglesias | 464 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) |
| Portoscuso | 3855 | 0.019 (0.005-0.047) | 0.022 (0.000-0.085) |
| San Giovanni Suergiu | 4320 | 0.002 (0.001-0.004) | 0.004 (0.000-0.012) |
| Sant'Antioco | 117 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) |

Tabella 31. PM2.5 - Eventi sanitari aggiuntivi per effetti di breve termine – Aggregazione per Aree di riferimento

| ID | Area target | Popolazione esposta (Ptotale) | PM2.5 mortalità per tutte le cause N° di casi aggiuntivi | PM2.5 ricoveri per cause cardiovascolari N° di casi aggiuntivi | PM2.5 ricoveri per cause respiratorie N° di casi aggiuntivi |
|----|-------------------------|-------------------------------------|--|--|---|
| 1 | Calasetta | 2331 | 0.002 (0.001-0.003) | 0.002 (0.000-0.004) | 0.002 (0.000-0.006) |
| 2 | Cussorgia | 65 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) |
| 3 | Calasetta - Case sparse | 398 | 0.000 (0.000-0.001) | 0.000 (0.000-0.001) | 0.000 (0.000-0.001) |
| 4 | Bacu Abis | 1673 | 0.001 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.002) | 0.002 (0.000-0.003) |
| 5 | Barbusi | 546 | 0.000 (0.000-0.001) | 0.000 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.001) |
| 6 | Carbonia | 21664 | 0.014 (0.005-0.024) | 0.019 (0.003-0.036) | 0.031 (0.000-0.068) |
| 7 | Cortoghiana | 2478 | 0.002 (0.001-0.004) | 0.003 (0.001-0.006) | 0.005 (0.000-0.012) |
| 8 | Sirai | 289 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.001) |
| 9 | Flumentepido | 192 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.001) | 0.000 (0.000-0.001) |

| ID | Area target | Popolazione esposta (Ptotale) | PM2.5 mortalità per tutte le cause N° di casi aggiuntivi | PM2.5 ricoveri per cause cardiovascolari N° di casi aggiuntivi | PM2.5 ricoveri per cause respiratorie N° di casi aggiuntivi |
|----|---------------------------------------|-------------------------------------|--|--|---|
| 10 | Medadeddu | 394 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.001) |
| 11 | Carbonia - Case sparse | 1400 | 0.001 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.002) | 0.002 (0.000-0.004) |
| 12 | Carloforte | 5560 | 0.006 (0.002-0.012) | 0.009 (0.001-0.018) | 0.009 (0.000-0.021) |
| 13 | Carloforte - Case sparse | 693 | 0.001 (0.000-0.003) | 0.001 (0.000-0.004) | 0.002 (0.000-0.005) |
| 14 | Gonnesa | 4154 | 0.001 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.003) | 0.002 (0.000-0.006) |
| 15 | Nuraxi Figus | 555 | 0.000 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.003) |
| 16 | Gonnesa - Case sparse | 426 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.001) | 0.000 (0.000-0.001) |
| 17 | Bindua | 418 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) |
| 18 | Iglesias - Case sparse | 205 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) |
| 19 | Paringianu | 582 | 0.002 (0.001-0.005) | 0.003 (0.000-0.009) | 0.005 (0.000-0.017) |
| 20 | Portoscuso | 4447 | 0.037 (0.008-0.097) | 0.058 (0.006-0.170) | 0.089 (0.000-0.303) |
| 21 | Bruncuteula | 76 | 0.000 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.002) |
| 22 | Portoscuso - Case sparse Nord | 99 | 0.000 (0.000-0.001) | 0.000 (0.000-0.002) | 0.000 (0.000-0.003) |
| 23 | Portoscuso - Case sparse Sud | 71 | 0.000 (0.000-0.001) | 0.000 (0.000-0.001) | 0.000 (0.000-0.002) |
| 24 | Is Urigus | 575 | 0.001 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.002) |
| 25 | Matzaccara | 547 | 0.002 (0.001-0.003) | 0.002 (0.000-0.004) | 0.003 (0.000-0.008) |
| 26 | San Giovanni Suergiu | 3198 | 0.002 (0.001-0.005) | 0.003 (0.001-0.007) | 0.005 (0.000-0.013) |
| 27 | Villaggio Palmas | 349 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.001) |
| 28 | San Giovanni Suergiu - Case sparse | 1268 | 0.001 (0.000-0.003) | 0.002 (0.000-0.004) | 0.003 (0.000-0.008) |
| 29 | Sant'Antioco - Case sparse | 166 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.001) |

Tabella 32. PM2.5 - Eventi sanitari aggiuntivi per effetti di breve termine – Aggregazione per Comune

| Comune | Popolazione esposta (Ptotale) | PM2.5 mortalità per tutte le cause N° di casi aggiuntivi | PM2.5 ricoveri per cause cardiovascolari N° di casi aggiuntivi | PM2.5 ricoveri per cause respiratorie N° di casi aggiuntivi |
|----------------------|-------------------------------------|--|--|---|
| Calasetta | 2794 | 0.002 (0.001-0.004) | 0.003 (0.000-0.005) | 0.003 (0.000-0.007) |
| Carbonia | 28636 | 0.019 (0.007-0.033) | 0.026 (0.005-0.049) | 0.042 (0.000-0.092) |
| Carloforte | 6253 | 0.007 (0.002-0.014) | 0.010 (0.002-0.022) | 0.010 (0.000-0.025) |
| Gonnesa | 5135 | 0.001 (0.000-0.002) | 0.002 (0.000-0.005) | 0.004 (0.000-0.009) |
| Iglesias | 623 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) |
| Portoscuso | 5236 | 0.040 (0.008-0.104) | 0.062 (0.007-0.183) | 0.096 (0.000-0.326) |
| San Giovanni Suergiu | 5976 | 0.006 (0.002-0.012) | 0.008 (0.001-0.018) | 0.013 (0.000-0.033) |
| Sant'Antioco | 166 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.001) |

In Tabella 33, per gli eventi di lungo periodo calcolati viene riportato l'incremento percentuale rispetto alla mortalità di background, atteso per tutta l'area di influenza e per i singoli comuni.

L'aumento della mortalità per tutte le cause, riferito all'intera area di influenza, è pari allo 0.08% (0.03%-0.14%), mentre per il comune di Portoscuso l'aumento è pari allo 0.57% (0.19%-1.18%).

L'aumento della mortalità per tutte le cause cardiovascolari, riferito all'intera area di influenza, è pari allo 0.13% (0.05%-0.26%), mentre per il comune di Portoscuso l'aumento è pari allo 0.82% (0.23%-1.96%).

L'aumento della mortalità per il tumore al polmone, riferito all'intera area di influenza, è pari allo 0.13% (0.04%-0.29%), mentre per il comune di Portoscuso l'aumento è pari allo 0.73% (0.19%-1.83%).

L'aumento della mortalità per cause respiratorie, riferito all'intera area di influenza, è pari allo 0.10% (0.00%-0.32%), mentre per il comune di Portoscuso l'aumento è pari allo 0.82% (0.00%-3.14%).

Tabella 33. PM2.5 - Incidenza dei casi aggiuntivi rispetto alla mortalità di background (2015-2019) – calcolo effettuato sulla base delle concentrazioni medie e aggregato per comune

| Aggregazione | Popolazione e esposta (>30anni) | Mortalità per tutte le cause (naturali) | | Mortalità per cause cardiovascolari | | Mortalità per tumore al polmone | | Mortalità cause respiratorie | |
|--------------------------|---------------------------------------|--|-----------------------------|--|-----------------------------|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| | | N° di casi Background | Incremento % (min - max) | N° di casi background | Incremento % (min - max) | N° di casi background | Incremento % (min - max) | N° di casi background | Incremento % (min - max) |
| Calasetta | 2142 | 23.8 | 0.04% (0.02%- 0.05%) | 8.3 | 0.05% (0.02%- 0.09%) | 1.2 | 0.05% (0.02%- 0.08%) | 2.1 | 0.05% (0.00%- 0.15%) |
| Carbonia | 21152 | 212.6 | 0.04% (0.02%- 0.05%) | 60.2 | 0.05% (0.03%- 0.08%) | 11.7 | 0.05% (0.02%- 0.08%) | 30.3 | 0.05% (0.00%- 0.14%) |
| Carloforte | 4736 | 58.8 | 0.05% (0.03%- 0.08%) | 21.9 | 0.08% (0.03%- 0.13%) | 2.6 | 0.07% (0.03%- 0.13%) | 5.9 | 0.08% (0.00%- 0.21%) |
| Gonnesa | 3682 | 25.8 | 0.02% (0.01%- 0.03%) | 7.4 | 0.03% (0.01%- 0.05%) | 2.1 | 0.03% (0.01%- 0.05%) | 3.0 | 0.03% (0.00%- 0.08%) |
| Iglesias | 464 | 4.3 | 0.01% (0.00%- 0.01%) | 1.1 | 0.01% (0.00%- 0.02%) | 0.3 | 0.01% (0.00%- 0.02%) | 0.5 | 0.01% (0.00%- 0.03%) |
| Portoscuso | 3855 | 29.6 | 0.57% (0.19%- 1.18%) | 10.2 | 0.82% (0.23%- 1.96%) | 2.6 | 0.73% (0.19%- 1.83%) | 2.7 | 0.82% (0.00%- 3.14%) |
| San Giovanni Suergiu | 4320 | 36.0 | 0.07% (0.04%- 0.11%) | 10.6 | 0.10% (0.05%- 0.18%) | 2.5 | 0.09% (0.04%- 0.17%) | 4.2 | 0.10% (0.00%- 0.29%) |
| Sant'Antioco | 117 | 1.3 | 0.05% (0.01%- 0.10%) | 0.3 | 0.08% (0.01%- 0.17%) | 0.1 | 0.07% (0.01%- 0.16%) | 0.1 | 0.08% (0.00%- 0.27%) |
| Area di influenza | 40468 | 392.3 | 0.08% (0.03%- 0.14%) | 120.1 | 0.13% (0.05%- 0.26%) | 23.0 | 0.13% (0.04%- 0.29%) | 48.8 | 0.10% (0.00%- 0.32%) |

11.2.5.2 PM10

Gli effetti di lungo periodo associati all'inalazione di PM10 relativi all'incidenza delle bronchiti croniche per gli adulti sono stati calcolati mediante la formula (20) dell'Appendice A1. I calcoli sono stati fatti in riferimento ai valori medi, minimi e massimi di concentrazione nelle sezioni di censimento (moltiplicati per 1.5 per tener conto dell'incertezza) e in riferimento al rischio relativo (RR) e ai valori del suo intervallo di confidenza. I risultati così ottenuti sono riportati in formato shape file (Annesso A – shape files: SezioniCensuarie_EPID_long.shp e SezioniCensuarie_EPID_short.shp) e xlsx (Annesso A – xlsx files).

Non sono stati valutati gli effetti dell'esposizione al PM10 nella prevalenza di bronchiti nei bambini 6-12 anni poiché, nei comuni di interesse, non sono presenti casi di ricoveri e quindi non è possibile calcolare i relativi tassi di background.

In Tabella 34 sono riportati i risultati aggregati per *Aree di riferimento* mentre in Tabella 35 sono riportati i risultati aggregati per *Comune*.

Nelle Tabelle:

- il numero di eventi sanitari è relativo al valore medio di concentrazione e al valore medio dell'RR;

- l'estremo inferiore è relativo al valore minimo di concentrazione e all'estremo inferiore dell'intervallo di confidenza dell'RR,
- l'estremo superiore è relativo al valore massimo di concentrazione e all'estremo superiore dell'intervallo di confidenza dell'RR.

Tabella 34. PM10 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine (incidenza delle bronchiti croniche negli adulti) – Aggregazione per Aree di riferimento

| ID | Area di riferimento | Popolazione esposta (>16 anni) | PM10 incidenza delle bronchiti croniche negli adulti N° di casi aggiuntivi |
|----|------------------------------------|--------------------------------|---|
| 1 | Calasetta | 1798 | 0.000 (0.000-0.001) |
| 2 | Cussorgia | 52 | 0.000 (0.000-0.000) |
| 3 | Calasetta - Case sparse | 292 | 0.000 (0.000-0.000) |
| 4 | Bacu Abis | 1215 | 0.000 (0.000-0.000) |
| 5 | Barbusi | 403 | 0.000 (0.000-0.000) |
| 6 | Carbonia | 16087 | 0.005 (0.002-0.008) |
| 7 | Cortoghiana | 1817 | 0.001 (0.000-0.002) |
| 8 | Sirai | 195 | 0.000 (0.000-0.000) |
| 9 | Flumentepido | 134 | 0.000 (0.000-0.000) |
| 10 | Medadeddu | 284 | 0.000 (0.000-0.000) |
| 11 | Carbonia - Case sparse | 1017 | 0.000 (0.000-0.001) |
| 12 | Carloforte | 4189 | 0.007 (0.002-0.012) |
| 13 | Carloforte - Case sparse | 547 | 0.001 (0.000-0.002) |
| 14 | Gonnesa | 2981 | 0.001 (0.000-0.001) |
| 15 | Nuraxi Figus | 392 | 0.000 (0.000-0.001) |
| 16 | Gonnesa - Case sparse | 309 | 0.000 (0.000-0.000) |
| 17 | Bindua | 315 | 0.000 (0.000-0.000) |
| 18 | Iglesias - Case sparse | 149 | 0.000 (0.000-0.000) |
| 19 | Paringianu | 427 | 0.001 (0.000-0.004) |
| 20 | Portoscuso | 3284 | 0.017 (0.003-0.042) |
| 21 | Bruncuteula | 57 | 0.000 (0.000-0.000) |
| 22 | Portoscuso - Case sparse Nord | 75 | 0.000 (0.000-0.000) |
| 23 | Portoscuso - Case sparse Sud | 43 | 0.000 (0.000-0.000) |
| 24 | Is Urigus | 406 | 0.000 (0.000-0.000) |
| 25 | Matzaccara | 400 | 0.001 (0.000-0.001) |
| 26 | San Giovanni Suergiu | 2299 | 0.001 (0.000-0.002) |
| 27 | Villaggio Palmas | 255 | 0.000 (0.000-0.000) |
| 28 | San Giovanni Suergiu - Case sparse | 929 | 0.000 (0.000-0.001) |
| 29 | Sant'Antioco - Case sparse | 117 | 0.000 (0.000-0.000) |

Tabella 35. PM10 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine (incidenza delle bronchiti croniche negli adulti) – Aggregazione per Comune

| Comune | Popolazione esposta (>16 anni) | PM10 incidenza delle bronchiti croniche negli adulti N° di casi aggiuntivi |
|----------------------|--------------------------------|---|
| Calasetta | 2142 | 0.001 (0.000-0.001) |
| Carbonia | 21152 | 0.006 (0.002-0.011) |
| Carloforte | 4736 | 0.008 (0.002-0.014) |
| Gonnesa | 3682 | 0.001 (0.000-0.002) |
| Iglesias | 464 | 0.000 (0.000-0.000) |
| Portoscuso | 3855 | 0.018 (0.004-0.047) |
| San Giovanni Suergiu | 4320 | 0.002 (0.001-0.004) |
| Sant'Antioco | 117 | 0.000 (0.000-0.000) |

Dalle tabelle emerge che il Comune in cui si ha un'incidenza maggiore è Portoscuso in cui il numero di casi annui aggiuntivi è pari a 0.018 (0.004-0.047).

11.3 INGESTIONE E CONTATTO DERMICO

11.3.1 Premessa

Gli effetti sanitari associati all'esposizione per ingestione attraverso la catena alimentare, per ingestione diretta di suolo e per contatto dermico sono legati all'aumento della concentrazione dei contaminanti nel suolo superficiale per effetto della deposizione. Tali effetti sono stati valutati mediante l'approccio tossicologico, seguendo le metodologie di calcolo riportate in Appendice A1.

I valori di deposizione al suolo dei contaminanti, minimi, medi e massimi, sono stati quantificati in riferimento a:

- *Aree agricole* al fine di valutare gli effetti sulla catena alimentare e del contatto dermico nello scenario rurale. Per semplicità di calcolo e in via cautelativa tale valutazione è stata sviluppata in riferimento ai valori massimi di deposizione al suolo (minima, media e massima) dei singoli microinquinanti nelle aree agricole, indicati in Tabella 36;
- *Spiagge di Portovesme e Portopaglietto* al fine di valutare gli effetti dell'ingestione diretta di suolo e del contatto dermico relativi allo scenario ricreativo (Tabella 37).

I valori di deposizione per le singole aree agricole sono riportati nel file AreeAgricole_conc_dep.shp.

Tabella 36. Deposizioni massime annue nelle aree agricole

| Sostanza | Deposizione minima ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$) | Deposizione media ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$) | Deposizione massima ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$) |
|-----------|--|---|---|
| Arsenico | 8.77E-08 | 1.68E-07 | 3.10E-07 |
| Berillio | 6.00E-10 | 1.11E-09 | 1.97E-09 |
| Cadmio | 4.80E-09 | 8.72E-09 | 1.54E-08 |
| Nichel | 1.11E-07 | 2.11E-07 | 3.91E-07 |
| Piombo | 3.98E-07 | 7.26E-07 | 1.26E-06 |
| Mercurio | 1.18E-09 | 2.23E-09 | 4.10E-09 |
| Cromo VI | 3.43E-09 | 6.58E-09 | 1.23E-08 |
| Cromo | 2.21E-06 | 4.25E-06 | 7.92E-06 |
| Rame | 6.60E-08 | 1.25E-07 | 2.28E-07 |
| Antimonio | 5.80E-09 | 1.10E-08 | 2.03E-08 |
| Selenio | 4.13E-09 | 7.62E-09 | 1.34E-08 |
| Tallio | 2.66E-10 | 4.77E-10 | 9.47E-10 |
| Vanadio | 1.32E-06 | 2.54E-06 | 4.74E-06 |

Tabella 37. Deposizioni annue nelle spiagge di Portovesme e Portopaglietto

| Sostanza | Deposizioni Spiaggia di Portovesme ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$) | | | Deposizioni Spiaggia di Portopaglietto ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$) | | |
|-----------|--|----------|----------|--|----------|----------|
| | Minimo | Medio | Massimo | Minimo | Medio | Massimo |
| Arsenico | 6.08E-09 | 6.39E-09 | 7.62E-09 | 3.10E-09 | 3.24E-09 | 3.45E-09 |
| Berillio | 1.74E-10 | 1.81E-10 | 2.16E-10 | 8.56E-11 | 8.86E-11 | 9.37E-11 |
| Cadmio | 1.88E-09 | 2.04E-09 | 2.49E-09 | 9.74E-10 | 1.00E-09 | 1.05E-09 |
| Nichel | 1.05E-08 | 1.18E-08 | 1.37E-08 | 5.43E-09 | 5.79E-09 | 6.32E-09 |
| Piombo | 1.36E-07 | 1.51E-07 | 1.85E-07 | 7.16E-08 | 7.35E-08 | 7.68E-08 |
| Mercurio | 1.64E-10 | 1.77E-10 | 2.03E-10 | 8.49E-11 | 8.92E-11 | 9.58E-11 |
| Cromo VI | 3.28E-10 | 3.95E-10 | 5.12E-10 | 1.93E-10 | 2.09E-10 | 2.32E-10 |
| Cromo | 9.44E-08 | 1.12E-07 | 1.41E-07 | 5.73E-08 | 6.17E-08 | 6.80E-08 |
| Rame | 1.39E-08 | 1.54E-08 | 1.74E-08 | 7.11E-09 | 7.53E-09 | 8.19E-09 |
| Antimonio | 6.90E-10 | 7.50E-10 | 8.48E-10 | 3.58E-10 | 3.77E-10 | 4.07E-10 |
| Selenio | 1.14E-09 | 1.25E-09 | 1.53E-09 | 5.91E-10 | 6.07E-10 | 6.36E-10 |

| Sostanza | Deposizioni Spiaggia di Portovesme ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$) | | | Deposizioni Spiaggia di Portopaglietto ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$) | | |
|----------|--|----------|----------|--|----------|----------|
| | Minimo | Medio | Massimo | Minimo | Medio | Massimo |
| Tallio | 1.19E-10 | 1.31E-10 | 1.60E-10 | 6.19E-11 | 6.36E-11 | 6.65E-11 |
| Vanadio | 4.99E-08 | 5.74E-08 | 6.91E-08 | 2.83E-08 | 3.03E-08 | 3.33E-08 |

11.3.2 Ingestione dei contaminanti attraverso la catena alimentare

La valutazione del rischio per ingestione attraverso la catena alimentare è stata sviluppata in riferimento al consumo di:

- prodotti ortofrutticoli;
- prodotti di origine animale: carne di capra, carne ovina e formaggi ovicaprini;

in quanto:

- la produzione ortofrutticola del comune di Portoscuso è essenzialmente riconducibile ad orti ad uso familiare;
- il comparto zootecnico del comune di Portoscuso è essenzialmente riconducibile a quello ovicaprino;
- i monitoraggi effettuati nel territorio del Comune di Portoscuso²¹ hanno messo in evidenza criticità del comparto agro-alimentare, relativamente, in particolare, al consumo di prodotti ortofrutticoli, a cui sarebbe legato un possibile rischio tossico per i bambini nel caso in cui la loro dieta fosse esclusivamente composta da prodotti ortofrutticoli prodotti nell'area del Comune, per la presenza dei metalli pesanti Arsenico e Cadmio;
- l'amministrazione comunale di Portoscuso in collaborazione con ARPAS, ISPRA, ISS, Provincia di Carbonia Iglesias, ASL Carbonia, ha predisposto il "Piano di indagine per la determinazione di PCDD/PCDF, PCBdl e metalli nelle matrici di potenziale impatto sulla filiera zootecnica (prodotti ovo-caprini)".

La valutazione è stata sviluppata in riferimento ai contaminati caratteristici del progetto e secondo modalità analoghe a quelle utilizzate dall'ISS per la valutazione del rischio tossico associato ai prodotti ortofrutticoli coltivati nelle aree agricole del Comune di Portoscuso, condotta nell'ambito di una più ampia attività di valutazione del rischio igienico-sanitario dei suoli compresi nel SIN Sulcis Iglesiente Guspinese.

In analogia a tale studio dunque, le valutazioni sono state effettuate in riferimento a tre classi di età (bambini piccoli (0-2 anni), bambini (3-9 anni) e adulti (>9 anni)) e agli stessi prodotti ortofrutticoli provenienti dalla coltivazione di orti ad uso familiare del Comune di Portoscuso.

Le concentrazioni nel suolo di contaminanti, determinate secondo la formula (19) dell'Appendice A1, sono riportate in Tabella 38. Esse sono state calcolate considerando uno spessore della zona di miscelazione di 20 cm (valore raccomandato per l'assorbimento radicale) e un valore cumulato di

²¹ "Valutazione del rischio igienico-sanitario dei suoli compresi nel Sito di Interesse Nazionale (SIN) Sulcis Iglesiente Guspinese. Maggio 2011"

deposizione riferito all'intera durata del progetto (deposizioni annue di riferimento riportate in Tabella 36 moltiplicate per 1.5 per tenere conto dell'incertezza e moltiplicate per la durata del progetto ovvero 20 anni).

Tabella 38. Concentrazione nel suolo indicativa per l'assorbimento radicale

| Sostanza | Concentrazione nel suolo Valore minimo (mg/kg) | Concentrazione nel suolo Valore medio (mg/kg) | Concentrazione nel suolo Valore massimo (mg/kg) |
|-----------|--|---|---|
| Arsenico | 2.77E-04 | 5.29E-04 | 9.77E-04 |
| Berillio | 1.89E-06 | 3.51E-06 | 6.21E-06 |
| Cadmio | 1.51E-05 | 2.75E-05 | 4.86E-05 |
| Nichel | 3.49E-04 | 6.65E-04 | 1.23E-03 |
| Piombo | 1.26E-03 | 2.29E-03 | 3.96E-03 |
| Mercurio | 3.72E-06 | 7.05E-06 | 1.29E-05 |
| Cromo VI | 1.08E-05 | 2.08E-05 | 3.88E-05 |
| Cromo | 6.98E-03 | 1.34E-02 | 2.50E-02 |
| Rame | 2.08E-04 | 3.93E-04 | 7.19E-04 |
| Antimonio | 1.83E-05 | 3.48E-05 | 6.41E-05 |
| Selenio | 1.30E-05 | 2.40E-05 | 4.23E-05 |
| Tallio | 8.39E-07 | 1.50E-06 | 2.99E-06 |
| Vanadio | 4.17E-03 | 8.02E-03 | 1.49E-02 |

Le concentrazioni dei contaminanti nei prodotti ortofrutticoli utilizzate nei calcoli, determinate mediante le formule (11) (12) e (13) dell'Appendice A1, sono riportate in Tabella 39, Tabella 40 e Tabella 41 in riferimento rispettivamente ai valori medi, minimi e massimi delle deposizioni di riferimento (Tabella 36).

Tabella 39. Concentrazione dei contaminanti nei prodotti ortofrutticoli (valori medi)

| Sostanza | Prodotti sottoterra (mg/kg s.u.) | Vegetali – assorbimento radicale (mg/kg s.u.) | Vegetali – assorbimento per deposizione diretta (mg/kg s.u.) | Vegetali – somma (mg/kg s.u.) | Frutta – assorbimento radicale (mg/kg s.u.) | Frutta – assorbimento per deposizione diretta (mg/kg s.u.) | Frutta – somma (mg/kg s.u.) |
|----------|--|--|--|-------------------------------------|--|--|--------------------------------|
| As | 0.00E+00 | 4.23E-06 | 7.25E-08 | 4.30E-06 | 4.23E-06 | 8.86E-08 | 4.32E-06 |
| Be | 0.00E+00 | 5.26E-09 | 4.81E-10 | 5.74E-09 | 5.26E-09 | 5.87E-10 | 5.85E-09 |
| Cd | 0.00E+00 | 1.76E-06 | 3.77E-09 | 1.76E-06 | 1.76E-06 | 4.61E-09 | 1.76E-06 |
| Ni | 0.00E+00 | 5.32E-06 | 9.12E-08 | 5.41E-06 | 5.32E-06 | 1.11E-07 | 5.43E-06 |
| Pb | 0.00E+00 | 2.06E-05 | 3.14E-07 | 2.09E-05 | 2.06E-05 | 3.84E-07 | 2.10E-05 |
| Hg | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 9.66E-10 | 9.66E-10 | 0.00E+00 | 1.18E-09 | 1.18E-09 |
| CrVI | 0.00E+00 | 9.34E-08 | 2.84E-09 | 9.62E-08 | 9.34E-08 | 3.48E-09 | 9.69E-08 |
| Cr | 0.00E+00 | 6.03E-05 | 1.84E-06 | 6.22E-05 | 6.03E-05 | 2.25E-06 | 6.26E-05 |
| Cu | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 5.39E-08 | 5.39E-08 | 0.00E+00 | 6.59E-08 | 6.59E-08 |
| Sb | 0.00E+00 | 1.04E-06 | 4.77E-09 | 1.05E-06 | 1.04E-06 | 5.83E-09 | 1.05E-06 |
| Se | 0.00E+00 | 5.29E-07 | 3.29E-09 | 5.32E-07 | 5.29E-07 | 4.03E-09 | 5.33E-07 |
| Tl | 0.00E+00 | 6.02E-10 | 2.06E-10 | 8.08E-10 | 6.02E-10 | 2.52E-10 | 8.54E-10 |
| V | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 1.10E-06 | 1.10E-06 | 0.00E+00 | 1.34E-06 | 1.34E-06 |

Tabella 40. Concentrazione dei contaminanti nei prodotti ortofrutticoli (valori minimi)

| Sostanza | Prodotti sottoterra (mg/kg s.u.) | Vegetali – assorbimento radicale (mg/kg s.u.) | Vegetali – assorbimento per deposizione diretta (mg/kg s.u.) | Vegetali – somma (mg/kg s.u.) | Frutta – assorbimento radicale (mg/kg s.u.) | Frutta – assorbimento per deposizione diretta (mg/kg s.u.) | Frutta – somma (mg/kg s.u.) |
|----------|--|--|--|-------------------------------------|--|--|--------------------------------|
| As | 0.00E+00 | 2.21E-06 | 3.79E-08 | 2.25E-06 | 2.21E-06 | 4.63E-08 | 2.26E-06 |

| Sostanza | Prodotti sottoterra (mg/kg s.u.) | Vegetali – assorbimento radicale (mg/kg s.u.) | Vegetali – assorbimento per deposizione diretta (mg/kg s.u.) | Vegetali – somma (mg/kg s.u.) | Frutta – assorbimento radicale (mg/kg s.u.) | Frutta – assorbimento per deposizione diretta (mg/kg s.u.) | Frutta – somma (mg/kg s.u.) |
|----------|--|--|--|-------------------------------------|--|--|--------------------------------|
| Be | 0.00E+00 | 2.84E-09 | 2.59E-10 | 3.10E-09 | 2.84E-09 | 3.17E-10 | 3.15E-09 |
| Cd | 0.00E+00 | 9.69E-07 | 2.08E-09 | 9.71E-07 | 9.69E-07 | 2.54E-09 | 9.72E-07 |
| Ni | 0.00E+00 | 2.79E-06 | 4.78E-08 | 2.84E-06 | 2.79E-06 | 5.84E-08 | 2.85E-06 |
| Pb | 0.00E+00 | 1.13E-05 | 1.72E-07 | 1.15E-05 | 1.13E-05 | 2.10E-07 | 1.15E-05 |
| Hg | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 5.10E-10 | 5.10E-10 | 0.00E+00 | 6.23E-10 | 6.23E-10 |
| Cr VI | 0.00E+00 | 4.87E-08 | 1.48E-09 | 5.02E-08 | 4.87E-08 | 1.81E-09 | 5.05E-08 |
| Cr | 0.00E+00 | 3.14E-05 | 9.57E-07 | 3.24E-05 | 3.14E-05 | 1.17E-06 | 3.26E-05 |
| Cu | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 2.85E-08 | 2.85E-08 | 0.00E+00 | 3.49E-08 | 3.49E-08 |
| Sb | 0.00E+00 | 5.49E-07 | 2.51E-09 | 5.51E-07 | 5.49E-07 | 3.06E-09 | 5.52E-07 |
| Se | 0.00E+00 | 2.87E-07 | 1.79E-09 | 2.88E-07 | 2.87E-07 | 2.18E-09 | 2.89E-07 |
| Tl | 0.00E+00 | 3.35E-10 | 1.15E-10 | 4.50E-10 | 3.35E-10 | 1.40E-10 | 4.76E-10 |
| V | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 5.71E-07 | 5.71E-07 | 0.00E+00 | 6.98E-07 | 6.98E-07 |

Tabella 41. Concentrazione dei contaminanti nei prodotti ortofrutticoli (valori massimi)

| Sostanza | Prodotti sottoterra (mg/kg s.u.) | Vegetali – assorbimento radicale (mg/kg s.u.) | Vegetali – assorbimento per deposizione diretta (mg/kg s.u.) | Vegetali – somma (mg/kg s.u.) | Frutta – assorbimento radicale (mg/kg s.u.) | Frutta – assorbimento per deposizione diretta (mg/kg s.u.) | Frutta – somma (mg/kg s.u.) |
|----------|--|--|--|-------------------------------------|--|--|--------------------------------|
| As | 0.00E+00 | 7.82E-06 | 1.34E-07 | 7.95E-06 | 7.82E-06 | 1.64E-07 | 7.98E-06 |
| Be | 0.00E+00 | 9.32E-09 | 8.52E-10 | 1.02E-08 | 9.32E-09 | 1.04E-09 | 1.04E-08 |
| Cd | 0.00E+00 | 3.11E-06 | 6.66E-09 | 3.12E-06 | 3.11E-06 | 8.14E-09 | 3.12E-06 |
| Ni | 0.00E+00 | 9.86E-06 | 1.69E-07 | 1.00E-05 | 9.86E-06 | 2.06E-07 | 1.01E-05 |
| Pb | 0.00E+00 | 3.57E-05 | 5.43E-07 | 3.62E-05 | 3.57E-05 | 6.64E-07 | 3.63E-05 |
| Hg | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 1.77E-09 | 1.77E-09 | 0.00E+00 | 2.16E-09 | 2.16E-09 |
| Cr VI | 0.00E+00 | 1.75E-07 | 5.32E-09 | 1.80E-07 | 1.75E-07 | 6.50E-09 | 1.81E-07 |
| Cr | 0.00E+00 | 1.12E-04 | 3.42E-06 | 1.16E-04 | 1.12E-04 | 4.18E-06 | 1.17E-04 |
| Cu | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 9.85E-08 | 9.85E-08 | 0.00E+00 | 1.20E-07 | 1.20E-07 |
| Sb | 0.00E+00 | 1.92E-06 | 8.79E-09 | 1.93E-06 | 1.92E-06 | 1.07E-08 | 1.93E-06 |
| Se | 0.00E+00 | 9.32E-07 | 5.80E-09 | 9.37E-07 | 9.32E-07 | 7.09E-09 | 9.39E-07 |
| Tl | 0.00E+00 | 1.19E-09 | 4.09E-10 | 1.60E-09 | 1.19E-09 | 5.00E-10 | 1.69E-09 |
| V | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 2.05E-06 | 2.05E-06 | 0.00E+00 | 2.50E-06 | 2.50E-06 |

Le concentrazioni dei contaminanti nei prodotti agricoli facenti parte della dieta animale sono state determinate mediante le formule (11) e (13) dell'Appendice A1 e sono riportate in Tabella 42, Tabella 43 e Tabella 44 in riferimento rispettivamente ai valori medi, minimi e massimi delle deposizione di riferimento (Tabella 36).

Tabella 42. Concentrazione dei contaminanti nei prodotti della dieta animale (valori medi)

| Sostanza | Foraggio – assorbimento radicale (mg/kg s.s.) | Foraggio – assorbimento per deposizione diretta (mg/kg s.s.) | Pascolo – assorbimento radicale (mg/kg s.s.) | Pascolo – assorbimento per deposizione diretta (mg/kg s.s.) | Cereali (mg/kg s.s.) |
|----------|---|---|--|--|-------------------------|
| As | 1.90E-05 | 8.12E-07 | 1.90E-05 | 7.97E-07 | 2.12E-06 |
| Be | 3.51E-08 | 5.38E-09 | 3.51E-08 | 5.29E-09 | 5.26E-09 |
| Cd | 1.00E-05 | 4.22E-08 | 1.00E-05 | 4.15E-08 | 1.70E-06 |
| Ni | 2.13E-05 | 1.02E-06 | 2.13E-05 | 1.00E-06 | 3.99E-06 |
| Pb | 1.03E-04 | 3.52E-06 | 1.03E-04 | 3.45E-06 | 2.06E-05 |
| Hg | 0.00E+00 | 1.08E-08 | 0.00E+00 | 1.06E-08 | 0.00E+00 |
| Cr VI | 1.56E-07 | 3.19E-08 | 1.56E-07 | 3.13E-08 | 9.34E-08 |
| Cr | 1.01E-04 | 2.06E-05 | 1.01E-04 | 2.02E-05 | 6.03E-05 |
| Cu | 0.00E+00 | 6.04E-07 | 0.00E+00 | 5.93E-07 | 0.00E+00 |

| Sostanza | Foraggio – assorbimento radicale (mg/kg s.s.) | Foraggio – assorbimento per deposizione diretta (mg/kg s.s.) | Pascolo – assorbimento radicale (mg/kg s.s.) | Pascolo – assorbimento per deposizione diretta (mg/kg s.s.) | Cereali (mg/kg s.s.) |
|----------|---|---|--|--|-------------------------|
| Sb | 6.96E-06 | 5.35E-08 | 6.96E-06 | 5.25E-08 | 1.04E-06 |
| Se | 3.85E-07 | 3.69E-08 | 3.85E-07 | 3.62E-08 | 4.81E-08 |
| Tl | 6.02E-09 | 2.31E-09 | 6.02E-09 | 2.27E-09 | 6.02E-10 |
| V | 0.00E+00 | 1.23E-05 | 0.00E+00 | 1.21E-05 | 0.00E+00 |

Tabella 43. Concentrazione dei contaminanti nei prodotti della dieta animale (valori minimi)

| Sostanza | Foraggio – assorbimento radicale (mg/kg s.s.) | Foraggio – assorbimento per deposizione diretta (mg/kg s.s.) | Pascolo – assorbimento radicale (mg/kg s.s.) | Pascolo – assorbimento per deposizione diretta (mg/kg s.s.) | Cereali (mg/kg s.s.) |
|----------|---|---|--|--|-------------------------|
| As | 9.96E-06 | 4.25E-07 | 9.96E-06 | 4.17E-07 | 1.11E-06 |
| Be | 1.89E-08 | 2.90E-09 | 1.89E-08 | 2.85E-09 | 2.84E-09 |
| Cd | 5.51E-06 | 2.33E-08 | 5.51E-06 | 2.28E-08 | 9.39E-07 |
| Ni | 1.12E-05 | 5.35E-07 | 1.12E-05 | 5.26E-07 | 2.09E-06 |
| Pb | 5.65E-05 | 1.93E-06 | 5.65E-05 | 1.89E-06 | 1.13E-05 |
| Hg | 0.00E+00 | 5.71E-09 | 0.00E+00 | 5.61E-09 | 0.00E+00 |
| Cr VI | 8.11E-08 | 1.66E-08 | 8.11E-08 | 1.63E-08 | 4.87E-08 |
| Cr | 5.24E-05 | 1.07E-05 | 5.24E-05 | 1.05E-05 | 3.14E-05 |
| Cu | 0.00E+00 | 3.20E-07 | 0.00E+00 | 3.14E-07 | 0.00E+00 |
| Sb | 3.66E-06 | 2.81E-08 | 3.66E-06 | 2.76E-08 | 5.49E-07 |
| Se | 2.08E-07 | 2.00E-08 | 2.08E-07 | 1.96E-08 | 2.61E-08 |
| Tl | 3.35E-09 | 1.29E-09 | 3.35E-09 | 1.26E-09 | 3.35E-10 |
| V | 0.00E+00 | 6.40E-06 | 0.00E+00 | 6.28E-06 | 0.00E+00 |

Tabella 44. Concentrazione dei contaminanti nei prodotti della dieta animale (valori massimi)

| Sostanza | Foraggio – assorbimento radicale (mg/kg s.s.) | Foraggio – assorbimento per deposizione diretta (mg/kg s.s.) | Pascolo – assorbimento radicale (mg/kg s.s.) | Pascolo – assorbimento per deposizione diretta (mg/kg s.s.) | Cereali (mg/kg s.s.) |
|----------|---|---|--|--|-------------------------|
| As | 3.52E-05 | 1.50E-06 | 3.52E-05 | 1.47E-06 | 3.91E-06 |
| Be | 6.21E-08 | 9.54E-09 | 6.21E-08 | 9.37E-09 | 9.32E-09 |
| Cd | 1.77E-05 | 7.47E-08 | 1.77E-05 | 7.33E-08 | 3.01E-06 |
| Ni | 3.94E-05 | 1.89E-06 | 3.94E-05 | 1.86E-06 | 7.39E-06 |
| Pb | 1.78E-04 | 6.09E-06 | 1.78E-04 | 5.97E-06 | 3.57E-05 |
| Hg | 0.00E+00 | 1.98E-08 | 0.00E+00 | 1.95E-08 | 0.00E+00 |
| Cr VI | 2.91E-07 | 5.96E-08 | 2.91E-07 | 5.85E-08 | 1.75E-07 |
| Cr | 1.87E-04 | 3.84E-05 | 1.87E-04 | 3.77E-05 | 1.12E-04 |
| Cu | 0.00E+00 | 1.10E-06 | 0.00E+00 | 1.08E-06 | 0.00E+00 |
| Sb | 1.28E-05 | 9.84E-08 | 1.28E-05 | 9.66E-08 | 1.92E-06 |
| Se | 6.78E-07 | 6.50E-08 | 6.78E-07 | 6.38E-08 | 8.47E-08 |
| Tl | 1.19E-08 | 4.59E-09 | 1.19E-08 | 4.50E-09 | 1.19E-09 |
| V | 0.00E+00 | 2.29E-05 | 0.00E+00 | 2.25E-05 | 0.00E+00 |

Le concentrazioni dei contaminanti nei prodotti alimentari di origine animale sono state determinate mediante la formula (14) dell'Appendice A1 e sono riportate in Tabella 45, Tabella 46 e Tabella 47 in riferimento ai valori medi, minimi e massimi delle deposizioni di riferimento (Tabella 36).

Tabella 45. Concentrazione di contaminanti nei prodotti alimentari di origine animale (valori medi)

| Sostanza | Carne ovina (mg/kg prodotto) | Carne di capra (mg/kg prodotto) | Formaggio ovicaprino (mg/kg prodotto) |
|----------|---------------------------------|------------------------------------|--|
| As | 1.42E-07 | 1.49E-07 | 2.62E-08 |
| Be | 3.35E-10 | 3.71E-10 | 1.91E-12 |
| Cd | 2.11E-09 | 2.01E-09 | 6.69E-10 |

| Sostanza | Carne ovina (mg/kg prodotto) | Carne di capra (mg/kg prodotto) | Formaggio oviceprino (mg/kg prodotto) |
|----------|---------------------------------|------------------------------------|--|
| Ni | 5.17E-07 | 5.51E-07 | 5.34E-07 |
| Pb | 1.03E-07 | 1.08E-07 | 5.27E-07 |
| Hg | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| Cr VI | 1.07E-08 | 1.21E-08 | 1.86E-08 |
| Cr | 6.88E-06 | 7.80E-06 | 1.20E-05 |
| Cu | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| Sb | 1.34E-08 | 1.29E-08 | 7.91E-09 |
| Se | 5.68E-09 | 6.20E-09 | 9.29E-08 |
| Tl | 5.19E-09 | 5.85E-09 | 1.66E-09 |
| V | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |

Tabella 46. Concentrazione di contaminanti nei prodotti alimentari di origine animale (valori minimi)

| Sostanza | Carne ovina (mg/kg prodotto) | Carne di capra (mg/kg prodotto) | Formaggio oviceprino (mg/kg prodotto) |
|----------|---------------------------------|------------------------------------|--|
| As | 7.43E-08 | 7.79E-08 | 1.37E-08 |
| Be | 1.80E-10 | 2.00E-10 | 1.03E-12 |
| Cd | 1.16E-09 | 1.11E-09 | 3.69E-10 |
| Ni | 2.71E-07 | 2.88E-07 | 2.80E-07 |
| Pb | 5.65E-08 | 5.92E-08 | 2.89E-07 |
| Hg | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| Cr VI | 5.55E-09 | 6.29E-09 | 9.69E-09 |
| Cr | 3.58E-06 | 4.06E-06 | 6.26E-06 |
| Cu | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| Sb | 7.04E-09 | 6.80E-09 | 4.15E-09 |
| Se | 3.08E-09 | 3.36E-09 | 5.04E-08 |
| Tl | 2.89E-09 | 3.26E-09 | 9.23E-10 |
| V | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |

Tabella 47. Concentrazione di contaminanti nei prodotti alimentari di origine animale (valori massimi)

| Sostanza | Carne ovina (mg/kg prodotto) | Carne di capra (mg/kg prodotto) | Formaggio oviceprino (mg/kg prodotto) |
|----------|---------------------------------|------------------------------------|--|
| As | 2.63E-07 | 2.75E-07 | 4.84E-08 |
| Be | 5.93E-10 | 6.58E-10 | 3.38E-12 |
| Cd | 3.73E-09 | 3.55E-09 | 1.18E-09 |
| Ni | 9.58E-07 | 1.02E-06 | 9.89E-07 |
| Pb | 1.78E-07 | 1.87E-07 | 9.13E-07 |
| Hg | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| Cr VI | 1.99E-08 | 2.26E-08 | 3.48E-08 |
| Cr | 1.28E-05 | 1.45E-05 | 2.24E-05 |
| Cu | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |
| Sb | 2.47E-08 | 2.38E-08 | 1.46E-08 |
| Se | 1.00E-08 | 1.09E-08 | 1.64E-07 |
| Tl | 1.03E-08 | 1.16E-08 | 3.29E-09 |
| V | 0.00E+00 | 0.00E+00 | 0.00E+00 |

La dose assunta giornalmente per l'intera vita attraverso i prodotti di origine vegetale e animale è stata calcolata mediante la formula (10) dell'Appendice A1, in riferimento ai soli elementi cancerogeni. I valori riferiti alle tre classi di età considerate sono riportati in Tabella 48, Tabella 49 e Tabella 50, in riferimento rispettivamente ai valori medi, minimi e massimi delle deposizioni.

Tabella 48. Dose di contaminante assunta giornalmente per l'intera vita (LADD) per l'ingestione attraverso la catena alimentare (valori medi)

| Sostanza | Bambini Piccoli (0-2 anni) mg/kg-day | Bambini (3-9 anni) (mg/kg-day) | Adulti (mg/kg-day) |
|----------|---|-----------------------------------|-----------------------|
| As | 1.01E-09 | 2.18E-09 | 4.38E-09 |
| Cd | 4.09E-10 | 8.89E-10 | 1.79E-09 |
| Pb | 4.88E-09 | 1.06E-08 | 2.13E-08 |
| Cr VI | 2.33E-11 | 4.99E-11 | 9.98E-11 |

Tabella 49. Dose di contaminante assunta giornalmente per l'intera vita (LADD) per l'ingestione attraverso la catena alimentare (valori minimi)

| Sostanza | Bambini Piccoli (0-2 anni) mg/kg-day | Bambini (3-9 anni) (mg/kg-day) | Adulti (mg/kg-day) |
|----------|---|-----------------------------------|-----------------------|
| As | 5.26E-10 | 1.14E-09 | 2.29E-09 |
| Cd | 2.25E-10 | 4.90E-10 | 9.86E-10 |
| Pb | 2.68E-09 | 5.81E-09 | 1.17E-08 |
| Cr VI | 1.21E-11 | 2.60E-11 | 5.20E-11 |

Tabella 50. Dose di contaminante assunta giornalmente per l'intera vita (LADD) per l'ingestione attraverso la catena alimentare (valori massimi)

| Sostanza | Bambini Piccoli (0-2 anni) mg/kg-day | Bambini (3-9 anni) (mg/kg-day) | Adulti (mg/kg-day) |
|----------|---|-----------------------------------|-----------------------|
| As | 1.86E-09 | 4.02E-09 | 8.09E-09 |
| Cd | 7.23E-10 | 1.57E-09 | 3.17E-09 |
| Pb | 8.45E-09 | 1.83E-08 | 3.69E-08 |
| Cr VI | 4.35E-11 | 9.33E-11 | 1.87E-10 |

Nel seguito sono riportati i valori del rischio cancerogeno, per singolo contaminante (formula (5) dell'Appendice A1) e cumulato, riferiti alle tre classi di età considerate e alla somma delle tre (rischio complessivo), calcolati rispettivamente sulla base delle deposizioni medie (Tabella 51), minime (Tabella 52) e massime (Tabella 53).

Dalle tabelle emerge che i valori del rischio cancerogeni sono ben al di sotto del valore di trascurabilità (10^{-6}):

- il massimo del rischio cancerogeno cumulato (in riferimento ai valori massimi di deposizione) si ha per gli adulti ed è pari a $1.38E-08$;
- il massimo rischio cancerogeno cumulato totale (somma dei rischi cumulati delle tre classi di età) è pari a $2.37E-08$.

Tabella 51. Valori del rischio cancerogeno per ingestione attraverso la catena alimentare calcolato sulla base della deposizione media

| Sostanza | Bambini Piccoli (0-2 anni) | Bambini (3-9 anni) | Adulti | Totale |
|------------------|----------------------------|--------------------|----------|----------|
| As | 1.51E-09 | 3.26E-09 | 6.57E-09 | 1.13E-08 |
| Cd | 1.56E-10 | 3.38E-10 | 6.80E-10 | 1.17E-09 |
| Pb | 4.15E-11 | 9.00E-11 | 1.81E-10 | 3.13E-10 |
| Cr VI | 1.16E-11 | 2.49E-11 | 4.99E-11 | 8.65E-11 |
| Rischio cumulato | 1.72E-09 | 3.72E-09 | 7.48E-09 | 1.29E-08 |

Tabella 52. Valori del rischio cancerogeno per ingestione attraverso la catena alimentare calcolato sulla base della deposizione minima

| Sostanza | Bambini Piccoli (0-2 anni) | Bambini (3-9 anni) | Adulti | Totale |
|------------------|----------------------------|--------------------|----------|----------|
| As | 7.89E-10 | 1.71E-09 | 3.44E-09 | 5.93E-09 |
| Cd | 8.57E-11 | 1.86E-10 | 3.75E-10 | 6.47E-10 |
| Pb | 2.28E-11 | 4.94E-11 | 9.94E-11 | 1.72E-10 |
| Cr VI | 6.06E-12 | 1.30E-11 | 2.60E-11 | 4.51E-11 |
| Rischio cumulato | 9.04E-10 | 1.96E-09 | 3.94E-09 | 6.80E-09 |

Tabella 53. Valori del rischio cancerogeno per ingestione attraverso la catena alimentare calcolato sulla base della deposizione massima

| Sostanza | Bambini Piccoli (0-2 anni) | Bambini (3-9 anni) | Adulti | Totale |
|------------------|----------------------------|--------------------|----------|----------|
| As | 2.79E-09 | 6.03E-09 | 1.21E-08 | 2.10E-08 |
| Cd | 2.75E-10 | 5.97E-10 | 1.20E-09 | 2.07E-09 |
| Pb | 7.18E-11 | 1.56E-10 | 3.14E-10 | 5.41E-10 |
| Cr VI | 2.18E-11 | 4.66E-11 | 9.33E-11 | 1.62E-10 |
| Rischio cumulato | 3.16E-09 | 6.83E-09 | 1.38E-08 | 2.37E-08 |

Ai fini della determinazione del rischio tossico, la dose di contaminante assunta giornalmente attraverso i prodotti di origine vegetale e animale è stata calcolata mediante la formula (10) dell'Appendice A1. I valori riferiti alle tre classi di età considerate sono riportati in Tabella 54, Tabella 55 e Tabella 56 in riferimento rispettivamente ai valori medi, minimi e massimi di deposizione.

Tabella 54. Dose di contaminante assunta giornalmente (ADD) per l'ingestione attraverso la catena alimentare (valori medi)

| Sostanza | Bambini Piccoli (0-2 anni) mg/kg-day | Bambini (3-9 anni) (mg/kg-day) | Adulti (mg/kg-day) |
|----------|---|-----------------------------------|-----------------------|
| As | 2.35E-08 | 2.18E-08 | 1.53E-08 |
| Be | 3.18E-11 | 2.93E-11 | 2.06E-11 |
| Cd | 9.55E-09 | 8.89E-09 | 6.27E-09 |
| Ni | 3.01E-08 | 2.77E-08 | 1.95E-08 |
| Pb | 1.14E-07 | 1.06E-07 | 7.46E-08 |
| Hg | 6.23E-12 | 5.45E-12 | 3.83E-12 |
| CrVI | 5.43E-10 | 4.99E-10 | 3.49E-10 |
| Cr | 3.51E-07 | 3.22E-07 | 2.26E-07 |
| Cu | 3.47E-10 | 3.04E-10 | 2.14E-10 |
| Sb | 5.70E-09 | 5.30E-09 | 3.73E-09 |
| Se | 2.94E-09 | 2.74E-09 | 1.92E-09 |
| Tl | 9.36E-12 | 5.96E-12 | 3.87E-12 |
| V | 7.09E-09 | 6.21E-09 | 4.36E-09 |

Tabella 55. Dose di contaminante assunta giornalmente (ADD) per l'ingestione attraverso la catena alimentare (valori minimi)

| Sostanza | Bambini Piccoli (0-2 anni) mg/kg-day | Bambini (3-9 anni) (mg/kg-day) | Adulti (mg/kg-day) |
|----------|---|-----------------------------------|-----------------------|
| As | 1.23E-08 | 1.14E-08 | 8.02E-09 |
| Be | 1.71E-11 | 1.58E-11 | 1.11E-11 |
| Cd | 5.26E-09 | 4.90E-09 | 3.45E-09 |
| Ni | 1.58E-08 | 1.45E-08 | 1.02E-08 |
| Pb | 6.25E-08 | 5.81E-08 | 4.09E-08 |
| Hg | 3.29E-12 | 2.88E-12 | 2.02E-12 |
| CrVI | 2.83E-10 | 2.60E-10 | 1.82E-10 |
| Cr | 1.83E-07 | 1.68E-07 | 1.18E-07 |
| Cu | 1.84E-10 | 1.61E-10 | 1.13E-10 |
| Sb | 2.99E-09 | 2.78E-09 | 1.96E-09 |

| Sostanza | Bambini Piccoli (0-2 anni) mg/kg-day) | Bambini (3-9 anni) (mg/kg-day) | Adulti (mg/kg-day) |
|----------|--|-----------------------------------|-----------------------|
| Se | 1.60E-09 | 1.48E-09 | 1.04E-09 |
| Tl | 5.22E-12 | 3.32E-12 | 2.16E-12 |
| V | 3.68E-09 | 3.22E-09 | 2.26E-09 |

Tabella 56. Dose di contaminante assunta giornalmente (ADD) per l'ingestione attraverso la catena alimentare (valori massimi)

| Sostanza | Bambini Piccoli (0-2 anni) mg/kg-day) | Bambini (3-9 anni) (mg/kg-day) | Adulti (mg/kg-day) |
|----------|--|-----------------------------------|-----------------------|
| As | 1.23E-08 | 1.14E-08 | 8.02E-09 |
| Be | 1.71E-11 | 1.58E-11 | 1.11E-11 |
| Cd | 5.26E-09 | 4.90E-09 | 3.45E-09 |
| Ni | 1.58E-08 | 1.45E-08 | 1.02E-08 |
| Pb | 6.25E-08 | 5.81E-08 | 4.09E-08 |
| Hg | 3.29E-12 | 2.88E-12 | 2.02E-12 |
| CrVI | 2.83E-10 | 2.60E-10 | 1.82E-10 |
| Cr | 1.83E-07 | 1.68E-07 | 1.18E-07 |
| Cu | 1.84E-10 | 1.61E-10 | 1.13E-10 |
| Sb | 2.99E-09 | 2.78E-09 | 1.96E-09 |
| Se | 1.60E-09 | 1.48E-09 | 1.04E-09 |
| Tl | 5.22E-12 | 3.32E-12 | 2.16E-12 |
| V | 3.68E-09 | 3.22E-09 | 2.26E-09 |

Nelle successive Tabelle sono riportati i valori del rischio tossico per singolo contaminante (formula (6) dell'Appendice A1) e cumulato, riferiti alle tre classi di età considerate, calcolati rispettivamente sulla base delle deposizioni medie, minime e massime di riferimento. Dalle tabelle emerge che il massimo dell'indice di pericolo cumulato HI si ha in riferimento al recettore *bambini piccoli* ed è pari a 2.70E-04, di ordini di grandezza inferiore all'unità

Tabella 57. Valori del rischio tossico HQ per l'ingestione attraverso la catena alimentare calcolato sulla base della deposizione media

| Sostanza | Bambini Piccoli (0-2 anni) | Bambini (3-9 anni) | Adulti |
|----------|----------------------------|--------------------|----------|
| As | 7.83E-05 | 7.25E-05 | 5.11E-05 |
| Be | 1.59E-08 | 1.46E-08 | 1.03E-08 |
| Cd | 1.91E-05 | 1.78E-05 | 1.25E-05 |
| Ni | 1.50E-06 | 1.39E-06 | 9.73E-07 |
| Pb | 3.26E-05 | 3.03E-05 | 2.13E-05 |
| Hg | 2.08E-08 | 1.82E-08 | 1.28E-08 |
| CrVI | 1.81E-07 | 1.66E-07 | 1.16E-07 |
| Cr | 2.34E-07 | 2.15E-07 | 1.50E-07 |
| Cu | 8.69E-09 | 7.61E-09 | 5.34E-09 |
| Sb | 1.42E-05 | 1.32E-05 | 9.33E-06 |
| Se | 5.89E-07 | 5.47E-07 | 3.84E-07 |
| Tl | 9.36E-07 | 5.96E-07 | 3.87E-07 |
| V | 1.42E-06 | 1.24E-06 | 8.72E-07 |
| HI | 1.49E-04 | 1.38E-04 | 9.72E-05 |

Tabella 58. Valori del rischio tossico per l'ingestione attraverso la catena alimentare calcolato sulla base della deposizione minima

| Sostanza | Bambini Piccoli (0-2 anni) | Bambini (3-9 anni) | Adulti |
|----------|----------------------------|--------------------|----------|
| As | 4.09E-05 | 3.79E-05 | 2.67E-05 |
| Be | 8.57E-09 | 7.89E-09 | 5.56E-09 |
| Cd | 1.05E-05 | 9.79E-06 | 6.90E-06 |
| Ni | 7.88E-07 | 7.26E-07 | 5.10E-07 |
| Pb | 1.79E-05 | 1.66E-05 | 1.17E-05 |

| Sostanza | Bambini Piccoli (0-2 anni) | Bambini (3-9 anni) | Adulti |
|----------|----------------------------|--------------------|----------|
| Hg | 1.10E-08 | 9.59E-09 | 6.74E-09 |
| CrVI | 9.43E-08 | 8.67E-08 | 6.07E-08 |
| Cr | 1.22E-07 | 1.12E-07 | 7.84E-08 |
| Cu | 4.60E-09 | 4.02E-09 | 2.83E-09 |
| Sb | 7.48E-06 | 6.95E-06 | 4.90E-06 |
| Se | 3.19E-07 | 2.97E-07 | 2.08E-07 |
| Tl | 5.22E-07 | 3.32E-07 | 2.16E-07 |
| V | 7.36E-07 | 6.44E-07 | 4.53E-07 |
| HI | 7.94E-05 | 7.35E-05 | 5.18E-05 |

Tabella 59. Valori del rischio tossico per l'ingestione attraverso la catena alimentare calcolato sulla base della deposizione massima

| Sostanza | Bambini Piccoli (0-2 anni) | Bambini (3-9 anni) | Adulti |
|----------|----------------------------|--------------------|----------|
| As | 1.45E-04 | 1.34E-04 | 9.44E-05 |
| Be | 2.82E-08 | 2.59E-08 | 1.83E-08 |
| Cd | 3.38E-05 | 3.14E-05 | 2.22E-05 |
| Ni | 2.79E-06 | 2.57E-06 | 1.80E-06 |
| Pb | 5.63E-05 | 5.24E-05 | 3.69E-05 |
| Hg | 3.80E-08 | 3.33E-08 | 2.34E-08 |
| CrVI | 3.38E-07 | 3.11E-07 | 2.18E-07 |
| Cr | 4.36E-07 | 4.00E-07 | 2.80E-07 |
| Cu | 1.59E-08 | 1.39E-08 | 9.76E-09 |
| Sb | 2.62E-05 | 2.44E-05 | 1.72E-05 |
| Se | 1.04E-06 | 9.64E-07 | 6.76E-07 |
| Tl | 1.86E-06 | 1.18E-06 | 7.68E-07 |
| V | 2.64E-06 | 2.31E-06 | 1.62E-06 |
| HI | 2.70E-04 | 2.50E-04 | 1.76E-04 |

In sintesi dunque i risultati dell'analisi presentata evidenziano che il rischio (cancerogeno e tossico) relativo all'ingestione attraverso la catena alimentare è ben al di sotto dei limiti di accettabilità; inoltre esso è di ordini di grandezza più basso di quello associato alla via inalatoria, nonostante le numerose ipotesi cautelative assunte alla base del calcolo che, in sintesi, sono:

- si assume che il fabbisogno alimentare della popolazione, in riferimento agli alimenti considerati, provenga unicamente dal territorio del comune di Portoscuso;
- sono stati considerati i valori di deposizione delle due aree agricole in cui la deposizione di contaminanti è massima (prossime alla zona industriale). In realtà la deposizione diminuisce velocemente allontanandosi dalla zona industriale;
- è stato considerato che i prodotti agricoli destinati all'alimentazione ovi-caprina provengano unicamente dalle due aree agricole in cui la deposizione di contaminanti è massima (prossime alla zona industriale);
- la concentrazione nel suolo utilizzata per la valutazione dell'esposizione è calcolata sulla base della deposizione cumulata per l'intera durata del progetto. Questo significa che le valutazioni vengono effettuate considerando il valore di concentrazione di esposizione che si ha dopo 20 anni già dal 1° anno e, per tutto il periodo, fino al 20°;

- non vengono presi in considerazione i fenomeni di dispersione della contaminazione al suolo, come la percolazione, il trasporto per scorrimento dell'acqua di corrivazione e l'erosione eolica, che determinano una diminuzione della concentrazione attesa;
- non vengono presi in considerazione i fenomeni di dispersione dei contaminanti nell'apparato fogliare e nei frutti, come il dilavamento ad opera degli eventi meteorici e l'azione del vento (sia diretta di risospensione dei contaminanti sia indiretta indotta dall'azione meccanica di scuotimento).

11.3.3 Contatto dermico

Il rischio cancerogeno per contatto dermico è stato calcolato (formula (5) dell'Appendice A1) in riferimento ai seguenti inquinanti: Arsenico, Cadmio, Cromo VI e Piombo.

Il rischio tossico per contatto dermico è stato calcolato (formula (6) dell'Appendice A1) per: Arsenico, Berillio, Cadmio, Nichel, Cromo, Cromo VI, Rame, Mercurio, Piombo, Antimonio, Selenio, Tallio, Vanadio e Fluoruri.

Il calcolo è stato effettuato in riferimento:

- alle deposizioni massime nelle aree agricole riportate in Tabella 36;
- alle spiagge di Portovesme e Portopaglietto utilizzando le deposizioni riportate in Tabella 37.

La concentrazione di contaminanti nel suolo (formula (19) Appendice A1) è stata calcolata in riferimento alla zona di miscelazione di spessore di 2 cm; il valore cumulato di deposizione è stato, cautelativamente, riferito all'intera durata del progetto (deposizioni annue di riferimento moltiplicate per 1.5 (incertezza) e per 20 anni (durata progetto)). Nei calcoli sono stati trascurati, cautelativamente, i fenomeni di dispersione della contaminazione al suolo, a causa di fenomeni quali la percolazione, il trasporto da parte dell'acqua di corrivazione e l'erosione eolica, che determinano una diminuzione della concentrazione.

In Tabella 60 sono riportate le concentrazioni di riferimento nel suolo per le aree agricole mentre in Tabella 61 sono riportate le concentrazioni nel suolo relative alle spiagge.

Tabella 60. Concentrazioni massime nel suolo - Aree agricole

| Sostanza | Concentrazione minima nel suolo (mg/kg) | Concentrazione media nel suolo (mg/kg) | Concentrazione massima nel suolo (mg/kg) |
|-----------|---|--|--|
| Arsenico | 2.77E-03 | 5.29E-03 | 9.77E-03 |
| Berillio | 1.89E-05 | 3.51E-05 | 6.21E-05 |
| Cadmio | 1.51E-04 | 2.75E-04 | 4.86E-04 |
| Nichel | 3.49E-03 | 6.65E-03 | 1.23E-02 |
| Piombo | 1.26E-02 | 2.29E-02 | 3.96E-02 |
| Mercurio | 3.72E-05 | 7.05E-05 | 1.29E-04 |
| Cromo VI | 1.08E-04 | 2.08E-04 | 3.88E-04 |
| Cromo | 6.98E-02 | 1.34E-01 | 2.50E-01 |
| Rame | 2.08E-03 | 3.93E-03 | 7.19E-03 |
| Antimonio | 1.83E-04 | 3.48E-04 | 6.41E-04 |
| Selenio | 1.30E-04 | 2.40E-04 | 4.23E-04 |
| Tallio | 8.39E-06 | 1.50E-05 | 2.99E-05 |
| Vanadio | 4.17E-02 | 8.02E-02 | 1.49E-01 |

| Sostanza | Concentrazione minima nel suolo (mg/kg) | Concentrazione media nel suolo (mg/kg) | Concentrazione massima nel suolo (mg/kg) |
|----------|---|--|--|
| Fluoruri | 2.77E-03 | 5.29E-03 | 9.77E-03 |

Tabella 61. Concentrazioni negli arenili delle spiagge di Portovesme e Portopaglietto

| Sostanza | Concentrazione minima nel suolo (mg/kg) | Concentrazione media nel suolo (mg/kg) | Concentrazione massima nel suolo (mg/kg) | Concentrazione minima nel suolo (mg/kg) | Concentrazione media nel suolo (mg/kg) | Concentrazione massima nel suolo (mg/kg) |
|-----------|---|--|--|---|--|--|
| | Spiaggia di Portovesme | | | Spiaggia di Portopaglietto | | |
| Arsenico | 1.92E-04 | 2.01E-04 | 2.40E-04 | 9.79E-05 | 1.02E-04 | 1.09E-04 |
| Berillio | 5.48E-06 | 5.70E-06 | 6.82E-06 | 2.70E-06 | 2.80E-06 | 2.95E-06 |
| Cadmio | 5.94E-05 | 6.44E-05 | 7.87E-05 | 3.07E-05 | 3.17E-05 | 3.32E-05 |
| Nichel | 3.32E-04 | 3.73E-04 | 4.33E-04 | 1.71E-04 | 1.82E-04 | 1.99E-04 |
| Piombo | 4.29E-03 | 4.75E-03 | 5.85E-03 | 2.26E-03 | 2.32E-03 | 2.42E-03 |
| Mercurio | 5.17E-06 | 5.57E-06 | 6.39E-06 | 2.68E-06 | 2.81E-06 | 3.02E-06 |
| Cromo VI | 1.03E-05 | 1.24E-05 | 1.62E-05 | 6.08E-06 | 6.59E-06 | 7.33E-06 |
| Cromo | 2.98E-03 | 3.53E-03 | 4.44E-03 | 1.81E-03 | 1.94E-03 | 2.15E-03 |
| Rame | 4.39E-04 | 4.85E-04 | 5.49E-04 | 2.24E-04 | 2.38E-04 | 2.58E-04 |
| Antimonio | 2.18E-05 | 2.37E-05 | 2.67E-05 | 1.13E-05 | 1.19E-05 | 1.28E-05 |
| Selenio | 3.58E-05 | 3.94E-05 | 4.84E-05 | 1.86E-05 | 1.92E-05 | 2.00E-05 |
| Tallio | 3.75E-06 | 4.13E-06 | 5.05E-06 | 1.95E-06 | 2.01E-06 | 2.10E-06 |
| Vanadio | 1.58E-03 | 1.81E-03 | 2.18E-03 | 8.92E-04 | 9.55E-04 | 1.05E-03 |
| Fluoruri | 1.92E-04 | 2.01E-04 | 2.40E-04 | 9.79E-05 | 1.02E-04 | 1.09E-04 |

In Tabella 62 sono riportati i valori massimi di rischio cancerogeno per contatto dermico nelle aree agricole, per singolo contaminante e cumulato. Dalla tabella emerge che l'incremento massimo di concentrazione nel suolo nelle aree agricole determina un rischio cancerogeno cumulato trascurabile e pari a 2.20E-09.

Tabella 62. Rischio cancerogeno per il percorso contatto dermico – Area agricola

| Sostanza | R min | R mean | R max |
|------------------|----------|----------|----------|
| As | 6.15E-10 | 1.18E-09 | 2.17E-09 |
| Cd | 2.84E-13 | 5.16E-13 | 9.13E-13 |
| Pb | 5.28E-12 | 9.62E-12 | 1.66E-11 |
| CrVI | 2.67E-12 | 5.13E-12 | 9.59E-12 |
| Rischio cumulato | 6.23E-10 | 1.19E-09 | 2.20E-09 |

In Tabella 63 sono riportati i valori di rischio cancerogeno per singolo contaminante e cumulato per contatto dermico nelle spiagge di Portovesme e di Portopaglietto. L'incremento massimo di concentrazioni nella spiaggia di Portovesme (la più esposta) determina un rischio cancerogeno cumulato trascurabile e pari a 7.30E-11.

Tabella 63. Rischio cancerogeno per il percorso contatto dermico nelle spiagge di Portovesme e Portopaglietto

| Sostanza | R min | R mean | R max | R min | R mean | R max |
|------------------|------------------------|----------|----------|----------------------------|----------|----------|
| | Spiaggia di Portovesme | | | Spiaggia di Portopaglietto | | |
| Arsenico | 5.51E-11 | 5.79E-11 | 6.91E-11 | 2.81E-11 | 2.93E-11 | 3.13E-11 |
| Cadmio | 1.44E-13 | 1.56E-13 | 1.91E-13 | 7.46E-14 | 7.68E-14 | 8.07E-14 |
| Piombo | 2.33E-12 | 2.58E-12 | 3.17E-12 | 1.23E-12 | 1.26E-12 | 1.32E-12 |
| Cromo VI | 3.30E-13 | 3.97E-13 | 5.16E-13 | 1.94E-13 | 2.10E-13 | 2.34E-13 |
| Rischio cumulato | 5.79E-11 | 6.10E-11 | 7.30E-11 | 2.96E-11 | 3.09E-11 | 3.29E-11 |

In Tabella 64 sono riportati i valori di rischio tossico per singolo contaminante e il valore cumulato per contatto dermico nell'area agricola più esposta. Il massimo incremento di concentrazioni nel suolo nelle aree agricole determina un indice di pericolo cumulato pari a 1.58E-04, valore ampiamente inferiore all'unità.

Tabella 64. Rischio tossico per il percorso contatto dermico nell'area agricola più esposta

| Sostanza | HQ min | HQ mean | HQ max |
|----------|----------|----------|----------|
| As | 9.90E-06 | 1.89E-05 | 3.50E-05 |
| Be | 3.38E-09 | 6.28E-09 | 1.11E-08 |
| Cd | 1.08E-08 | 1.97E-08 | 3.48E-08 |
| Ni | 6.24E-08 | 1.19E-07 | 2.21E-07 |
| Pb | 1.28E-06 | 2.34E-06 | 4.05E-06 |
| Hg | 1.55E-07 | 2.94E-07 | 5.40E-07 |
| CrVI | 1.29E-08 | 2.48E-08 | 4.63E-08 |
| Cr | 1.67E-08 | 3.20E-08 | 5.96E-08 |
| Cu | 1.86E-08 | 3.52E-08 | 6.43E-08 |
| Sb | 1.64E-07 | 3.12E-07 | 5.74E-07 |
| Se | 9.33E-09 | 1.72E-08 | 3.03E-08 |
| Tl | 3.00E-06 | 5.38E-06 | 1.07E-05 |
| V | 2.98E-05 | 5.74E-05 | 1.07E-04 |
| HI | 4.44E-05 | 8.49E-05 | 1.58E-04 |

In Tabella 66 sono riportati i valori di rischio tossico per contatto dermico, per singolo contaminante e cumulato, per le spiagge di Portovesme e di Portopaglietto. L'indice di pericolo cumulato nella condizione più gravosa è pari a 5.70E-06, valore ampiamente inferiore all'unità.

Tabella 65. Rischio tossico per il percorso contatto dermico nelle spiagge di Portovesme e Portopaglietto

| Sostanza | HQ min | HQ mean | HQ max | HQ min | HQ mean | HQ max |
|----------|------------------------|----------|----------|----------------------------|----------|----------|
| | Spiaggia di Portovesme | | | Spiaggia di Portopaglietto | | |
| As | 7.99E-07 | 8.39E-07 | 1.00E-06 | 4.08E-07 | 4.25E-07 | 4.53E-07 |
| Be | 1.14E-09 | 1.19E-09 | 1.42E-09 | 5.62E-10 | 5.82E-10 | 6.15E-10 |
| Cd | 4.94E-09 | 5.36E-09 | 6.55E-09 | 2.56E-09 | 2.64E-09 | 2.77E-09 |
| Ni | 6.91E-09 | 7.77E-09 | 9.02E-09 | 3.57E-09 | 3.80E-09 | 4.15E-09 |
| Pb | 5.11E-07 | 5.65E-07 | 6.95E-07 | 2.69E-07 | 2.76E-07 | 2.88E-07 |
| Hg | 2.51E-08 | 2.70E-08 | 3.10E-08 | 3.72E-09 | 1.37E-08 | 1.47E-08 |
| CrVI | 1.43E-09 | 1.73E-09 | 2.24E-09 | 8.44E-10 | 9.15E-10 | 1.02E-09 |
| Cr | 8.27E-10 | 9.79E-10 | 1.23E-09 | 5.02E-10 | 5.40E-10 | 5.96E-10 |
| Cu | 4.57E-09 | 5.05E-09 | 5.71E-09 | 2.33E-09 | 2.47E-09 | 2.69E-09 |
| Sb | 2.27E-08 | 2.46E-08 | 2.78E-08 | 1.17E-08 | 1.24E-08 | 1.34E-08 |
| Se | 2.98E-09 | 3.28E-09 | 4.03E-09 | 1.55E-09 | 1.59E-09 | 1.67E-09 |
| Tl | 1.56E-06 | 1.72E-06 | 2.10E-06 | 8.13E-07 | 8.35E-07 | 8.74E-07 |
| V | 1.31E-06 | 1.51E-06 | 1.82E-06 | 7.43E-07 | 7.95E-07 | 8.73E-07 |
| HI | 4.25E-06 | 4.71E-06 | 5.70E-06 | 2.26E-06 | 2.37E-06 | 2.53E-06 |

11.3.4 Ingestione diretta di suolo

In riferimento allo scenario ricreativo, in riferimento agli arenili di Portovesme e di Portopaglietto, è stato effettuato il calcolo (formula (6) dell'Appendice A1) del rischio cancerogeno e tossico per il percorso di esposizione "ingestione di suolo" utilizzando le concentrazioni di riferimento riportate in

Tabella 61. I risultati sono riportati in Tabella 66 per il rischio cancerogeno ed in Tabella 67 per il rischio tossico.

I risultati mettono in evidenza che:

- il rischio cancerogeno massimo si ha per l'arsenico e nella spiaggia di Portovesme ed è pari a $2.42E-10$, ampiamente inferiore al valore di rischio incrementale accettabile per singola sostanza mentre il rischio cumulato massimo si ha sempre per la spiaggia di Portovesme e ha valore di $3.01E-10$, ampiamente al di sotto del valore di rischio incrementale accettabile cumulato;
- l'indice di pericolo cumulato HI è ampiamente inferiore all'unità per entrambi gli arenili, il valore massimo si ha per la spiaggia di Portovesme ed è pari a $2.21E-06$.

Tabella 66. Rischio cancerogeno per ingestione diretta di suolo negli arenili

| Sostanza | R min | R mean | R max | R min | R mean | R max |
|------------------|------------------------|----------|----------|----------------------------|----------|----------|
| | Spiaggia di Portovesme | | | Spiaggia di Portopaglietto | | |
| Arsenico | 1.93E-10 | 2.03E-10 | 2.42E-10 | 9.85E-11 | 1.03E-10 | 1.09E-10 |
| Cadmio | 1.51E-11 | 1.64E-11 | 2.01E-11 | 7.83E-12 | 8.07E-12 | 8.47E-12 |
| Piombo | 2.45E-11 | 2.71E-11 | 3.33E-11 | 1.29E-11 | 1.32E-11 | 1.38E-11 |
| Cromo VI | 3.47E-12 | 4.18E-12 | 5.42E-12 | 2.04E-12 | 2.21E-12 | 2.46E-12 |
| Rischio cumulato | 2.36E-10 | 2.50E-10 | 3.01E-10 | 1.21E-10 | 1.26E-10 | 1.34E-10 |

Tabella 67. Rischio tossico per ingestione diretta di suolo negli arenili

| Sostanza | HQ min | HQ mean | HQ max | HQ min | HQ mean | HQ max |
|----------|------------------------|----------|----------|----------------------------|----------|----------|
| | Spiaggia di Portovesme | | | Spiaggia di Portopaglietto | | |
| As | 3.75E-07 | 3.94E-07 | 4.70E-07 | 1.91E-07 | 2.00E-07 | 2.13E-07 |
| Be | 1.61E-09 | 1.67E-09 | 2.00E-09 | 7.92E-10 | 8.21E-10 | 8.67E-10 |
| Cd | 6.97E-08 | 7.56E-08 | 9.24E-08 | 3.61E-08 | 3.72E-08 | 3.90E-08 |
| Ni | 9.74E-09 | 1.09E-08 | 1.27E-08 | 5.03E-09 | 5.36E-09 | 5.85E-09 |
| Pb | 7.20E-07 | 7.96E-07 | 9.80E-07 | 3.79E-07 | 3.89E-07 | 4.06E-07 |
| Hg | 3.54E-08 | 3.81E-08 | 4.37E-08 | 1.83E-08 | 1.93E-08 | 2.07E-08 |
| CrVI | 2.02E-09 | 2.44E-09 | 3.16E-09 | 1.19E-09 | 1.29E-09 | 1.43E-09 |
| Cr | 1.17E-09 | 1.38E-09 | 1.74E-09 | 7.07E-10 | 7.61E-10 | 8.40E-10 |
| Cu | 6.44E-09 | 7.12E-09 | 8.06E-09 | 3.29E-09 | 3.49E-09 | 3.79E-09 |
| Sb | 3.20E-08 | 3.47E-08 | 3.92E-08 | 1.66E-08 | 1.74E-08 | 1.88E-08 |
| Se | 4.21E-09 | 4.62E-09 | 5.68E-09 | 2.19E-09 | 2.25E-09 | 2.35E-09 |
| Tl | 2.20E-07 | 2.42E-07 | 2.96E-07 | 1.15E-07 | 1.18E-07 | 1.23E-07 |
| V | 1.85E-07 | 2.13E-07 | 2.56E-07 | 1.05E-07 | 1.12E-07 | 1.23E-07 |
| HI | 1.66E-06 | 1.82E-06 | 2.21E-06 | 8.74E-07 | 9.06E-07 | 9.59E-07 |

11.4 VALUTAZIONE DEL RISCHIO PER GLI SCENARI DI ESPOSIZIONE

Sulla base delle valutazioni del rischio cancerogeno e tossico riferite alle singole vie di esposizione e alle differenti aree target (sezioni di censimento, aree sensibili e aree agricole) sono stati calcolati i valori aggregati e cumulati totali massimi associati a ciascuno scenario di esposizione definiti al Paragrafo 10.2.

11.4.1 Scenario residenziale

Lo scenario residenziale valuta il rischio massimo in riferimento alla popolazione che risiede e lavora nella sezione di censimento dell'area di influenza più esposta agli effetti del Progetto attraverso l'inalazione e la catena alimentare (prodotti ortofrutticoli, carne ovina, caprina e formaggi ovicaprini).

Il rischio aggregato per ciascun contaminante è stato determinato cautelativamente includendo ciascun percorso di esposizione nella condizione più gravosa ovvero:

- percorso inalatorio:
 - o rischio tossico: valori di HQ in Tabella 8;
 - o rischio cancerogeno: valori di R in Tabella 19;
- ingestione di contaminanti attraverso la catena alimentare: valori massimi del rischio da singola sostanza:
 - o rischio tossico: valori HQ "bambini piccoli" riportati in Tabella 57 (valore medio), Tabella 58 (estremo inferiore) e Tabella 59 (estremo superiore);
 - o rischio cancerogeno: valori del rischio totale per singola sostanza in Tabella 51 (valore medio), Tabella 52 (estremo inferiore) e Tabella 53 (estremo superiore).

Il valore del rischio cumulato totale è stato determinato cautelativamente includendo ciascun percorso di esposizione nella condizione più gravosa:

- rischio tossico, somma di:
 - o valori massimi del rischio HI per inalazione riportati in Tabella 8;
 - o HI relativo ai bambini piccoli per ingestione attraverso la catena alimentare (Tabella 57 (valore medio), Tabella 58 (estremo inferiore) e Tabella 59 (estremo superiore));
- rischio cancerogeno, somma di:
 - o valori massimi di rischio cumulato per inalazione riportati in Tabella 20;
 - o rischio cumulato totale per ingestione attraverso la catena alimentare (Tabella 51 (valore medio), Tabella 52 (estremo inferiore) e Tabella 53 (estremo superiore)).

Per il rischio tossico, in Tabella 68 si riportano i valori massimi del rischio aggregato HQ per ciascuna sostanza, i valori massimi cumulati HI per ciascuna via di esposizione e il valore massimo del rischio cumulato totale (somma dei rischi massimi cumulati HI per ciascuna via di esposizione).

Dalla Tabella emerge che:

- sia i rischi aggregati sia il rischio cumulato totale sono ampiamente inferiori all'unità:
 - o il rischio aggregato massimo, relativo al PM2.5, è pari a $1.93E-01$ ($9.58E-02$ - $3.17E-01$);
 - o il rischio cumulato totale è pari a $2.18E-01$ ($1.12E-01$ - $3.51E-01$);
- al percorso inalatorio è associato il rischio tossico maggiore, superiore di almeno 2 ordini di grandezza il rischio per ingestione attraverso la catena alimentare.

Tabella 68. Rischio tossico aggregato, cumulato e cumulato totale - Scenario residenziale

| Percorso di esposizione Sostanza chimica | INALAZIONE | INGESTIONE ATTRAVERSO LA CATENA ALIMENTARE | RISCHIO AGGREGATO |
|---|------------------------------|--|-------------------------------------|
| Arsenico | 1.77E-03 (1.66E-03-2.84E-03) | 7.83E-05 (4.09E-05-1.45E-04) | 1.85E-03 (1.70E-03-2.99E-03) |
| Berillio | 4.19E-05 (3.78E-05-5.64E-05) | 1.59E-08 (8.57E-09-2.82E-08) | 4.19E-05 (3.78E-05-5.64E-05) |
| Cadmio | 1.08E-03 (9.72E-04-1.43E-03) | 1.91E-05 (1.05E-05-3.38E-05) | 1.10E-03 (9.83E-04-1.46E-03) |
| Cromo | 3.32E-03 (1.84E-03-5.04E-03) | 2.34E-07 (1.22E-07-4.36E-07) | 3.32E-03 (1.84E-03-5.04E-03) |
| Cromo VI | 1.75E-05 (8.79E-06-2.85E-05) | 1.81E-07 (9.43E-08-3.38E-07) | 1.77E-05 (8.89E-06-2.88E-05) |
| Rame | 4.33E-07 (2.76E-07-6.59E-07) | 8.69E-09 (4.60E-09-1.59E-08) | 4.42E-07 (2.81E-07-6.75E-07) |
| Mercurio | 2.14E-06 (1.95E-06-2.97E-06) | 2.08E-08 (1.10E-08-3.80E-08) | 2.16E-06 (1.96E-06-3.01E-06) |
| Manganese | 3.30E-03 (1.61E-03-5.49E-03) | - | 3.30E-03 (1.61E-03-5.49E-03) |
| Nichel | 5.32E-04 (2.92E-04-8.29E-04) | 1.50E-06 (7.88E-07-2.79E-06) | 5.33E-04 (2.93E-04-8.32E-04) |
| Piombo | 6.77E-05 (6.10E-05-9.03E-05) | 3.26E-05 (1.79E-05-5.63E-05) | 1.00E-04 (7.88E-05-1.47E-04) |
| Antimonio | 1.40E-05 (1.14E-05-2.01E-05) | 1.42E-05 (7.48E-06-2.62E-05) | 2.83E-05 (1.89E-05-4.63E-05) |
| Selenio | 2.24E-06 (2.02E-06-3.03E-06) | 5.89E-07 (3.19E-07-1.04E-06) | 2.83E-06 (2.34E-06-4.07E-06) |
| Tallio | 2.03E-05 (1.82E-05-2.69E-05) | 9.36E-07 (5.22E-07-1.86E-06) | 2.12E-05 (1.87E-05-2.88E-05) |
| Vanadio | 2.32E-03 (1.69E-03-3.49E-03) | 1.42E-06 (7.36E-07-2.64E-06) | 2.32E-03 (1.69E-03-3.49E-03) |
| Ammoniaca | 4.15E-05 (2.94E-05-6.48E-05) | | 4.15E-05 (2.94E-05-6.48E-05) |
| CO | 4.03E-04 (3.00E-04-7.58E-04) | | 4.03E-04 (3.00E-04-7.58E-04) |
| PM2.5 | 1.93E-01 (9.58E-02-3.17E-01) | | 1.93E-01 (9.58E-02-3.17E-01) |
| SO2 | 2.40E-03 (1.73E-03-3.93E-03) | | 2.40E-03 (1.73E-03-3.93E-03) |
| NO2 | 2.97E-02 (2.13E-02-4.82E-02) | | 2.97E-02 (2.13E-02-4.82E-02) |
| HI MASSIMO | 2.18E-01 (1.12E-01-3.51E-01) | 1.49E-04 (7.94E-05-2.70E-04) | 2.18E-01 (1.12E-01-3.51E-01) |

Per il rischio cancerogeno, in Tabella 69 si riportano i valori massimi del rischio aggregato per ciascuna sostanza, i valori massimi cumulati per ciascuna via di esposizione e il valore massimo del rischio cumulato totale (somma dei rischi massimi cumulati per ciascuna via di esposizione).

Dalla Tabella emerge che:

- i valori massimi del rischio cancerogeno sono trascurabili in quanto tutti ampiamente inferiori al valore di 10^{-6} ;
- il valore massimo del rischio aggregato si ha per il cromo VI ed è pari a $1.39E-07$ ($6.97E-08$ - $2.26E-07$);
- il valore massimo del rischio cumulato totale è pari a $2.69E-07$ ($1.80E-07$ - $4.01E-07$);
- il rischio associato alla via inalatoria è di almeno 1 ordine di grandezza superiore al rischio per ingestione attraverso la catena alimentare.

Tabella 69. Rischio cancerogeno massimo aggregato, cumulato e cumulato totale - Scenario residenziale

| Percorso di esposizione Sostanza chimica | INALAZIONE | INGESTIONE ATTRAVERSO LA CATENA ALIMENTARE | RISCHIO AGGREGATO |
|---|------------|--|-------------------|
| | | | |

| | | | |
|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Arsenico | 1.08E-07 (1.01E-07-1.73E-07) | 1.13E-08 (5.93E-09-2.10E-08) | 1.19E-07 (1.07E-07-1.94E-07) |
| Berillio | 1.90E-09 (1.71E-09-2.55E-09) | | 1.90E-09 (1.71E-09-2.55E-09) |
| Cadmio | 1.83E-08 (1.65E-08-2.42E-08) | 1.17E-09 (6.47E-10-2.07E-09) | 1.95E-08 (1.71E-08-2.63E-08) |
| Nichel | 1.17E-08 (6.45E-09-1.83E-08) | | 1.17E-08 (6.45E-09-1.83E-08) |
| Piombo | 9.42E-09 (8.48E-09-1.26E-08) | 3.13E-10 (1.72E-10-5.41E-10) | 9.74E-09 (8.65E-09-1.31E-08) |
| Cromo VI | 1.39E-07 (6.96E-08-2.25E-07) | 8.65E-11 (4.51E-11-1.62E-10) | 1.39E-07 (6.97E-08-2.26E-07) |
| RISCHIO CUMULATO MASSIMO | 2.56E-07 (1.73E-07-3.77E-07) | 1.29E-08 (6.80E-09-2.37E-08) | 2.69E-07 (1.80E-07-4.01E-07) |

11.4.2 Scenario rurale

Lo scenario rurale valuta il rischio massimo relativo ad un agricoltore che vive e lavora nell'area agricola maggiormente esposta dell'area di influenza, esposto agli effetti del Progetto attraverso l'inalazione, la catena alimentare (carne ovina, caprina e formaggi oviscaprini) e il contatto dermico.

I valori aggregati e cumulati totali dei rischi per tale scenario sono stati determinati cautelativamente includendo ciascun percorso di esposizione nella condizione più gravosa, ovvero:

- percorso inalatorio:
 - o valori massimi del rischio da singola sostanza nelle aree agricole (valori di HQ massimi e valori di R massimi nel file Areeagricole_INAL.shp);
 - o valore massimo del rischio cumulato nell'area agricola più esposta (valori di HI e di rischio cumulato massimi nel file Areeagricole_INAL.shp);
- ingestione di contaminanti attraverso la catena alimentare:
 - o rischio tossico: valori HQ e HI relativi a "bambini piccoli" riportati in Tabella 57 (valore medio), Tabella 58 (estremo inferiore) e Tabella 59 (estremo superiore);
 - o rischio cancerogeno: valori del rischio totale per singola sostanza e valore di rischio totale cumulato riportati in Tabella 51 (valore medio), Tabella 52 (estremo inferiore) e Tabella 53 (estremo superiore);
- contatto dermico:
 - o rischio tossico: valori di HQ e HI in Tabella 64;
 - o rischio cancerogeno: valori di R e di rischio cumulato in Tabella 62.

In Tabella 70 sono riportati i risultati del cumulo e dell'aggregazione dell'indice di pericolo. Il valore dell'indice di pericolo totale massimo è pari a 9.66E-02 (4.64E-02-3.27E-01) dunque inferiore all'unità.

Tabella 70. Rischio tossico aggregato, cumulato e cumulato totale - Scenario rurale

| Percorso di esposizione Sostanza chimica | INALAZIONE | INGESTIONE ATTRAVERSO LA CATENA ALIMENTARE | CONTATTO DERMICO | RISCHIO AGGREGATO |
|---|------------------------------|---|------------------------------|------------------------------|
| Arsenico | 2.38E-03 (5.78E-04-1.21E-02) | 7.83E-05 (4.09E-05-1.45E-04) | 1.89E-05 (9.90E-06-3.50E-05) | 2.60E-03 (6.94E-04-1.25E-02) |
| Berillio | 3.62E-05 (1.26E-05-1.92E-04) | 1.59E-08 (8.57E-09-2.82E-08) | 6.28E-09 (3.38E-09-1.11E-08) | 3.63E-05 (1.27E-05-1.92E-04) |
| Cadmio | 8.78E-04 (3.24E-04-4.69E-03) | 1.91E-05 (1.05E-05-3.38E-05) | 1.97E-08 (1.08E-08-3.48E-08) | 9.27E-04 (3.51E-04-4.78E-03) |
| Cromo | 2.82E-03 (7.89E-04-1.35E-02) | 2.34E-07 (1.22E-07-4.36E-07) | 3.20E-08 (1.67E-08-5.96E-08) | 2.82E-03 (7.89E-04-1.35E-02) |

| Percorso di esposizione Sostanza chimica | INALAZIONE | INGESTIONE ATTRAVERSO LA CATENA ALIMENTARE | CONTATTO DERMICO | RISCHIO AGGREGATO |
|---|------------------------------|---|------------------------------|-------------------------------------|
| Cromo VI | 3.01E-06 (1.38E-06-1.13E-05) | 1.81E-07 (9.43E-08-3.38E-07) | 2.48E-08 (1.29E-08-4.63E-08) | 3.50E-06 (1.63E-06-1.22E-05) |
| Rame | 2.45E-07 (7.63E-08-1.22E-06) | 8.69E-09 (4.60E-09-1.59E-08) | 3.52E-08 (1.86E-08-6.43E-08) | 3.02E-07 (1.06E-07-1.26E-06) |
| Mercurio | 1.97E-06 (6.12E-07-1.01E-05) | 2.08E-08 (1.10E-08-3.80E-08) | 2.94E-07 (1.55E-07-5.40E-07) | 2.32E-06 (7.95E-07-1.02E-05) |
| Manganese | 8.83E-04 (2.99E-04-3.73E-03) | | | 8.83E-04 (2.99E-04-3.73E-03) |
| Nichel | 3.90E-04 (1.06E-04-1.90E-03) | 1.50E-06 (7.88E-07-2.79E-06) | 1.19E-07 (6.24E-08-2.21E-07) | 3.94E-04 (1.08E-04-1.90E-03) |
| Piombo | 5.68E-05 (2.03E-05-3.03E-04) | 3.26E-05 (1.79E-05-5.63E-05) | 2.34E-06 (1.28E-06-4.05E-06) | 1.43E-04 (6.77E-05-4.49E-04) |
| Antimonio | 1.25E-05 (3.47E-06-6.31E-05) | 1.42E-05 (7.48E-06-2.62E-05) | 3.12E-07 (1.64E-07-5.74E-07) | 4.96E-05 (2.30E-05-1.31E-04) |
| Selenio | 1.97E-06 (6.72E-07-1.05E-05) | 5.89E-07 (3.19E-07-1.04E-06) | 1.72E-08 (9.33E-09-3.03E-08) | 3.51E-06 (1.51E-06-1.32E-05) |
| Tallio | 1.67E-05 (6.07E-06-8.92E-05) | 9.36E-07 (5.22E-07-1.86E-06) | 5.38E-06 (3.00E-06-1.07E-05) | 2.40E-05 (1.01E-05-9.39E-05) |
| Vanadio | 2.96E-03 (8.12E-04-1.44E-02) | 1.42E-06 (7.36E-07-2.64E-06) | 5.74E-05 (2.98E-05-1.07E-04) | 3.02E-03 (8.43E-04-1.44E-02) |
| Ammoniaca | 4.22E-05 (3.30E-05-5.72E-05) | | - | 4.22E-05 (3.30E-05-5.72E-05) |
| CO | 4.47E-04 (3.33E-04-7.44E-04) | | | 4.47E-04 (3.33E-04-7.44E-04) |
| PM2.5 | 6.27E-02 (2.62E-02-2.38E-01) | | | 6.27E-02 (2.62E-02-2.38E-01) |
| SO2 | 2.31E-03 (1.80E-03-3.25E-03) | | | 2.31E-03 (1.80E-03-3.25E-03) |
| NO2 | 2.84E-02 (2.23E-02-3.98E-02) | | | 2.84E-02 (2.23E-02-3.98E-02) |
| HI MASSIMO | 9.64E-02 (4.63E-02-3.27E-01) | 1.49E-04 (7.94E-05-2.70E-04) | 8.50E-05 (4.45E-05-1.58E-04) | 9.66E-02 (4.64E-02-3.27E-01) |

In Tabella 71 è riportata la valutazione degli effetti cancerogeni aggregati e cumulati per lo scenario rurale. Il valore del rischio cumulato totale per lo scenario rurale è pari a 2.16E-07 (5.88E-08-1.02E-06) dunque trascurabile.

Tabella 71. Rischio cancerogeno aggregato, cumulato e cumulato totale, per lo scenario rurale

| Percorso esposizione Sostanza chimica | INALAZIONE | INGESTIONE ATTRAVERSO LA CATENA ALIMENTARE | CONTATTO DERMICO | RISCHIO AGGREGATO |
|--|------------------------------|---|------------------------------|-------------------------------------|
| Arsenico | 1.44E-07 (3.52E-08-7.35E-07) | 1.13E-08 (5.93E-09-2.10E-08) | 1.18E-09 (6.15E-10-2.17E-09) | 1.57E-07 (4.17E-08-7.58E-07) |
| Berillio | 1.64E-09 (5.72E-10-8.67E-09) | | | 1.64E-09 (5.72E-10-8.67E-09) |
| Cadmio | 1.49E-08 (5.50E-09-7.96E-08) | 1.17E-09 (6.47E-10-2.07E-09) | 5.16E-13 (2.84E-13-9.13E-13) | 1.61E-08 (6.14E-09-8.17E-08) |
| Nichel | 8.61E-09 (2.33E-09-4.18E-08) | | | 8.61E-09 (2.33E-09-4.18E-08) |
| Piombo | 7.90E-09 (2.82E-09-4.22E-08) | 3.13E-10 (1.72E-10-5.41E-10) | 9.62E-12 (5.28E-12-1.66E-11) | 8.22E-09 (3.00E-09-4.28E-08) |
| Cromo VI | 2.39E-08 (1.09E-08-8.95E-08) | 8.65E-11 (4.51E-11-1.62E-10) | 5.13E-12 (2.67E-12-9.59E-12) | 2.40E-08 (1.09E-08-8.97E-08) |
| RISCHIO CUMULATO MASSIMO | 2.01E-07 (5.14E-08-9.97E-07) | 1.29E-08 (6.80E-09-2.37E-08) | 1.19E-09 (6.23E-10-2.20E-09) | 2.16E-07 (5.88E-08-1.02E-06) |

11.4.3 Scenario ricreativo

Lo scenario ricreativo valuta il rischio massimo relativo ad un soggetto che risiede nella sezione censuaria nel centro abitato di Portoscuso più esposta e che frequenta le spiagge di Portovesme e di Portopaglietto, esposto agli effetti del Progetto attraverso l'inalazione, l'ingestione attraverso la catena alimentare (prodotti ortofrutticoli, carne ovina, caprina e formaggi ovicaprini), l'ingestione diretta di suolo e il contatto dermico.

In questo scenario viene considerata un'esposizione combinata:

- la fruizione delle spiagge nel periodo diurno e nei mesi estivi a cui sono associate le seguenti vie di esposizione: inalazione, contatto dermico e ingestione diretta del suolo;
- la residenza/lavoro nella sezione censuaria nel centro abitato di Portoscuso più esposta per il restante tempo a cui sono associate le seguenti vie di esposizione: inalazione, ingestione attraverso la catena alimentare.

I valori aggregati e cumulati totali dei rischi per tale scenario sono stati determinati cautelativamente includendo ciascun percorso di esposizione nella condizione più gravosa ovvero:

- per il percorso inalatorio:
 - o rischio (tossico e cancerogeno) per singola sostanza e cumulato associato alla permanenza nel periodo estivo (12 ore per 150 giorni all'anno) nell'arenile più esposto ovvero la spiaggia di Portoscuso (valori massimi riportati nel file AreeSensibili_INAL.shp);
 - o rischio (tossico e cancerogeno) per singola sostanza associato all'esposizione, per il restante periodo dell'anno, alle concentrazioni massime (medie, minime e massime) nelle sezioni di censimento del centro abitato di Portoscuso;
 - o il rischio (tossico e cancerogeno) cumulato associato alla permanenza, per il restante periodo dell'anno, nella sezione di censimento più esposta del centro abitato di Portoscuso (1070160000011);
- per l'ingestione di contaminanti attraverso la catena alimentare:
 - o rischio tossico: valori HQ e HI relativi a "bambini piccoli" riportati in Tabella 57 (valore medio), Tabella 58 (estremo inferiore) e Tabella 59 (estremo superiore);
 - o rischio cancerogeno: valori del rischio totale e del rischio cumulato totale in Tabella 51 (valore medio), Tabella 52 (estremo inferiore) e Tabella 53 (estremo superiore);
- contatto dermico:
 - o rischio tossico: valori di HQ e HI relativi alla Spiaggia di Portoscuso riportati in Tabella 65;
 - o rischio cancerogeno: valori di rischio e rischio cumulato nella Spiaggia di Portoscuso riportati in Tabella 66.
- per l'ingestione diretta di suolo:
 - o rischio tossico: valori HQ e HI relativi alla Spiaggia di Portoscuso riportati in Tabella 67;
 - o rischio cancerogeno: valori di rischio e rischio cumulato relativi alla Spiaggia di Portoscuso riportati in Tabella 66.

In Tabella 72 sono riportati i risultati del cumulo e dell'aggregazione dell'indice di pericolo, da cui emerge che il massimo indice cumulato totale è pari a $7.20E-02$ ($6.31E-02$ - $8.49E-02$), valore inferiore all'unità.

Tabella 72. Rischio tossico aggregato, cumulato e cumulato totale - Scenario ricreativo

| Percorso esposizione Sostanza chimica | INALAZIONE IN SPIAGGIA (12 ore per 150 giorni all'anno) | INALAZIONE RESIDENZA (12 ore per 150 giorni all'anno) | INALAZIONE RESIDENZA (24 ore per 215 giorni all'anno) | INGESTIONE ATTRAVERSO LA CATENA ALIMENTARE | CONTATTO DERMICO | INGESTIONE DI SUOLO | RISCHIO AGGREGATO |
|--|--|--|--|---|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Arsenico | 3.46E-04 (3.27E-04-3.97E-04) | 3.53E-04 (3.40E-04-5.84E-04) | 1.01E-03 (9.76E-04-1.67E-03) | 7.83E-05 (4.09E-05-1.45E-04) | 8.39E-07 (7.99E-07-1.00E-06) | 3.68E-06 (3.50E-06-4.39E-06) | 1.79E-03 (1.69E-03-2.80E-03) |
| Berillio | 7.73E-06 (7.24E-06-9.02E-06) | 7.90E-06 (7.60E-06-1.16E-05) | 2.27E-05 (2.18E-05-3.32E-05) | 1.59E-08 (8.57E-09-2.82E-08) | 1.19E-09 (1.14E-09-1.42E-09) | 1.56E-08 (1.50E-08-1.87E-08) | 3.83E-05 (3.66E-05-5.38E-05) |
| Cadmio | 1.90E-04 (1.71E-04-2.27E-04) | 1.97E-04 (1.89E-04-2.93E-04) | 5.66E-04 (5.43E-04-8.41E-04) | 1.91E-05 (1.05E-05-3.38E-05) | 5.36E-09 (4.94E-09-6.55E-09) | 7.06E-07 (6.51E-07-8.62E-07) | 9.73E-04 (9.14E-04-1.40E-03) |
| Cromo | 3.95E-04 (3.52E-04-4.96E-04) | 6.83E-04 (3.78E-04-1.04E-03) | 1.96E-03 (1.08E-03-2.97E-03) | 2.34E-07 (1.22E-07-4.36E-07) | 9.79E-10 (8.27E-10-1.23E-09) | 1.29E-08 (1.09E-08-1.62E-08) | 3.04E-03 (1.81E-03-4.50E-03) |
| Cromo VI | 1.44E-06 (9.52E-07-2.25E-06) | 3.59E-06 (1.81E-06-5.85E-06) | 1.03E-05 (5.18E-06-1.68E-05) | 1.81E-07 (9.43E-07-3.38E-07) | 1.73E-09 (1.43E-09-2.24E-09) | 2.27E-08 (1.89E-08-2.95E-08) | 1.55E-05 (8.05E-06-2.52E-05) |
| Rame | 6.19E-08 (5.64E-08-7.35E-08) | 8.90E-08 (5.67E-08-1.35E-07) | 2.55E-07 (1.63E-07-3.88E-07) | 8.69E-09 (4.60E-09-1.59E-08) | 5.05E-09 (4.57E-09-5.71E-09) | 6.65E-08 (6.01E-08-7.52E-08) | 4.86E-07 (3.45E-07-6.94E-07) |
| Mercurio | 4.18E-07 (4.01E-07-4.56E-07) | 4.40E-07 (4.01E-07-6.10E-07) | 1.26E-06 (1.15E-06-1.75E-06) | 2.08E-08 (1.10E-08-3.80E-08) | 2.70E-08 (2.51E-08-3.10E-08) | 3.56E-07 (3.30E-07-4.08E-07) | 2.52E-06 (2.32E-06-3.29E-06) |
| Manganese | 2.61E-04 (1.65E-04-4.26E-04) | 6.78E-04 (3.32E-04-1.13E-03) | 1.94E-03 (9.51E-04-3.23E-03) | | | | 2.88E-03 (1.45E-03-4.79E-03) |
| Nichel | 6.69E-05 (5.91E-05-8.43E-05) | 1.09E-04 (6.01E-05-1.70E-04) | 3.13E-04 (1.72E-04-4.88E-04) | 1.50E-06 (7.88E-07-2.79E-06) | 7.77E-09 (6.91E-09-9.02E-09) | 1.02E-07 (9.09E-08-1.19E-07) | 4.91E-04 (2.92E-04-7.46E-04) |
| Piombo | 1.17E-05 (1.04E-05-1.42E-05) | 1.23E-05 (1.17E-05-1.86E-05) | 3.51E-05 (3.37E-05-5.32E-05) | 3.26E-05 (1.79E-05-5.63E-05) | 5.65E-07 (5.11E-07-6.95E-07) | 7.43E-06 (6.72E-06-9.15E-06) | 9.97E-05 (8.09E-05-1.52E-04) |
| Antimonio | 2.49E-06 (2.35E-06-2.67E-06) | 2.88E-06 (2.34E-06-4.12E-06) | 8.27E-06 (6.72E-06-1.18E-05) | 1.42E-05 (7.48E-06-2.62E-05) | 2.46E-08 (2.27E-08-2.78E-08) | 3.24E-07 (2.98E-07-3.66E-07) | 2.82E-05 (1.92E-05-4.52E-05) |
| Selenio | 3.92E-07 (3.51E-07-4.71E-07) | 4.08E-07 (3.91E-07-6.23E-07) | 1.17E-06 (1.12E-06-1.78E-06) | 5.89E-07 (3.19E-07-1.04E-06) | 3.28E-09 (2.98E-09-4.03E-09) | 4.32E-08 (3.93E-08-5.30E-08) | 2.60E-06 (2.22E-06-3.97E-06) |
| Tallio | 3.53E-06 (3.16E-06-4.25E-06) | 3.67E-06 (3.52E-06-5.53E-06) | 1.05E-05 (1.01E-05-1.58E-05) | 9.36E-07 (5.22E-07-1.86E-06) | 1.72E-06 (1.56E-06-2.10E-06) | 2.26E-06 (2.05E-06-2.77E-06) | 2.27E-05 (2.09E-05-3.23E-05) |
| Vanadio | 3.06E-04 (2.82E-04-3.69E-04) | 4.77E-04 (3.37E-04-7.16E-04) | 1.37E-03 (9.66E-04-2.05E-03) | 1.42E-06 (7.36E-07-2.64E-06) | 1.51E-06 (1.31E-06-1.82E-06) | 1.98E-06 (1.73E-06-2.39E-06) | 2.15E-03 (1.59E-03-3.15E-03) |
| Ammoniaca | 1.17E-06 (6.18E-07-1.79E-06) | 8.53E-06 (6.04E-06-1.33E-05) | 2.45E-05 (1.73E-05-3.82E-05) | | | | 3.42E-05 (2.40E-05-5.33E-05) |
| CO | 5.87E-05 (3.82E-05-7.68E-05) | 8.28E-05 (6.16E-05-1.56E-04) | 2.37E-04 (1.77E-04-4.47E-04) | | | | 3.79E-04 (2.77E-04-6.79E-04) |
| PM2.5 | 1.56E-02 (9.75E-03-2.56E-02) | 3.97E-02 (1.97E-02-6.52E-02) | 1.14E-01 (5.64E-02-1.87E-01) | | | | 1.69E-01 (8.59E-02-2.78E-01) |
| SO2 | 1.10E-04 (5.83E-05-1.80E-04) | 4.92E-04 (3.55E-04-8.07E-04) | 1.41E-03 (1.02E-03-2.31E-03) | | | | 2.01E-03 (1.43E-03-3.30E-03) |
| NO2 | 1.21E-03 (6.67E-04-2.00E-03) | 6.10E-03 (4.38E-03-9.91E-03) | 1.75E-02 (1.25E-02-2.84E-02) | | | | 2.48E-02 (1.76E-02-4.03E-02) |
| HI MASSIMO | 1.85E-02 (1.19E-02-2.99E-02) | 1.38E-02 (1.32E-02-1.41E-02) | 3.95E-02 (3.79E-02-4.06E-02) | 1.49E-04 (7.94E-05-2.70E-04) | 4.71E-06 (4.25E-06-5.70E-06) | 1.70E-05 (1.55E-05-2.06E-05) | 7.20E-02 (6.31E-02-8.49E-02) |

In Tabella 73 sono riportati i risultati del calcolo effettuato in riferimento agli effetti cancerogeni:

- il valore massimo del rischio aggregato si ha per l'Arsenico ed è pari a 1.12E-07 (1.03E-07 - 1.79E-07), quindi trascurabile ($<1 \cdot 10^{-6}$);
- il rischio massimo cumulato totale è pari a 2.53E-07 (1.75E-07-3.70E-07), valore ampiamente al di sotto del limite di trascurabilità ($1 \cdot 10^{-6}$).

Tabella 73. Rischio cancerogeno aggregato, cumulato e cumulato totale - Scenario ricreativo

| Percorso esposizione Sostanza chimica | INALAZIONE IN SPIAGGIA (12 ore per 150 giorni all'anno) | INALAZIONE RESIDENZA (12 ore per 150 giorni all'anno) | INALAZIONE RESIDENZA (24 ore per 215 giorni all'anno) | INGESTIONE ATTRAVERSO LA CATENA ALIMENTARE | CONTATTO DERMICO | INGESTIONE DI SUOLO | RISCHIO AGGREGATO |
|--|--|--|--|---|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| Arsenico | 1.78E-08 (1.69E-08-2.05E-08) | 2.15E-08 (2.07E-08-3.55E-08) | 6.15E-08 (5.94E-08-1.02E-07) | 1.13E-08 (5.93E-09-2.10E-08) | 5.79E-11 (5.51E-11-6.91E-11) | 2.03E-10 (1.93E-10-2.42E-10) | 1.12E-07 (1.03E-07-1.79E-07) |
| Berillio | 3.50E-10 (3.28E-10-4.08E-10) | 3.58E-10 (3.44E-10-5.24E-10) | 1.03E-09 (9.86E-10-1.50E-09) | | | | 1.73E-09 (1.66E-09-2.43E-09) |
| Cadmio | 3.22E-09 (2.90E-09-3.86E-09) | 3.35E-09 (3.21E-09-4.98E-09) | 9.60E-09 (9.21E-09-1.43E-08) | 1.17E-09 (6.47E-10-2.07E-09) | 1.56E-13 (1.44E-13-1.91E-13) | 1.64E-11 (1.51E-11-2.01E-11) | 1.74E-08 (1.60E-08-2.52E-08) |
| Nichel | 1.48E-09 (1.30E-09-1.86E-09) | 2.41E-09 (1.33E-09-3.76E-09) | 6.91E-09 (3.80E-09-1.08E-08) | | | | 1.08E-08 (6.43E-09-1.64E-08) |
| Piombo | 1.63E-09 (1.45E-09-1.97E-09) | 1.71E-09 (1.64E-09-2.58E-09) | 4.89E-09 (4.69E-09-7.41E-09) | 3.13E-10 (1.72E-10-5.41E-10) | 2.58E-12 (2.33E-12-3.17E-12) | 2.71E-11 (2.45E-11-3.33E-11) | 8.57E-09 (7.97E-09-1.25E-08) |
| Cromo VI | 1.14E-08 (7.54E-09-1.78E-08) | 2.85E-08 (1.43E-08-4.63E-08) | 8.16E-08 (4.10E-08-1.33E-07) | 8.65E-11 (4.51E-11-1.62E-10) | 3.97E-13 (3.30E-13-5.16E-13) | 4.18E-12 (3.47E-12-5.42E-12) | 1.22E-07 (6.29E-08-1.97E-07) |
| RISCHIO CUMULATO MASSIMO | 3.59E-08 (3.04E-08-4.64E-08) | 5.27E-08 (3.56E-08-7.75E-08) | 1.51E-07 (1.02E-07-2.22E-07) | 1.29E-08 (6.80E-09-2.37E-08) | 6.10E-11 (5.79E-11-7.30E-11) | 2.50E-10 (2.36E-10-3.01E-10) | 2.53E-07 (1.75E-07-3.70E-07) |

11.4.4 Scenario aree sensibili

Nello scenario aree sensibili vengono valutati separatamente due scenari di esposizione della popolazione. Il primo riguarda l'esposizione degli studenti che frequentano le scuole del centro abitato di Portoscuso, mentre il secondo è rappresentativo dei lavoratori dell'area industriale di Portovesme.

Per entrambi gli scenari viene considerata un'esposizione inalatoria combinata:

- per le scuole (scuola dell'infanzia, scuola primaria e scuola secondaria di 1° grado) si considera l'esposizione derivante dall'inalazione nella scuola per il periodo di permanenza e l'esposizione alle concentrazioni massime (medie, minime e massime) del centro abitato di Portoscuso per il restante periodo. In questo scenario il calcolo è stato riferito alla classe 2-16 anni. Per la definizione dello scenario è stata considerata l'area sensibile con il maggiore rischio cancerogeno cumulato, ovvero la scuola primaria per gli effetti cancerogeni e quella dell'infanzia per gli effetti tossici;
- per gli ambienti lavorativi interni all'area industriale e per la zona dei servizi, viene considerata l'esposizione inalatoria alle concentrazioni di inquinanti nell'area industriale nelle ore lavorative e l'esposizione alle concentrazioni massime (medie, minime e massime) nel centro abitato di Portoscuso per il restante tempo. In questo scenario il calcolo è stato riferito esclusivamente agli adulti.

La Tabella 74 riportata la valutazione degli effetti tossici massimi per lo scenario sensibile scuola, mentre in la Tabella 75 riportati i risultati della valutazione degli effetti cancerogeni. Dalle tabelle emerge che:

- il valore dell'indice di pericolo totale massimo è pari a 6.23E-02 (5.95E-02-6.43E-02), dunque inferiore all'unità;
- il massimo rischio cancerogeno cumulato totale risulta pari a 1.54E-07 (1.05E-07-2.27E-07), dunque trascurabile ($<1 \cdot 10^{-6}$).

Tabella 74. Rischio tossico aggregato, cumulato e cumulato totale, per lo scenario aree sensibili – Scuola

| Percorso di esposizione Sostanza chimica | INALAZIONE A SCUOLA (5 ore per 200 giorni all'anno) | INALAZIONE NEL LUOGO DI RESIDENZA PER IL PERIODO SCOLASTICO (19 ore per 200 giorni all'anno) | INALAZIONE NEL LUOGO DI RESIDENZA PER IL PERIODO NON SCOLASTICO (24 ore per 165 giorni all'anno) | INGESTIONE ATTRAVERSO LA CATENA ALIMENTARE | RISCHIO AGGREGATO |
|---|---|--|---|--|--|
| Arsenico | 1.71E-04 (1.56E-04- 1.86E-04) | 7.45E-04 (7.19E-04- 1.23E-03) | 7.76E-04 (7.49E-04- 1.28E-03) | 7.25E-05 (3.79E-05- 1.34E-04) | 1.76E-03 (1.66E-03- 2.84E-03) |
| Berillio | 3.51E-06 (3.22E-06- 3.79E-06) | 1.67E-05 (1.60E-05- 2.45E-05) | 1.74E-05 (1.67E-05- 2.55E-05) | 1.46E-08 (7.89E-09- 2.59E-08) | 3.76E-05 (3.60E-05- 5.37E-05) |
| Cadmio | 7.46E-05 (6.95E-05- 7.93E-05) | 4.17E-04 (4.00E-04- 6.19E-04) | 4.34E-04 (4.17E-04- 6.46E-04) | 1.78E-05 (9.79E-06- 3.14E-05) | 9.43E-04 (8.96E-04- 1.38E-03) |
| Cromo | 4.07E-04 (3.50E-04- 4.59E-04) | 1.44E-03 (7.97E-04- 2.19E-03) | 1.50E-03 (8.31E-04- 2.28E-03) | 2.15E-07 (1.12E-07- 4.00E-07) | 3.35E-03 (1.98E-03- 4.92E-03) |
| Cromo VI | 2.17E-06 (1.83E-06- 2.49E-06) | 7.59E-06 (3.81E-06- 1.23E-05) | 7.91E-06 (3.97E-06- 1.29E-05) | 1.66E-07 (8.67E-08- 3.11E-07) | 1.78E-05 (9.70E-06- 2.80E-05) |
| Rame | 5.28E-08 (4.56E-08- 5.94E-08) | 1.88E-07 (1.20E-07- 2.86E-07) | 1.96E-07 (1.25E-07- 2.98E-07) | 7.61E-09 (4.02E-09- 1.39E-08) | 4.44E-07 (2.94E-07- 6.57E-07) |
| Mercurio | 2.56E-07 (2.28E-07- 2.83E-07) | 9.30E-07 (8.46E-07- 1.29E-06) | 9.69E-07 (8.81E-07- 1.34E-06) | 1.82E-08 (9.59E-09- 3.33E-08) | 2.17E-06 (1.96E-06- 2.94E-06) |
| Manganese | 4.11E-04 (3.44E-04- 4.72E-04) | 1.43E-03 (7.00E-04- 2.38E-03) | 1.49E-03 (7.30E-04- 2.48E-03) | | 3.33E-03 (1.77E-03- 5.33E-03) |
| Nichel | 6.51E-05 (5.58E-05- 7.37E-05) | 2.31E-04 (1.27E-04- 3.60E-04) | 2.40E-04 (1.32E-04- 3.75E-04) | 1.39E-06 (7.26E-07- 2.57E-06) | 5.38E-04 (3.16E-04- 8.11E-04) |
| Piombo | 4.34E-06 (4.08E-06- 4.58E-06) | 2.59E-05 (2.48E-05- 3.92E-05) | 2.70E-05 (2.58E-05- 4.08E-05) | 3.03E-05 (1.66E-05- 5.24E-05) | 8.75E-05 (7.13E-05- 1.37E-04) |
| Antimonio | 1.69E-06 (1.49E-06- 1.88E-06) | 6.09E-06 (4.95E-06- 8.70E-06) | 6.35E-06 (5.16E-06- 9.07E-06) | 1.32E-05 (6.95E-06- 2.44E-05) | 2.74E-05 (1.85E-05- 4.40E-05) |
| Selenio | 1.50E-07 (1.40E-07- 1.59E-07) | 8.61E-07 (8.25E-07- 1.31E-06) | 8.97E-07 (8.60E-07- 1.37E-06) | 5.47E-07 (2.97E-07- 9.64E-07) | 2.46E-06 (2.12E-06- 3.81E-06) |
| Tallio | 1.34E-06 (1.26E-06- 1.42E-06) | 7.76E-06 (7.43E-06- 1.17E-05) | 8.08E-06 (7.74E-06- 1.22E-05) | 5.96E-07 (3.32E-07- 1.18E-06) | 1.78E-05 (1.68E-05- 2.64E-05) |
| Vanadio | 2.83E-04 (2.44E-04- 3.18E-04) | 1.01E-03 (7.12E-04- 1.51E-03) | 1.05E-03 (7.42E-04- 1.58E-03) | 1.24E-06 (6.44E-07- 2.31E-06) | 2.34E-03 (1.70E-03- 3.41E-03) |
| Ammoniaca | 8.83E-07 (7.98E-07- 1.00E-06) | 1.80E-05 (1.27E-05- 2.81E-05) | 1.88E-05 (1.33E-05- 2.93E-05) | | 3.77E-05 (2.68E-05- 5.84E-05) |
| CO | 7.16E-04 (6.52E-04- 7.69E-04) | 1.75E-04 (1.30E-04- 3.29E-04) | 1.82E-04 (1.36E-04- 3.43E-04) | | 1.07E-03 (9.18E-04- 1.44E-03) |
| PM2.5 | 4.79E-04 (3.96E-04- 5.51E-04) | 8.37E-02 (4.16E-02- 1.38E-01) | 8.72E-02 (4.33E-02- 1.43E-01) | | 1.71E-01 (8.53E-02- 2.81E-01) |
| SO2 | 4.66E-06 (4.29E-06- 5.12E-06) | 1.04E-03 (7.48E-04- 1.70E-03) | 1.08E-03 (7.80E-04- 1.78E-03) | | 2.13E-03 (1.53E-03- 3.48E-03) |
| NO2 | 1.08E-04 (9.99E-05- 1.17E-04) | 1.29E-02 (9.24E-03- 2.09E-02) | 1.34E-02 (9.63E-03- 2.18E-02) | | 2.64E-02 (1.90E-02- 4.28E-02) |
| HI MASSIMO | 2.73E-03 (2.38E-03- 3.05E-03) | 2.91E-02 (2.79E-02- 2.99E-02) | 3.03E-02 (2.91E-02- 3.11E-02) | 1.38E-04 (7.35E-05- 2.50E-04) | 6.23E-02 (5.95E-02- 6.43E-02) |

Tabella 75. Rischio cancerogeno aggregato, cumulato e cumulato totale, per lo scenario aree sensibili – Scuola

| Percorso esposizione Sostanza chimica | INALAZIONE A SCUOLA (5 ore per 200 giorni all'anno) | INALAZIONE NEL LUOGO DI RESIDENZA PER IL PERIODO SCOLASTICO (19 ore per 200 giorni all'anno) | INALAZIONE NEL LUOGO DI RESIDENZA PER IL PERIODO NON SCOLASTICO (24 ore per 165 giorni all'anno) | INGESTIONE ATTRAVERSO LA CATENA ALIMENTARE | RISCHIO AGGREGATO |
|--|---|--|---|---|--|
| Arsenico | 2.09E-09 (1.90E-09- 2.27E-09) | 2.88E-08 (2.78E-08- 4.77E-08) | 3.00E-08 (2.90E-08- 4.97E-08) | 3.26E-09 (1.71E-09- 6.03E-09) | 6.42E-08 (6.04E-08- 1.06E-07) |
| Berillio | 3.20E-11 (2.92E-11- 3.45E-11) | 4.81E-10 (4.62E-10- 7.04E-10) | 5.01E-10 (4.81E-10- 7.34E-10) | | 1.01E-09 (9.73E-10- 1.47E-09) |
| Cadmio | 2.54E-10 (2.37E-10- 2.70E-10) | 4.50E-09 (4.32E-09- 6.69E-09) | 4.69E-09 (4.50E-09- 6.97E-09) | 3.38E-10 (1.86E-10- 5.97E-10) | 9.78E-09 (9.24E-09- 1.45E-08) |
| Nichel | 2.89E-10 (2.48E-10- 3.27E-10) | 3.24E-09 (1.78E-09- 5.05E-09) | 3.37E-09 (1.86E-09- 5.26E-09) | | 6.90E-09 (3.88E-09- 1.06E-08) |
| Piombo | 1.21E-10 (1.14E-10- 1.28E-10) | 2.29E-09 (2.20E-09- 3.47E-09) | 2.39E-09 (2.29E-09- 3.62E-09) | 9.00E-11 (4.94E-11- 1.56E-10) | 4.89E-09 (4.65E-09- 7.37E-09) |
| Cromo VI | 3.46E-09 (2.91E-09- 3.96E-09) | 3.82E-08 (1.92E-08- 6.22E-08) | 3.98E-08 (2.00E-08- 6.48E-08) | 2.49E-11 (1.30E-11- 4.66E-11) | 8.16E-08 (4.22E-08- 1.31E-07) |
| RISCHIO CUM MASSIMO | 6.25E-09 (5.44E-09- 6.99E-09) | 7.07E-08 (4.78E-08- 1.04E-07) | 7.37E-08 (4.98E-08- 1.09E-07) | 3.72E-09 (1.96E-09- 6.83E-09) | 1.54E-07 (1.05E-07- 2.27E-07) |

In Tabella 76 e Tabella 77 sono riportati rispettivamente i risultati del calcolo degli effetti tossici e degli effetti cancerogeni nell'aree sensibile Zona industriale.

Tabella 76. Rischio tossico aggregato, cumulato e cumulato totale, per lo scenario aree sensibili – Zona industriale

| Percorso di esposizione | INALAZIONE NEL LUOGO DI LAVORO (8 ore per 250 giorni all'anno) | INALAZIONE NEL LUOGO DI RESIDENZA (16 ore per 250 giorni all'anno) | INALAZIONE NEL LUOGO DI RESIDENZA (24 ore per 115 giorni all'anno) | INGESTIONE ATTRAVERSO LA CATENA ALIMENTARE | RISCHIO AGGREGATO |
|-------------------------|--|--|--|--|-------------------------------------|
| Sostanza chimica | | | | | |
| Arsenico | 8.09E-03 (7.91E-04-1.67E-02) | 7.84E-04 (7.57E-04-1.30E-03) | 5.41E-04 (5.22E-04-8.95E-04) | 5.11E-05 (2.67E-05-9.44E-05) | 9.47E-03 (2.10E-03-1.90E-02) |
| Berillio | 1.76E-04 (1.77E-05-4.07E-04) | 1.76E-05 (1.69E-05-2.57E-05) | 1.21E-05 (1.17E-05-1.78E-05) | 1.03E-08 (5.56E-09-1.83E-08) | 2.05E-04 (4.62E-05-4.51E-04) |
| Cadmio | 4.50E-03 (4.47E-04-1.06E-02) | 4.39E-04 (4.21E-04-6.52E-04) | 3.03E-04 (2.90E-04-4.50E-04) | 1.25E-05 (6.90E-06-2.22E-05) | 5.25E-03 (1.16E-03-1.17E-02) |
| Cromo | 5.26E-03 (6.68E-04-9.75E-03) | 1.52E-03 (8.39E-04-2.30E-03) | 1.05E-03 (5.79E-04-1.59E-03) | 1.50E-07 (7.84E-08-2.80E-07) | 7.83E-03 (2.09E-03-1.36E-02) |
| Cromo VI | 5.91E-06 (2.37E-06-3.04E-05) | 7.99E-06 (4.01E-06-1.30E-05) | 5.51E-06 (2.77E-06-8.96E-06) | 1.16E-07 (6.07E-08-2.18E-07) | 1.95E-05 (9.21E-06-5.26E-05) |
| Rame | 9.76E-07 (1.15E-07-2.16E-06) | 1.98E-07 (1.26E-07-3.01E-07) | 1.37E-07 (8.70E-08-2.08E-07) | 5.34E-09 (2.83E-09-9.76E-09) | 1.32E-06 (3.31E-07-2.68E-06) |
| Mercurio | 8.30E-06 (8.84E-07-1.86E-05) | 9.78E-07 (8.90E-07-1.35E-06) | 6.75E-07 (6.14E-07-9.35E-07) | 1.28E-08 (6.74E-09-2.34E-08) | 9.97E-06 (2.40E-06-2.09E-05) |
| Manganese | 9.33E-04 (4.07E-04-7.51E-03) | 1.51E-03 (7.37E-04-2.51E-03) | 1.04E-03 (5.09E-04-1.73E-03) | | 3.48E-03 (1.65E-03-1.17E-02) |
| Nichel | 1.02E-03 (1.19E-04-1.87E-03) | 2.43E-04 (1.34E-04-3.79E-04) | 1.68E-04 (9.21E-05-2.61E-04) | 9.73E-07 (5.10E-07-1.80E-06) | 1.43E-03 (3.45E-04-2.51E-03) |
| Piombo | 2.85E-04 (2.80E-05-6.65E-04) | 2.72E-05 (2.61E-05-4.13E-05) | 1.88E-05 (1.80E-05-2.85E-05) | 2.13E-05 (1.17E-05-3.69E-05) | 3.52E-04 (8.38E-05-7.72E-04) |
| Antimonio | 4.75E-05 (5.12E-06-1.03E-04) | 6.41E-06 (5.21E-06-9.16E-06) | 4.42E-06 (3.59E-06-6.32E-06) | 9.33E-06 (4.90E-06-1.72E-05) | 6.77E-05 (1.88E-05-1.36E-04) |
| Selenio | 9.51E-06 (9.31E-07-2.20E-05) | 9.06E-07 (8.68E-07-1.38E-06) | 6.25E-07 (5.99E-07-9.55E-07) | 3.84E-07 (2.08E-07-6.76E-07) | 1.14E-05 (2.61E-06-2.50E-05) |
| Tallio | 8.50E-05 (8.36E-06-2.00E-04) | 8.16E-06 (7.82E-06-1.23E-05) | 5.63E-06 (5.40E-06-8.48E-06) | 3.87E-07 (2.16E-07-7.68E-07) | 9.92E-05 (2.18E-05-2.21E-04) |
| Vanadio | 5.44E-03 (5.74E-04-1.03E-02) | 1.06E-03 (7.49E-04-1.59E-03) | 7.31E-04 (5.17E-04-1.10E-03) | 8.72E-07 (4.53E-07-1.62E-06) | 7.23E-03 (1.84E-03-1.30E-02) |
| Ammoniaca | 9.54E-06 (7.29E-06-1.64E-05) | 1.90E-05 (1.34E-05-2.96E-05) | 1.31E-05 (9.25E-06-2.04E-05) | | 4.16E-05 (3.00E-05-6.65E-05) |
| CO | 3.10E-03 (1.47E-03-4.84E-03) | 1.84E-04 (1.37E-04-3.46E-04) | 1.27E-04 (9.45E-05-2.39E-04) | | 3.41E-03 (1.70E-03-5.43E-03) |
| PM2.5 | 1.27E-03 (4.63E-04-8.89E-03) | 8.81E-02 (4.38E-02-1.45E-01) | 6.08E-02 (3.02E-02-9.99E-02) | | 1.50E-01 (7.44E-02-2.54E-01) |
| SO2 | 3.25E-05 (1.80E-05-5.38E-05) | 1.09E-03 (7.88E-04-1.79E-03) | 7.55E-04 (5.44E-04-1.24E-03) | | 1.88E-03 (1.35E-03-3.08E-03) |
| NO2 | 8.48E-04 (4.43E-04-1.40E-03) | 1.36E-02 (9.73E-03-2.20E-02) | 9.36E-03 (6.71E-03-1.52E-02) | | 2.38E-02 (1.69E-02-3.86E-02) |
| HI MASSIMO | 3.04E-02 (4.82E-03-6.11E-02) | 3.06E-02 (2.94E-02-3.14E-02) | 2.11E-02 (2.03E-02-2.17E-02) | 9.72E-05 (5.18E-05-1.76E-04) | 8.23E-02 (5.45E-02-1.14E-01) |

Tabella 77. Rischio cancerogeno aggregato, cumulato e cumulato totale, per lo scenario aree sensibili – zona industriale

| Percorso di esposizione | INALAZIONE NEL LUOGO DI LAVORO (8 ore per 250 giorni all'anno) | INALAZIONE NEL LUOGO DI RESIDENZA (16 ore per 250 giorni all'anno) | INALAZIONE NEL LUOGO DI RESIDENZA (24 ore per 115 giorni all'anno) | INGESTIONE ATTRAVERSO LA CATENA ALIMENTARE | RISCHIO AGGREGATO |
|--------------------------|--|--|--|--|-------------------------------------|
| Sostanza chimica | | | | | |
| Arsenico | 1.49E-07 (1.46E-08-3.08E-07) | 1.44E-08 (1.39E-08-2.39E-08) | 9.97E-09 (9.62E-09-1.65E-08) | 6.57E-09 (3.44E-09-1.21E-08) | 1.80E-07 (4.16E-08-3.60E-07) |
| Berillio | 2.41E-09 (2.42E-10-5.59E-09) | 2.41E-10 (2.32E-10-3.53E-10) | 1.66E-10 (1.60E-10-2.44E-10) | | 2.82E-09 (6.34E-10-6.18E-09) |
| Cadmio | 2.31E-08 (2.30E-09-5.44E-08) | 2.26E-09 (2.16E-09-3.35E-09) | 1.56E-09 (1.49E-09-2.31E-09) | 6.80E-10 (3.75E-10-1.20E-09) | 2.76E-08 (6.33E-09-6.13E-08) |
| Nichel | 6.81E-09 (7.97E-10-1.25E-08) | 1.62E-09 (8.93E-10-2.53E-09) | 1.12E-09 (6.16E-10-1.75E-09) | | 9.55E-09 (2.31E-09-1.68E-08) |
| Piombo | 1.20E-08 (1.18E-09-2.81E-08) | 1.15E-09 (1.10E-09-1.74E-09) | 7.93E-10 (7.60E-10-1.20E-09) | 1.81E-10 (9.94E-11-3.14E-10) | 1.41E-08 (3.14E-09-3.13E-08) |
| Cromo VI | 1.42E-08 (5.68E-09-7.29E-08) | 1.92E-08 (9.63E-09-3.12E-08) | 1.32E-08 (6.65E-09-2.15E-08) | 4.99E-11 (2.60E-11-9.33E-11) | 4.66E-08 (2.20E-08-1.26E-07) |
| RISCHIO CUMULATO MASSIMO | 2.08E-07 (2.48E-08-4.81E-07) | 3.55E-08 (2.40E-08-5.22E-08) | 2.45E-08 (1.65E-08-3.60E-08) | 7.48E-09 (3.94E-09-1.38E-08) | 2.75E-07 (6.58E-08-5.25E-07) |

Anche per questo scenario di esposizione:

- i valori del rischio tossico HI, aggregati e cumulati, sono molto inferiori all'unità;

- l'indice di pericolo HI massimo totale è pari a $8.23E-02$ ($5.45E-02$ - $1.14E-01$);
- i valori del rischio cancerogeno, aggregati e cumulati, risultano trascurabili in quanto inferiori a 10^{-6} ;
- il valore massimo del rischio aggregato si ha per l'Arsenico ed è pari a $1.80E-07$ ($4.16E-08$ - $3.60E-07$);
- il valore massimo del rischio cumulato totale è pari a $2.75E-07$ ($6.58E-08$ - $5.25E-07$).

11.5 VALUTAZIONE DI ALTRI DETERMINANTI DI SALUTE

Oltre all'effetto diretto sulla salute determinato dall'esposizione agli effetti del progetto sulle componenti ambientali è possibile valutare l'effetto indiretto su altre determinanti di salute, quali:

- comportamento e stili di vita;
- aspetti socio - economici;
- servizi.

Tali effetti sono stati analizzati e valutati nel documento "Valutazione delle altre determinanti sulla salute" redatto da ICARO e riportato integralmente in Allegato 2, al quale si rimanda per l'analisi completa, limitandosi in questa sede a richiamarne le conclusioni.

La valutazione dei determinanti di salute elencati è stata effettuata in modo semi qualitativo, attraverso la determinazione di un livello di rischio (o opportunità nel caso in cui l'effetto sia positivo) dato dalla combinazione della magnitudo dell'effetto per la probabilità di accadimento e valutato secondo la scala indicata in Figura 17.

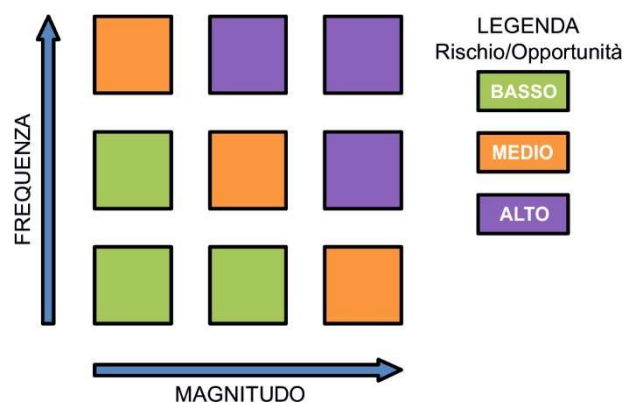


Figura 17. Valutazione rischio/opportunità mediante scala semi-qualitativa

Al termine dell'analisi degli indicatori su scala nazionale, regionale e provinciale, è stato valutato lo stato ante operam dei determinanti indiretti sulla salute; successivamente, sulla base dell'analisi degli effetti del progetto, sono stati valutati gli stessi indicatori ma in riferimento allo stato post operam.

Nel seguito si riporta:

- Tabella 15 del documento "Valutazione delle altre determinanti sulla salute", in cui sono elencati i determinanti specifici per il caso in esame, la descrizione e l'influenza del Progetto, nonché la valutazione dello stato attuale (ante operam) degli stessi nell'area di influenza;
- Tabella 16 e Tabella 17 dello stesso documento in cui sono confrontati i rischi e le opportunità generati dal progetto su ciascuno dei determinanti.

(Tabella 15)

| DETERMINANTI | DESCRIZIONE ED INFLUENZA PROGETTO | INDICATORI | STATO ANTE-OPERAM |
|---|---|--|--|
| COMPORTAMENTI E STILI DI VITA | | | |
| Fumo ed alcool | Fattori di rischio per la salute. Nessuna evidenza diretta riconducibile ad impatti del progetto. | Indicatori a livello regionale (indagine multiscopo ISTAT par. 2.2.1) | Dati medi a livello regionale mostrano fattori di rischio per il fumo inferiori a media nazionale e fattori di rischio per alcool superiori a media nazionale. |
| Abitudini alimentari e sedentarietà | Fattori di rischio per la salute. Nessuna evidenza diretta riconducibile ad impatti del progetto ma indirettamente collegabile al livello di reddito. | Indicatori a livello regionale (indagine multiscopo ISTAT par. 2.2.1) | Dati medi a livello regionale mostrano fattori di rischio inferiori a media nazionale. |
| ASPETTI SOCIO ECONOMICI | | | |
| Livello di istruzione e partecipazione culturale | L'impatto indotto degli investimenti del progetto e della ripresa economica dell'area industriale può portare effetti positivi, soprattutto per la conferma / creazione di posti di lavoro ad alto grado di istruzione. Risvolti indiretti anche in termini di livello e partecipazione culturale nel contesto antropico di inserimento del progetto. | Indicatori a livello regionale (indagine multiscopo ISTAT par. 2.2.1, Indicatori BES par. 2.2.2) | Dati medi a livello regionale mostrano indicatori più critici rispetto alla media nazionale. |
| Livello di occupazione / disoccupazione | L'impatto dato degli investimenti del progetto e della ripresa economica dell'area industriale può portare effetti positivi con la conferma / creazione di posti di lavoro sia diretti che di indotto. | Indicatori a livello regionale (indagine multiscopo ISTAT par. 2.2.1, Indicatori BES par. 2.2.2) | Dati medi a livello regionale mostrano indicatori più critici rispetto alla media nazionale |
| Livello di reddito | L'impatto dato degli investimenti del progetto e della ripresa economica dell'area industriale può portare effetti positivi sia come aumento diretto del reddito dei lavoratori coinvolti che come effetto moltiplicativo su scala provinciale / regionale | Indicatori a livello regionale (indagine multiscopo ISTAT par. 2.2.1, Indicatori BES par. 2.2.2) | Dati medi a livello regionale mostrano indicatori più critici rispetto alla media nazionale |
| Disuguaglianza sociale ed economica | Effetto di secondo livello conseguente ai parametri precedenti di istruzione, occupazione/disoccupazione e reddito | Indicatori a livello regionale (indagine multiscopo ISTAT par. 2.2.1, Indicatori BES par. 2.2.2) | Dati medi a livello regionale mostrano indicatori più critici rispetto alla media nazionale |
| Tasso di criminalità | Non indirettamente impattato dal progetto. Possibili riscontri positivi per effetti di secondo livello conseguenti ai parametri precedenti di istruzione, occupazione/disoccupazione, reddito e disuguaglianza | Indicatori a livello regionale (Indicatori BES par. 2.2.2) | Dati medi a livello regionale mostrano indicatori migliori rispetto alla media nazionale. |
| SERVIZI | | | |
| Accesso ai servizi | L'impatto indotto degli investimenti del progetto e della ripresa economica dell'area industriale può portare effetti | Indicatori a livello regionale (indagine multiscopo ISTAT par. | Dati medi a livello regionale mostrano indicatori migliori rispetto alla media nazionale. |

| | | | |
|---|---|--|--|
| | positivi soprattutto a livello locale con effetto indotto di miglioramento rete accessi, ai servizi sanitari, etc. Come effetto di secondo livello si può inoltre assistere ad un maggiore ricorso a servizi sanitari (a pagamento) a seguito di incremento del livello di reddito | 2.2.1) | |
| Disponibilità di infrastrutture adeguate | L'impatto indotto degli investimenti del progetto e della ripresa economica dell'area industriale può portare effetti positivi soprattutto a livello locale con effetto indotto di miglioramento rete accessi, infrastrutture tecnologiche, etc. | Indicatori a livello regionale (Indicatori BES par. 2.2.2) | Dati medi a livello regionale mostrano indicatori più critici rispetto alla media nazionale. |

(Tabella 16 – Valutazione del rischio – Effetti negativi)

| DETERMINANTI | | Valutazione RISCHIO | | |
|-------------------------------|--|---------------------|---------------|-------------|
| | | P (frequenza) | M (magnitudo) | R (rischio) |
| COMPORTAMENTI E STILI DI VITA | Fumo ed alcool | Bassa | Bassa | BASSO |
| | Abitudini alimentari e sedentarietà | Bassa | Bassa | BASSO |
| ASPETTI SOCIO ECONOMICI | Livello di istruzione | Bassa | Bassa | BASSO |
| | Livello di occupazione/disoccupazione | Bassa | Bassa | BASSO |
| | Livello di reddito | Bassa | Bassa | BASSO |
| | Diseguaglianza sociale ed economica | Bassa | Bassa | BASSO |
| | Tasso di criminalità | Bassa | Bassa | BASSO |
| SERVIZI | Accesso ai servizi | Bassa | Bassa | BASSO |
| | Disponibilità di infrastrutture adeguate | Bassa | Bassa | BASSO |

(Tabella 17 - Valutazione delle opportunità – Effetti positivi)

| DETERMINANTI | | Valutazione OPPORTUNITA' | | |
|-------------------------------|--|--------------------------|---------------|-----------------|
| | | P (frequenza) | M (magnitudo) | O (opportunità) |
| COMPORTAMENTI E STILI DI VITA | Fumo ed alcool | Bassa | Bassa | BASSA |
| | Abitudini alimentari e sedentarietà | Bassa | Media | BASSA |
| ASPETTI SOCIO ECONOMICI | Livello di istruzione | Media | Media | MEDIA |
| | Livello di occupazione/disoccupazione | Alta | Alta | ALTA |
| | Livello di reddito | Alta | Alta | ALTA |
| | Diseguaglianza sociale ed economica | Media | Alta | ALTA |
| | Tasso di criminalità | Media | Bassa | BASSA |
| SERVIZI | Accesso ai servizi | Media | Media | MEDIA |
| | Disponibilità di infrastrutture adeguate | Media | Alta | ALTA |

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente. Il raggio territoriale degli effetti è in prima battuta di tipo sovracomunale, con potenziali interazioni anche a livello provinciale e regionale.

(Tabella 18)

| DETERMINANTI | | RISCHIO | OPPORTUNITA' |
|-------------------------------|--|---------|--------------|
| COMPORTAMENTI E STILI DI VITA | Fumo ed alcool | BASSO | BASSA |
| | Abitudini alimentari e sedentarietà | BASSO | BASSA |
| ASPETTI SOCIO ECONOMICI | Livello di istruzione | BASSO | MEDIA |
| | Livello di occupazione/disoccupazione | BASSO | ALTA |
| | Livello di reddito | BASSO | ALTA |
| | Diseguaglianza sociale ed economica | BASSO | ALTA |
| | Tasso di criminalità | BASSO | BASSA |
| SERVIZI | Accesso ai servizi | BASSO | MEDIA |
| | Disponibilità di infrastrutture adeguate | BASSO | ALTA |

Il documento conclude che *“il bilancio globale mostra l’assenza di rischi per le determinanti indirette sulla salute a fronte di rilevanti opportunità per alcune determinanti direttamente interessate dagli effetti positivi sul contesto socio-economico dati dall’iniziativa in progetto, quali “livello di occupazione/disoccupazione”, “livello di reddito” e “diseguaglianza sociale ed economica””*.

12 CONCLUSIONI

La valutazione dell’impatto del progetto sulla salute pubblica ha considerato sia gli effetti relativi a:

- comportamento e stili di vita;
- aspetti socio - economici;
- servizi;

sia il rischio sanitario derivante dall’impatto sulla componente atmosfera.

L’analisi ha evidenziato che il progetto genera importanti effetti positivi sul contesto socio economico e, in particolare, su:

- livello di occupazione/disoccupazione;
- livello di reddito;
- disuguaglianza sociale e economica;

mentre non genera effetti apprezzabili (negativi o positivi) su consumo di alcool e fumo, abitudini alimentari, sedentarietà e tasso di criminalità.

Relativamente al rischio sanitario, la valutazione degli impatti del progetto sulle componenti ambientali riportata nel *Quadro di riferimento ambientale Parte Seconda* e sintetizzata al Capitolo 4, mette in luce che l’unico effetto del progetto che può avere potenziali effetti negativi sulla salute della popolazione è rappresentato dal peggioramento, seppur moderato, della qualità dell’aria legato alle emissioni di inquinanti in atmosfera.

Sulla base di queste risultanze, il rischio connesso agli effetti ambientali del progetto è stato calcolato in riferimento alle seguenti vie di esposizione:

- inalazione;
- ingestione attraverso la catena alimentare;
- contatto dermico;
- ingestione diretta di suolo.

La valutazione del rischio per inalazione è stata condotta:

- in riferimento alle sezioni di censimento presenti all'interno dell'area di influenza del progetto;
- con approccio epidemiologico relativamente agli effetti sanitari riconducibili al PM2.5 e al PM10 e con approccio tossicologico per i contaminanti cancerogeni e/o tossici (Arsenico, Berillio, Cadmio, Nichel, Piombo, Mercurio, Cromo, Cromo VI, Rame, Manganese, Antimonio, Tallio, Selenio, Vanadio, Ammoniaca, Monossido di carbonio, Particolato (PM2.5), Anidride solforosa e Biossido di Azoto);
- ipotizzando che i residenti siano presenti nelle relative sezioni di censimento per 24 ore al giorno, 365 giorni all'anno e per un numero di anni pari alla durata del progetto (20) per l'approccio tossicologico e pari all'intera vita per l'approccio epidemiologico²²;
- utilizzando le concentrazioni incrementali dei contaminanti determinate attraverso i modelli di dispersione nella condizione di esercizio più gravosa moltiplicate per 1.5 per tener conto delle incertezze delle simulazioni;
- assumendo quali concentrazioni di riferimento, il valore medio nella sezione di censimento e utilizzando i valori minimi e massimi per determinare l'intervallo di variazione del rischio.

La valutazione del rischio per inalazione è stata condotta anche in riferimento alle aree agricole e alle aree sensibili (scuole, spiagge e area industriale) a fine di valutare il rischio complessivo associato agli scenari di esposizione differenti da quello residenziale e nel seguito esplicitati (scenario rurale, scenario ricreativo e scenario aree sensibili).

La valutazione del rischio per ingestione attraverso la catena alimentare è stata condotta:

- mediante l'approccio tossicologico;
- in riferimento all'area agricola più esposta, considerando le deposizioni medie, minime e massime ottenute cumulando le ricadute calcolate con i modelli di dispersione, nell'intero periodo di esercizio dell'impianto (20 anni);
- in riferimento a tre classi di età (bambini piccoli (0-2 anni), bambini (3-9 anni) e adulti (>9 anni));

²² Le valutazioni effettuate con tale approccio non tengono conto del tempo di esposizione ai contaminanti atmosferici e assumono dunque che l'esposizione sia riferita a tutta la vita

- in riferimento ai prodotti ortofrutticoli provenienti dalla coltivazione di orti ad uso familiare presenti nel Comune di Portoscuso²³;
- in riferimento ai prodotti di origine animale (carne e formaggi di origine ovicaprina);
- assumendo che il fabbisogno alimentare della popolazione, relativamente agli alimenti considerati, provenga unicamente dal territorio del comune di Portoscuso.

La valutazione del rischio per contatto dermico per le aree agricole è stata condotta:

- mediante l'approccio tossicologico;
- in riferimento all'area agricola più esposta, considerando le deposizioni medie, minime e massime ottenute cumulando le ricadute calcolate con i modelli di dispersione, nell'intero periodo di esercizio dell'impianto (20 anni);
- in riferimento agli adulti e ai bambini;
- considerando un'esposizione di 350 giorni/anno, sia per gli adulti sia per i bambini.

La valutazione del rischio derivante dall'ingestione di suolo e dal contatto dermico delle popolazioni che frequentano le spiagge di Portovesme e Portopaglietto è stata condotta:

- mediante l'approccio tossicologico;
- utilizzando i valori medio, minimo e massimo delle deposizioni nelle due spiagge, calcolati mediante i modelli di dispersione;
- in riferimento agli adulti e ai bambini;
- considerando un'esposizione di 150 giorni/anno sia per gli adulti sia per i bambini.

La valutazione del rischio cumulato totale massimo associato al Progetto è stata effettuata in riferimento ai seguenti scenari di esposizione:

- **Scenario residenziale**: condizione di esposizione di un soggetto che riede e lavora nella sezione di censimento più esposta dell'area di influenza, esso include:
 - o l'esposizione per inalazione nell'ipotesi di permanenza nella sezione censuaria di residenza per 24 ore al giorno e per 365 giorni all'anno;
 - o l'esposizione per ingestione attraverso la catena alimentare, nell'ipotesi cautelativa che tutti i prodotti ortofrutticoli e di origine animale (carne ovina, caprina e formaggio ovicaprini) ingeriti provengano dall'area di influenza del progetto;
- **Scenario rurale**: condizione di esposizione di un agricoltore (e della sua famiglia) che risiede e lavora nell'area agricola più esposta dell'area di influenza, esso include:

²³ "Valutazione del rischio igienico-sanitario dei suoli compresi nel Sito di Interesse Nazionale (SIN) Sulcis Iglesiente Guspinese. Maggio 2011"

- l'esposizione per inalazione nell'ipotesi di permanenza nell'area agricola per 24 ore al giorno e per 365 giorni all'anno;
- l'esposizione per ingestione attraverso la catena alimentare, nell'ipotesi di assunzione di prodotti coltivati (ortofrutticoli) e di origine animale (carne ovina, caprina e formaggi ovicaprini) provenienti dall'area di influenza;
- l'esposizione per contatto dermico ai microinquinanti che si depositano nell'area agricola;
- **Scenario ricreativo**: rappresentativo della condizione di esposizione dei soggetti residenti nella sezione di censimento del centro abitato di Portoscuso più esposta e che frequentano le spiagge di Portovesme e di Portopaglietto, include:
 - l'esposizione per inalazione nell'ipotesi di permanenza in spiaggia per un periodo di esposizione di 150 giorni all'anno e per 12 ore al giorno;
 - l'esposizione per inalazione nell'ipotesi di permanenza nella sezione censuaria più esposta del centro abitato di Portoscuso per le restanti ore dell'anno;
 - l'esposizione per contatto dermico ai microinquinanti che si depositano negli arenili;
 - l'esposizione per ingestione diretta del suolo ai microinquinanti che si depositano negli arenili;
 - l'esposizione per ingestione attraverso la catena alimentare, nell'ipotesi di assunzione di prodotti coltivati (ortofrutticoli) e di origine animale (carne ovina, caprina e formaggi ovicaprini) provenienti dall'area di influenza;
- **Scenario aree sensibili - Scuole**, rappresentativo della condizione di esposizione dei soggetti residenti nella sezione di censimento più esposta del centro abitato di Portoscuso e che frequentano le scuole, esso include:
 - l'esposizione per inalazione nell'ipotesi di permanenza a scuola nelle ore scolastiche;
 - l'esposizione per inalazione nell'ipotesi di permanenza nella sezione censuaria più esposta del centro abitato di Portoscuso per le restanti ore dell'anno;
 - l'esposizione per ingestione attraverso la catena alimentare, nell'ipotesi di assunzione di prodotti coltivati (ortofrutticoli) e di origine animale (carne ovina, caprina e formaggi ovicaprini) provenienti dall'area di influenza;
- **Scenario aree sensibili – Area industriale**, rappresentativo della condizione di esposizione dei soggetti residenti nella sezione di censimento del centro abitato di Portoscuso più esposta e che lavorano nell'area industriale di Portoscuso, esso include:
 - l'esposizione per inalazione nell'ipotesi di permanenza nell'area di lavoro durante le ore lavorative;
 - l'esposizione per inalazione nell'ipotesi di permanenza nella sezione censuaria più esposta del centro abitato di Portoscuso per le restanti ore dell'anno;

- l'esposizione per ingestione attraverso la catena alimentare, nell'ipotesi di assunzione di prodotti coltivati (ortofrutticoli) e di origine animale (carne ovina, caprina e formaggi ovicaprini) provenienti dall'area di influenza.

I criteri di accettabilità adottati per la valutazione del rischio incrementale del progetto sono quelli proposti negli Atti di indirizzo regionali.

Il calcolo ha evidenziato:

1. relativamente al rischio inalatorio:
 - un rischio cancerogeno per esposizione alle singole sostanze inferiore al limite di trascurabilità ($1 \cdot 10^{-6}$) per tutti gli inquinanti:
 - il valore più elevato del rischio cancerogeno nelle sezioni di censimento associato alla singola sostanza si ha in riferimento al Cromo VI nella sezione 1070160000009 (popolazione esposta di 500 residenti) ed è pari a $1.39E-07$ ($6.96E-08 - 2.25E-07$);
 - un rischio cancerogeno cumulato inferiore al limite di trascurabilità ($1 \cdot 10^{-6}$):
 - il valore di rischio cancerogeno nella sezione di censimento più esposta, rappresentata dalla sezione 1070160000009 in cui risiede una popolazione di 500 persone, è pari a $2.56E-07$ ($1.49E-07 - 3.77E-07$);
 - il valore di rischio cancerogeno dell'area di riferimento più esposta, rappresentata dal centro abitato di Portoscuso (popolazione esposta di 4'447 residenti) è pari a $1.39E-07$ ($9.33E-08 - 2.01E-07$);
 - il valore di rischio cancerogeno per l'intero comune di Portoscuso (popolazione esposta di 5'236 residenti) è pari a $1.34E-07$ ($8.80E-08 - 2.05E-07$);
 - valori dell'indice di pericolo cumulato HI inferiori all'unità:
 - il valore massimo di HI si verifica nella sezione di censimento 1070160000009 (popolazione esposta di 500 residenti) ed è pari a $2.18E-01$ ($1.12E-01 - 3.51E-01$);
 - il valore di HI per l'area di riferimento più esposta ovvero il centro abitato di Portoscuso (popolazione esposta di 4'447 residenti) è pari a $1.1E-01$ ($6.2E-02 - 1.7E-01$);
 - il valore di HI per l'intero comune di Portoscuso (popolazione esposta di 5'236 residenti) è pari a $1.0E-01$ ($6.0E-02 - 1.6E-01$);
 - valori del margine di esposizione MoE, calcolati in riferimento ad arsenico e cromo esavalente, ampiamente al di sopra dei valori assunti come riferimento minimo (low concern: 1'000 per l'Arsenico e 10'000 per il Cromo esavalente) e pari almeno a 113'000 (70'200 – 120'000) per l'arsenico e 2'480'000'000 (1'520'000'000 – 4'930'000'000) per il cromo esavalente;
2. rischi associati alle restanti vie di esposizioni incluse nella valutazione trascurabili rispetto ai rischi associati alla via inalatoria, infatti:
 - relativamente alla via di esposizione ingestione attraverso la catena alimentare:

- i valori massimi di rischio cumulato, cancerogeno e tossico, valutati sotto ipotesi estremamente cautelative, sono rispettivamente pari a $1.29E-08$ ($6.80E-09$ - $2.37E-08$) e $1.49E-04$ ($7.94E-05$ - $2.70E-04$);
- relativamente alla via di esposizione *contatto dermico nelle aree agricole*:
 - i valori massimi di rischio cumulato, cancerogeno e tossico, sono rispettivamente pari a $1.19E-09$ ($6.23E-10$ - $2.20E-09$) e $8.49E-05$ ($4.44E-05$ - $1.58E-04$);
- relativamente alla via di esposizione *contatto dermico negli arenili*:
 - i valori massimi di rischio cumulato, cancerogeno e tossico, sono rispettivamente pari a pari a $6.10E-11$ ($5.79E-11$ - $7.30E-11$) e il valore massimo di HI è pari a $4.71E-06$ ($4.25E-06$ - $5.70E-06$);
- relativamente alla via di esposizione ingestione diretta del suolo associato alla fruizione delle spiagge di Portovesme e Portopaglietto:
 - i valori massimi di rischio cumulato, cancerogeno e tossico, sono rispettivamente pari a $2.50E-10$ ($2.36E-10$ - $3.01E-10$) e $1.82E-06$ ($1.66E-06$ - $2.21E-06$).

La valutazione dell'incremento di eventi sanitari connessi all'inalazione di PM_{2.5} e di PM₁₀, condotta mediante l'approccio epidemiologico, ha evidenziato che:

- in riferimento agli effetti di lungo periodo e al PM_{2.5}: il valore massimo del numero di casi aggiuntivi si ha per il centro abitato di Portoscuso (Area di riferimento ID20) ed è pari a 0.158 (0.051-0.325) per la mortalità totale per tutte le cause (naturali), 0.078 (0.022-0.187), per cause cardiovascolari, 0.018 (0.004-0.044) per il tumore al polmone e 0.021 (0.000-0.079) per cause respiratorie;
- in riferimento agli effetti di breve termine e al PM_{2.5}: i valori i massimi di casi aggiuntivi si hanno per il centro abitato di Portoscuso (Area di riferimento ID20): 0.037 (0.008-0.097) casi annui per la mortalità per tutte le cause (naturali), 0.058 (0.006-0.170) casi annui di ospedalizzazione per cause cardiovascolari e 0.089 (0.000-0.303) casi annui di ospedalizzazione per cause respiratorie;
- in riferimento agli effetti di lungo periodo e al PM₁₀: il valore massimo del numero di casi aggiuntivi di bronchiti croniche negli adulti si ha per il centro abitato di Portoscuso (Area di riferimento ID20) ed è pari a 0.017 (0.003-0.042).

Oltre alla valutazione del rischio sanitario incrementale associato al progetto, la Proponente ha effettuato, nell'ambito del precedente procedimento di VIA, un'analisi statistica finalizzata alla valutazione dello stato di salute attuale delle popolazioni potenzialmente coinvolte. La valutazione è stata effettuata sulla base dei dati ospedalieri (SDO) e ISTAT (mortalità) per gli anni dal 2001 al 2016, confrontando gli eventi sanitari dei comuni potenzialmente impattati dal progetto (Portoscuso, Carbonia, Calasetta, Carloforte, Gonnese e San Giovanni Suergiu) con quelli dei territori provinciale

e regionale. Il confronto ha evidenziato che il territorio in questione non presenta differenze significative rispetto alle situazioni provinciale e regionale.

Tale valutazione è stata integrata con una nuova analisi epidemiologica riferita al quinquennio 2015 – 2019.

Infine è stata effettuata la valutazione del rischio complessivo nella condizione ante operam, a cui è attualmente soggetta la popolazione nell'area di influenza del progetto e post operam, somma del rischio ante operam e del rischio incrementale generato dal progetto. Tali valutazioni sono state effettuate in riferimento alla via inalatoria e sono riportate rispettivamente in Appendice A2 e in Appendice A3.

13 MONITORAGGIO SANITARIO

Il monitoraggio degli effetti del progetto sulla salute umana verrà effettuato mediante la raccolta e l'analisi triennale dei dati relativi alla mortalità e all'ospedalizzazione in riferimento agli indicatori di salute individuati al paragrafo 0. L'eventuale effetto del progetto verrà valutato sulla base del confronto statistico fra i dati raccolti con frequenza triennale e quelli descrittivi della condizione ante operam riportati in Appendice A2.

BIBLIOGRAFIA

- Atti di indirizzo regionali in materia di valutazione degli effetti significativi di un progetto sui fattori "Popolazione e Salute umana" Allegato alla Delib.G.R. n. 51/19 del 18.12.2019*
- Linee guida per la valutazione di impatto sanitario (DL.vo 104/2017) ISSN: 2384-8936 (online) - Rapporti ISTISAN 19/9 ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ*
- SENTIERI - Studio Epidemiologico Nazionale dei Territori e degli Insediamenti Esposti a Rischio da Inquinamento: valutazione della evidenza epidemiologica. Epidemiol Prev 2010;34(5-6) Supplemento 3:1-96 Pirastu R, Ancona C, Iavarone I, Mitis F, Zona A, Comba P.*
- Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS) – US EPA- 2009;*
- RAGS-Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment - US EPA - 2009*
- Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities (HHRAP) - September 2005;*
- Banca dati ISS-INAIL per Analisi di Rischio Sanitario Ambientale – rev 2018*
- Database IRIS (Integrated Risk Information System) - <https://www.epa.gov/iris>*
- Exposure Factor Handbook - EFH – EPA – 2011*
- Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati" - APAT - Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici ora ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale*
- Valutazione dell'esposizione umana a contaminazione ambientale: scenari di esposizione. Maria Eleonora Soggiu, Caterina Vollono, Anna Bastone - ISTISAN 10/19 ISTITUTO SUPERIORE DI SANITÀ*
- Valutazione del rischio igienico-sanitario dei suoli compresi nel Sito di Interesse Nazionale (SIN) Sulcis Iglesiente Guspinese - ISS - Maggio 2011*
- L'indagine nazionale sui consumi alimentari: INRAN-SCAI 2005-06*
- Estimated Human Health and Ecological Combustion Risk For the Umatilla Chemical Agent Disposal Facility Hermiston, Oregon*
- Almeida, A.M., L. M. Schwalbach, H.O. deWaal, J.P.C. Greyling, and L.A. Cardoso. 2003. Growth and carcass traits of young boer goat bucks fed a diet of winter veld hay and supplemented. Arch. Zootec. 52:393-396*
- Outdoor air pollution. Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Environmental burden of Disease Series, N° 5. WHO – Protection of the human environment. Geneva 2004*
- US Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation. Quantitative Health Risk Assessment for Particulate Matter. EPA-452/R-10-005. Research Triangle Park, NC, US EPA, 2010*
- WHO Expert Meeting: Methods and tools for assessing the health risks of air pollution at local, national and international level. Background paper 4: Updated exposure-response functions available for estimating mortality impacts. F. Forestiere, H. Kan, A. Cohen*
- Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide*
- Hamra et al. Outdoor Particulate Matter Exposure and Lung Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. Environmental Health Perspectives 2014*

A.1. APPENDICE A1 - METODOLOGIA DI CALCOLO

A.1.1 APPROCCIO TOSSICOLOGICO

L'approccio tossicologico o Human Health Risk Assessment (RA) è stato utilizzato per determinare il rischio cancerogeno e tossico. Le metodologie di calcolo utilizzate sono quelle indicate dall'US-EPA nei seguenti due documenti:

- Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS) - 2009;
- Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities (HHRAP) - September 2005.

A.1.1.1 ESPOSIZIONE INALATORIA

A.1.1.1.1 Identificazione della pericolosità e valutazione delle relazioni dose-risposta

La pericolosità delle sostanze emesse in atmosfera associate al progetto è stata valutata sulla base dell'evidenza di effetti tossici e cancerogeni sulla salute della popolazione. In particolare per la cancerogenicità si è fatto riferimento alla classificazione IARC (International Agency for Research on Cancer) in base al gruppo di appartenenza (Tabella 78):

- Gruppo 1: cancerogeno per l'uomo;
- Gruppo 2A: probabile cancerogeno per l'uomo;
- Gruppo 2B: possibile cancerogeno per l'uomo;
- Gruppo 3: non classificabile per la cancerogenicità per l'uomo;
- Gruppo 4: probabile non cancerogeno per l'uomo.

I dati tossicologici relativi a tali sostanze sono stati desunti dalla Banca Dati ISS-INAIL e dal database IRIS (Integrated Risk Information System), costantemente aggiornato dall'US-EPA, che rappresentano fonti ufficiali, riconosciute da istituzioni nazionali ed internazionali, assumendo, per ogni sostanza, il parametro più cautelativo fra i due.

In riferimento al database IRIS si evidenzia che i parametri tossicologici delle sostanze chimiche derivano da analisi e da valutazioni che comprendono le prime due fasi del processo di valutazione del rischio (Figura 18), come spiegato esplicitamente nei documenti IRIS nella sezione che illustra i rapporti fra la valutazione IRIS (IRIS assessment) e la valutazione di rischio sanitario (Risk Assessment). L'identificazione della pericolosità delle sostanze chimiche e la valutazione delle relazioni dose risposta sono quindi inclusa nel processo di valutazione condotto da IRIS.

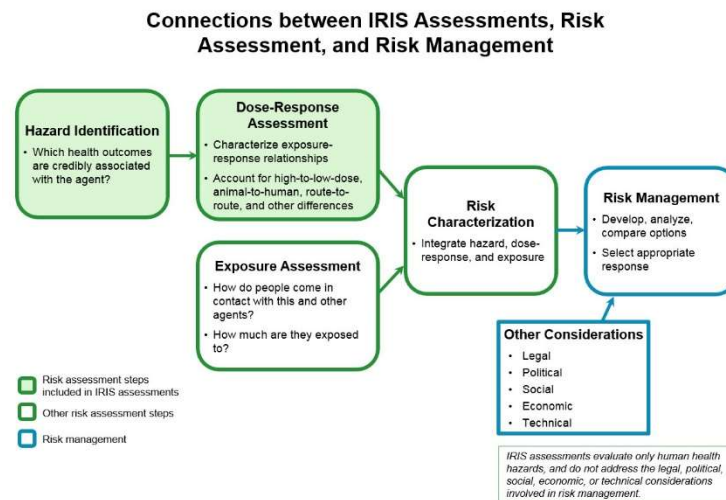


Figura 18. Ruolo della valutazione IRIS all'interno della valutazione del rischio. (fonte: <https://www.epa.gov/iris/basic-information-about-integrated-risk-information-system#hero>)

Nella Tabella 78 si riportano i parametri tossicologici dei due database, come già anticipato, ai fini della valutazione del rischio è stato adottato il valore più cautelativo.

Tabella 78. Confronto tra i parametri tossicologici nei database ISS-INAIL e IRIS. Effetti cancerogeni e tossici per inalazione

| Sostanza chimica | Class. IARC | Fonte ISS-INAIL | Fonte IRIS | Fonte ISS-INAIL | Fonte IRIS |
|------------------|-------------|---|--|------------------------------------|---|
| | | IUR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹ | Inhalation Unit Risk ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹ | RfCi (mg/m^3) | RfC Inal. (mg/m^3) |
| Arsenico - As | 1 | 4.30E-03 | 4.30E-03 | 1.50E-05 | |
| Berillio - Be | 1 | 2.40E-03 | 2.40E-03 | 2.00E-05 | 2.00E-05 |
| Cadmio - Cd | 1 | 1.80E-03 | 1.80E-03 | 1.00E-05 | |
| Nichel - Ni | 1 | 2.60E-04 | | 9.00E-05 | |
| Piombo - Pb | 2A | 1.20E-05 ²⁴ | | 1.23E-02 ²⁵ | |
| Mercurio - Hg | 3 | | | 3.00E-04 | 3.00E-04 |
| Cromo - Cr | 2 | | | 1.40E-04 | |
| Cromo VI - CrVI | 1 | 8.40E-02 | 1.20E-02 | 1.00E-04 | 1.00E-04 |
| Rame - Cu | | | | 1.40E-01 | |
| Manganese - Mn | | | | | 5.00E-05 |
| Antimonio - Sb | | | | 2.00E-04 | |
| Selenio - Se | 3 | | | 2.00E-02 | 3.00E-03 |
| Tallio - Tl | | | | 3.50E-05 | |
| Vanadio - V | | | | 1.00E-04 | |
| Ammoniaca | | | | | 5.0E-1 |

La valutazione dell'indice di pericolo (HQ) in relazione all'esposizione inalatoria per i contaminanti CO, NOx, PM2.5 e SO2 è stata effettuata assumendo come parametri tossicologici (Tabella 79) i valori

²⁴ Valore inserito nel data base ISS-INAIL marzo 2018

²⁵ Valore riportato del database ISS-INAIL marzo 2015

obiettivo riportati dall'OMS (Air quality guidelines. Global update 2005. Particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide).

Tabella 79. Parametri di riferimento per il PM2.5, NO2, SO2 e CO

| Sostanza chimica | Concentrazione di riferimento | Periodo di riferimento |
|------------------|-------------------------------|------------------------|
| PM2.5 | 10 µg/m ³ | media annua |
| NO2 | 40 µg/m ³ | media annua |
| SO2 | 20 µg/m ³ | media annua |
| CO | 10 mg/m ³ | media su 8 ore |

A.1.1.1.2 Valutazione degli effetti cancerogeni

Il rischio cancerogeno per la via di esposizione inalatoria, valutato come indicato dall'USEPA - RAGS-Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment – 2009 è espresso dalla seguente equazione:

$$R = IUR \cdot EC \quad (1)$$

dove:

IUR: Inhalation Unit Risk espressa in (µg/m³)⁻¹;

EC: Concentrazione di esposizione espressa in µg/m³.

A sua volta la concentrazione di esposizione viene definita dalla seguente equazione:

$$EC = (CA \cdot ET \cdot EF \cdot ED) / AT \quad (2)$$

dove:

CA: concentrazione del contaminante in aria (µg/m³);

ET: tempo di esposizione (ore/giorno);

EF: frequenza d'esposizione (giorni/anno);

ED: durata d'esposizione (anni);

AT: tempo sul quale l'esposizione è mediata (tutta la vita in anni x 365 giorni/anno x 24 ore/giorno).

La concentrazione del contaminante in aria è stata moltiplicata per il fattore di incertezza pari a 1.5.

In accordo con i documenti US-EPA 2005 e EFH 2011 (Exposure Factor Handbook – EPA – 2011), per le sostanze cancerogene che agiscono attraverso un'azione genotossica, è stato considerato il fattore di aggiustamento (ADAF) in funzione dell'età del bersaglio potenzialmente esposto.

Per la valutazione del rischio incrementale generato dal progetto e per la valutazione del rischio ante operam, sono state considerate le seguenti classi di età:

- 0-2 anni: ADAF pari a 10;
- 2-16 anni: ADAF pari a 3;
- >16 anni (adulto): ADAF pari a 1.

Il rischio cancerogeno per la via di esposizione inalatoria, corretto con i fattori ADAF, è espresso dalla seguente equazione:

$$R = \sum_i IUR \cdot EC_i \cdot ADAF_i \quad (3)$$

dove:

- i: classe di età considerata;
- IUR: Inhalation Unit Risk espressa in $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$;
- EC_i : "Concentrazione di esposizione" espressa in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ per l'i-esima classe d'età;
- $ADAF_i$: fattore di aggiustamento per l'i-esima classe d'età.

In riferimento alle sostanze cancerogene ad azione genotossica il "Documento di supporto alla Banca dati ISS-INAIL (marzo 2015)" specifica che "Le specie chimiche cancerogene ad azione genotossica, per cui è opportuno utilizzare l'ADAF, sono: Benzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, 1,2,3-Tricloropropano, Cloruro di vinile, Diclorometano, Tricloroetilene e Acrilamide", nell'aggiornamento del 2018 del documento, a tale elenco vengono aggiunti i seguenti composti: Cromo VI, Benzo(a)antracene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Crisene, Indenopirene.

Il calcolo del rischio è stato effettuato considerando cautelativamente che tutte le sostanze cancerogene abbiano azione genotossica.

Il calcolo del rischio ante operam è stato effettuato utilizzando quale valore di riferimento della concentrazione di ciascun contaminante, la media annua registrata nel 2020 dalle centraline di monitoraggio della RAS.

Il rischio incrementale associato al progetto è stato calcolato utilizzando le concentrazioni minime, medie e massime all'interno di ciascuna area target (sezioni di censimento, aree sensibili e aree agricole), ottenute dalle simulazioni numeriche di dispersione in atmosfera. Le concentrazioni utilizzate nei calcoli sono allegate in formato elettronico shp file.

La durata di esposizione ED è stata assunta pari all'intera vita (70 anni) per il calcolo del rischio ante operam e pari alla durata del progetto (20 anni) per il calcolo del rischio incrementale associato al progetto.

In relazione alla tipologia di recettore, in Tabella 80 si riportano i valori dei fattori di esposizione utilizzati nei calcoli.

Tabella 80. Valori dei fattori di esposizione utilizzati nel calcolo del rischio cancerogeno

| | U.M | Industriale | Residenziale e rurale | Ricreativo | scuola primaria | scuola infanzia | scuola secondaria di I° grado |
|----|-------------|-------------|-----------------------|------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|
| ET | ore/giorno | 8 | 24 | 8 | 5 | 6.7 | 6 |
| EF | giorni/anno | 250 | 365 | 150 | 200 | 220 | 200 |

| | | | | | | | |
|----|------|----|----|----|----|----|----|
| ED | anni | 20 | 20 | 20 | 5 | 3 | 3 |
| AT | anni | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |

A.1.1.1.3 Valutazione degli effetti tossici

Il rischio tossico o "Indice di rischio" (HQ) per la via di esposizione inalatoria è stato calcolato mediante l'equazione:

$$HQ = EC / (RfC \cdot 1000) \quad (4)$$

dove:

- EC: Concentrazione di esposizione espressa in $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- RfC: Reference Concentration espressa in mg/m^3 .

La concentrazione di esposizione è data dall'equazione (2) in cui AT è uguale ad ED (in anni) x 365 giorni/anno x 24 ore/giorno.

In analogia a quanto fatto per il rischio cancerogeno, le concentrazioni di riferimento degli inquinanti utilizzate per i calcoli del rischio incrementale sono quelle riferite a ciascuna area target individuata.

Le concentrazioni di riferimento degli inquinanti utilizzate per i calcoli del rischio ante operam sono le concentrazioni medie annue registrate dalle centraline di monitoraggio nel 2020.

In relazione alla tipologia di recettore sono stati utilizzati i valori dei fattori di esposizione riportati in Tabella 81.

Tabella 81. Valori dei fattori di esposizione utilizzati nel calcolo del rischio tossico

| | U.M | Industriale | Residenziale e rurale | Ricreativo | scuola primaria | scuola infanzia | scuola secondaria di I° grado |
|-------|-------------|-------------|-----------------------|------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|
| ET | ore/giorno | 8 | 24 | 8 | 5 | 6.7 | 6 |
| EF | giorni/anno | 250 | 365 | 150 | 200 | 220 | 200 |
| ED/AT | anni | 20 | 20 | 20 | 5 | 3 | 3 |

A.1.1.2 ESPOSIZIONE PER INGESTIONE DIRETTA DI SUOLO, PER INGESTIONE ATTRAVERSO LA CATENA ALIMENTARE E PER CONTATTO DERMICO

A.1.1.2.1 Identificazione della pericolosità e valutazione delle relazioni dose-risposta

I parametri tossicologici utilizzati per la valutazione del rischio associato all'ingestione e al contatto dermico sono stati desunti dal database IRIS (Integrated Risk Information System) e dalla Banca Dati ISS-INAIL, assumendo, per ogni sostanza, il parametro più cautelativo fra i due. I parametri tossicologici associati agli inquinanti d'interesse sono riportati in Tabella 82.

I parametri tossicologici (SFing) relativi al Cadmio, non presente nei due database di riferimento, sono stati desunti dal database HHRAP.

Tabella 82. Confronto tra i parametri tossicologici nei database ISS e IRIS. Effetti cancerogeni e tossici per ingestione

| Sostanza chimica | Class. IARC | Fonte ISS-INAIL | Fonte IRIS | Fonte ISS-INAIL | Fonte IRIS |
|------------------|----------------|---|----------------------------------|----------------------------|--------------------|
| | | SF Ing. (mg/kg-giorno) ⁻¹ | Oral Slope Factor (mg/kg)/day | RfD Ing. (mg/kg-giorno) | RfD (mg/kg-day) |
| Arsenico - As | 1 | 1.5 | 1.5 | 0.0003 | 0.0003 |
| Berillio - Be | 1 | | | 0.002 | 0.002 |
| Cadmio - Cd | 1 | | 0.38 (a) | | 0.0005 |
| Nichel -Ni | 1 | | | 0.02 | 0.02 |
| Piombo - Pb | | 0.0085 | 0.0085 (a) | 0.0035 | |
| Mercurio - Hg | 3 | | | 8.57E-5 (a) | |
| Cromo – Cr | 1 | | | 1.5 | 1.5 |
| Cromo VI - CrVI | 1 | 0.5 | 0.5 | 0.003 | 0.003 |
| Rame – Cu | 1 | | | 0.04 | |
| Antimonio - Sb | | | | 0.0004 | 0.0004 |
| Tallio – Tl | | | | 0.00001 | |
| Se-Selenio | | | | 0.005 | |
| Vanadio – V | | | | 0.005 | |
| Ammoniaca | | | | | |

(a) database HHRAP (Human Health Risk Assessment Protocol) dell'EPA

A.1.1.2.2 Valutazione degli effetti cancerogeni e tossici

Il rischio cancerogeno per ingestione e contatto dermico è stato valutato seguendo la metodologia indicata nel documento dell'EPA "HHRAP - Chapter 7: Characterizing Risk and Hazard", mediante la seguente equazione:

$$R = LADD \cdot CSF \quad (5)$$

in cui LADD (Lifetime Average Daily Dose) è la dose assunta giornalmente per l'intera vita in (mg/kg-day), e CSF è il cancer slope factor in (mg/kg-day)⁻¹.

Il rischio tossico o "Indice di rischio" (HQ) per ingestione e contatto dermico, è stato valutato come indicato dal documento dell'EPA "HHRAP - Chapter 7: Characterizing Risk and Hazard" mediante la seguente equazione:

$$HQ = \frac{ADD}{RfD} \quad (6)$$

in cui ADD (Average Daily Dose) è la dose assunta giornalmente in (mg/kg-day) e RfD la reference dose per l'ingestione ricavata dai database tossicologici (mg/kg-day)⁻¹.

I parametri tossicologici (CSF e RfD) utilizzati per i calcoli sono riportati in Tabella 82.

L'indice di pericolo cumulato Hi è calcolato sommando gli indici di rischio tossico (HQ) calcolati per singola sostanza.

Il calcolo della dose assunta, LADD per il rischio cancerogeno e ADD per il rischio tossico, è stato effettuato secondo quanto riportato al Capitolo 6 del documento HHRAP (Chapter 6: Quantifying Exposure), in riferimento alle diverse vie di esposizione, come nel seguito esplicitato.

A.1.1.2.3 Calcolo della dose assunta per l'esposizione ingestione diretta di suolo

La valutazione del rischio associato alla via di esposizione ingestione diretta di suolo è stata effettuata in riferimento all'esposizione della popolazione connessa alla fruizione delle spiagge di Portovesme e di Portopaglietto, considerando uno scenario di esposizione di tipo ricreativo in cui vi è la presenza contemporanea di adulti e bambini.

La dose di esposizione al singolo contaminante cancerogeno è stata calcolata separatamente per 2 classi di età:

- classe 1 - bambini (0-6 anni);
- classe 2 - adulti (>6 anni);

mediante la seguente formula:

$$LADD_j = \frac{C_{soil} \cdot CR_j \cdot EF \cdot ED_j}{BW_j \cdot AT} \quad (7)$$

mentre la dose di esposizione per gli effetti tossici è stata calcolata, per ciascuna classe di età (j-esima), mediante la formula:

$$ADD_j = \frac{C_{soil} \cdot CR_j \cdot EF \cdot ED_j}{BW_j \cdot AT} \quad (8)$$

dove: C_{soil} è la concentrazione di contaminante nel suolo (mg/kg); CR_j è il consumo di suolo della classe di età j-esima (g/giorno); EF è la frequenza di esposizione (giorni/anno); ED_j è la durata di esposizione della classe di età j-esima (anni); BW_j è il peso corporeo della classe di età j-esima (kg); AT è il periodo in cui l'esposizione è mediata: per l'esposizione cancerogena è assunto pari a 70 anni, mentre per l'esposizione non cancerogena coincide con la durata dell'esposizione ED .

Il rischio cancerogeno complessivo (per tutte le classi di età) viene calcolato sommando le dosi di esposizione per ogni classe di età:

$$LADD_{adj} = \sum_j LADD_j \quad (9)$$

Il rischio tossico complessivo viene calcolato considerando la dose assunta del recettore più sensibile, ovvero i bambini.

Nella stima del rischio generato dal progetto la concentrazione di contaminanti nel suolo C_s è stata determinata mediante l'equazione proposta da Travis, et al. (1983), raccomandata dall'US EPA per il calcolo della concentrazione cumulativa nel suolo (paragrafo A.1.1.2.6), sulla base della deposizione al suolo di ciascun contaminante stimata attraverso i modelli di dispersione.

I parametri utilizzati per il calcolo della dose assunta sono riportati in Tabella 83.

Per il peso corporeo e per il tasso di ingestione di suolo sono stati assunti i valori indicati nel documento *“Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati”* - APAT - Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici ora ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale”.

Tabella 83. Parametri di calcolo della portata di esposizione per ingestione diretta di suolo

| Parametro | Simbolo | Unità di misura | Scenario ricreativo | |
|--|---------|-----------------|---------------------|---------|
| | | | Adulto | Bambino |
| Peso corporeo | BW | Kg | 70 | 15 |
| Tempo di mediazione sostanze cancerogene | ATc | anni | 70 | 70 |
| Tempo di mediazione sostanze non cancerogene | ATnc | anni | =ED | =ED |
| Durata di esposizione | ED | anni | 24 | 6 |
| Frequenza di esposizione | EF | giorni/anno | 150 | 150 |
| Tasso di ingestione di suolo | CR | mg/giorno | 100 | 200 |

A.1.1.2.4 Calcolo della dose assunta per la via di esposizione ingestione attraverso la catena alimentare

La valutazione del rischio associato alla via di esposizione ingestione attraverso la catena alimentare è stata effettuata in riferimento ad una esposizione derivante dall'assunzione dei seguenti prodotti alimentari provenienti esclusivamente da una produzione locale:

- prodotti ortofrutticoli;
- carne ovina;
- carne di capra;
- formaggi ovicaprini.

La dose di esposizione al singolo contaminante è stata calcolata separatamente per 3 classi di età²⁶:

- classe 1 - bambini piccoli (0-2 anni);
- classe 2 - bambini (3-9 anni);
- classe 3 - adulti (>9 anni).

La dose di contaminante assunta attraverso ogni prodotto alimentare considerato è stata calcolata secondo la seguente formula:

$$ADD_j / LADD_j = \left(\sum C_i \cdot IR_i \right)_j \cdot \frac{EF \cdot ED_j}{BW \cdot AT} \quad (10)$$

²⁶ In analogia a quanto effettuato dall'ISS nel documento *“Valutazione del rischio igienico-sanitario dei suoli compresi nel Sito di Interesse Nazionale (SIN) Sulcis Iglesiente Guspinese. Maggio 2011”*

dove j è la j -esima classe di età, C_i è la concentrazione del contaminante considerato nel prodotto alimentare i -esimo ($\text{mg}C_i/\text{kg}$ di prodotto), IR_i è la quantità del prodotto alimentare i -esimo assunto giornalmente (g di prodotto/giorno), EF è la frequenza di esposizione (considerata pari a 240 g/anno per i prodotti ortofrutticoli e a 350 g/anno per i prodotti di origine animale), ED è la durata di esposizione (anni), BW è il peso corporeo (kg), AT è il tempo di mediazione (giorni) che, nel caso di rischio cancerogeno è rappresentato dall'intera vita (70 anni), mentre nel caso di rischio tossico è pari alla durata di esposizione ED .

Il rischio cancerogeno complessivo (per tutte le classi di età) viene calcolato sommando le dosi di esposizione per ogni classe di età, mentre il rischio tossico complessivo viene assunto pari a quello del recettore più sensibile (ovvero quello che mostra un indice di pericolo cumulato HI più elevato).

I prodotti ortofrutticoli inclusi nella valutazione sono i prodotti provenienti da orti ad uso familiare all'interno del Comune di Portoscuso e sono stati desunti dal documento *"Valutazione del rischio igienico-sanitario dei suoli compresi nel Sito di Interesse Nazionale (SIN) Sulcis Iglesiente Guspinese. Maggio 2011"* redatto dall'ISS. I prodotti di origine animale (carne e formaggi) inclusi nella valutazione sono quelli provenienti dal reparto oviscaprino, che risulta essere quello prevalente nell'area d'interesse.

Il calcolo della dose assunta viene effettuato stimando la concentrazione nei vari prodotti alimentari e la quantità di prodotto assunto mediamente dalla popolazione. Per i prodotti ortofrutticoli e per la carne ovina e di capra la valutazione è stata effettuata considerando che l'intero fabbisogno alimentare della popolazione sia coperto dalla produzione locale. Mentre la quantità di formaggi oviscaprini assunta dalla popolazione, data l'assenza di dati di riferimento, è stata valutata sulla base della produzione annua dichiarata dal caseificio SIRAI (allevatori sulcitani) che raccoglie la produzione del latte ovino e caprino prodotto all'interno della zona di interesse.

I fattori di biotrasferimento utilizzati nei calcoli sono stati desunti dal database HHRAP, e riportati in Tabella 84. Le sostanze per cui non sono stati reperiti i fattori di biotrasferimento non sono state considerate nella valutazione.

Tabella 84. Parametri di biotrasferimento desunti dal database HHRAP²⁷

| Sostanza chimica | RCF (($\mu\text{g/g}$)/($\mu\text{g/mL}$)) | VG | VG root veg (-) | Br root veg (-) | Br leafy veg (-) | Br foraggi/pa scolo (-) | Br cereali (-) | Ba goats/she eps (day/kg s.u.) | Ba milk (day/kg s.u.) |
|------------------|---|---------|-----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------------|-------------------|--|-----------------------------|
| Arsenico | - | 1.00E+0 | 8.00E-3 | 6.33E-3 | 3.60E-2 | 4.00E-3 | 2.00E-3 | 6.00E-5 | - |
| Berillio | - | 1.00E+0 | 1.50E-3 | 2.58E-3 | 1.00E-2 | 1.50E-3 | 1.00E-3 | 9.00E-7 | - |
| Cadmio | - | 1.00E+0 | 6.40E-2 | 1.25E-1 | 3.64E-1 | 6.20E-2 | 1.20E-4 | 6.50E-6 | - |
| Nichel | - | 1.00E+0 | 8.00E-3 | 9.31E-3 | 3.20E-2 | 6.00E-3 | 6.00E-3 | 1.00E-3 | - |
| Piombo | - | 1.00E+0 | 9.00E-3 | 1.36E-2 | 4.50E-2 | 9.00E-3 | 3.00E-4 | 2.50E-4 | - |
| Mercurio | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Cromo VI | - | 1.00E+0 | 4.50E-3 | 4.88E-3 | 7.50E-3 | 4.50E-3 | 5.50E-3 | 1.50E-3 | - |

²⁷ Il simbolo – indica che il dato non è stato reperito

| Sostanza chimica | RCF ((ug/g)/(ug/mL)) | VG | VG root veg (-) | Br root veg (-) | Br leafy veg (-) | Br foraggi/pa scolo (-) | Br cereali (-) | Ba goats/she eps (day/kg s.u.) | Ba milk (day/kg s.u.) |
|------------------|-------------------------|---------|-----------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------------|-------------------|--|-----------------------------|
| Cromo | - | 1.00E+0 | 4.50E-3 | 4.88E-3 | 7.50E-3 | 4.50E-3 | 5.50E-3 | 1.50E-3 | - |
| Rame | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Antimonio | - | 1.00E+0 | 3.00E-2 | 3.19E-2 | 2.00E-1 | 3.00E-2 | 1.00E-3 | 1.00E-4 | - |
| Selenio | - | 1.00E+0 | 2.20E-2 | 1.95E-2 | 1.60E-2 | 2.00E-3 | 2.27E-3 | 5.90E-3 | - |
| Tallio | - | 1.00E+0 | 4.00E-4 | 8.58E-4 | 4.00E-3 | 4.00E-4 | 4.00E-2 | 2.00E-3 | - |
| Vanadio | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Ammoniaca | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

A.1.1.2.4.1 STIMA DELLA CONCENTRAZIONI DEI CONTAMINANTI NEI PRODOTTI ORTOFRUTTICOLI

Per la stima del rischio incrementale associato al progetto, le concentrazioni medie dei contaminanti nei prodotti ortofrutticoli (Ci) sono state stimate seguendo la metodologia indicata del documento HHRAP, differenziando le specie vegetali in cui la parte edibile (frutto o foglia) è fuori dal terreno da quelle in cui la parte edibile è al suo interno (tuberi e radici).

Per la prima classe di prodotti ortofrutticoli, la concentrazione viene determinata come somma della concentrazione indotta dalla deposizione diretta e dall'assorbimento radicale. Per la seconda la concentrazione viene determinata considerando il solo apporto proveniente dall'apparato radicale.

La concentrazione nel prodotto determinata dalla deposizione diretta può essere stimata attraverso l'equazione:

$$Pd = \frac{Dy \cdot Rp \cdot (1 - e^{-kp \cdot Tp})}{Y_p \cdot kp} \quad (11)$$

Dove con Pd si indica la concentrazione del contaminante del tessuto vegetale della pianta (mg di contaminante /kg tessuto vegetale), Dy indica la deposizione annuale di contaminante (espresso in g/m²/anno e determinato sulla base della dispersione atmosferica del particolato), Rp rappresenta la frazione edibile del tessuto vegetale (valore raccomandato per i vegetali 0.982 e per la frutta 0.053), kp indica il coefficiente di perdita superficiale della pianta, determinato da fenomeni fisici quali ad esempio il vento, le precipitazioni meteoriche e la crescita stessa della pianta (valore raccomandato 18 anni⁻¹), Tp è il tempo di esposizione della frazione edibile della pianta (valore raccomandato pari a 0.164 anni, calcolato considerando un tempo di esposizione di 60 giorni) e Yp è la resa in termini di frazione edibile della pianta (valore raccomandato pari a 5.66 kg di prodotto/m² per i vegetali e 0.25 kg di prodotto/m² per la frutta).

La concentrazione nel prodotto determinata dall'assorbimento radicale viene stimata, per i prodotti ortofrutticoli con parte edibile al di sopra del terreno, con la formula:

$$Pr = Cs \cdot B_r \quad (12)$$

mentre per i prodotti ortofrutticoli con la parte edibile al di sotto del terreno, con la formula:

$$Pr = \frac{Cs \cdot RCF \cdot VG}{Kd_s \cdot 1 \cdot \frac{kg}{L}} \quad (13)$$

dove si è indicato con Pr la concentrazione nel prodotto per assorbimento radicale (mg/kg), con Cs la concentrazione media nel suolo nel periodo di esposizione (mg/kg), con Br il fattore di bioconcentrazione pianta/soilo (-), con RCF il fattore di concentrazione radicale (-), con VG un fattore di correlazione empirica e Kd è il coefficiente di partizione suolo/acqua.

La concentrazione di contaminante nel suolo Cs viene determinata con la stessa formulazione introdotta per la valutazione dell'esposizione da ingestione diretta di suolo e riportata in dettaglio al paragrafo A.1.1.2.6. In via cautelativa si è ipotizzato che tutti i prodotti ortofrutticoli provengano dalle aree agricole più esposte; le concentrazioni Cs dei contaminanti nel terreno (medie e massime) sono state calcolate sulla base dei valori più elevati di deposizione annua (medi e massimi) nelle aree agricole, cumulati per i 20 anni di esercizio, utilizzando la formula (19) e uno spessore dello strato di miscelazione pari a 20 cm.

A.1.1.2.4.2 STIMA DELLA CONCENTRAZIONI DEI CONTAMINANTI NEI PRODOTTI NEI PRODOTTI DI ORIGINE ANIMALE

La stima della concentrazione dei contaminanti nei prodotti di origine animale è stata calcolata sulla base dell'assunzione che la dieta animale sia composta da:

- foraggi;
- pascolo;
- cereali (granaglia).

Viene inoltre considerata l'assunzione diretta di terreno da parte dell'animale.

In Tabella 85 è riportata la quantità del prodotto della dieta animale utilizzata nei calcoli; la quantità di suolo ingerita è stata calcolata considerando il 4% della massa secca ingerita dall'animale.

Tabella 85. Composizione della dieta animale

| Prodotti | Pecore | Capre | Capre/pecore formaggi |
|------------------------|--------|-------|-----------------------|
| Foraggi (kg SS/giorno) | 0.7 | 1 | 0.85 |
| Pascolo (kg SS/giorno) | 0.75 | 0.25 | 0.5 |
| Cereali (kg SS/giorno) | 0.5 | 1 | 0.75 |
| Terreno (kg SS/giorno) | 0.078 | 0.09 | 0.084 |

In via estremamente cautelativa, si è ipotizzato che i quantitativi riportati in Tabella provengano interamente dalle aree agricole più esposte; le concentrazioni Cs dei contaminanti nel terreno, direttamente ingerito e in cui vengono coltivati i prodotti, sono state calcolate, sulla base dei valori più elevati di deposizione annua (medi e massimi) cumulati per i 20 anni di esercizio previsto, utilizzando la formula (19) e uno spessore dello strato di miscelazione pari a 20 cm.

La concentrazione dei contaminanti nei prodotti della dieta animale viene calcolata analogamente a quanto visto al paragrafo precedente per i prodotti di origine vegetale, considerando:

- per foraggi e pascolo sia la deposizione diretta di particolato Pd sia il trasferimento radicale Pr ($P=Pd+Pr$);
- per i cereali il trasferimento radicale Pr ($P=Pr$).

La concentrazione dei contaminanti nei prodotti della dieta animale associabile alla deposizione diretta di particolato (foraggi e pascolo) è stata calcolata mediante la formula (11). I valori utilizzati nel caso specifico sono quelli raccomandati dal protocollo HHRAP²⁸, in particolare:

- per la frazione edibile del tessuto vegetale è stato considerato il valore di Rp pari a 0.5 per i foraggi e pari a 0.46 per il pascolo;
- per il coefficiente di perdita superficiale della pianta è stato assunto un valore di kp di 18 anni⁻¹;
- per il tempo di esposizione della frazione edibile della pianta è stato assunto un valore di Tp pari a 0.12 anni per i foraggi e pari a 0.16 anni per il pascolo;
- per la resa in termini di frazione edibile della pianta è stato assunto un valore di Yp pari a 0.24 kg di sostanza secca /m² per i foraggi e per il pascolo.

La concentrazione dei contaminanti nei prodotti della dieta animale associabile all'assorbimento radicale (foraggi, pascolo e cereali) è stata calcolata mediante la formula (13). Sono stati utilizzati gli stessi parametri previsti per il calcolo della concentrazione nei prodotti ortofrutticoli ad eccezione dei fattori di bioconcentrazione che sono specifici per il tipo di prodotto (Br foraggi/pascolo e Br cereali). I valori utilizzati sono quelli riportati per ciascun contaminante in Tabella 84.

Sulla base di tali concentrazioni nei prodotti della dieta animale, viene calcolata la concentrazione nel prodotto alimentare animale mediante la seguente formula:

$$A = \left[\sum (F_i \cdot Qp_i \cdot P_i) + Qs \cdot Cs \cdot Bs \right] \cdot Ba \cdot MF \quad (14)$$

dove:

- A è la concentrazione del contaminante considerato nel prodotto alimentare (carne di ovino, carne di capra e latte ovis-caprino) espressa in mg di contaminante/kg di prodotto;
- Fi è la frazione del prodotto della dieta animale i-esimo coltivato nel suolo contaminato ed ingerito dall'animale, considerato cautelativamente pari a 1;
- Qpi è la quantità del prodotto della dieta animale i-esimo ingerito dall'animale in un giorno (kg SS/giorno) (Tabella 85);
- Pi è la concentrazione del contaminante considerato nel prodotto della dieta animale i-esimo (mg/kg SS);
- Qs è la quantità di suolo ingerito direttamente dall'animale (kg/giorno);

²⁸ I parametri riferiti al pascolo, non presenti nel database HHRAP, sono stati assunti uguali a quelli previsti per gli insilati

- Cs è la concentrazione nel suolo espressa in mg/kg di suolo;
- Bs è il fattore di biodisponibilità del contaminante dal suolo assunto pari ad 1;
- MF è il fattore metabolico che stima la frazione di contaminante nel grasso e nei muscoli, assunto cautelativamente pari ad 1;
- Ba è il fattore di biotrasferimento espresso in giorni/kg di prodotto.

I fattori di biotrasferimento (Tabella 84) utilizzati per il calcolo delle concentrazioni dei contaminanti inorganici nelle carni ovine e di capra²⁹ sono quelli indicati nel database HHRAP per la carne di manzo; mentre per i contaminanti organici i valori indicati per la carne di manzo sono stati moltiplicati per il rapporto tra la percentuale di grasso presente nella carne di capra/pecora (12%)³⁰ e la percentuale di grasso contenuta nella carne di manzo (19%)³¹.

Per il calcolo della concentrazione dei contaminanti nei formaggi ovicaprini sono stati considerati i parametri di biotrasferimento previsti per il latte (Ba milk) moltiplicati per 6, ipotizzando dunque che per la produzione di un 1 kg di formaggio si utilizzino 6 litri di latte e che i contaminanti si trasferiscano totalmente nel formaggio. Per la produzione di formaggio dal latte ovicaprino è stata considerata una dieta media tra i due animali.

A.1.1.2.4.3 STIMA DELLA QUANTITÀ DI PRODOTTI ORTOFRUTTICOLI E DI ORIGINE ANIMALE INGERITI

I consumi dei prodotti ortofrutticoli e dei prodotti di origine animale inclusi nella valutazione, per le tre classi di età, sono stati desunti dai dati riportati nel documento *“L’indagine nazionale sui consumi alimentari: INRAN-SCAI 2005-06 – parte B1 – Parte B: i risultati dei consumi alimentari 2011 – Appendice B2”* e sono riportati in Tabella 86³², ad esclusione del consumo di formaggio ovicaprino, riportato in Tabella 87 e calcolato come descritto nel seguito. Poiché il dato sul consumo di carne ovicaprina non è direttamente presente nel documento, in via cautelativa è stato considerato un consumo pari a quello indicato alla voce “altre carni fresche” (Tabella 1.A.f.10(c) del documento INRAN-SCAI 2005-2006), suddiviso per carne ovina e carne di capra.

²⁹ Estimated Human Health and Ecological Combustion Risk For the Umatilla Chemical Agent Disposal Facility Hermiston, Oregon

³⁰ Almeida, A.M., L. M. Schwalbach, H.O. deWaal, J.P.C. Greyling, and L.A. Cardoso. 2003. Growth and carcass traits of young boer goat bucks fed a diet of winter veld hay and supplemented. Arch. Zootec. 52:393-396

³¹ EPA, 2005. Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities, Appendix A, Section A2-2.13.1

³² I dati utilizzati si riferiscono all'anno 2011 e differiscono da quelli utilizzati nel documento *“Valutazione del rischio igienico-sanitario dei suoli compresi nel Sito di Interesse Nazionale (SIN) Sulcis Iglesiente Guspinese. Maggio 2011”* in cui si fa riferimento ai dati pubblicati nel 2009 (The Italian National food consumption survey INRAN-SCAI 2005-06: main results in terms of food consumption - C. Leclercq, D. Arcella, R. Piccinelli, S. Sette, C. Le Donne and A. Turrini - Public Health Nutr 12 (12) 2009; 2504-2532).

Tabella 86. Quantità di prodotti alimentari ingeriti per le tre classi di età. Fonte: INRAN-SCAI 2005-06 (Appendice B2 Parte B L'indagine nazionale sui consumi alimentari in Italia). Maschi e femmine sull'intero campione, provenienza geografica sud ed isole

| Prodotti | Riferimento | Bambini piccoli (0-2 anni) (g/giorno) | Bambini (3-9 anni) (g/giorno) | Adulti (g/giorno) |
|-----------------------------|---------------------|--|----------------------------------|----------------------|
| Legumi freschi e processati | Tabella 1.A.b.1(c) | 4 | 9 | 15.3 |
| Vegetali a foglia freschi | Tabella 1.A.c.3(c) | 1 | 15 | 39.0 |
| Pomodori | Tabella 1.A.c.5(c) | 4 | 28 | 42.3 |
| Vegetali a frutto freschi | Tabella 1.A.c.7(c) | 2 | 14 | 29.7 |
| Radici e cipolle fresche | Tabella 1.A.c.9(c) | 9 | 12 | 14.7 |
| Altri vegetali freschi | Tabella 1.A.c.11(c) | 2 | 25 | 37.3 |
| Spezie ed erbe aromatiche | Tabella 1.A.c.15(c) | 0 | 1 | 2.0 |
| Agrumi freschi | Tabella 1.A.e.3(c) | 9 | 22 | 45 |
| Altra frutta fresca | Tabella 1.A.e.7(c) | 71 | 86 | 135.7 |
| Altre carni fresche | Tabella 1.A.f.10(c) | 8 | 4 | 5.16 |

I prodotti ortofrutticoli sono stati così raggruppati:

- prodotti con parte edibile al di sotto del terreno (radici e cipolle fresche);
- prodotti vegetali con parte edibile al di sopra del terreno (legumi freschi e processati, vegetali a foglia freschi, Pomodori, vegetali a frutto freschi, altri vegetali freschi, spezie ed erbe aromatiche);
- frutta (agrumi freschi e altra frutta).

In assenza di dati specifici, la quantità di formaggio ovicaprino ingerita per classe di età è stata desunta dalla produzione annua dal caseificio SIRAI (allevatori sulcitani) che raccoglie la produzione del latte ovino e caprino prodotto all'interno della zona di interesse. La produzione di formaggio è stata calcolata assumendo un quantitativo di latte trasformato pari a 2 milioni litri/anno e considerando un rapporto latte/formaggio di 6 litri/kg, che equivale ad una produzione di 333333.3 kg/anno di formaggio. Il consumo pro-capite per classe di età è stato ottenuto sulla base della popolazione residente suddivisa per classi di età (1671 bambini piccoli, 1683 bambini e 44632 adulti) e considerando un consumo per le tre classi proporzionale a quello indicato per il formaggio nello studio INRAN-SCAI 2005-06³³ (21 g/giorno per i bambini piccoli, 45 g/giorno per i bambini e 56.7 g/giorno per gli adulti). Sulla base di tali dati, le quantità di riferimento ottenute sono quelle riportate nella seguente Tabella.

Tabella 87. Quantità di formaggi ovicaprini ingeriti per le tre classi di età

| Prodotti | Bambini piccoli (0-2 anni) (g/giorno) | Bambini (3-9 anni) (g/giorno) | Adulti (g/giorno) |
|----------|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------|
| Formaggi | 7.3 | 15.6 | 19.6 |

³³ Appendice B2 Parte B L'indagine nazionale sui consumi alimentari in Italia, Tabella 1.A.h.7(c)

A.1.1.2.4.4 ULTERIORI PARAMETRI

Ulteriori parametri utilizzati per il calcolo della dose assunta sono riportati in Tabella 88. Il peso corporeo per ciascuna classe di età è stato desunto dallo studio INRAN-SCAI 2005-06 (L'indagine nazionale sui consumi alimentari - 2011) mentre, in analogia con lo studio dell'ISS, la frequenza di esposizione è stata assunta pari a 240 giorni all'anno per i prodotti ortofrutticoli e pari a 350 giorni all'anno per i prodotti di origine animale (carini e formaggi).

Lo scenario di riferimento per il calcolo è largamente cautelativo in quanto considera:

- massima durata di esposizione per ciascuna classe di età;
- il consumo esclusivo da parte della popolazione di prodotti ortofrutticoli coltivati all'interno del territorio comunale di Portoscuso;
- una frequenza di esposizione pari a 8 mesi/anno dei prodotti ortofrutticoli a fronte di una stagionalità degli stessi che prevede un ciclo di 4 mesi;
- una frequenza di esposizione per i prodotti di origine animale pari a 350 giorno/anno (consumo esclusivo della popolazione di carni e formaggi ovicaprini provenienti dal territorio comunale di Portoscuso).

Tabella 88. Parametri di calcolo della portata di esposizione per ingestione attraverso la catena alimentare

| Parametro | Simbolo | Unità di misura | Bambini piccoli | Bambini | Adulti |
|--|---------|-----------------|-----------------|---------|---------|
| Frequenza di esposizione | EF | giorni/anno | 240/350 | 240/350 | 240/350 |
| Durata di esposizione | ED | anni | 3 | 7 | 20 |
| Peso corporeo | BW | Kg | 11.3 | 26.1 | 64.1 |
| Tempo di mediazione sostanze cancerogene | ATc | anni | 70 | 70 | 70 |
| Tempo di mediazione sostanze non cancerogene | ATnc | anni | =ED | =ED | =ED |

A.1.1.2.5 Calcolo della dose assunta per la via di esposizione contatto dermico

In riferimento al contatto dermico, sono stati considerati due scenari di esposizione:

- scenario di tipo ricreativo con presenza contemporanea di adulti e bambini nelle spiagge in prossimità dell'area industriale;
- scenario di tipo rurale con presenza contemporanea di adulti e bambini³⁴.

La dose di esposizione al singolo contaminante cancerogeno è stata calcolata separatamente per 2 classi di età:

- classe 1 - bambini (0-6 anni);
- classe 2 - adulti (>6 anni);

³⁴ Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati – APAT 2008

attraverso la seguente formula:

$$LADD_j = \frac{C_{suolo} \cdot SA_j \cdot AF_j \cdot ABS \cdot EF \cdot ED_j}{BW_j \cdot AT} \quad (15)$$

mentre la dose di esposizione per gli effetti tossici, anch'essa calcolata separatamente per classe di età, è data dalla seguente formula:

$$ADD_j = \frac{C_{suolo} \cdot SA_j \cdot AF_j \cdot ABS \cdot EF \cdot ED_j}{BW_j \cdot AT} \quad (16)$$

in cui C_{suolo} è la concentrazione di ciascun contaminante nel suolo (mg/kg), calcolata così come specificato al paragrafo A.1.1.2.6; BW_j : peso corporeo (considerato pari a 70 kg per gli adulti e a 15 kg per i bambini); AT : tempo di mediazione (considerato pari a 70 anni nella valutazione del rischio cancerogeno e pari alla durata di esposizione nella valutazione di rischio tossico); ED_j : durata di esposizione (considerata pari a 24 anni per gli adulti e a 6 per i bambini); EF : frequenza di esposizione considerata pari a 150 giorni/anno, sia per adulti che per i bambini, nello scenario di tipo ricreativo e pari a 350 giorni/anno, sia per adulti che per i bambini, nello scenario di tipo residenziale; SA_j : superficie di pelle esposta (considerata pari a 20'000cm² per gli adulti e 7'600cm² per i bambini nello scenario di tipo ricreativo e pari a 5'700cm² per gli adulti e 2'800cm² per i bambini nello scenario di tipo rurale); AF_j : fattore di aderenza dermica del suolo (considerata pari a 0.07 mg/cm²/giorno per gli adulti e a 0.2 mg/cm²/giorno per i bambini), ABS : fattore di assorbimento dermico (acquisito dal database ISS-INAIL).

Il rischio cancerogeno complessivo (per tutte le classi di età) viene calcolato sommando le dosi di esposizione per ogni classe di età:

$$LADD_{adj} = \sum_j LADD_j \quad (17)$$

Il rischio tossico complessivo (per tutte le classi di età) viene calcolato considerando la dose assunta del recettore più sensibile, ovvero i bambini.

Le concentrazioni di contaminanti nel suolo utilizzate per il calcolo si differenziano in funzione dello scenario considerato:

- per lo scenario di tipo ricreativo sono state utilizzate le concentrazioni minima, media e massima derivanti dalla deposizione al suolo dei contaminanti generata dal progetto cumulata nei 20 anni di esercizio negli arenili di Portovesme e di Porto Paglietto;
- per lo scenario di tipo rurale sono state utilizzate le concentrazioni minima, media e massima derivanti dalla deposizione al suolo dei contaminanti generata dal progetto cumulata nei 20 anni nell'area agricola più esposta.

A.1.1.2.6 Valori di riferimento della concentrazione incrementale dei contaminanti nel suolo

In riferimento allo scenario di riferimento di tipo residenziale il rischio per ingestione attraverso la catena alimentare e per contatto dermico, generato dal progetto, è stato calcolato utilizzando come valori di riferimento della concentrazione dei contaminanti nel suolo i valori massimi e medi dall'area agricola più esposta; mentre in riferimento allo scenario di tipo ricreativo, il rischio per ingestione diretta di suolo e per contatto dermico, generato dal progetto, è stato calcolato utilizzando come valori di riferimento della concentrazione dei contaminanti nel suolo i valori massimi e medi negli arenili di Portovesme e di Porto Paglietto.

L'incremento di concentrazione di inquinanti al suolo associato al progetto è stato calcolato a partire dai valori di deposizione al suolo stimati dalle simulazioni della dispersione in atmosfera, che forniscono il rateo di deposizione media annua (espresso in $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{sec}$) di ciascun contaminante nell'area di studio.

I valori di deposizione media e massima associati alle aree agricole e agli arenili sono stati calcolati attraverso i seguenti passaggi e sono vengono allegate in formato elettronico shp file:

- interpolazione in ambiente GIS dei valori di deposizione calcolati dal modello di dispersione in corrispondenza di una griglia di calcolo regolare mediante un algoritmo TIN, con risoluzione spaziale 10x10 m, ottenendo dunque la distribuzione dei valori di deposizione nell'intera area (raster formato da pixel a ciascuno dei quali è associato una banda ovvero un valore di concentrazione);
- calcolo, mediante il tools "statistiche zonali" di QGIS, in corrispondenza di ciascuna area d'interesse (aree agricole e arenili), dei parametri statistici (valore medio e valore massimo) della distribuzione delle deposizioni nell'area (rappresentata dall'insieme dei pixel contenuti nell'area).

Le valutazioni nello scenario rurale sono state effettuate utilizzando i valori massimi dei parametri di deposizione (per i valori di deposizione minimi, medi e massimi) in riferimento a ciascun contaminante.

Le deposizioni dei contaminanti al suolo sono state moltiplicate per il fattore di incertezza pari a 1.5.

L'incremento di concentrazione attesa al suolo C_s generato dal progetto è stato calcolato utilizzando l'equazione proposta da Travis, et al. (1983) e raccomandata dall'US EPA per il calcolo della concentrazione cumulativa nel suolo:

$$C_s = \frac{Dy \cdot [1 - e^{(-ks \cdot tD)}]}{Zs \cdot BD \cdot ks} \quad (18)$$

in cui Dy è la deposizione del contaminante, ks è la costante di dispersione della concentrazione al suolo, Zs è lo spessore della zona di miscelazione, assunto pari a 2 cm per il contatto dermico (valore

raccomandato da Brzuzy et al. 1995 (riferito alle diossine)) e pari a 20 cm, per il calcolo della concentrazione nei prodotti alimentari (valore raccomandato in relazione al fatto che il terreno viene lavorato per la coltivazione), tD è il periodo nel quale avviene la deposizione (considerato pari a 20 anni) e BD è la densità del suolo insaturo (il valore raccomandato è pari a 1.5 g/cm³).

Trascurano i fattori di dispersione della concentrazione al suolo (assunzione cautelativa) è possibile utilizzare la seguente formulazione semplificata:

$$Cs = \frac{Dy}{Zs \cdot BD} \cdot tD \quad (19)$$

A.1.2 APPROCCIO EPIDEMIOLOGICO

L'incremento di eventi sanitari legati all'inalazione di PM2.5 e di PM10 è stata condotta utilizzando la procedura esposta nel documento "*Outdoor air pollution. Assessing the environmental burden of disease at national and local levels. Environmental burden of Disease Series, N° 5. WHO – Protection of the human environment. Geneva 2004*" e nel documento "US Environmental Protection Agency, Office of Air and Radiation. Quantitative Health Risk Assessment for Particulate Matter. EPA-452/R-10-005. Research Triangle Park, NC, US EPA, 2010".

Il numero di casi annui aggiuntivi, associati a ciascuno degli eventi sanitari considerati, è dato dalla:

$$AC_{ep} = (RR-1) \cdot CA \cdot B \cdot P_{exp} \quad (20)$$

dove AC_{ep} è il numero di casi annui attribuibili; CA è la concentrazione del contaminante in aria (µg/m³); P_{exp} è la popolazione esposta (fonte ISTAT2011)); (RR-1) è l'eccesso di rischio per unità di variazione della concentrazione di esposizione del fattore di rischio in esame; B è il tasso di morbosità/mortalità di background dell'esito sanitario considerato.

Nei calcoli effettuati la concentrazione in aria è stata moltiplicata per il fattore di incertezza pari a 1.5.

A.1.1.3 IDENTIFICAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ E VALUTAZIONE DELLE RELAZIONI DOSE-RISPOSTA

Utilizzando una relazione dose - risposta lineare, il rischio relativo associato a un dato esito sanitario è espresso dalla relazione:

$$RR(C) = e^{\beta(C-C_0)} \quad (21)$$

Dove β esprime l'incremento del rischio relativo per un aumento della concentrazione di esposizione di 1 µg/m³, C è la concentrazione di esposizione e C₀ è la concentrazione a cui si assume che il rischio relativo sia pari a 1.

Nel caso specifico, ai fini della valutazione dei casi aggiuntivi relativi ad ogni evento sanitario considerato, C₀ è stato posto pari a 0, mentre la concentrazione C corrisponde all'incremento di concentrazione determinato dal progetto.

I parametri di rischio relativo, riferiti ad un incremento della concentrazione di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, desunti dalla letteratura ed utilizzati per il calcolo, sono riportati in Tabella 89.

Tabella 89. Valori del rischio relativo (RR) e intervallo di confidenza

| | INQUINANTE | EFFETTO | RR (95%IC) per $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ | beta (95%IC) | FONTE | NOTE |
|---------------|---|--|--|-------------------------|---------|--|
| LUNGO TERMINE | PM2.5 | Mortalità per tutte le cause (naturali) età>30 | 1.070 (1.040-1.090) | 0.0068 (0.0039-0.0086) | FONTE 1 | |
| | PM2.5 | Mortalità per cause cardiovascolari età>30 | 1.100 (1.050-1.150) | 0.0095 (0.0049-0.0148) | FONTE 1 | |
| | PM2.5 | Mortalità per cause respiratorie età>30 | 1.100 (0.980-1.240) | 0.0095 (-0.0020-0.0215) | FONTE 1 | Limite inferiore IC di RR assunto pari a 1 |
| | PM2.5 | Tumore al polmone età>30 | 1.090 (1.040-1.140) | 0.0086 (0.0039-0.0131) | FONTE 3 | |
| | NO2 | Mortalità naturale | 1.055 (1.031-1.080) | 0.0054 (0.0031-0.0077) | FONTE 2 | Non applicabile al caso in esame poiché i valori di RR sono riferibili a concentrazione di $\text{NO}_2 > 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ |
| | PM10 | Prevalenza di bronchiti nei bambini 6-12 anni | 1.080 (0.980-1.190) | 0.0077 (-0.0020-0.0174) | FONTE 2 | Nei comuni di interesse non sono stati rilevati casi di ricoveri per cui non è possibile calcolare il relativo tasso di incidenza |
| | PM10 | Incidenza delle bronchiti croniche negli adulti | 1.117 (1.040-1.189) | 0.0111 (0.0039-0.0173) | FONTE 2 | |
| BREVE TERMINE | PM2.5 | Mortalità per tutte le cause (naturali) tutte le età | 1.0123 (1.0045-1.0201) | 0.0012 (0.0004-0.0020) | FONTE 2 | |
| | PM2.5 | Ricoveri per cause cardiovascolari tutte le età | 1.0091 (1.0017-1.0166) | 0.0009 (0.0002-0.0016) | FONTE 2 | |
| | PM2.5 | Ricoveri per cause respiratorie tutte le età | 1.0190 (0.9982-1.0402) | 0.0019 (0.0002-0.0039) | FONTE 2 | Limite inferiore IC di RR assunto pari a 1 |
| FONTE 1 | WHO Expert Meeting: Methods and tools for assessing the health risks of air pollution at local, national and international level. Background paper 4: Updated exposure-response functions available for estimating mortality impacts. F. Forestiere, H. Kan, A. Cohen | | | | | |
| FONTE 2 | Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide | | | | | |
| FONTE 3 | Hamra et al. Outdoor Particulate Matter Exposure and Lung Cancer: A Systematic Review and Meta-Analysis. Environmental Health Perspectives 2014 | | | | | |

Si fa presente che non essendo stato possibile determinare i tassi grezzi riferibili alla mortalità per cause naturali (escludendo quindi le cause di morte accidentali) per la mancanza dei dati, il calcolo dei casi attribuibili alla mortalità naturale è stato effettuato utilizzando il tasso di mortalità totale (per tutte le cause). Tale assunzione comporta ovviamente una sovrastima del numero di casi.

La valutazione del contributo del progetto è stata effettuata, in riferimento agli effetti di breve e di lungo periodo, calcolando il numero di casi annuali attribuibili all'evento sanitario considerato in riferimento alle concentrazioni media e massima calcolate all'interno di ciascuna area target (zona censuaria). Le aggregazioni per località e per comune sono state effettuate sommando i casi attribuibili calcolati per le aree target facenti parte delle località e dei comuni.

La valutazione degli effetti ante operam è stata effettuata sia sulla base delle concentrazioni medie annue registrate dalle centraline di monitoraggio della RAS sia sulla base di una possibile distribuzione delle concentrazioni nell'area di influenza, ricavata mediante interpolazione a partire dai valori disponibili.

A tal proposito si mette in evidenza che:

- la valutazione degli effetti di breve periodo viene effettuata esclusivamente per completezza di informazione ed essa non costituisce un'alternativa alla quantificazione degli effetti a lungo termine³⁵;
- il numero di casi di mortalità totale attribuibili agli effetti di breve periodo, sono già ricompresi in quelli attribuibili agli effetti di lungo periodo; i casi attribuibili ad effetti di breve periodo non possono, dunque, essere sommati a quelli di lungo periodo per determinare una sorta di effetti complessivi³⁶.

La valutazione degli effetti di lungo termine per esposizione a PM10 è stata effettuata esclusivamente in riferimento all'incidenza delle bronchiti croniche negli adulti poiché i dati ospedalieri a disposizione non hanno mostrato evidenze nei bambini 6-12 anni.

La valutazione dei decessi per cause respiratorie per esposizione a PM2.5 è stata effettuata nonostante la stima di RR non sia statisticamente significativa (il limite inferiore dell'intervallo di confidenza dell'RR è minore di 1 (vedi Tabella 89)).

La valutazione degli effetti di lungo termine per esposizione al biossido di azoto non è stata effettuata poiché i valori di RR reperibili in letteratura sono riferibili a concentrazione di NO₂ superiori a 20 µg/m³. Nel caso in esame i valori di concentrazione di NO₂ sono molto minori (massimo circa 15 µg/m³), inferiori alla soglia di non effetto indicata dall'OMS (20 µg/m³) ed una eventuale applicazione del metodo avrebbe avuto una scarsa attendibilità.

A.1.1.4 TASSI DI MORBOSITÀ/MORTALITÀ DI BACKGROUND

I tassi di morbosità/mortalità, utilizzati nell'applicazione dell'approccio epidemiologico, sono stati determinati come tassi grezzi sulla base dei dati ATS Sardegna (mortalità, periodo 2015-2019 e ricoveri, periodo 2015-2019) in riferimento ai comuni ricompresi nell'area di influenza (Tabella 90).

³⁵ Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide

³⁶ coerentemente con le indicazioni della “Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE project Recommendations for concentration–response functions for cost–benefit analysis of particulate matter, ozone and nitrogen dioxide” e “Outdoor air pollution – Assessing the environmental burden of disease at national and local levels – Environmental burden of disease series, N° 5”

Tabella 90. Tassi grezzi di mortalità per il periodo 2013-2014 e tassi grezzi per il periodo 2013-2016 per ricoverati in tutte le diagnosi

| | Mortalità totale x 10000 | Mortalità per cause cardiovascolari x 10000 | Mortalità per tumore polmone x 10000 | Mortalità per cause respiratorie x 10000 | Ricoveri per cause cardiovascolari x 1000 | Ricoveri per cause respiratorie x 1000 | Tasso di incidenza di bronchiti adulti x10000 |
|-----------------------------|-----------------------------|---|--|--|---|--|--|
| Calasetta | 111.3 | 38.8 | 5.5 | 9.7 | 196.0 | 105.2 | 1.6 |
| Carbonia | 100.5 | 28.5 | 5.5 | 14.3 | 183.0 | 141.1 | 3.3 |
| Carloforte | 124.2 | 46.2 | 5.6 | 12.5 | 233.2 | 112.8 | 5.5 |
| Gonnesa | 70.2 | 20.2 | 5.6 | 8.1 | 160.1 | 132.7 | 4.5 |
| Portoscuso | 76.7 | 26.6 | 6.6 | 7.0 | 162.8 | 119.9 | 3.5 |
| San Giovanni Suergiu | 83.4 | 24.4 | 5.7 | 9.7 | 153.0 | 114.9 | 3.0 |
| Iglesias | 92.8 | 24.4 | 5.4 | 11.5 | 148.5 | 139.6 | 4.9 |
| Sant'Antioco | 108.7 | 29.4 | 5.9 | 9.7 | 150.5 | 133.0 | 0.8 |

A.2. APPENDICE A2 - VALUTAZIONE DEL RISCHIO ANTE OPERAM

A.2.1 PREMESSA

La valutazione del rischio ante operam, a cui è attualmente soggetta la popolazione nell'area di influenza del progetto, è stata condotta in riferimento alla sola via inalatoria in quanto la più influenzata dagli effetti del progetto, utilizzando le concentrazioni dei contaminanti in aria misurate dalla rete di monitoraggio della qualità dell'aria della Regione Sardegna.

In particolare nell'area di influenza del progetto sono presenti le seguenti 5 centraline della rete di monitoraggio:

- CENPS7 (zona industriale, area di Portoscuso) interna al centro abitato di Portoscuso;
- CENPS4 (zona industriale, area di Portoscuso) esterna al centro abitato di Portoscuso e prossima al polo industriale;
- CENPS6 (zona industriale, area di Portoscuso) interna al centro abitato di Paringianu;
- CENCB2 (zona rurale, area del Sulcis Iglesiente) interna al centro abitato di Carbonia;
- CENNF1 (zona rurale, area del Sulcis Iglesiente) interna al centro abitato Nuraxi Figus.

In Tabella 91 si riportano i valori medi annui delle concentrazioni degli inquinanti monitorati da tali centraline relativi al periodo 2015 – 2019 e i valori delle concentrazioni massime medie mobili giornaliere su 8 ore di CO (fonte dati Relazioni annuali sulla qualità dell'aria in Sardegna); nella stessa tabella sono inoltre indicati i valori medi per il periodo d'interesse (2015 – 2019).

Tabella 91. Concentrazioni medie annue dei macroinquinanti e relativi valori limite per la salute della popolazione- Anni 2015-2019

| | | VL PSU | Concentrazioni medie annue [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | | | | | |
|----------------|--------|------------------|---|------|------|------|------|--------------|
| | | | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | valore medio |
| NO2 | CENPS4 | 40 | 6.5 | 5.3 | 4.6 | 4.1 | 3.8 | 4.9 |
| | CENPS6 | | 4.3 | 4.6 | 5.1 | 4.4 | 2.8 | 4.2 |
| | CENPS7 | | 9.7 | 12 | 7.9 | 7 | 3.5 | 8.0 |
| | CENCB2 | | 7.6 | 7.8 | 8.4 | 7.2 | 5.6 | 7.3 |
| | CENNF1 | | 3.5 | 3.5 | 5.9 | 4.5 | 4.3 | 4.3 |
| SO2 | CENPS4 | 20 ³⁷ | 1.7 | 1.5 | 1.7 | 0.9 | 0.5 | 1.3 |
| | CENPS6 | | 1.6 | 1.1 | 1.3 | 0.5 | 0.5 | 1.0 |
| | CENPS7 | | 0.6 | 0.8 | 1.5 | 1 | 0.6 | 0.9 |
| | CENCB2 | | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| | CENNF1 | | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.5 | 0.2 | 0.3 |
| Benzene | CENPS7 | 20 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.6 | 0.6 | 0.8 |
| | CENCB2 | | 0.9 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| PM10 | CENPS4 | 40 | 23.7 | 23.4 | 22.9 | 24.4 | 24.7 | 23.8 |
| | CENPS6 | | 16.4 | 16.8 | 17.3 | 18.5 | 17.9 | 17.4 |
| | CENPS7 | | 23.9 | 24.9 | 23.5 | 27.3 | 27.6 | 25.4 |
| | CENCB2 | | 14.4 | 20.2 | 17.3 | 13 | 9.1 | 14.8 |

³⁷ Media annua, livello critico annuale per la protezione della vegetazione

| | | | | | | | | |
|--|--------|--------|------|------|------|------|------|--------------|
| | CENNF1 | | 17 | 16.7 | 19.3 | 21.5 | 13.2 | 17.5 |
| PM2.5 | CENPS6 | | 9.7 | 11.2 | 10.8 | 11.8 | 9.6 | 10.6 |
| | CENPS7 | | 17.7 | 15 | 13.8 | 12.4 | 8.8 | 13.5 |
| Concentrazioni massime medie mobili giornaliere su 8 ore [mg/m³] | | | | | | | | |
| | | VL PSU | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | valore medio |
| CO | CENPS4 | 10 | 0.8 | 0.8 | 0.7 | 1.0 | 0.7 | 0.8 |
| | CENPS7 | | 0.7 | 0.6 | 1.4 | 0.6 | 0.5 | 0.8 |

Nelle 3 stazioni della zona industriale (CENPS7 CENPS6 e la CENPS4) viene inoltre eseguita la caratterizzazione del particolato PM10 al fine di valutare le concentrazioni in aria ambiente di microinquinanti: arsenico, cadmio, nichel, piombo, mercurio e il benzo(a)pirene. Nella CENPS7 i campionamenti sono effettuati mensilmente, mentre nelle restanti centraline vengono effettuati 4 campionamenti all'anno. Le concentrazioni di microinquinanti rilevate nel periodo 2015 – 2019, unitamente al relativo valore medio, sono riportate in Tabella 92 (fonte dati Relazioni annuali sulla qualità dell'aria in Sardegna).

Tabella 92. Concentrazioni medie annue microinquinanti e relativi valori di riferimento – Anni 2015-2019

| | | Concentrazioni medie annue [ng/m³] | | | | | | |
|-------|--------|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|--------------|
| | | VR ³⁸ | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | valore medio |
| As | CENPS4 | 6 | - | - | 2.599 | 2.685 | 3.959 | 3.081 |
| | CENPS6 | | 3.858 | 1.789 | 1.232 | 0.92 | 1.8 | 1.920 |
| | CENPS7 | | 5.668 | 4.191 | 2.715 | 2.933 | 2.163 | 3.534 |
| Cd | CENPS4 | 5 | - | - | 5.009 | 3.69 | 3.742 | 4.147 |
| | CENPS6 | | 4.825 | 2.397 | 2.473 | 1.309 | 1.103 | 2.421 |
| | CENPS7 | | 8.022 | 5.223 | 5.557 | 4.543 | 3.243 | 5.318 |
| Hg | CENPS4 | 1000 | - | - | 0.089 | 0.226 | 0.212 | 0.176 |
| | CENPS6 | | 0.177 | 0.099 | 0.04 | <0.079 | 0.058 | 0.091 |
| | CENPS7 | | 0.445 | 0.126 | 0.108 | 0.103 | 0.176 | 0.192 |
| Ni | CENPS4 | 20 | - | - | 0.192 | 0.78 | 0.674 | 0.549 |
| | CENPS6 | | 1.535 | 1.012 | 0.217 | 0.868 | 0.819 | 0.890 |
| | CENPS7 | | 3.751 | 3.098 | 3.545 | 3.547 | 1.832 | 3.155 |
| Pb | CENPS4 | 500 | - | - | 102.829 | 86.95 | 148.95 | 112.91 |
| | CENPS6 | | 107.56 | 48.223 | 65.818 | 23.225 | 36.927 | 56.35 |
| | CENPS7 | | 156.774 | 131.365 | 123.398 | 109.737 | 82.927 | 120.84 |
| B(a)P | CENPS4 | 1 | - | - | 0.028 | 0.018 | 0.013 | 0.020 |
| | CENPS6 | | 0.045 | 0.033 | 0.083 | 0.075 | 0.03 | 0.053 |
| | CENPS7 | | 0.099 | 0.060 | 0.100 | 0.084 | 0.061 | 0.081 |

³⁸ Il valore di riferimento per Arsenico, Cadmio, Nichel e Benzo(a)Pirene è il valore obiettivo del D.Lgs. 155/2010; per il mercurio è il valore medio annuo raccomandato dall'OMS nelle "Linee guida per la qualità dell'aria" del 2000.

Analogamente a quanto fatto per la valutazione del rischio sanitario associato al progetto, il rischio ante operam derivante dall'esposizione inalatoria è stato condotto seguendo due approcci:

- tossicologico, per il calcolo del rischio cancerogeno e/o tossico per i seguenti contaminanti: Arsenico, Cadmio, Nichel, Piombo, Mercurio, Benzo(a)pirene, Benzene, CO, SO₂, NO₂ e PM_{2.5};
- epidemiologico, per il calcolo del numero di eventi sanitari legati all'inalazione di PM_{2.5} e PM₁₀.

A.2.2 APPROCCIO TOSSICOLOGICO

Le procedure utilizzate per il calcolo del rischio con l'approccio tossicologico sono riportate nell'Appendice A1. Il calcolo del rischio sia tossico sia cancerogeno, relativo a ciascun inquinante e per tutta l'area di influenza, è stato effettuato in riferimento al valore di concentrazione CM calcolato come segue:

- Calcolo del parametro CM_i, media della concentrazione nei 5 anni di riferimento (2015-2019), in ogni centralina (i) (Tabella 91 e Tabella 92);
- Calcolo del parametro CM dato dal valore medio dei CM_i dove i varia fra 1 e 5 (5 centraline disponibili nell'area).

I limiti dell'intervallo di variazione del rischio sono stati valutati in riferimento ai valori minimo (CM_{min}) e massimo (CM_{max}) assunti da CM_i.

Sulla base di tali dati è stato possibile valutare:

- gli effetti tossici in riferimento all'esposizione a:
 - Arsenico, Cadmio, Nichel, Piombo, Mercurio, Benzo(a)pirene, Benzene, PM_{2.5}, NO₂, CO e SO₂;
- gli effetti cancerogeni – metodo EPA in riferimento all'esposizione a:
 - Arsenico, Cadmio, Nichel, Piombo, Benzo(a)pirene e Benzene;
- gli effetti cancerogeni – metodo UE in riferimento all'esposizione a:
 - Arsenico e Benzo(a)pirene.

Rischio tossico

In Tabella 93 si riportano i risultati dei calcoli effettuati per gli effetti tossici. Nella tabella è riportato, oltre all'indice di pericolo HI, l'indice di pericolo corrispondente al riferimento normativo (HQ_{norm}).

Tabella 93. Rischio tossico associato all'esposizione ai valori massimi delle concentrazioni rilevate nelle centraline (HQ) e ai valori limite di normativa (HQ_{norm})

| Sostanza | HQ _{norm} | HQ |
|----------|--------------------|---------------------|
| Arsenico | 0.40 | 0.190 (0.128-0.236) |
| Cadmio | 0.50 | 0.396 (0.242-0.532) |
| Mercurio | 0.67 | 0.000 (0.000-0.000) |
| Nichel | 0.22 | 0.017 (0.006-0.035) |
| Piombo | 0.04 | 0.008 (0.005-0.010) |
| Benzene | 0.17 | 0.026 (0.010-0.040) |

| | | |
|----------------|-------------|----------------------------|
| Benzo(a)pirene | 0.50 | 0.024 (0.021-0.028) |
| CO | 1.00 | 0.078 (0.076-0.080) |
| PM25 | 2.00 | 1.208 (1.062-1.354) |
| SO2 | 1.00 | 0.038 (0.016-0.063) |
| NO2 | 1.00 | 0.144 (0.106-0.201) |
| HI | 7.50 | 2.129 (1.672-2.579) |

Rischio cancerogeno – Approccio EPA

Per il calcolo del rischio cancerogeno, i contaminanti sono stati cautelativamente considerati come sostanze cancerogene aventi azione genotossica, per cui il rischio è stato corretto mediante il fattore di aggiustamento (ADAF) in funzione dell'età del bersaglio potenzialmente esposto³⁹. Il tempo di esposizione è stato considerato pari a 24 ore/giorno; la frequenza d'esposizione pari a 365 giorni/anno e la durata dell'esposizione pari alla vita media (70 anni).

Per il calcolo del rischio ante operam sono stati considerati anche gli inquinanti Benzene e Benzo(a)pirene, i cui parametri tossicologici, non facendo parte degli inquinanti caratteristici del progetto, sono riportati nella Tabella 94.

Tabella 94. Parametri tossicologici aggiuntivi ante operam

| Sostanza | IUR [µg/m³] ⁻¹ | RfCI [mg/m³] |
|----------------|------------------------------|-----------------|
| Benzene | 7.80E-06 | 3.00E-02 |
| Benzo(a)pirene | 6.00E-04 | 2.00E-06 |

I risultati del calcolo del rischio cancerogeno sono riportati in Tabella 95; nella stessa tabella è riportato, quale valore di confronto, il rischio (Rnorm) derivante dall'esposizione prolungata per tutta la vita alla concentrazione di riferimento normativo (valore limite o valore obiettivo o valore di riferimento).

Tabella 95. Rischio cancerogeno associato all'esposizione alle massime concentrazioni misurate nelle centraline (R) e ai valori limite di normativa (Rnorm)

| Sostanza | Rnorm [-] | R [-] |
|------------------|-----------|---------------------------|
| Arsenico | 4.28E-05 | 2.0E-05 (1.4E-05-2.5E-05) |
| Cadmio | 1.49E-05 | 1.2E-05 (7.2E-06-1.6E-05) |
| Nichel | 8.62E-06 | 6.6E-07 (2.4E-07-1.4E-06) |
| Piombo | 9.94E-06 | 1.9E-06 (1.1E-06-2.4E-06) |
| Benzene | 6.46E-05 | 9.4E-06 (8.0E-06-1.1E-05) |
| Benzo(a)pirene | 9.94E-07 | 5.1E-08 (2.0E-08-8.0E-08) |
| Rischio Cumulato | 1.42E-04 | 4.4E-05 (3.0E-05-5.6E-05) |

³⁹ Sono state considerate 3 classi di età: classe 1 (0-2 anni), classe 2 (3-16anni) e classe 3 (>16 anni).

Rischio cancerogeno – Approccio UE

Per le sostanze cancerogene con effetti genotossici per le quali è stato possibile reperire la Benchmark Dose è stato effettuato il calcolo del MoE (Margin of Exposure), mediante la seguente formula:

$$MoE = \frac{BMDL10}{EXP}$$

In Tabella 96 sono riportati i valori della Benchmark Dose (BMDL) indicati nel Database OpenFoodTox dell'EFSA.

Tabella 96. Valori della Benchmark Dose (EFSA – Database OpenFoodTox)

| Sostanza | Endpoint | Valore | Low concern |
|----------------|----------|-------------------|---|
| Arsenico | BMDL01 | 0.69 µg/kgbw/day | histopathology neoplastic (pulmonary and cardiac) |
| Benzo(a)Pirene | BMDL10 | 0.07 mg/kg bw/day | histopathology neoplastic (systemic) |

In Tabella 97 sono riportati i calcoli effettuati.

Tabella 97. Valori del MoE per l'arsenico e il benzo(a)pirene riferiti all'esposizione ante operam

| Sostanza | EXP [µg/day/kg _{bw}] | MoE | Low concern |
|----------------|--------------------------------|----------------------------|-------------|
| Arsenico | 3.69E-04 | 1052 (1559-847) | 1'000 |
| Benzo(a)Pirene | 1.31E-05 | 5926373 (15435355-3756955) | 10'000 |

A.2.3 APPROCCIO EPIDEMIOLOGICO

A.2.3.1 PM2.5

Gli effetti connessi all'inalazione di PM2.5 sono stati valutati mediante l'approccio epidemiologico, secondo la procedura di calcolo riportata in Appendice A1. Tale inquinante è monitorato unicamente dalle centraline CENPS6 e CENPS7. La concentrazione di PM2.5 è stata assunta costante all'interno dell'intera area di influenza del progetto e pari al valore medio tra le medie nel periodo 2015-2019, delle concentrazioni medie annue (12.08 µg/m³); i calcoli sono stati ripetuti considerando il minimo (10.62 µg/m³) e il massimo (13.54 µg/m³) per individuare l'intervallo di variazione.

In Tabella 98 sono riportati gli effetti di lungo periodo relativi alla mortalità per tutte le cause (naturali), per le cause cardiovascolari, per il tumore al polmone e per le cause respiratorie, mentre in Tabella 99 sono riportati gli effetti di breve periodo relativi a mortalità per tutte le cause (naturali), ricoveri per cause cardiovascolari e ricoveri per cause respiratorie.

Nelle Tabelle:

- il numero di eventi sanitari è relativo al valore medio di concentrazione e al valore dell'RR;
- l'estremo inferiore è relativo al valore minimo di concentrazione e all'estremo inferiore dell'intervallo di confidenza dell'RR;

- l'estremo superiore è relativo al valore massimo di concentrazione e all'estremo superiore dell'intervallo di confidenza dell'RR.

Tabella 98. PM2.5 - Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di lungo termine –ante operam

| | Popolazi one esposta (>30ann i) | PM2.5 mortalità totale N° di casi | PM2.5 mortalità cardiovascolare N° di casi | PM2.5 mortalità tumore al polmone N° di casi | PM2.5 mortalità per cause respiratorie N° di casi aggiuntivi |
|-------------------------|---|--------------------------------------|--|--|--|
| Calasetta | 2142 | 2.02 (1.01-2.91) | 1.00 (0.44-1.69) | 0.13 (0.05-0.22) | 0.25 (0.00-0.67) |
| Carbonia | 21152 | 17.98 (9.03-25.91) | 7.27 (3.20-12.23) | 1.27 (0.50-2.22) | 3.65 (0.00-9.83) |
| Carloforte | 4736 | 4.98 (2.50-7.17) | 2.65 (1.16-4.45) | 0.29 (0.11-0.50) | 0.71 (0.00-1.92) |
| Gonnesa | 3682 | 2.19 (1.10-3.15) | 0.90 (0.39-1.51) | 0.23 (0.09-0.39) | 0.36 (0.00-0.96) |
| Iglesias | 464 | 0.36 (0.18-0.52) | 0.14 (0.06-0.23) | 0.03 (0.01-0.05) | 0.06 (0.00-0.17) |
| Portoscuso | 3855 | 2.50 (1.26-3.60) | 1.24 (0.54-2.08) | 0.28 (0.11-0.49) | 0.33 (0.00-0.88) |
| San Giovanni Suergiu | 4320 | 3.05 (1.53-4.39) | 1.28 (0.56-2.14) | 0.27 (0.10-0.47) | 0.51 (0.00-1.36) |
| Sant'Antioco | 117 | 0.11 (0.05-0.16) | 0.04 (0.02-0.07) | 0.01 (0.00-0.01) | 0.01 (0.00-0.04) |
| Area di influenza | 40468 | 33.17 (16.67-47.81) | 14.51 (6.38-24.39) | 2.50 (0.97-4.35) | 5.89 (0.00-15.84) |

Tabella 99. PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine –ante operam

| | Popolazione esposta (Ptotale) | PM2.5 mortalità per tutte le cause N° di casi | PM2.5 ricoveri per cause cardiovascolari N° di casi | PM2.5 ricoveri per cause respiratorie N° di casi |
|-------------------------|-------------------------------------|--|--|---|
| Calasetta | 2794 | 0.46 (0.15-0.85) | 0.60 (0.10-1.23) | 0.67 (0.00-1.60) |
| Carbonia | 28636 | 4.28 (1.38-7.83) | 5.76 (0.95-11.78) | 9.27 (0.00-21.99) |
| Carloforte | 6253 | 1.15 (0.37-2.11) | 1.60 (0.26-3.28) | 1.62 (0.00-3.84) |
| Gonnesa | 5135 | 0.54 (0.17-0.98) | 0.90 (0.15-1.85) | 1.56 (0.00-3.71) |
| Iglesias | 623 | 0.09 (0.03-0.16) | 0.10 (0.02-0.21) | 0.20 (0.00-0.47) |
| Portoscuso | 5236 | 0.60 (0.19-1.09) | 0.94 (0.15-1.92) | 1.44 (0.00-3.42) |
| San Giovanni Suergiu | 5976 | 0.74 (0.24-1.36) | 1.01 (0.17-2.06) | 1.58 (0.00-3.74) |
| Sant'Antioco | 166 | 0.03 (0.01-0.05) | 0.03 (0.00-0.06) | 0.05 (0.00-0.12) |
| Area di influenza | 54819 | 7.88 (2.53-14.43) | 10.94 (1.80-22.37) | 16.40 (0.00-38.89) |

È bene sottolineare che la valutazione degli eventi sanitari associati al PM2.5 è stata effettuata non considerando la concentrazione di cut-off individuata dall'OMS⁴⁰ pari a 10 µg/m³.

A.2.3.2 PM10

Gli effetti di lungo periodo associati all'inalazione di PM10 sono stati valutati mediante l'approccio epidemiologico secondo la procedura di calcolo riportata in Appendice A1.

⁴⁰ WHO Regional Office for Europe, 2006

La concentrazione di PM10, misurata in tutte e 5 le centraline della rete regionale nell'area di interesse, è stata assunta costante all'interno dell'intera area di influenza del progetto e pari al valore medio ($19.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) delle concentrazioni medie annue per il periodo 2015-2019; i calcoli sono stati ripetuti considerando il minimo ($14.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e il massimo ($25.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) per individuare l'intervallo di variazione. Nelle Tabelle:

- il numero di eventi sanitari è relativo al valore medio di concentrazione e al valore dell'RR;
- l'estremo inferiore è relativo al valore minimo di concentrazione e all'estremo inferiore dell'intervallo di confidenza dell'RR;
- l'estremo superiore è relativo al valore massimo di concentrazione e all'estremo superiore dell'intervallo di confidenza dell'RR.

La Tabella 100 riporta gli effetti sull'incidenza delle bronchiti croniche per gli adulti.

Tabella 100. PM10 - Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di lungo termine (incidenza delle bronchiti croniche negli adulti) – massima media annua misurata nelle centraline RAS –ante operam

| | Popolazione esposta (>16 anni) | PM10 incidenza delle bronchiti croniche negli adulti N° di casi aggiuntivi |
|----------------------|--------------------------------|---|
| Calasetta | 2518.0 | 0.09 (0.02-0.19) |
| Carbonia | 25691 | 1.94 (0.50-4.04) |
| Carloforte | 5573 | 0.71 (0.18-1.47) |
| Gonnesa | 4539 | 0.48 (0.12-0.99) |
| Iglesias | 561 | 0.06 (0.02-0.13) |
| Portoscuso | 4654 | 0.38 (0.10-0.78) |
| San Giovanni Suergiu | 5324 | 0.37 (0.09-0.77) |
| Sant'Antioco | 146 | 0.003 (0.001-0.006) |
| Area di influenza | 49006 | 4.03 (1.03-8.37) |

A.3. APPENDICE A3 – VALUTAZIONE DEL RISCHIO POST OPERAM

A.3.1 PREMESSA

La valutazione del rischio post operam, analogamente a quanto fatto per l'ante operam, è stata condotta in riferimento alla sola via inalatoria e seguendo l'approccio tossicologico, per il calcolo del rischio tossico e cancerogeno, e l'approccio epidemiologico, per il calcolo del numero di eventi sanitari legati all'inalazione di PM2.5 e PM10.

La valutazione è stata fatta in riferimento a due possibili scenari post operam:

- Scenario post operam 1 in cui risulta attiva la raffineria dell'Eurallumina, il cui rischio è dunque pari al rischio ante operam più il rischio incrementale determinato dal Progetto di riavvio dell'Eurallumina S.p.A (nel seguito Progetto Eurallumina);
- Scenario post operam 2 in cui risultano attivi sia la raffineria dell'Eurallumina sia l'impianto SiderAlloys, il cui rischio è dunque pari al rischio ante operam più i rischi incrementali determinati dal Progetto Eurallumina e dal Progetto di riavvio dello stabilimento di produzione di alluminio primario di Portovesme della SiderAlloys Italia SpA (nel seguito Progetto SiderAlloys).

A.3.2 SCENARIO POST OPERAM 1

I risultati della valutazione relativi allo Scenario post operam 1, nel seguito riportati, sono presentati in riferimento a:

- **Sezione di censimento 1070160000009** in cui si ha il valore massimo del rischio per il Progetto Eurallumina;
- **Centro abitato di Portoscuso, Area di riferimento** in cui si ha il valore massimo del rischio per il Progetto Eurallumina (che include la Sezione di censimento 1070160000009);
- **Comune di Portoscuso, Comune** in cui si ha il valore massimo del rischio per il Progetto Eurallumina;
- Intera area di influenza del Progetto.

A.3.2.1 Approccio tossicologico

In Tabella 101 sono riportati i risultati del calcolo del rischio tossico.

Tabella 101. Scenario post operam 1: Rischio tossico: Indice di pericolo HQ per singolo contaminante e indice di pericolo cumulato HI

| | Ante Operam | Contributo del progetto Eurallumina [-] | Post Operam |
|--|-------------|--|-------------|
|--|-------------|--|-------------|

| | | Sezione di censimento 9 - Portoscuso | Portoscuso centro | Comune di Portoscuso | Area di influenza | Sezione di censimento 9 - Portoscuso | Portoscuso centro | Comune di Portoscuso | Area di influenza |
|--------------------------|-------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Arsenico HQ [-] | 0.190 (0.128- 0.236) | 7.02E-4 (2.39E-4- 2.23E-3) | 1.45E-3 (9.92E-4- 1.86E-3) | 1.38E-3 (7.23E-4- 2.84E-3) | 9.68E-4 (7.28E-4- 1.27E-3) | 0.191 (0.129- 0.237) | 0.191 (0.129- 0.238) | 0.191 (0.129- 0.237) | 0.190 (0.128- 0.238) |
| Cadmio HQ [-] | 0.396 (0.242- 0.532) | 3.80E-4 (1.35E-4- 1.24E-3) | 6.45E-4 (4.78E-4- 7.57E-4) | 7.08E-4 (3.87E-4- 1.39E-3) | 4.85E-4 (3.73E-4- 6.29E-4) | 0.397 (0.243- 0.533) | 0.397 (0.243- 0.533) | 0.397 (0.243- 0.532) | 0.396 (0.242- 0.533) |
| Mercurio HQ [-] | 0.001 (0.000- 0.001) | 7.71E-7 (2.77E-7- 2.39E-6) | 2.14E-6 (1.35E-6- 2.97E-6) | 1.41E-6 (7.76E-7- 2.76E-6) | 1.30E-6 (9.41E-7- 1.77E-6) | 0.001 (0.000- 0.001) | 0.001 (0.000- 0.001) | 0.001 (0.000- 0.001) | 0.001 (0.000- 0.001) |
| Nichel HQ [-] | 0.017 (0.006- 0.035) | 1.10E-4 (3.87E-5- 3.15E-4) | 5.32E-4 (2.88E-4- 8.29E-4) | 2.04E-4 (1.10E-4- 4.16E-4) | 2.69E-4 (1.72E-4- 4.02E-4) | 0.018 (0.006- 0.036) | 0.017 (0.006- 0.035) | 0.017 (0.006- 0.035) | 0.017 (0.006- 0.035) |
| Piombo HQ [-] | 0.008 (0.005- 0.010) | 2.38E-5 (8.37E-6- 7.83E-5) | 3.78E-5 (2.87E-5- 4.33E-5) | 4.48E-5 (2.43E-5- 8.82E-5) | 2.93E-5 (2.27E-5- 3.79E-5) | 0.008 (0.005- 0.010) | 0.008 (0.005- 0.010) | 0.008 (0.005- 0.010) | 0.008 (0.005- 0.010) |
| Benzene HQ [-] | 0.026 (0.010- 0.040) | | | | | 0.026 (0.010- 0.040) | 0.026 (0.010- 0.040) | 0.026 (0.010- 0.040) | 0.026 (0.010- 0.040) |
| Benzo(a)pirene HQ [-] | 0.024 (0.021- 0.028) | | | | | 0.024 (0.021- 0.028) | 0.024 (0.021- 0.028) | 0.024 (0.021- 0.028) | 0.024 (0.021- 0.028) |
| CO HQ [-] | 0.078 (0.076- 0.080) | 4.03E-4 (2.80E-4- 5.39E-4) | 3.11E-4 (2.37E-4- 3.80E-4) | 2.54E-4 (2.13E-4- 2.87E-4) | 2.90E-4 (2.22E-4- 3.82E-4) | 0.078 (0.076- 0.080) | 0.078 (0.076- 0.080) | 0.078 (0.076- 0.080) | 0.078 (0.076- 0.080) |
| PM25 HQ [-] | 1.208 (1.062- 1.354) | 3.27E-2 (1.50E-2- 6.13E-2) | 1.93E-1 (9.58E-2- 3.17E-1) | 3.63E-2 (2.69E-2- 5.96E-2) | 8.83E-2 (4.95E-2- 1.41E-1) | 1.401 (1.158- 1.671) | 1.244 (1.089- 1.414) | 1.296 (1.111- 1.495) | 1.232 (1.077- 1.407) |
| SO2 HQ [-] | 0.038 (0.016- 0.063) | 2.40E-3 (1.24E-3- 3.93E-3) | 1.04E-3 (7.75E-4- 1.36E-3) | 1.86E-3 (1.73E-3- 2.25E-3) | 8.99E-4 (6.29E-4- 1.21E-3) | 0.039 (0.017- 0.064) | 0.040 (0.018- 0.065) | 0.039 (0.017- 0.064) | 0.040 (0.017- 0.066) |
| NO2 HQ [-] | 0.144 (0.106- 0.201) | 2.97E-2 (1.54E-2- 4.82E-2) | 1.20E-2 (8.80E-3- 1.43E-2) | 2.25E-2 (2.13E-2- 2.37E-2) | 1.07E-2 (7.38E-3- 1.42E-2) | 0.156 (0.115- 0.215) | 0.166 (0.127- 0.224) | 0.155 (0.113- 0.215) | 0.167 (0.123- 0.234) |
| Indice cumulato HI | 2.129 (1.672- 2.579) | 6.80E-2 (3.29E-2- 1.22E-1) | 2.18E-1 (1.12E-1- 3.51E-1) | 6.60E-2 (5.29E-2- 9.68E-2) | 1.06E-1 (6.17E-2- 1.66E-1) | 2.347 (1.784- 2.930) | 2.195 (1.725- 2.676) | 2.236 (1.733- 2.745) | 2.181 (1.706- 2.677) |

In Tabella 102 sono riportati i risultati del calcolo del rischio cancerogeno.

Tabella 102. Scenario post operam 1: rischio cancerogeno per singolo contaminante e cumulato

| | Ante Operam | Contributo del progetto Eurallumina [-] | | | | Post Operam | | | |
|----------------------------|-------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | | Sezione di censimento 9 - Portoscuso | Portoscuso centro | Comune di Portoscuso | Area di influenza | Sezione di censimento 9 - Portoscuso | Portoscuso centro | Comune di Portoscuso | Area di influenza |
| Arsenico - R [-] | 2.03E-5 (1.37E-5- 2.52E-5) | 4.27E-8 (1.45E-8- 1.36E-7) | 8.84E-8 (6.03E-8- 1.13E-7) | 8.39E-8 (4.40E-8- 1.73E-7) | 5.89E-8 (4.43E-8- 7.71E-8) | 2.04E-5 (1.37E-5- 2.53E-5) | 2.04E-5 (1.37E-5- 2.54E-5) | 2.03E-5 (1.37E-5- 2.53E-5) | 2.03E-5 (1.37E-5- 2.53E-5) |
| Cadmio - R [-] | 1.18E-5 (7.22E-6- 1.59E-5) | 6.46E-9 (2.28E-9- 2.11E-8) | 1.10E-8 (8.11E-9- 1.28E-8) | 1.20E-8 (6.57E-9- 2.36E-8) | 8.22E-9 (6.33E-9- 1.07E-8) | 1.18E-5 (7.23E-6- 1.59E-5) | 1.18E-5 (7.23E-6- 1.59E-5) | 1.18E-5 (7.23E-6- 1.59E-5) | 1.18E-5 (7.22E-6- 1.59E-5) |
| Nichel - R [-] | 6.60E-7 (2.36E-7- 1.36E-6) | 2.44E-9 (8.53E-10- 6.96E-9) | 1.17E-8 (6.37E-9- 1.83E-8) | 4.49E-9 (2.43E-9- 9.18E-9) | 5.94E-9 (3.80E-9- 8.88E-9) | 6.71E-7 (2.43E-7- 1.38E-6) | 6.64E-7 (2.39E-7- 1.37E-6) | 6.66E-7 (2.40E-7- 1.37E-6) | 6.61E-7 (2.37E-7- 1.37E-6) |
| Piombo - R [-] | 1.92E-6 (1.12E-6- 2.40E-6) | 3.32E-9 (1.16E-9- 1.09E-8) | 5.26E-9 (3.99E-9- 6.03E-9) | 6.23E-9 (3.39E-9- 1.23E-8) | 4.07E-9 (3.16E-9- 5.28E-9) | 1.93E-6 (1.12E-6- 2.41E-6) | 1.93E-6 (1.12E-6- 2.42E-6) | 1.93E-6 (1.12E-6- 2.41E-6) | 1.93E-6 (1.12E-6- 2.42E-6) |
| Benzene - R [-] | 9.44E-6 (8.01E-6- 1.09E-5) | | | | | 9.44E-6 (8.01E-6- 1.09E-5) | 9.44E-6 (8.01E-6- 1.09E-5) | 9.44E-6 (8.01E-6- 1.09E-5) | 9.44E-6 (8.01E-6- 1.09E-5) |
| Benzo(a)pir ene - R [-] | 5.09E-8 (1.96E-8- 8.03E-8) | | | | | 5.09E-8 (1.96E-8- 8.03E-8) | 5.09E-8 (1.96E-8- 8.03E-8) | 5.09E-8 (1.96E-8- 8.03E-8) | 5.09E-8 (1.96E-8- 8.03E-8) |
| Cumulato - R [-] | 4.42E-5 (3.03E-5- 5.57E-5) | 6.76E-8 (2.44E-8- 2.03E-7) | 2.56E-7 (1.49E-7- 3.77E-7) | 1.22E-7 (6.73E-8- 2.44E-7) | 1.39E-7 (9.33E-8- 2.01E-7) | 4.44E-5 (3.04E-5- 5.61E-5) | 4.43E-5 (3.04E-5- 5.60E-5) | 4.43E-5 (3.04E-5- 5.59E-5) | 4.42E-5 (3.03E-5- 5.60E-5) |

A.3.2.2 Approccio epidemiologico

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati della valutazione effettuata con l'approccio epidemiologico, riferiti agli effetti di lungo periodo connessi all'inalazione di PM2.5 e relativi a mortalità per tutte le cause (naturali) (Tabella 103), per cause cardiovascolari (Tabella 104), per tumore al polmone (Tabella 105) e per cause respiratorie (Tabella 106).

In Tabella 107 sono riportati gli effetti dell'inalazione del PM10 sull'incidenza delle bronchiti croniche negli adulti.

Gli effetti di breve periodo connessi all'inalazione del PM2.5 sono riportati in Tabella 108 per la mortalità per tutte le cause (naturali), in Tabella 109 per i ricoveri per cause cardiovascolari e in Tabella 110 per i ricoveri per cause respiratorie.

Tabella 103. Scenario post operam 1: PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine – mortalità per tutte le cause

| Area di riferimento | P exp (>30anni) | Mortalità tutte le cause N° di casi | PM2.5 mortalità tutte le cause ANTE OPERAM N° di casi | PM2.5 mortalità tutte le cause POST OPERAM N° di casi |
|--------------------------------------|--------------------|--|--|---|
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 381 | 2.9 | 0.247 (0.124-0.356) | 0.287 (0.135-0.440) |
| Portoscuso centro | 3284 | 25.2 | 2.13 (1.07-3.07) | 0.285 (0.143-0.417) |
| Comune di Portoscuso | 3855 | 29.6 | 2.50 (1.26-3.60) | 2.289 (1.121-3.395) |
| Area di influenza | 40468 | 392.3 | 33.2 (16.7-47.8) | 0.028 (0.014-0.042) |

Tabella 104. Scenario post operam 1: PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - mortalità cardiovascolare

| Area di riferimento | P exp (>30anni) | mortalità cause cardiovascolari N° di casi | PM2.5 mortalità cause cardiovascolari ANTE OPERAM N° di casi | PM2.5 mortalità cause cardiovascolari POST OPERAM N° di casi |
|--------------------------------------|--------------------|---|---|---|
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 381 | 1.0 | 0.122 (0.054-0.205) | 0.142 (0.059-0.254) |
| Portoscuso centro | 3284 | 8.7 | 1.053 (0.463-1.771) | 0.141 (0.062-0.240) |
| Comune di Portoscuso | 3855 | 10.2 | 1.236 (0.543-2.079) | 1.132 (0.485-1.958) |
| Area di influenza | 40468 | 120.1 | 14.5 (6.4-24.4) | 0.014 (0.006-0.024) |

Tabella 105. Scenario post operam 1: PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - mortalità tumore al polmone

| Area di riferimento | P exp (>30anni) | mortalità tumore al polmone N° di casi | PM2.5 mortalità tumore al polmone ANTE OPERAM N° di casi | PM2.5 mortalità tumore al polmone POST OPERAM N° di casi |
|--------------------------------------|--------------------|---|---|---|
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 381 | 0.3 | 0.027 (0.011-0.048) | 0.032 (0.012-0.059) |
| Portoscuso centro | 3284 | 2.2 | 0.237 (0.093-0.413) | 0.032 (0.012-0.056) |
| Comune di Portoscuso | 3855 | 2.6 | 0.278 (0.109-0.485) | 0.255 (0.097-0.457) |
| Area di influenza | 40468 | 23.0 | 2.50 (0.97-4.35) | 0.003 (0.001-0.006) |

Tabella 106. Scenario post operam 1: PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - mortalità cause respiratorie

| Area di riferimento | P exp (>30anni) | mortalità cause respiratorie N° di casi | PM2.5 mortalità cause respiratorie ANTE OPERAM N° di casi | PM2.5 mortalità cause respiratorie POST OPERAM N° di casi |
|--------------------------------------|--------------------|--|--|--|
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 381 | 0.3 | 0.032 (0.000-0.087) | 0.038 (0.000-0.107) |
| Portoscuso centro | 3284 | 2.3 | 0.279 (0.000-0.750) | 0.037 (0.000-0.102) |
| Comune di Portoscuso | 3855 | 2.7 | 0.327 (0.000-0.880) | 0.300 (0.000-0.829) |
| Area di influenza | 40468 | 48.8 | 5.89 (0.00-15.84) | 0.004 (0.000-0.010) |

Tabella 107. Scenario post operam 1: PM10 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine -incidenza delle bronchiti croniche negli adulti

| Area di riferimento | P exp (>16anni) | incidenza bronchiti N° di casi | PM10 incidenza bronchiti ANTE OPERAM N° di casi | PM10 incidenza bronchiti POST OPERAM N° di casi |
|--------------------------------------|--------------------|-----------------------------------|---|---|
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 450 | 0.16 | 0.036 (0.009-0.075) | 0.040 (0.010-0.086) |
| Portoscuso centro | 3956 | 1.38 | 0.320 (0.082-0.664) | 0.043 (0.011-0.091) |
| Comune di Portoscuso | 4654 | 1.62 | 0.376 (0.096-0.781) | 0.337 (0.085-0.706) |
| Area di influenza | 49006 | 17.41 | 4.033 (1.031-8.373) | 0.005 (0.001-0.011) |

Tabella 108. Scenario post operam 1: PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine - mortalità per tutte le cause

| Area di riferimento | Popolazione esposta (Ptotale) | mortalità per tutte le cause N° di casi | PM2.5 mortalità per tutte le cause ANTE OPERAM N° di casi | PM2.5 mortalità per tutte le cause POST OPERAM N° di casi |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--|---|---|
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 500 | 3.8 | 0.057 (0.018-0.104) | 0.066 (0.020-0.129) |
| Portoscuso centro | 4447 | 34.1 | 0.507 (0.163-0.929) | 0.068 (0.022-0.127) |
| Comune di Portoscuso | 5236 | 40.2 | 0.597 (0.192-1.093) | 0.544 (0.171-1.026) |
| Area di influenza | 54819 | 530.3 | 7.879 (2.534-14.431) | 0.008 (0.003-0.015) |

Tabella 109. Scenario post operam 1: PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine - ricoveri per cause cardiovascolari

| Area di riferimento | Popolazione esposta (Ptotale) | ricoveri per cause cardiovascolari N° di casi | PM2.5 ricoveri per cause cardiovascolari ANTE OPERAM N° di casi | PM2.5 ricoveri per cause cardiovascolari POST OPERAM N° di casi |
|--------------------------------------|-------------------------------------|--|--|--|
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 500 | 8.1 | 0.089 (0.015-0.183) | 0.104 (0.016-0.226) |
| Portoscuso centro | 4447 | 72.4 | 0.796 (0.131-1.627) | 0.107 (0.018-0.222) |
| Comune di Portoscuso | 5236 | 85.2 | 0.937 (0.154-1.916) | 0.854 (0.137-1.797) |
| Area di influenza | 54819 | 995.2 | 10.941 (1.797-22.370) | 0.013 (0.002-0.027) |

Tabella 110. Scenario post operam 1: PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine - ricoveri per cause respiratorie

| Area di riferimento | Popolazione esposta (Ptotale) | ricoveri per cause respiratorie N° di casi | PM2.5 ricoveri per cause respiratorie ANTE OPERAM N° di casi | PM2.5 ricoveri per cause respiratorie POST OPERAM N° di casi |
|--------------------------------------|-------------------------------------|---|--|--|
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 500 | 6.0 | 0.138 (0.000-0.326) | 0.160 (0.000-0.403) |
| Portoscuso centro | 4447 | 53.3 | 1.223 (0.000-2.901) | 0.165 (0.000-0.396) |
| Comune di Portoscuso | 5236 | 62.8 | 1.441 (0.000-3.416) | 1.313 (0.000-3.205) |
| Area di influenza | 54819 | 714.4 | 16.397 (0.000-38.887) | 0.020 (0.000-0.048) |

In Tabella 111 è riportato l'incremento del numero di casi, per tutti gli effetti sanitari considerati, nella configurazione post operam.

Tabella 111. Scenario post operam 1: Incremento del numero di casi nella condizione post operam

| Area di riferimento | Effetto | % di casi dovuti ad esposizione ambientale ANTE OPERAM | % di casi dovuti ad esposizione ambientale POST OPERAM | Incremento percentuale |
|---|---------------|--|--|------------------------|
| PM2.5 - Mortalità tutte le cause | Lungo termine | 8.5% (4.2%-12.2%) | 8.5% (4.3%-12.3%) | 0.08% (0.03%-0.14%) |
| PM2.5 - mortalità cause cardiovascolari | Lungo termine | 12.1% (5.3%-20.3%) | 12.2% (5.4%-20.6%) | 0.13% (0.05%-0.26%) |
| PM2.5 - mortalità tumore al polmone | Lungo termine | 10.9% (4.2%-19.0%) | 11.0% (4.3%-19.2%) | 0.13% (0.04%-0.29%) |

| | | | | |
|--|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| PM2.5 - mortalità cause respiratorie | Lungo termine | 12.1% (0.0%-32.5%) | 12.2% (0.0%-32.8%) | 0.10% (0.00%-0.32%) |
| PM10 - incidenza bronchiti | Lungo termine | 23.2% (5.9%-48.1%) | 23.4% (6.0%-48.5%) | 0.21% (0.05%-0.45%) |
| PM2.5 - mortalità tutte le cause | Breve termine | 1.49% (0.48%-2.72%) | 1.50% (0.48%-2.75%) | 0.01% (0.00%-0.03%) |
| PM2.5 - ricoveri per cause cardiovascolari | Breve termine | 1.10% (0.18%-2.25%) | 1.11% (0.18%-2.28%) | 0.01% (0.00%-0.03%) |
| PM2.5 - ricoveri per cause respiratorie | Breve termine | 2.30% (0.00%-5.44%) | 2.32% (0.00%-5.51%) | 0.02% (0.00%-0.07%) |

A.3.3 SCENARIO POST OPERAM 2

Per lo Scenario post operam 2, in primo luogo è stato valutato il rischio indotto dai due progetti (Paragrafo A.3.4).

È stato poi calcolato il rischio post operam (Paragrafo A.3.5) sovrapponendo il contributo dei due progetti allo stato ante operam (valutato in Appendice A2).

I risultati sono presentati in riferimento a:

- *Sezioni di censimento* in cui si ha il valore massimo del rischio, ossia:
 - **Sezione 1070160000009**: in cui si registra il massimo per il progetto Eurallumina;
 - **Sezione 1070160000025**: in cui si registra il massimo per il progetto SiderAlloys;
- *Aree di riferimento* in cui il rischio è calcolato come media ponderata, sul numero di abitanti, del rischio delle sezioni di censimento dell'area. Tali aree sono:
 - **Centro abitato di Portoscuso** in cui si registra il valore massimo del rischio indotto dal progetto Eurallumina e che ricomprende la Sezione di censimento 1070160000009;
 - **Portoscuso Case sparse sud** in cui si registra il valore massimo del rischio indotto dal progetto SiderAlloys e che ricomprende la Sezione di censimento 1070160000025;
 - **Paringianu** in cui si registra il valore massimo del rischio indotto dalla sovrapposizione dei due Progetti;
- **Comune di Portoscuso**, in cui si registra il valore massimo del rischio indotto dai due Progetti e dunque dalla sovrapposizione degli stessi;
- **Intera area di influenza** dei Progetti.

A.3.4 CALCOLO DEL RISCHIO INDOTTO DAI PROGETTI

A.3.4.1 Approccio tossicologico

Il calcolo del rischio tossico mediante l'approccio tossicologico è stato effettuato per gli inquinanti associati ai due progetti:

- inquinanti associati al progetto SiderAlloys sono: Arsenico, Berillio, Cadmio, Nichel, Piombo, Mercurio, Cromo, Cromo VI, Rame, Manganese, Antimonio, Selenio, Tallio, Vanadio, Acido fluoridrico, Fluoruri, Monossido di carbonio (CO), Particolato (PM2.5), Biossido di azoto (NO2) e Biossido di zolfo (SO2).

- inquinanti associati al progetto Eurallumina sono: Arsenico, Berillio, Cadmio, Nichel, Piombo, Mercurio, Cromo, Cromo VI, Rame, Manganese, Antimonio, Selenio, Tallio, Vanadio, Ammoniaca, Monossido di carbonio (CO), Particolato (PM2.5), Biossido di azoto (NO2) e Biossido di zolfo (SO2).

I risultati della sovrapposizione degli effetti dei due progetti in termini di indice di rischio tossico (Hazard Quotient - HQ) per i singoli contaminanti e di rischio tossico cumulato (Hazard Index - HI), sono riportati nelle seguenti tabelle, in riferimento alle sezioni di censimento più esposte, alle aree di riferimento più esposte, al comune più esposto e all'intera area di influenza dei progetti.

Tabella 112. Approccio tossicologico - rischio tossico. Contributo dei due progetti nelle **Sezioni di censimento 1070160000025 e 1070160000009** del comune di Portoscuso

| Sostanza | HQ Contributo del progetto Sideralloys [-] | HQ Contributo del progetto Eurallumina [-] | HQ Contributo dei due progetti [-] | HQ Contributo del progetto Sideralloys [-] | HQ Contributo del progetto Eurallumina [-] | HQ Contributo dei due progetti [-] |
|--------------------------|---|--|---|--|--|---|
| | Sezione di censimento 1070160000025 Portoscuso – Pop esposta: 10 | | | Sezione di censimento 1070160000009 Portoscuso – Pop esposta: 500 | | |
| Arsenico | 2.83E-06 (1.14E-06-5.93E-06) | 7.02E-04 (2.39E-04-2.23E-03) | 7.05E-04 (2.40E-04-2.24E-03) | 2.34E-06 (1.66E-06-3.18E-06) | 1.45E-03 (9.92E-04-1.86E-03) | 1.46E-03 (9.94E-04-1.86E-03) |
| Berillio | 7.07E-07 (2.84E-07-1.48E-06) | 1.52E-05 (5.36E-06-4.90E-05) | 1.59E-05 (5.64E-06-5.05E-05) | 5.84E-07 (4.16E-07-7.94E-07) | 3.00E-05 (2.09E-05-3.77E-05) | 3.06E-05 (2.13E-05-3.85E-05) |
| Cadmio | 5.31E-06 (2.13E-06-1.11E-05) | 3.80E-04 (1.35E-04-1.24E-03) | 3.86E-04 (1.37E-04-1.25E-03) | 4.37E-06 (3.12E-06-5.95E-06) | 6.45E-04 (4.78E-04-7.57E-04) | 6.50E-04 (4.81E-04-7.63E-04) |
| Cromo | 9.10E-06 (3.66E-06-1.90E-05) | 6.42E-04 (2.36E-04-1.69E-03) | 6.51E-04 (2.39E-04-1.71E-03) | 7.49E-06 (5.34E-06-1.02E-05) | 3.32E-03 (1.84E-03-5.04E-03) | 3.33E-03 (1.84E-03-5.05E-03) |
| Cromo VI | 8.84E-07 (3.56E-07-1.85E-06) | 1.52E-06 (6.77E-07-3.33E-06) | 2.40E-06 (1.03E-06-5.18E-06) | 7.29E-07 (5.20E-07-9.93E-07) | 1.75E-05 (8.79E-06-2.85E-05) | 1.82E-05 (9.31E-06-2.94E-05) |
| Rame | 3.03E-08 (1.22E-08-6.35E-08) | 1.02E-07 (3.74E-08-3.00E-07) | 1.32E-07 (4.96E-08-3.63E-07) | 2.50E-08 (1.78E-08-3.41E-08) | 4.33E-07 (2.44E-07-6.59E-07) | 4.58E-07 (2.61E-07-6.93E-07) |
| Mercurio | 5.89E-08 (2.37E-08-1.23E-07) | 7.71E-07 (2.77E-07-2.39E-06) | 8.30E-07 (3.01E-07-2.52E-06) | 4.86E-08 (3.46E-08-6.62E-08) | 2.14E-06 (1.35E-06-2.97E-06) | 2.19E-06 (1.38E-06-3.03E-06) |
| Manganese | 2.90E-04 (1.17E-04-6.07E-04) | 2.88E-04 (1.16E-04-6.48E-04) | 5.78E-04 (2.32E-04-1.26E-03) | 2.39E-04 (1.70E-04-3.26E-04) | 3.30E-03 (1.61E-03-5.49E-03) | 3.54E-03 (1.79E-03-5.81E-03) |
| Nichel | 3.93E-05 (1.58E-05-8.24E-05) | 1.10E-04 (3.87E-05-3.15E-04) | 1.50E-04 (5.45E-05-3.98E-04) | 3.24E-05 (2.31E-05-4.42E-05) | 5.32E-04 (2.88E-04-8.29E-04) | 5.64E-04 (3.12E-04-8.73E-04) |
| Piombo | 2.01E-07 (8.09E-08-4.22E-07) | 2.38E-05 (8.37E-06-7.83E-05) | 2.40E-05 (8.45E-06-7.87E-05) | 1.66E-07 (1.18E-07-2.26E-07) | 3.78E-05 (2.87E-05-4.33E-05) | 3.79E-05 (2.88E-05-4.36E-05) |
| Antimonio | 5.31E-07 (2.13E-07-1.11E-06) | 4.51E-06 (1.62E-06-1.38E-05) | 5.04E-06 (1.83E-06-1.49E-05) | 4.37E-07 (3.12E-07-5.96E-07) | 1.40E-05 (8.51E-06-2.01E-05) | 1.45E-05 (8.82E-06-2.07E-05) |
| Selenio | 1.77E-08 (7.10E-09-3.71E-08) | 7.96E-07 (2.78E-07-2.61E-06) | 8.14E-07 (2.85E-07-2.65E-06) | 1.46E-08 (1.04E-08-1.98E-08) | 1.30E-06 (9.72E-07-1.52E-06) | 1.32E-06 (9.83E-07-1.54E-06) |
| Tallio | 1.52E-07 (6.09E-08-3.18E-07) | 7.13E-06 (2.51E-06-2.34E-05) | 7.28E-06 (2.57E-06-2.37E-05) | 1.25E-07 (8.90E-08-1.70E-07) | 1.17E-05 (8.73E-06-1.35E-05) | 1.18E-05 (8.82E-06-1.37E-05) |
| Vanadio | 4.60E-05 (1.85E-05-9.62E-05) | 5.63E-04 (1.87E-04-1.59E-03) | 6.09E-04 (2.05E-04-1.69E-03) | 3.78E-05 (2.69E-05-5.15E-05) | 2.32E-03 (1.30E-03-3.49E-03) | 2.36E-03 (1.33E-03-3.54E-03) |
| Acido Fluoridrico | 8.17E-04 (3.40E-04-1.66E-03) | | 8.17E-04 (3.40E-04-1.66E-03) | 3.46E-04 (2.79E-04-4.09E-04) | | 3.46E-04 (2.79E-04-4.09E-04) |
| Fluoruri | 6.81E-03 (2.04E-03-1.68E-02) | | 6.81E-03 (2.04E-03-1.68E-02) | 6.05E-03 (4.45E-03-8.17E-03) | | 6.05E-03 (4.45E-03-8.17E-03) |
| CO | 4.01E-02 (2.12E-02-7.21E-02) | 4.03E-04 (2.80E-04-5.39E-04) | 4.05E-02 (2.14E-02-7.26E-02) | 3.38E-02 (3.04E-02-4.02E-02) | 3.11E-04 (2.37E-04-3.80E-04) | 3.41E-02 (3.06E-02-4.06E-02) |
| PM2.5 | 7.51E-02 (2.02E-02-2.03E-01) | 3.27E-02 (1.50E-02-6.13E-02) | 1.08E-01 (3.52E-02-2.64E-01) | 5.53E-02 (4.14E-02-7.22E-02) | 1.93E-01 (9.58E-02-3.17E-01) | 2.48E-01 (1.37E-01-3.89E-01) |
| SO2 | 1.47E-01 (6.10E-02-2.97E-01) | 2.40E-03 (1.24E-03-3.93E-03) | 1.49E-01 (6.23E-02-3.01E-01) | 6.21E-02 (5.01E-02-7.35E-02) | 1.04E-03 (7.75E-04-1.36E-03) | 6.32E-02 (5.09E-02-7.49E-02) |
| NO2 | 1.41E-02 (2.99E-03-4.41E-02) | 2.97E-02 (1.54E-02-4.82E-02) | 4.38E-02 (1.84E-02-9.24E-02) | 8.59E-03 (6.70E-03-1.08E-02) | 1.20E-02 (8.80E-03-1.43E-02) | 2.06E-02 (1.55E-02-2.52E-02) |
| Ammoniaca | | 4.15E-05 (2.19E-05-6.48E-05) | 4.15E-05 (2.19E-05-6.48E-05) | | 7.92E-06 (5.66E-06-1.03E-05) | 7.92E-06 (5.66E-06-1.03E-05) |
| HI | 2.84E-01 (1.08E-01-6.35E-01) | 6.80E-02 (3.29E-02-1.22E-01) | 3.52E-01 (1.41E-01-7.57E-01) | 1.66E-01 (1.34E-01-2.06E-01) | 2.18E-01 (1.12E-01-3.51E-01) | 3.85E-01 (2.46E-01-5.57E-01) |

Tabella 113. Approccio tossicologico - rischio tossico. Contributo dei due progetti nelle **Aree di riferimento Paringianu e Portoscuso centro**

| Sostanza | HQ Contributo del progetto Sideralloys [-] | HQ Contributo del progetto Eurallumina [-] | HQ Contributo dei due progetti [-] | HQ Contributo del progetto Sideralloys [-] | HQ Contributo del progetto Eurallumina [-] | HQ Contributo combinato dei due progetti [-] |
|---|--|--|--|--|--|--|
| Area di rif: Paringianu– Pop esposta: 582 | | | Area di rif: Portoscuso centro – Pop esposta: 4447 | | | |
| Arsenico | 2.15E-06 (1.82E-06-2.59E-06) | 1.38E-03 (7.23E-04-2.84E-03) | 1.38E-03 (7.25E-04-2.84E-03) | 1.56E-06 (1.19E-06-2.05E-06) | 9.68E-04 (7.28E-04-1.27E-03) | 9.70E-04 (7.29E-04-1.27E-03) |
| Berillio | 5.38E-07 (4.55E-07-6.48E-07) | 2.81E-05 (1.54E-05-5.52E-05) | 2.87E-05 (1.59E-05-5.58E-05) | 3.89E-07 (2.98E-07-5.12E-07) | 2.09E-05 (1.58E-05-2.74E-05) | 2.13E-05 (1.61E-05-2.80E-05) |
| Cadmio | 4.04E-06 (3.41E-06-4.86E-06) | 7.08E-04 (3.87E-04-1.39E-03) | 7.12E-04 (3.91E-04-1.40E-03) | 2.92E-06 (2.23E-06-3.84E-06) | 4.85E-04 (3.73E-04-6.29E-04) | 4.87E-04 (3.75E-04-6.33E-04) |
| Cromo | 6.92E-06 (5.85E-06-8.33E-06) | 1.20E-03 (6.32E-04-2.61E-03) | 1.21E-03 (6.38E-04-2.62E-03) | 5.00E-06 (3.83E-06-6.58E-06) | 1.63E-03 (1.06E-03-2.44E-03) | 1.64E-03 (1.07E-03-2.44E-03) |
| Cromo VI | 6.73E-07 (5.68E-07-8.10E-07) | 1.84E-06 (1.29E-06-3.02E-06) | 2.51E-06 (1.86E-06-3.83E-06) | 4.86E-07 (3.72E-07-6.40E-07) | 7.73E-06 (4.42E-06-1.24E-05) | 8.22E-06 (4.79E-06-1.30E-05) |
| Rame | 2.31E-04 (1.95E-04-2.78E-04) | 1.77E-07 (1.00E-07-3.39E-07) | 2.00E-07 (1.20E-07-3.66E-07) | 1.67E-08 (1.28E-08-2.20E-08) | 2.30E-07 (1.53E-07-3.35E-07) | 2.47E-07 (1.66E-07-3.57E-07) |
| Mercurio | 4.49E-08 (3.79E-08-5.40E-08) | 1.41E-06 (7.76E-07-2.76E-06) | 1.45E-06 (8.14E-07-2.81E-06) | 3.24E-08 (2.48E-08-4.27E-08) | 1.30E-06 (9.41E-07-1.77E-06) | 1.33E-06 (9.66E-07-1.81E-06) |
| Manganese | 2.21E-04 (1.86E-04-2.66E-04) | 4.07E-04 (2.57E-04-7.78E-04) | 6.28E-04 (4.44E-04-1.04E-03) | 1.60E-04 (1.22E-04-2.10E-04) | 1.45E-03 (8.02E-04-2.36E-03) | 1.61E-03 (9.24E-04-2.57E-03) |
| Nichel | 2.99E-05 (2.53E-05-3.60E-05) | 2.04E-04 (1.10E-04-4.16E-04) | 2.34E-04 (1.35E-04-4.52E-04) | 2.16E-05 (1.66E-05-2.85E-05) | 2.69E-04 (1.72E-04-4.02E-04) | 2.91E-04 (1.89E-04-4.31E-04) |
| Piombo | 1.53E-07 (1.29E-07-1.84E-07) | 4.48E-05 (2.43E-05-8.82E-05) | 4.49E-05 (2.45E-05-8.84E-05) | 1.11E-07 (8.47E-08-1.46E-07) | 2.93E-05 (2.27E-05-3.79E-05) | 2.94E-05 (2.28E-05-3.81E-05) |
| Antimonio | 4.04E-07 (3.41E-07-4.86E-07) | 8.27E-06 (4.53E-06-1.63E-05) | 8.67E-06 (4.87E-06-1.68E-05) | 2.92E-07 (2.23E-07-3.84E-07) | 8.14E-06 (5.80E-06-1.13E-05) | 8.44E-06 (6.02E-06-1.17E-05) |
| Selenio | 1.35E-08 (1.14E-08-1.62E-08) | 1.50E-06 (8.14E-07-2.97E-06) | 1.52E-06 (8.26E-07-2.99E-06) | 9.72E-09 (7.45E-09-1.28E-08) | 9.91E-07 (7.65E-07-1.29E-06) | 1.00E-06 (7.72E-07-1.30E-06) |
| Tallio | 1.15E-07 (9.75E-08-1.39E-07) | 1.33E-05 (7.28E-06-2.62E-05) | 1.35E-05 (7.37E-06-2.64E-05) | 8.34E-08 (6.38E-08-1.10E-07) | 8.90E-06 (6.88E-06-1.16E-05) | 8.98E-06 (6.94E-06-1.17E-05) |
| Vanadio | 3.50E-05 (2.96E-05-4.21E-05) | 1.16E-03 (5.78E-04-2.65E-03) | 1.19E-03 (6.07E-04-2.69E-03) | 2.53E-05 (1.93E-05-3.33E-05) | 1.19E-03 (7.87E-04-1.74E-03) | 1.21E-03 (8.07E-04-1.77E-03) |
| Acido Fluoridrico | 5.88E-04 (5.08E-04-6.87E-04) | | 5.88E-04 (5.08E-04-6.87E-04) | 2.88E-04 (2.41E-04-3.46E-04) | | 2.88E-04 (2.41E-04-3.46E-04) |
| Fluoruri | 5.60E-03 (4.73E-03-7.35E-03) | | 5.60E-03 (4.73E-03-7.35E-03) | 3.97E-03 (3.10E-03-5.14E-03) | | 3.97E-03 (3.10E-03-5.14E-03) |
| CO | 3.66E-02 (2.88E-02-4.28E-02) | 2.54E-04 (2.13E-04-2.87E-04) | 3.69E-02 (2.90E-02-4.31E-02) | 3.38E-02 (2.78E-02-4.17E-02) | 2.90E-04 (2.22E-04-3.82E-04) | 3.41E-02 (2.80E-02-4.21E-02) |
| PM2.5 | 6.27E-02 (5.43E-02-7.78E-02) | 3.63E-02 (2.69E-02-5.96E-02) | 9.89E-02 (8.12E-02-1.37E-01) | 3.80E-02 (2.91E-02-4.95E-02) | 8.83E-02 (4.95E-02-1.41E-01) | 1.26E-01 (7.85E-02-1.91E-01) |
| SO2 | 1.06E-01 (9.14E-02-1.23E-01) | 1.86E-03 (1.73E-03-2.25E-03) | 1.08E-01 (9.32E-02-1.26E-01) | 5.19E-02 (4.33E-02-6.22E-02) | 8.99E-04 (6.29E-04-1.21E-03) | 5.28E-02 (4.39E-02-6.34E-02) |
| NO2 | 1.15E-02 (1.01E-02-1.42E-02) | 2.25E-02 (2.13E-02-2.37E-02) | 3.40E-02 (3.14E-02-3.80E-02) | 6.16E-03 (4.71E-03-7.97E-03) | 1.07E-02 (7.38E-03-1.42E-02) | 1.68E-02 (1.21E-02-2.22E-02) |
| Ammoniaca | | 3.21E-05 (2.94E-05-3.54E-05) | 3.21E-05 (2.94E-05-3.54E-05) | | 7.69E-06 (5.83E-06-9.89E-06) | 7.69E-06 (5.83E-06-9.89E-06) |
| HI | 2.23E-01 (1.90E-01-2.67E-01) | 6.60E-02 (5.29E-02-9.68E-02) | 2.89E-01 (2.43E-01-3.64E-01) | 1.34E-01 (1.08E-01-1.67E-01) | 1.06E-01 (6.17E-02-1.66E-01) | 2.41E-01 (1.70E-01-3.33E-01) |

Tabella 114. Approccio tossicologico - rischio tossico. Contributo dei due progetti nelle **Aree di riferimento Portoscuso – Case sparse sud e Comune di Portoscuso**

| Sostanza | HQ Contributo del progetto Sideralloys [-] | HQ Contributo del progetto Eurallumina [-] | HQ Contributo dei due progetti [-] | HQ Contributo del progetto Sideralloys [-] | HQ Contributo del progetto Eurallumina [-] | HQ Contributo dei due progetti [-] |
|--|--|--|---|--|--|---|
| Area di rif: Portoscuso - Case sparse Sud– Pop esposta: 71 | | | Comune di Portoscuso – Pop esposta: 5236 | | | |
| Arsenico | 2.17E-06 (1.28E-06-3.97E-06) | 5.05E-04 (1.52E-04-2.66E-03) | 5.07E-04 (1.53E-04-2.66E-03) | 1.62E-06 (1.25E-06-2.13E-06) | 1.00E-03 (7.13E-04-1.46E-03) | 1.00E-03 (7.14E-04-1.46E-03) |
| Berillio | 5.43E-07 (3.21E-07-9.90E-07) | 1.09E-05 (3.35E-06-5.53E-05) | 1.14E-05 (3.67E-06-5.63E-05) | 4.05E-07 (3.13E-07-5.33E-07) | 2.13E-05 (1.54E-05-3.07E-05) | 2.17E-05 (1.57E-05-3.12E-05) |
| Cadmio | 4.08E-06 (2.41E-06-7.44E-06) | 2.74E-04 (8.33E-05-1.40E-03) | 2.78E-04 (8.57E-05-1.41E-03) | 3.04E-06 (2.35E-06-4.00E-06) | 5.01E-04 (3.66E-04-7.19E-04) | 5.04E-04 (3.68E-04-7.23E-04) |
| Cromo | 6.99E-06 (4.13E-06-1.28E-05) | 4.56E-04 (1.59E-04-2.12E-03) | 4.63E-04 (1.63E-04-2.13E-03) | 5.20E-06 (4.02E-06-6.85E-06) | 1.55E-03 (9.90E-04-2.43E-03) | 1.56E-03 (9.94E-04-2.44E-03) |

| Sostanza | HQ Contributo del progetto Sideralloys [-] | HQ Contributo del progetto Eurallumina [-] | HQ Contributo dei due progetti [-] | HQ Contributo del progetto Sideralloys [-] | HQ Contributo del progetto Eurallumina [-] | HQ Contributo dei due progetti [-] |
|--|--|--|---|--|--|---|
| Area di rif: Portoscuso - Case sparse Sud- Pop esposta: 71 | | | Comune di Portoscuso – Pop esposta: 5236 | | | |
| Cromo VI | 6.79E-07 (4.02E-07-1.24E-06) | 1.05E-06 (4.93E-07-2.82E-06) | 1.73E-06 (8.95E-07-4.06E-06) | 5.06E-07 (3.91E-07-6.66E-07) | 6.83E-06 (3.92E-06-1.10E-05) | 7.34E-06 (4.31E-06-1.17E-05) |
| Rame | 2.33E-08 (1.37E-08-4.25E-08) | 7.28E-08 (2.49E-08-3.34E-07) | 9.61E-08 (3.87E-08-3.77E-07) | 1.74E-08 (1.34E-08-2.29E-08) | 2.19E-07 (1.43E-07-3.31E-07) | 2.36E-07 (1.56E-07-3.54E-07) |
| Mercurio | 4.53E-08 (2.68E-08-8.27E-08) | 5.52E-07 (1.77E-07-2.72E-06) | 5.98E-07 (2.03E-07-2.80E-06) | 3.37E-08 (2.61E-08-4.44E-08) | 1.28E-06 (8.99E-07-1.88E-06) | 1.32E-06 (9.25E-07-1.92E-06) |
| Manganese | 2.23E-04 (1.32E-04-4.06E-04) | 2.02E-04 (8.86E-05-6.38E-04) | 4.25E-04 (2.20E-04-1.04E-03) | 1.66E-04 (1.28E-04-2.19E-04) | 1.29E-03 (7.16E-04-2.12E-03) | 1.45E-03 (8.45E-04-2.34E-03) |
| Nichel | 3.02E-05 (1.79E-05-5.51E-05) | 7.90E-05 (2.68E-05-3.73E-04) | 1.09E-04 (4.47E-05-4.28E-04) | 2.25E-05 (1.74E-05-2.96E-05) | 2.56E-04 (1.61E-04-3.99E-04) | 2.78E-04 (1.78E-04-4.29E-04) |
| Piombo | 1.55E-07 (9.14E-08-2.82E-07) | 1.72E-05 (5.18E-06-8.86E-05) | 1.73E-05 (5.27E-06-8.89E-05) | 1.15E-07 (8.90E-08-1.52E-07) | 3.05E-05 (2.24E-05-4.39E-05) | 3.06E-05 (2.24E-05-4.41E-05) |
| Antimonio | 4.08E-07 (2.41E-07-7.45E-07) | 3.23E-06 (1.04E-06-1.58E-05) | 3.64E-06 (1.28E-06-1.66E-05) | 3.04E-07 (2.35E-07-4.00E-07) | 7.98E-06 (5.51E-06-1.18E-05) | 8.29E-06 (5.74E-06-1.22E-05) |
| Selenio | 1.36E-08 (8.05E-09-2.48E-08) | 5.74E-07 (1.73E-07-2.97E-06) | 5.87E-07 (1.81E-07-3.00E-06) | 1.01E-08 (7.82E-09-1.33E-08) | 1.03E-06 (7.53E-07-1.49E-06) | 1.04E-06 (7.61E-07-1.50E-06) |
| Tallio | 1.16E-07 (6.90E-08-2.13E-07) | 5.13E-06 (1.55E-06-2.64E-05) | 5.25E-06 (1.62E-06-2.66E-05) | 8.67E-08 (6.70E-08-1.14E-07) | 9.24E-06 (6.76E-06-1.33E-05) | 9.33E-06 (6.83E-06-1.34E-05) |
| Vanadio | 3.53E-05 (2.09E-05-6.45E-05) | 4.03E-04 (1.28E-04-2.08E-03) | 4.39E-04 (1.49E-04-2.15E-03) | 2.63E-05 (2.03E-05-3.46E-05) | 1.16E-03 (7.48E-04-1.84E-03) | 1.19E-03 (7.69E-04-1.87E-03) |
| Acido Fluoridrico | 6.57E-04 (3.79E-04-1.20E-03) | | 6.57E-04 (3.79E-04-1.20E-03) | 3.27E-04 (2.71E-04-4.02E-04) | | 3.27E-04 (2.71E-04-4.02E-04) |
| Fluoruri | 5.16E-03 (2.67E-03-9.78E-03) | | 5.16E-03 (2.67E-03-9.78E-03) | 4.12E-03 (3.24E-03-5.43E-03) | | 4.12E-03 (3.24E-03-5.43E-03) |
| CO | 3.14E-02 (1.71E-02-5.44E-02) | 2.79E-04 (1.76E-04-4.56E-04) | 3.17E-02 (1.73E-02-5.49E-02) | 3.39E-02 (2.74E-02-4.24E-02) | 2.87E-04 (2.19E-04-3.79E-04) | 3.42E-02 (2.76E-02-4.27E-02) |
| PM2.5 | 5.72E-02 (2.87E-02-1.16E-01) | 2.44E-02 (1.51E-02-5.28E-02) | 8.16E-02 (4.38E-02-1.69E-01) | 4.07E-02 (3.16E-02-5.32E-02) | 8.02E-02 (4.57E-02-1.29E-01) | 1.21E-01 (7.73E-02-1.82E-01) |
| SO2 | 1.18E-01 (6.81E-02-2.17E-01) | 1.90E-03 (1.37E-03-2.68E-03) | 1.20E-01 (6.95E-02-2.19E-01) | 5.89E-02 (4.88E-02-7.22E-02) | 1.03E-03 (7.62E-04-1.38E-03) | 5.99E-02 (4.96E-02-7.36E-02) |
| NO2 | 1.05E-02 (4.58E-03-2.35E-02) | 2.36E-02 (1.70E-02-3.30E-02) | 3.41E-02 (2.15E-02-5.65E-02) | 6.76E-03 (5.27E-03-8.83E-03) | 1.23E-02 (9.09E-03-1.60E-02) | 1.90E-02 (1.44E-02-2.49E-02) |
| Ammoniaca | | 3.47E-05 (2.41E-05-4.77E-05) | 3.47E-05 (2.41E-05-4.77E-05) | | 1.10E-05 (8.78E-06-1.36E-05) | 1.10E-05 (8.78E-06-1.36E-05) |
| HI | 2.23E-01 (1.22E-01-4.22E-01) | 5.22E-02 (3.42E-02-9.85E-02) | 2.75E-01 (1.56E-01-5.20E-01) | 1.45E-01 (1.17E-01-1.83E-01) | 9.96E-02 (5.95E-02-1.56E-01) | 2.45E-01 (1.76E-01-3.39E-01) |

Tabella 115. Approccio tossicologico - rischio tossico. Contributo dei due progetti nell'intera area di influenza

| Sostanza | HQ Contributo del progetto Sideralloys [-] | HQ Contributo del progetto Eurallumina [-] | HQ Contributo dei due progetti [-] |
|--|---|---|--|
| Area di influenza – Pop esposta: 54819 | | | |
| Arsenico | 5.77E-07 (5.15E-07-6.57E-07) | 2.38E-04 (1.90E-04-3.07E-04) | 2.39E-04 (1.91E-04-3.08E-04) |
| Berillio | 1.44E-07 (1.29E-07-1.64E-07) | 5.13E-06 (4.14E-06-6.54E-06) | 5.28E-06 (4.26E-06-6.71E-06) |
| Cadmio | 1.08E-06 (9.65E-07-1.23E-06) | 1.26E-04 (1.02E-04-1.60E-04) | 1.27E-04 (1.03E-04-1.61E-04) |
| Cromo | 1.85E-06 (1.65E-06-2.11E-06) | 2.68E-04 (1.97E-04-3.75E-04) | 2.70E-04 (1.99E-04-3.77E-04) |
| Cromo VI | 1.80E-07 (1.61E-07-2.05E-07) | 8.90E-07 (5.83E-07-1.33E-06) | 1.07E-06 (7.43E-07-1.53E-06) |
| Rame | 6.18E-09 (5.52E-09-7.04E-09) | 4.05E-08 (3.07E-08-5.43E-08) | 4.67E-08 (3.62E-08-6.14E-08) |
| Mercurio | 1.20E-08 (1.07E-08-1.37E-08) | 2.77E-07 (2.19E-07-3.59E-07) | 2.89E-07 (2.30E-07-3.72E-07) |
| Manganese | 5.91E-05 (5.28E-05-6.73E-05) | 1.68E-04 (1.07E-04-2.55E-04) | 2.27E-04 (1.60E-04-3.22E-04) |
| Nichel | 8.01E-06 (7.15E-06-9.12E-06) | 4.53E-05 (3.34E-05-6.26E-05) | 5.33E-05 (4.05E-05-7.17E-05) |
| Piombo | 4.10E-08 (3.66E-08-4.67E-08) | 7.84E-06 (6.37E-06-9.95E-06) | 7.88E-06 (6.41E-06-9.99E-06) |
| Antimonio | 1.08E-07 (9.65E-08-1.23E-07) | 1.66E-06 (1.30E-06-2.17E-06) | 1.77E-06 (1.40E-06-2.30E-06) |
| Selenio | 3.61E-09 (3.22E-09-4.10E-09) | 2.63E-07 (2.13E-07-3.34E-07) | 2.66E-07 (2.16E-07-3.38E-07) |
| Tallio | 3.09E-08 (2.76E-08-3.52E-08) | 2.35E-06 (1.91E-06-2.99E-06) | 2.38E-06 (1.94E-06-3.02E-06) |

| Sostanza | HQ Contributo del progetto Sideralloys [-] | HQ Contributo del progetto Eurallumina [-] | HQ Contributo dei due progetti [-] |
|--|---|---|--|
| Area di influenza – Pop esposta: 54819 | | | |
| Vanadio | 9.37E-06 (8.36E-06-1.07E-05) | 2.19E-04 (1.63E-04-3.06E-04) | 2.28E-04 (1.71E-04-3.16E-04) |
| Acido Fluoridrico | 1.71E-04 (1.57E-04-1.89E-04) | | 1.71E-04 (1.57E-04-1.89E-04) |
| Fluoruri | 1.13E-03 (9.91E-04-1.33E-03) | | 1.13E-03 (9.91E-04-1.33E-03) |
| CO | 1.56E-02 (1.38E-02-1.78E-02) | 1.20E-04 (1.04E-04-1.40E-04) | 1.57E-02 (1.39E-02-1.79E-02) |
| PM2.5 | 1.28E-02 (1.12E-02-1.48E-02) | 1.31E-02 (9.31E-03-1.83E-02) | 2.59E-02 (2.05E-02-3.32E-02) |
| SO2 | 3.09E-02 (2.82E-02-3.41E-02) | 5.05E-04 (4.58E-04-5.63E-04) | 3.14E-02 (2.87E-02-3.46E-02) |
| NO2 | 2.24E-03 (1.95E-03-2.61E-03) | 6.28E-03 (5.71E-03-6.95E-03) | 8.51E-03 (7.65E-03-9.57E-03) |
| Ammoniaca | | 8.45E-06 (7.86E-06-9.11E-06) | 8.45E-06 (7.86E-06-9.11E-06) |
| HI | 6.29E-02 (5.64E-02-7.09E-02) | 2.11E-02 (1.64E-02-2.75E-02) | 8.39E-02 (7.28E-02-9.84E-02) |

In riferimento al rischio tossico, i risultati della sovrapposizione degli effetti dei due progetti, mettono in evidenza che:

- la zona censuaria più esposta è la 1070160000009 del comune di Portoscuso, il cui l'indice di pericolo cumulato è pari a 0.385 (0.246 - 0.557);
- nelle Aree di riferimento il valore massimo dell'indice di pericolo si presenta a Paringianu ed è pari a 0.289 (0.243-0.364);
- il comune più esposto è quello di Portoscuso dove l'indice di pericolo è pari a 0.245 (0.176-0.339).
- in riferimento all'intera area di influenza l'indice di pericolo è pari a 0.084 (0.073-0.098).

Il calcolo del rischio cancerogeno è stato effettuato in riferimento ai seguenti inquinanti, comuni ad entrambi i Progetti: Arsenico, Berillio, Cadmio, Nichel, Cromo VI e Piombo e considerando un'esposizione di durata pari alla fase di esercizio di ogni singolo progetto: 20 anni per il progetto Eurallumina e 10 anni per il progetto SiderAlloys.

La sovrapposizione degli effetti dei due progetti è illustrata dalle seguenti tabelle, che riportano sia il rischio cancerogeno determinato dall'esposizione ad ogni singola sostanza sia il rischio cumulato (calcolato come somma del rischio per le singole sostanze), in riferimento alle sezioni di censimento più esposte, alle aree di riferimento più esposte, al comune più esposto e all'intera area di influenza dei progetti.

Tabella 116. Approccio tossicologico - rischio cancerogeno. Contributo dei due progetti nelle **Sezioni di censimento 1070160000025 e 1070160000009** del comune di Portoscuso

| Sostanza | R Contributo del progetto Sideralloys [-] | R Contributo del progetto Eurallumina [-] | R Contributo dei due progetti [-] | R Contributo del progetto Sideralloys [-] | R Contributo del progetto Eurallumina [-] | R Contributo dei due progetti [-] |
|---|---|---|---|---|---|--|
| Sezione di censimento 25 Portoscuso – Pop esposta: 10 | | | Sezione di censimento 9 Portoscuso – Pop esposta: 500 | | | |
| Arsenico | 1.15E-10 (4.61E-11-2.40E-10) | 4.27E-08 (1.45E-08-1.36E-07) | 4.28E-08 (1.46E-08-1.36E-07) | 9.47E-11 (6.73E-11-1.29E-10) | 8.84E-08 (6.03E-08-1.13E-07) | 8.85E-08 (6.04E-08-1.13E-07) |

| Sostanza | R Contributo del progetto Sideralloys [-] | R Contributo del progetto Eurallumina [-] | R Contributo dei due progetti [-] | R Contributo del progetto Sideralloys [-] | R Contributo del progetto Eurallumina [-] | R Contributo dei due progetti [-] |
|---|---|---|---|---|---|--|
| Sezione di censimento 25 Portoscuso – Pop esposta: 10 | | | Sezione di censimento 9 Portoscuso – Pop esposta: 500 | | | |
| Berillio | 2.13E-11 (8.58E-12-4.47E-11) | 6.86E-10 (2.43E-10-2.22E-09) | 7.07E-10 (2.51E-10-2.26E-09) | 1.76E-11 (1.25E-11-2.40E-11) | 1.36E-09 (9.47E-10-1.71E-09) | 1.38E-09 (9.60E-10-1.73E-09) |
| Cadmio | 6.00E-11 (2.41E-11-1.26E-10) | 6.46E-09 (2.28E-09-2.11E-08) | 6.52E-09 (2.31E-09-2.12E-08) | 4.95E-11 (3.53E-11-6.73E-11) | 1.10E-08 (8.11E-09-1.28E-08) | 1.10E-08 (8.14E-09-1.29E-08) |
| Cromo VI | 4.67E-09 (1.88E-09-9.78E-09) | 1.20E-08 (5.36E-09-2.64E-08) | 1.67E-08 (7.24E-09-3.62E-08) | 3.85E-09 (2.74E-09-5.24E-09) | 1.39E-07 (6.96E-08-2.25E-07) | 1.42E-07 (7.24E-08-2.31E-07) |
| Nichel | 5.78E-10 (2.32E-10-1.21E-09) | 2.44E-09 (8.53E-10-6.96E-09) | 3.01E-09 (1.09E-09-8.17E-09) | 4.77E-10 (3.40E-10-6.50E-10) | 1.17E-08 (6.37E-09-1.83E-08) | 1.22E-08 (6.71E-09-1.89E-08) |
| Piombo | 1.87E-11 (7.51E-12-3.91E-11) | 3.32E-09 (1.16E-09-1.09E-08) | 3.34E-09 (1.17E-09-1.09E-08) | 1.54E-11 (1.10E-11-2.10E-11) | 5.26E-09 (3.99E-09-6.03E-09) | 5.27E-09 (4.00E-09-6.05E-09) |
| Cumulato | 5.46E-09 (2.20E-09-1.14E-08) | 6.76E-08 (2.44E-08-2.03E-07) | 7.31E-08 (2.66E-08-2.15E-07) | 4.50E-09 (3.21E-09-6.13E-09) | 2.56E-07 (1.49E-07-3.77E-07) | 2.61E-07 (1.53E-07-3.84E-07) |

Tabella 117. Approccio tossicologico - rischio cancerogeno. Contributo dei due progetti nelle Aree di riferimento Paringianu e Portoscuso centro

| Sostanza | R Contributo del progetto Sideralloys [-] | R Contributo del progetto Eurallumina [-] | R Contributo dei due progetti [-] | R Contributo del progetto Sideralloys [-] | R Contributo del progetto Eurallumina [-] | R Contributo dei due progetti [-] |
|---|---|---|--|---|---|--|
| Area di rif: Paringianu– Pop esposta: 582 | | | Area di rif: Portoscuso centro – Pop esposta: 4447 | | | |
| Arsenico | 8.73E-11 (7.38E-11-1.05E-10) | 8.39E-08 (4.40E-08-1.73E-07) | 8.40E-08 (4.40E-08-1.73E-07) | 6.31E-11 (4.83E-11-8.31E-11) | 5.89E-08 (4.43E-08-7.71E-08) | 5.90E-08 (4.43E-08-7.72E-08) |
| Berillio | 1.62E-11 (1.37E-11-1.95E-11) | 1.27E-09 (6.97E-10-2.50E-09) | 1.29E-09 (7.11E-10-2.52E-09) | 1.17E-11 (8.99E-12-1.55E-11) | 9.47E-10 (7.14E-10-1.24E-09) | 9.58E-10 (7.23E-10-1.26E-09) |
| Cadmio | 4.57E-11 (3.86E-11-5.50E-11) | 1.20E-08 (6.57E-09-2.36E-08) | 1.21E-08 (6.61E-09-2.37E-08) | 3.30E-11 (2.53E-11-4.35E-11) | 8.22E-09 (6.33E-09-1.07E-08) | 8.26E-09 (6.36E-09-1.07E-08) |
| Cromo VI | 3.55E-09 (3.00E-09-4.28E-09) | 1.46E-08 (1.02E-08-2.39E-08) | 1.81E-08 (1.32E-08-2.82E-08) | 2.57E-09 (1.97E-09-3.38E-09) | 6.12E-08 (3.50E-08-9.82E-08) | 6.38E-08 (3.70E-08-1.02E-07) |
| Nichel | 4.40E-10 (3.72E-10-5.29E-10) | 4.49E-09 (2.43E-09-9.18E-09) | 4.93E-09 (2.80E-09-9.71E-09) | 3.18E-10 (2.44E-10-4.19E-10) | 5.94E-09 (3.80E-09-8.88E-09) | 6.26E-09 (4.04E-09-9.30E-09) |
| Piombo | 1.42E-11 (1.20E-11-1.71E-11) | 6.23E-09 (3.39E-09-1.23E-08) | 6.25E-09 (3.40E-09-1.23E-08) | 1.03E-11 (7.86E-12-1.35E-11) | 4.07E-09 (3.16E-09-5.28E-09) | 4.08E-09 (3.17E-09-5.29E-09) |
| Cumulato | 4.16E-09 (3.51E-09-5.00E-09) | 1.22E-07 (6.73E-08-2.44E-07) | 1.27E-07 (7.08E-08-2.49E-07) | 3.00E-09 (2.30E-09-3.95E-09) | 1.39E-07 (9.33E-08-2.01E-07) | 1.42E-07 (9.56E-08-2.05E-07) |

Tabella 118. Approccio tossicologico - rischio cancerogeno. Contributo dei due progetti nelle Aree di riferimento Portoscuso – Case sparse sud e Comune di Portoscuso

| Sostanza | R Contributo del progetto Sideralloys [-] | R Contributo del progetto Eurallumina [-] | R Contributo dei due progetti [-] | R Contributo del progetto Sideralloys [-] | R Contributo del progetto Eurallumina [-] | R Contributo c dei due progetti [-] |
|--|---|---|--|---|---|--|
| Area di rif: Portoscuso - Case sparse Sud– Pop esposta: 71 | | | Comune di Portoscuso – Pop esposta: 5236 | | | |
| Arsenico | 8.82E-11 (5.20E-11-1.61E-10) | 3.07E-08 (9.24E-09-1.61E-07) | 3.08E-08 (9.29E-09-1.62E-07) | 6.57E-11 (5.07E-11-8.65E-11) | 6.08E-08 (4.33E-08-8.87E-08) | 6.09E-08 (4.34E-08-8.88E-08) |
| Berillio | 1.64E-11 (9.69E-12-2.99E-11) | 4.93E-10 (1.52E-10-2.50E-09) | 5.10E-10 (1.61E-10-2.53E-09) | 1.22E-11 (9.44E-12-1.61E-11) | 9.66E-10 (6.95E-10-1.39E-09) | 9.78E-10 (7.05E-10-1.40E-09) |
| Cadmio | 4.61E-11 (2.73E-11-8.42E-11) | 4.65E-09 (1.41E-09-2.38E-08) | 4.69E-09 (1.44E-09-2.39E-08) | 3.43E-11 (2.65E-11-4.52E-11) | 8.50E-09 (6.21E-09-1.22E-08) | 8.54E-09 (6.24E-09-1.23E-08) |
| Cromo VI | 3.59E-09 (2.12E-09-6.55E-09) | 8.34E-09 (3.91E-09-2.24E-08) | 1.19E-08 (6.03E-09-2.89E-08) | 2.67E-09 (2.07E-09-3.52E-09) | 5.41E-08 (3.11E-08-8.74E-08) | 5.68E-08 (3.31E-08-9.09E-08) |
| Nichel | 4.44E-10 (2.63E-10-8.11E-10) | 1.74E-09 (5.92E-10-8.24E-09) | 2.19E-09 (8.54E-10-9.05E-09) | 3.31E-10 (2.56E-10-4.36E-10) | 5.64E-09 (3.55E-09-8.80E-09) | 5.97E-09 (3.80E-09-9.24E-09) |
| Piombo | 1.44E-11 (8.48E-12-2.62E-11) | 2.39E-09 (7.21E-10-1.23E-08) | 2.40E-09 (7.29E-10-1.24E-08) | 1.07E-11 (8.26E-12-1.41E-11) | 4.25E-09 (3.11E-09-6.12E-09) | 4.26E-09 (3.12E-09-6.13E-09) |
| Cumulato | 4.20E-09 (2.48E-09-7.66E-09) | 4.83E-08 (1.60E-08-2.31E-07) | 5.25E-08 (1.85E-08-2.38E-07) | 3.13E-09 (2.42E-09-4.11E-09) | 1.34E-07 (8.80E-08-2.05E-07) | 1.37E-07 (9.04E-08-2.09E-07) |

Tabella 119. Approccio tossicologico - rischio cancerogeno. Contributo dei due progetti nell'area di influenza dei progetti

| Sostanza | R Contributo del progetto Sideralloys [-] | R Contributo del progetto Eurallumina [-] | R Contributo dei due progetti [-] |
|--|--|--|---|
| Area di influenza – Pop esposta: 54819 | | | |
| Arsenico | 2.34E-11 (2.09E-11-2.66E-11) | 1.45E-08 (1.16E-08-1.87E-08) | 1.45E-08 (1.16E-08-1.87E-08) |
| Berillio | 4.35E-12 (3.88E-12-4.95E-12) | 2.32E-10 (1.87E-10-2.96E-10) | 2.37E-10 (1.91E-10-3.01E-10) |
| Cadmio | 1.22E-11 (1.09E-11-1.39E-11) | 2.14E-09 (1.74E-09-2.72E-09) | 2.15E-09 (1.75E-09-2.73E-09) |
| Cromo VI | 9.52E-10 (8.49E-10-1.08E-09) | 7.05E-09 (4.61E-09-1.05E-08) | 8.00E-09 (5.46E-09-1.16E-08) |
| Nichel | 1.18E-10 (1.05E-10-1.34E-10) | 9.99E-10 (7.36E-10-1.38E-09) | 1.12E-09 (8.41E-10-1.52E-09) |
| Piombo | 3.81E-12 (3.40E-12-4.33E-12) | 1.09E-09 (8.86E-10-1.38E-09) | 1.09E-09 (8.90E-10-1.39E-09) |
| Cumulato | 1.11E-09 (9.94E-10-1.27E-09) | 2.60E-08 (1.97E-08-3.50E-08) | 2.71E-08 (2.07E-08-3.63E-08) |

In riferimento al rischio cancerogeno, i risultati della sovrapposizione degli effetti dei due progetti, mettono in evidenza che:

- la zona censuaria più esposta è la 1070160000009 del comune di Portoscuso in cui il rischio cancerogeno cumulato è pari a 2.61E-07 (1.53E-07-3.84E-07);
- nelle Aree di riferimento il valore massimo del rischio cancerogeno cumulato si presenta nel centro urbano di Portoscuso ed è pari a 1.42E-07 (9.56E-08-2.05E-07);
- il comune più esposto è quello di Portoscuso dove il rischio cancerogeno cumulato è pari a 1.37E-07 (9.04E-08-2.09E-07);
- nell'intera area di influenza dei progetti il rischio cancerogeno cumulato è pari a 2.71E-08 (2.07E-08-3.63E-08).

A.3.4.2 Approccio epidemiologico

Con l'approccio epidemiologico sono stati calcolati gli effetti sanitari determinati dall'inalazione di PM2.5 e di PM10, per esposizioni di lungo e di breve periodo. In particolare:

- esposizione al PM2.5:
 - effetti sanitari di lungo periodo:
 - mortalità per tutte le cause (naturali);
 - mortalità per cause cardiovascolari;
 - tumore al polmone;
 - mortalità per cause respiratorie;
 - effetti sanitari di breve periodo:
 - mortalità per tutte le cause (naturali);
 - ricoveri per cause cardiovascolari tutte le età;
 - ricoveri per cause respiratorie.
- esposizione al PM10:
 - effetti sanitari di lungo periodo:

- incidenza delle bronchiti croniche negli adulti.

Gli effetti sanitari (numero di casi aggiuntivi) sono stati calcolati in riferimento alle sezioni di censimento, sia per gli effetti sanitari di lungo termine sia per quelli di breve termine.

Il rischio relativo (RR) e il suo intervallo di confidenza sono stati calcolati in riferimento rispettivamente ai valori medi, minimi e massimi di concentrazione nelle sezioni di censimento (moltiplicati per 1.5 per tener conto dell'incertezza).

L'effetto cumulato è stato calcolato come somma dei contributi dei due progetti.

I risultati dell'analisi, riportati nelle tabelle seguenti, sono riferiti alle aree più esposte (sezioni di censimento, aree di riferimento e comune).

Nelle Tabelle:

- il numero di eventi sanitari è calcolato sulla base del valore medio della concentrazione nell'area e al rischio relativo RR;
- l'estremo inferiore dell'intervallo è calcolato in corrispondenza del valore minimo di concentrazione e dell'estremo inferiore dell'intervallo di confidenza dell'RR;
- l'estremo superiore è calcolato in corrispondenza del valore massimo di concentrazione e dell'estremo superiore dell'intervallo di confidenza dell'RR.

Tabella 120. PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine – mortalità per tutte le cause

| Area di riferimento | P exp (>30anni) | PM2.5 mortalità tutte le cause Contributo del progetto Sideralloys N° di casi aggiuntivi | PM2.5 mortalità tutte le cause Contributo del progetto Eurallumina N° di casi aggiuntivi | PM2.5 mortalità tutte le cause Contributo dei due progetti N° di casi aggiuntivi |
|--|--------------------|--|--|---|
| Sezione di censimento 25 - Portoscuso | 4 | 0.0002 (0.0000-0.0006) | 0.0001 (0.0000-0.0002) | 0.0002 (0.0000-0.0007) |
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 381 | 0.011 (0.005-0.019) | 0.039 (0.011-0.083) | 0.051 (0.016-0.102) |
| Paringianu | 427 | 0.014 (0.007-0.023) | 0.008 (0.004-0.018) | 0.023 (0.011-0.041) |
| Portoscuso centro | 3284 | 0.068 (0.030-0.113) | 0.158 (0.051-0.325) | 0.226 (0.080-0.438) |
| Portoscuso - Case sparse Sud | 43 | 0.001 (0.000-0.003) | 0.001 (0.000-0.002) | 0.002 (0.001-0.005) |
| Comune di Portoscuso | 3855 | 0.085 (0.038-0.142) | 0.169 (0.055-0.348) | 0.254 (0.093-0.490) |
| Area di influenza | 40468 | 0.338 (0.171-0.498) | 0.322 (0.135-0.566) | 0.660 (0.306-1.064) |

Tabella 121. PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - mortalità cardiovascolare

| Area di riferimento | P exp (>30anni) | PM2.5 mortalità cause cardiovascolari Contributo del progetto Sideralloys N° di casi aggiuntivi | PM2.5 mortalità cause cardiovascolari Contributo del progetto Eurallumina N° di casi aggiuntivi | PM2.5 mortalità cause cardiovascolari Contributo dei due progetti N° di casi aggiuntivi |
|--|--------------------|---|---|--|
| Sezione di censimento 25 - Portoscuso | 4 | 0.0001 (0.0000-0.0003) | 0.0000 (0.0000-0.0001) | 0.0001 (0.0000-0.0004) |
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 381 | 0.006 (0.002-0.011) | 0.020 (0.005-0.048) | 0.025 (0.007-0.059) |
| Paringianu | 427 | 0.007 (0.003-0.013) | 0.004 (0.002-0.010) | 0.011 (0.005-0.023) |
| Portoscuso centro | 3284 | 0.033 (0.013-0.065) | 0.078 (0.022-0.187) | 0.112 (0.035-0.253) |
| Portoscuso - Case sparse Sud | 43 | 0.001 (0.000-0.002) | 0.000 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.003) |
| Comune di Portoscuso | 3855 | 0.042 (0.016-0.082) | 0.083 (0.024-0.201) | 0.125 (0.040-0.283) |
| Area di influenza | 40468 | 0.151 (0.066-0.262) | 0.151 (0.054-0.313) | 0.302 (0.121-0.574) |

Tabella 122. PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - mortalità tumore al polmone

| Area di riferimento | P exp (>30anni) | PM2.5 mortalità tumore al polmone Contributo del progetto Sideralloys N° di casi aggiuntivi | PM2.5 mortalità tumore al polmone Contributo del progetto Eurallumina N° di casi aggiuntivi | PM2.5 mortalità tumore al polmone Contributo dei due progetti N° di casi aggiuntivi |
|--|--------------------|---|---|--|
| Sezione di censimento 25 - Portoscuso | 4 | 0.0000 (0.0000-0.0001) | 0.0000 (0.0000-0.0000) | 0.0000 (0.0000-0.0001) |
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 381 | 0.001 (0.000-0.003) | 0.004 (0.001-0.011) | 0.006 (0.001-0.014) |
| Paringianu | 427 | 0.002 (0.001-0.003) | 0.001 (0.000-0.002) | 0.003 (0.001-0.005) |
| Portoscuso centro | 3284 | 0.008 (0.003-0.015) | 0.018 (0.004-0.044) | 0.025 (0.007-0.059) |
| Portoscuso - Case sparse Sud | 43 | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.001) |
| Comune di Portoscuso | 3855 | 0.009 (0.003-0.019) | 0.019 (0.005-0.047) | 0.028 (0.008-0.066) |
| Area di influenza | 40468 | 0.028 (0.011-0.050) | 0.030 (0.009-0.066) | 0.057 (0.020-0.116) |

Tabella 123. PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - mortalità cause respiratorie

| Area di riferimento | P exp (>30anni) | PM2.5 mortalità cause respiratorie Contributo del progetto Sideralloys N° di casi aggiuntivi | PM2.5 mortalità cause respiratorie Contributo del progetto Eurallumina N° di casi aggiuntivi | PM2.5 mortalità cause respiratorie Contributo dei due progetti N° di casi aggiuntivi |
|--|--------------------|--|--|--|
| Sezione di censimento 25 - Portoscuso | 4 | 0.0000 (0.0000-0.0001) | 0.0000 (0.0000-0.0000) | 0.0000 (0.0000-0.0002) |
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 381 | 0.001 (0.000-0.005) | 0.005 (0.000-0.020) | 0.007 (0.000-0.025) |
| Paringianu | 427 | 0.002 (0.000-0.006) | 0.001 (0.000-0.004) | 0.003 (0.000-0.010) |
| Portoscuso centro | 3284 | 0.009 (0.000-0.028) | 0.021 (0.000-0.079) | 0.030 (0.000-0.107) |
| Portoscuso - Case sparse Sud | 43 | 0.000 (0.000-0.001) | 0.000 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.001) |
| Comune di Portoscuso | 3855 | 0.011 (0.000-0.035) | 0.022 (0.000-0.085) | 0.033 (0.000-0.120) |
| Area di influenza | 40468 | 0.057 (0.000-0.155) | 0.049 (0.000-0.157) | 0.107 (0.000-0.312) |

Tabella 124. PM10 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine -incidenza delle bronchiti croniche negli
 adulti

| Area di riferimento | P exp (>30anni) | PM10 incidenza bronchiti Contributo del progetto Sideralloys N° di casi aggiuntivi | PM10 incidenza bronchiti Contributo del progetto Eurallumina N° di casi aggiuntivi | PM10 incidenza bronchiti Contributo dei due progetti N° di casi aggiuntivi |
|--|--------------------|---|---|--|
| Sezione di censimento 25 - Portoscuso | 8 | 0.0000 (0.0000-0.0001) | 0.0000 (0.0000-0.0001) | 0.0000 (0.0000-0.0002) |
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 450 | 0.001 (0.000-0.002) | 0.004 (0.001-0.010) | 0.0051 (0.0010-0.0127) |
| Paringianu | 521 | 0.001 (0.000-0.003) | 0.001 (0.000-0.004) | 0.0027 (0.0007-0.0066) |
| Portoscuso centro | 3956 | 0.007 (0.002-0.014) | 0.017 (0.003-0.042) | 0.0237 (0.0053-0.0565) |
| Portoscuso - Case sparse Sud | 61 | 0.0001 (0.0000-0.0005) | 0.0001 (0.0000-0.0004) | 0.0002 (0.0000-0.0009) |
| Comune di Portoscuso | 4654 | 0.008 (0.002-0.018) | 0.018 (0.004-0.047) | 0.0270 (0.0061-0.0649) |
| Area di influenza | 49006 | 0.027 (0.008-0.050) | 0.036 (0.009-0.079) | 0.0630 (0.0173-0.1294) |

Tabella 125. PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine - mortalità per tutte le cause

| Area di riferimento | Popolazione esposta (Ptotale) | PM2.5 mortalità per tutte le cause Contributo del progetto Sideralloys N° di casi | PM2.5 mortalità per tutte le cause Contributo del progetto Eurallumina N° di casi | PM2.5 mortalità per tutte le cause Contributo dei due progetti N° di casi |
|--|-------------------------------------|--|--|---|
| Sezione di censimento 25 - Portoscuso | 10 | 0.0001 (0.0000-0.0003) | 0.0000 (0.0000-0.0001) | 0.0001 (0.0000-0.0004) |
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 500 | 0.003 (0.001-0.001) | 0.009 (0.002-0.005) | 0.012 (0.002-0.030) |
| Paringianu | 582 | 0.003 (0.001-0.002) | 0.002 (0.001-0.001) | 0.005 (0.002-0.012) |
| Portoscuso centro | 4447 | 0.016 (0.004-0.008) | 0.037 (0.008-0.022) | 0.053 (0.012-0.131) |
| Portoscuso - Case sparse Sud | 71 | 0.0004 (0.0001-0.0003) | 0.0002 (0.0000-0.0001) | 0.0005 (0.0001-0.0018) |
| Comune di Portoscuso | 5236 | 0.020 (0.006-0.010) | 0.040 (0.008-0.023) | 0.060 (0.014-0.147) |
| Area di influenza | 54819 | 0.080 (0.026-0.034) | 0.076 (0.020-0.038) | 0.156 (0.046-0.321) |

Tabella 126. PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine - ricoveri per cause cardiovascolari

| Area di riferimento | Popolazione esposta (Ptotale) | PM2.5 ricoveri per cause cardiovascolari Contributo del progetto Sideralloys N° di casi | PM2.5 ricoveri per cause cardiovascolari Contributo del progetto Eurallumina N° di casi | PM2.5 ricoveri per cause cardiovascolari Contributo dei due progetti N° di casi |
|---------------------------------------|-------------------------------|---|---|---|
| Sezione di censimento 25 - Portoscuso | 10 | 0.0001 (0.0000-0.0005) | 0.0000 (0.0000-0.0002) | 0.0002 (0.0000-0.0007) |
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 500 | 0.004 (0.001-0.001) | 0.014 (0.001-0.004) | 0.018 (0.002-0.053) |
| Paringianu | 582 | 0.005 (0.001-0.001) | 0.003 (0.000-0.001) | 0.009 (0.001-0.022) |
| Portoscuso centro | 4447 | 0.025 (0.004-0.006) | 0.058 (0.006-0.017) | 0.083 (0.010-0.230) |
| Portoscuso - Case sparse Sud | 71 | 0.001 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) | 0.001 (0.000-0.003) |
| Comune di Portoscuso | 5236 | 0.032 (0.005-0.008) | 0.062 (0.007-0.019) | 0.094 (0.011-0.258) |
| Area di influenza | 54819 | 0.113 (0.019-0.024) | 0.112 (0.015-0.029) | 0.225 (0.034-0.521) |

Tabella 127. PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine - ricoveri per cause respiratorie

| Area di riferimento | Popolazione esposta (Ptotale) | PM2.5 ricoveri per cause respiratorie Contributo del progetto Sideralloys N° di casi | PM2.5 ricoveri per cause respiratorie Contributo del progetto Eurallumina N° di casi | PM2.5 ricoveri per cause respiratorie Contributo dei due progetti N° di casi |
|---------------------------------------|-------------------------------|--|--|--|
| Sezione di censimento 25 - Portoscuso | 10 | 0.0002 (0.0000-0.0010) | 0.0001 (0.0000-0.0003) | 0.0002 (0.0000-0.0013) |
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 500 | 0.006 (0.000-0.000) | 0.022 (0.000-0.000) | 0.028 (0.000-0.094) |
| Paringianu | 582 | 0.008 (0.000-0.000) | 0.005 (0.000-0.000) | 0.013 (0.000-0.039) |
| Portoscuso centro | 4447 | 0.039 (0.000-0.000) | 0.089 (0.000-0.000) | 0.128 (0.000-0.409) |
| Portoscuso - Case sparse Sud | 71 | 0.001 (0.000-0.000) | 0.000 (0.000-0.000) | 0.001 (0.000-0.006) |
| Comune di Portoscuso | 5236 | 0.049 (0.000-0.000) | 0.096 (0.000-0.000) | 0.144 (0.000-0.460) |
| Area di influenza | 54819 | 0.171 (0.000-0.000) | 0.168 (0.000-0.000) | 0.339 (0.000-0.910) |

I risultati evidenziano che:

- in riferimento all'esposizione al PM2.5:
 - il numero dei casi aggiuntivi di mortalità per tutte le cause (naturali), determinati dagli effetti di lungo periodo è pari a:
 - 0.226 (0.080-0.438) per il centro abitato di Portoscuso,
 - 0.254 (0.093-0.490) per l'intero comune di Portoscuso
 - 0.660 (0.306-1.064) per l'intera area di influenza;
 - il numero di casi aggiuntivi di mortalità per cause cardiovascolari, determinati dagli effetti di lungo periodo è pari a:
 - 0.112 (0.035-0.253) per il centro abitato di Portoscuso,
 - 0.125 (0.040-0.283) per il comune di Portoscuso
 - 0.302 (0.121-0.574) per l'intera area di influenza;
 - il numero di casi aggiuntivi di mortalità per tumore al polmone, determinati dagli effetti di lungo periodo è pari a:
 - 0.025 (0.007-0.059) per il centro abitato di Portoscuso,
 - 0.028 (0.008-0.066) per il comune di Portoscuso
 - 0.057 (0.020-0.116) per l'intera area di influenza;

- il numero di casi aggiuntivi di mortalità per cause respiratorie, determinati dagli effetti di lungo periodo è pari a:
 - 0.030 (0.000-0.107) per il centro abitato di Portoscuso;
 - 0.033 (0.000-0.120) per il comune di Portoscuso;
 - 0.107 (0.000-0.312) per l'intera area di influenza;
 - il numero di casi aggiuntivi di mortalità per tutte le cause (naturali), determinati dagli effetti di breve periodo è pari a:
 - 0.053 (0.012-0.029) per il centro abitato di Portoscuso;
 - 0.060 (0.014-0.033) per il comune di Portoscuso;
 - 0.156 (0.046-0.072) per l'intera area di influenza;
 - il numero di casi aggiuntivi di ricoveri per cause cardiovascolari per tutte le età, determinati dagli effetti di breve periodo è pari a:
 - 0.083 (0.010-0.230) per il centro abitato di Portoscuso;
 - 0.094 (0.011-0.258) per il comune di Portoscuso;
 - 0.225 (0.034-0.521) per l'intera area di influenza;
 - il numero di casi aggiuntivi di ricoveri per cause respiratorie, determinati dagli effetti di breve periodo è pari a:
 - 0.128 (0.000-0.409) per il centro abitato di Portoscuso;
 - 0.144 (0.000-0.460) per il comune di Portoscuso;
 - 0.339 (0.000-0.910) per l'intera area di influenza;
- esposizione al PM10:
- il numero di casi aggiuntivi di bronchiti croniche negli adulti, determinati dagli effetti di lungo periodo è pari a:
 - 0.024 (0.005-0.057) per il centro abitato di Portoscuso;
 - 0.027 (0.006-0.065) per il comune di Portoscuso;
 - 0.063 (0.017-0.129) per l'intera area di influenza.

A.3.5 CALCOLO DEL RISCHIO POST OPERAM

A.3.5.1 Approccio tossicologico

In Tabella 128 sono riportati i risultati del calcolo del rischio tossico, relativamente ai quali si osserva:

- per le sezioni di censimento: il valore massimo del rischio cumulato HI si verifica nella sezione 9 del comune di Portoscuso (HI = 2.514 (1.917-3.135)); quello massimo dell'indice HQ del singolo contaminante si verifica sempre nella sezione 9, in riferimento al PM2.5 (HQ = 1.456 (1.199-1.743));
- per le aree di riferimento: l'area più esposta è il centro abitato di Portoscuso, in cui l'indice di pericolo HI risulta 2.370 (1.842-2.912) e il valore di HQ, riferibile al PM2.5, è 1.334 (1.141-1.545);

- per il comune di Portoscuso: l'indice di pericolo risulta pari a 2.374 (1.848-2.918) e l'HQ per il PM2.5 è pari a 1.329 (1.139-1.536);
- per l'intera area di riferimento l'indice di pericolo è pari a 2.213 (1.744-2.677) ed il massimo valore di HQ è pari a 1.234 (1.083-1.387) per il PM2.5.

Tabella 128. Scenario post operam 2: Rischio tossico - Indice di pericolo HQ per singolo contaminante e indice di pericolo cumulato HI

| | Ante Operam | Post Operam | | | | | | |
|-----------------------|---------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|---------------------|------------------------------|----------------------|---------------------|
| | | Sezione di censimento 25 - Portoscuso | Sezione di censimento 9 - Portoscuso | Paringianu | Portoscuso centro | Portoscuso - Case sparse Sud | Comune di Portoscuso | Area di influenza |
| Arsenico HQ [-] | 0.190 (0.128-0.236) | 0.190 (0.128-0.238) | 0.191 (0.129-0.237) | 0.191 (0.129-0.238) | 0.191 (0.129-0.237) | 0.190 (0.128-0.238) | 0.191 (0.129-0.237) | 0.190 (0.128-0.236) |
| Cadmio HQ [-] | 0.396 (0.242-0.532) | 0.397 (0.242-0.533) | 0.397 (0.243-0.533) | 0.397 (0.243-0.533) | 0.397 (0.243-0.532) | 0.396 (0.242-0.533) | 0.397 (0.243-0.532) | 0.396 (0.242-0.532) |
| Mercurio HQ [-] | 0.001 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.001) |
| Nichel HQ [-] | 0.017 (0.006-0.035) | 0.017 (0.006-0.035) | 0.018 (0.006-0.036) | 0.017 (0.006-0.036) | 0.017 (0.006-0.035) | 0.017 (0.006-0.035) | 0.017 (0.006-0.035) | 0.017 (0.006-0.035) |
| Piombo HQ [-] | 0.008 (0.005-0.010) | 0.008 (0.005-0.010) | 0.008 (0.005-0.010) | 0.008 (0.005-0.010) | 0.008 (0.005-0.010) | 0.008 (0.005-0.010) | 0.008 (0.005-0.010) | 0.008 (0.005-0.010) |
| Benzene HQ [-] | 0.026 (0.010-0.040) | 0.026 (0.010-0.040) | 0.026 (0.010-0.040) | 0.026 (0.010-0.040) | 0.026 (0.010-0.040) | 0.026 (0.010-0.040) | 0.026 (0.010-0.040) | 0.026 (0.010-0.040) |
| Benzo(a)pirene HQ [-] | 0.024 (0.021-0.028) | 0.024 (0.021-0.028) | 0.024 (0.021-0.028) | 0.024 (0.021-0.028) | 0.024 (0.021-0.028) | 0.024 (0.021-0.028) | 0.024 (0.021-0.028) | 0.024 (0.021-0.028) |
| CO HQ [-] | 0.078 (0.076-0.080) | 0.118 (0.097-0.153) | 0.112 (0.107-0.121) | 0.115 (0.105-0.123) | 0.112 (0.104-0.122) | 0.110 (0.093-0.135) | 0.112 (0.104-0.123) | 0.094 (0.090-0.098) |
| PM25 HQ [-] | 1.208 (1.062-1.354) | 1.316 (1.097-1.618) | 1.456 (1.199-1.743) | 1.307 (1.143-1.491) | 1.334 (1.141-1.545) | 1.290 (1.106-1.523) | 1.329 (1.139-1.536) | 1.234 (1.083-1.387) |
| SO2 HQ [-] | 0.038 (0.016-0.063) | 0.187 (0.078-0.364) | 0.101 (0.067-0.138) | 0.146 (0.109-0.189) | 0.091 (0.060-0.126) | 0.158 (0.085-0.282) | 0.098 (0.066-0.137) | 0.070 (0.045-0.098) |
| NO2 HQ [-] | 0.144 (0.106-0.201) | 0.188 (0.124-0.293) | 0.164 (0.122-0.226) | 0.178 (0.137-0.238) | 0.161 (0.118-0.223) | 0.178 (0.128-0.257) | 0.163 (0.120-0.225) | 0.152 (0.114-0.210) |
| Indice cumulato HI | 2.129 (1.672-2.579) | 2.481 (1.812-3.336) | 2.514 (1.917-3.135) | 2.418 (1.915-2.942) | 2.370 (1.842-2.912) | 2.405 (1.828-3.099) | 2.374 (1.848-2.918) | 2.213 (1.744-2.677) |

In Tabella 129 sono riportati i risultati del calcolo del rischio cancerogeno, dai quali si deduce che:

- per le sezioni di censimento: il rischio cancerogeno più elevato si verifica nella sezione 9 del comune di Portoscuso, sia in riferimento all'indice cumulato ($R=4.44E-5$ ($3.04E-5$ - $5.61E-5$)), sia all'indice riferibile alla singola sostanza (Arsenico $R=2.04E-5$ ($1.37E-5$ - $2.53E-5$));
- per le aree di riferimento: Il centro abitato di Portoscuso e quello di Paringianu presentano circa gli stessi valori sia del rischio cumulato ($R=4.43E-5$ ($3.04E-5$ - $5.59E-5$)) sia del rischio per le singole sostanze (il valore massimo si presenta per l'arsenico con $R=2.04E-5$ ($1.37E-5$ - $2.54E-5$));
- per il comune di Portoscuso: il valore del rischio cumulato è pari a $4.43E-5$ ($3.04E-5$ - $5.60E-5$); quello massimo per la singola sostanza (Arsenico) è $2.03E-5$ ($1.37E-5$ - $2.53E-5$);
- per l'intera area di riferimento il valore del rischio cumulato è pari a $4.42E-5$ ($3.03E-5$ - $5.58E-5$) e quello massimo per singola sostanza è pari a $2.03E-5$ (arsenico).

Tabella 129. Scenario post operam 2: Rischio cancerogeno per singolo contaminante e cumulato

| | Ante Operam | Post Operam |
|--|-------------|-------------|
|--|-------------|-------------|

| | | Sezione di censimento 25 - Portoscuso | Sezione di censimento 9 - Portoscuso | Paringianu | Portoscuso centro | Portoscuso - Case sparse Sud | Comune di Portoscuso | Area di influenza |
|-------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Arsenico - R [-] | 2.03E-5 (1.37E-5-2.52E-5) | 2.03E-5 (1.37E-5-2.53E-5) | 2.04E-5 (1.37E-5-2.53E-5) | 2.04E-5 (1.37E-5-2.54E-5) | 2.03E-5 (1.37E-5-2.53E-5) | 2.03E-5 (1.37E-5-2.53E-5) | 2.03E-5 (1.37E-5-2.53E-5) | 2.03E-5 (1.37E-5-2.52E-5) |
| Cadmio - R [-] | 1.18E-5 (7.22E-6-1.59E-5) | 1.18E-5 (7.22E-6-1.59E-5) | 1.18E-5 (7.23E-6-1.59E-5) | 1.18E-5 (7.23E-6-1.59E-5) | 1.18E-5 (7.23E-6-1.59E-5) | 1.18E-5 (7.22E-6-1.59E-5) | 1.18E-5 (7.23E-6-1.59E-5) | 1.18E-5 (7.22E-6-1.59E-5) |
| Nichel - R [-] | 6.60E-7 (2.36E-7-1.36E-6) | 6.63E-7 (2.37E-7-1.37E-6) | 6.72E-7 (2.43E-7-1.38E-6) | 6.65E-7 (2.39E-7-1.37E-6) | 6.66E-7 (2.40E-7-1.37E-6) | 6.62E-7 (2.37E-7-1.37E-6) | 6.66E-7 (2.40E-7-1.37E-6) | 6.61E-7 (2.37E-7-1.36E-6) |
| Piombo - R [-] | 1.92E-6 (1.12E-6-2.40E-6) | 1.93E-6 (1.12E-6-2.41E-6) | 1.93E-6 (1.12E-6-2.41E-6) | 1.93E-6 (1.12E-6-2.42E-6) | 1.93E-6 (1.12E-6-2.41E-6) | 1.93E-6 (1.12E-6-2.42E-6) | 1.93E-6 (1.12E-6-2.41E-6) | 1.92E-6 (1.12E-6-2.40E-6) |
| Benzene - R [-] | 9.44E-6 (8.01E-6-1.09E-5) | 5.09E-8 (1.96E-8-8.03E-8) | 5.09E-8 (1.96E-8-8.03E-8) | 5.09E-8 (1.96E-8-8.03E-8) | 5.09E-8 (1.96E-8-8.03E-8) | 5.09E-8 (1.96E-8-8.03E-8) | 5.09E-8 (1.96E-8-8.03E-8) | 5.09E-8 (1.96E-8-8.03E-8) |
| Benzo(a)pirene - R [-] | 5.09E-8 (1.96E-8-8.03E-8) | 9.44E-6 (8.01E-6-1.09E-5) | 9.44E-6 (8.01E-6-1.09E-5) | 9.44E-6 (8.01E-6-1.09E-5) | 9.44E-6 (8.01E-6-1.09E-5) | 9.44E-6 (8.01E-6-1.09E-5) | 9.44E-6 (8.01E-6-1.09E-5) | 9.44E-6 (8.01E-6-1.09E-5) |
| Cumulato - R [-] | 4.42E-5 (3.03E-5-5.57E-5) | 4.42E-5 (3.03E-5-5.60E-5) | 4.44E-5 (3.04E-5-5.61E-5) | 4.43E-5 (3.04E-5-5.60E-5) | 4.43E-5 (3.04E-5-5.59E-5) | 4.42E-5 (3.03E-5-5.60E-5) | 4.43E-5 (3.04E-5-5.60E-5) | 4.42E-5 (3.03E-5-5.58E-5) |

A.3.5.2 Approccio epidemiologico

Nelle tabelle seguenti si riportano i risultati della valutazione effettuata con l'approccio epidemiologico, riferiti agli effetti di lungo periodo connessi all'inalazione di PM2.5 e relativi a mortalità per tutte le cause (naturali) (Tabella 130), per cause cardiovascolari (Tabella 131), per tumore al polmone (Tabella 132) e per cause respiratorie (Tabella 133).

In Tabella 134 sono riportati gli effetti dell'inalazione del PM10 sull'incidenza delle bronchiti croniche negli adulti.

Gli effetti di breve periodo connessi all'inalazione del PM2.5 sono riportati in Tabella 135 per la mortalità per tutte le cause (naturali), in Tabella 136 per i ricoveri per cause cardiovascolari e in Tabella 137 per i ricoveri per cause respiratorie.

Tabella 130. Scenario post operam 2: PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine – mortalità per tutte le cause

| Area di riferimento | P exp (>30anni) | Mortalità tutte le cause N° di casi | PM2.5 mortalità tutte le cause ANTE OPERAM N° di casi | PM2.5 mortalità tutte le cause POST OPERAM N° di casi |
|---------------------------------------|-----------------|-------------------------------------|---|---|
| Sezione di censimento 25 - Portoscuso | 4 | 0.03 | 0.003 (0.001-0.004) | 0.003 (0.001-0.004) |
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 381 | 2.9 | 0.247 (0.124-0.356) | 0.298 (0.140-0.459) |
| Paringianu | 427 | 3.3 | 0.277 (0.139-0.399) | 0.300 (0.150-0.440) |
| Portoscuso centro | 3284 | 25.2 | 2.13 (1.07-3.07) | 2.357 (1.151-3.508) |
| Portoscuso - Case sparse Sud | 43 | 0.3 | 0.028 (0.014-0.040) | 0.030 (0.015-0.045) |
| Comune di Portoscuso | 3855 | 29.6 | 2.50 (1.26-3.60) | 2.755 (1.349-4.095) |
| Area di influenza | 40468 | 392.3 | 33.2 (16.7-47.8) | 33.8 (17.0-48.9) |

Tabella 131. Scenario post operam 2: PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - mortalità cardiovascolare

| Area di riferimento | P exp (>30anni) | mortalità cause cardiovascolari N° di casi | PM2.5 mortalità cause cardiovascolari ANTE OPERAM N° di casi | PM2.5 mortalità cause cardiovascolari POST OPERAM N° di casi |
|---------------------------------------|-----------------|--|--|--|
| Sezione di censimento 25 - Portoscuso | 4 | 0.01 | 0.001 (0.001-0.002) | 0.001 (0.001-0.003) |

| | | | | |
|--------------------------------------|-------|-------|---------------------|---------------------|
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 381 | 1.0 | 0.122 (0.054-0.205) | 0.147 (0.061-0.265) |
| Paringianu | 427 | 1.1 | 0.137 (0.060-0.230) | 0.148 (0.065-0.254) |
| Portoscuso centro | 3284 | 8.7 | 1.053 (0.463-1.771) | 1.165 (0.498-2.024) |
| Portoscuso - Case sparse Sud | 43 | 0.1 | 0.014 (0.006-0.023) | 0.015 (0.006-0.026) |
| Comune di Portoscuso | 3855 | 10.2 | 1.236 (0.543-2.079) | 1.362 (0.584-2.362) |
| Area di influenza | 40468 | 120.1 | 14.5 (6.4-24.4) | 14.8 (6.5-25.0) |

Tabella 132. Scenario post operam 2: PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - mortalità tumore al polmone

| Area di riferimento | P exp (>30anni) | mortalità tumore al polmone N° di casi | PM2.5 mortalità tumore al polmone ANTE OPERAM N° di casi | PM2.5 mortalità tumore al polmone POST OPERAM N° di casi |
|---------------------------------------|-----------------|--|--|--|
| Sezione di censimento 25 - Portoscuso | 4 | 0.003 | 0.0003 (0.0001-0.0005) | 0.0003 (0.0001-0.0006) |
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 381 | 0.3 | 0.027 (0.011-0.048) | 0.033 (0.012-0.062) |
| Paringianu | 427 | 0.3 | 0.031 (0.012-0.054) | 0.033 (0.013-0.059) |
| Portoscuso centro | 3284 | 2.2 | 0.237 (0.093-0.413) | 0.262 (0.100-0.472) |
| Portoscuso - Case sparse Sud | 43 | 0.0 | 0.003 (0.001-0.005) | 0.003 (0.001-0.006) |
| Comune di Portoscuso | 3855 | 2.6 | 0.278 (0.109-0.485) | 0.306 (0.117-0.551) |
| Area di influenza | 40468 | 23.0 | 2.50 (0.97-4.35) | 2.55 (0.99-4.47) |

Tabella 133. Scenario post operam 2: PM2.5 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine - mortalità cause respiratorie

| Area di riferimento | P exp (>30anni) | mortalità cause respiratorie N° di casi | PM2.5 mortalità cause respiratorie ANTE OPERAM N° di casi | PM2.5 mortalità cause respiratorie POST OPERAM N° di casi |
|---------------------------------------|-----------------|---|---|---|
| Sezione di censimento 25 - Portoscuso | 4 | 0.003 | 0.0003 (0.0000-0.0009) | 0.0004 (0.0000-0.0011) |
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 381 | 0.3 | 0.032 (0.000-0.087) | 0.039 (0.000-0.112) |
| Paringianu | 427 | 0.3 | 0.036 (0.000-0.098) | 0.039 (0.000-0.107) |
| Portoscuso centro | 3284 | 2.3 | 0.279 (0.000-0.750) | 0.308 (0.000-0.857) |
| Portoscuso - Case sparse Sud | 43 | 0.0 | 0.004 (0.000-0.010) | 0.004 (0.000-0.011) |
| Comune di Portoscuso | 3855 | 2.7 | 0.327 (0.000-0.880) | 0.360 (0.000-1.000) |
| Area di influenza | 40468 | 48.8 | 5.89 (0.00-15.84) | 6.00 (0.00-16.16) |

Tabella 134. Scenario post operam 2: PM10 - Numero di casi annui aggiuntivi per gli eventi sanitari di lungo termine -incidenza delle bronchiti croniche negli adulti

| Area di riferimento | P exp (>16anni) | incidenza bronchiti N° di casi | PM10 incidenza bronchiti ANTE OPERAM N° di casi | PM10 incidenza bronchiti POST OPERAM N° di casi |
|---------------------------------------|-----------------|--------------------------------|---|---|
| Sezione di censimento 25 - Portoscuso | 8 | 0.003 | 0.001 (0.000-0.001) | 0.001 (0.000-0.002) |
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 450 | 0.16 | 0.036 (0.009-0.075) | 0.041 (0.010-0.088) |
| Paringianu | 521 | 0.18 | 0.042 (0.011-0.087) | 0.045 (0.011-0.094) |
| Portoscuso centro | 3956 | 1.38 | 0.320 (0.082-0.664) | 0.343 (0.087-0.720) |
| Portoscuso - Case sparse Sud | 61 | 0.02 | 0.005 (0.001-0.010) | 0.005 (0.001-0.011) |
| Comune di Portoscuso | 4654 | 1.62 | 0.376 (0.096-0.781) | 0.403 (0.102-0.846) |
| Area di influenza | 49006 | 17.41 | 4.033 (1.031-8.373) | 4.097 (1.048-8.503) |

Tabella 135. Scenario post operam 2: PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine - mortalità per tutte le cause

| Area di riferimento | Popolazione esposta (Ptotale) | mortalità per tutte le cause N° di casi | PM2.5 mortalità per tutte le cause ANTE OPERAM N° di casi | PM2.5 mortalità per tutte le cause POST OPERAM N° di casi |
|---------------------------------------|-------------------------------|---|---|---|
| Sezione di censimento 25 - Portoscuso | 10 | 0.1 | 0.001 (0.000-0.002) | 0.001 (0.000-0.002) |
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 500 | 3.8 | 0.057 (0.018-0.104) | 0.069 (0.021-0.134) |
| Paringianu | 582 | 4.5 | 0.066 (0.021-0.122) | 0.072 (0.023-0.134) |
| Portoscuso centro | 4447 | 34.1 | 0.507 (0.163-0.929) | 0.560 (0.175-1.060) |

| Area di riferimento | Popolazione esposta (Ptotale) | mortalità per tutte le cause N° di casi | PM2.5 mortalità per tutte le cause ANTE OPERAM N° di casi | PM2.5 mortalità per tutte le cause POST OPERAM N° di casi |
|------------------------------|-------------------------------|--|---|---|
| Portoscuso - Case sparse Sud | 71 | 0.5 | 0.008 (0.003-0.015) | 0.009 (0.003-0.017) |
| Comune di Portoscuso | 5236 | 40.2 | 0.597 (0.192-1.093) | 0.657 (0.206-1.241) |
| Area di influenza | 54819 | 530.3 | 7.879 (2.534-14.431) | 8.035 (2.580-14.752) |

Tabella 136. Scenario post operam 2: PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine - ricoveri per cause cardiovascolari

| Area di riferimento | Popolazione esposta (Ptotale) | ricoveri per cause cardiovascolari N° di casi | PM2.5 ricoveri per cause cardiovascolari ANTE OPERAM N° di casi | PM2.5 ricoveri per cause cardiovascolari POST OPERAM N° di casi |
|---------------------------------------|-------------------------------|--|--|--|
| Sezione di censimento 25 - Portoscuso | 10 | 0.2 | 0.002 (0.000-0.004) | 0.002 (0.000-0.004) |
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 500 | 8.1 | 0.089 (0.015-0.183) | 0.108 (0.017-0.236) |
| Paringianu | 582 | 9.5 | 0.104 (0.017-0.213) | 0.113 (0.018-0.235) |
| Portoscuso centro | 4447 | 72.4 | 0.796 (0.131-1.627) | 0.879 (0.140-1.857) |
| Portoscuso - Case sparse Sud | 71 | 1.2 | 0.013 (0.002-0.026) | 0.014 (0.002-0.029) |
| Comune di Portoscuso | 5236 | 85.2 | 0.937 (0.154-1.916) | 1.031 (0.165-2.174) |
| Area di influenza | 54819 | 995.2 | 10.941 (1.797-22.370) | 11.166 (1.831-22.891) |

Tabella 137. Scenario post operam 2: PM2.5 -Numero di casi annui attribuibili per gli eventi sanitari di breve termine - ricoveri per cause respiratorie

| Area di riferimento | Popolazione esposta (Ptotale) | ricoveri per cause respiratorie N° di casi | PM2.5 ricoveri per cause respiratorie ANTE OPERAM N° di casi | PM2.5 ricoveri per cause respiratorie POST OPERAM N° di casi |
|---------------------------------------|-------------------------------|---|--|--|
| Sezione di censimento 25 - Portoscuso | 10 | 0.1 | 0.003 (0.000-0.007) | 0.003 (0.000-0.008) |
| Sezione di censimento 9 - Portoscuso | 500 | 6.0 | 0.138 (0.000-0.326) | 0.166 (0.000-0.420) |
| Paringianu | 582 | 7.0 | 0.160 (0.000-0.380) | 0.173 (0.000-0.418) |
| Portoscuso centro | 4447 | 53.3 | 1.223 (0.000-2.901) | 1.351 (0.000-3.311) |
| Portoscuso - Case sparse Sud | 71 | 0.9 | 0.020 (0.000-0.046) | 0.021 (0.000-0.052) |
| Comune di Portoscuso | 5236 | 62.8 | 1.441 (0.000-3.416) | 1.585 (0.000-3.876) |
| Area di influenza | 54819 | 714.4 | 16.397 (0.000-38.887) | 16.736 (0.000-39.796) |

In Tabella 138 è riportato l'incremento del numero di casi, per tutti gli effetti sanitari considerati, nella configurazione post operam.

Si osserva che l'incremento massimo del numero di casi si ha per l'incidenza delle bronchiti croniche negli adulti (aumento dello 0.36% (0.10%-0.74%)).

Tabella 138. Scenario post operam 2: Incremento del numero di casi nella condizione post operam

| Area di riferimento | Effetto | % di casi dovuti ad esposizione ambientale ANTE OPERAM | % di casi dovuti ad esposizione ambientale POST OPERAM | Incremento percentuale |
|---|---------------|--|--|------------------------|
| PM2.5 - Mortalità tutte le cause | Lungo termine | 8.5% (4.2%-12.2%) | 8.6% (4.3%-12.5%) | 0.17% (0.08%-0.27%) |
| PM2.5 - mortalità cause cardiovascolari | Lungo termine | 12.1% (5.3%-20.3%) | 12.3% (5.4%-20.8%) | 0.25% (0.10%-0.48%) |
| PM2.5 - mortalità tumore al polmone | Lungo termine | 10.9% (4.2%-19.0%) | 11.1% (4.3%-19.5%) | 0.25% (0.09%-0.50%) |

| | | | | |
|--|---------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| PM2.5 - mortalità cause respiratorie | Lungo termine | 12.1% (0.0%-32.5%) | 12.3% (0.0%-33.1%) | 0.22% (0.00%-0.64%) |
| PM10 - incidenza bronchiti | Lungo termine | 23.2% (5.9%-48.1%) | 23.5% (6.0%-48.8%) | 0.36% (0.10%-0.74%) |
| PM2.5 - mortalità tutte le cause | Breve termine | 1.49% (0.48%-2.72%) | 1.52% (0.49%-2.78%) | 0.03% (0.01%-0.06%) |
| PM2.5 - ricoveri per cause cardiovascolari | Breve termine | 1.10% (0.18%-2.25%) | 1.12% (0.18%-2.30%) | 0.02% (0.00%-0.05%) |
| PM2.5 - ricoveri per cause respiratorie | Breve termine | 2.30% (0.00%-5.44%) | 2.34% (0.00%-5.57%) | 0.05% (0.00%-0.13%) |