



COMUNE DI SCARLINO
PROVINCIA DI GROSSETO
SETTORE 4 - LAVORI PUBBLICI E POLITICHE AMBIENTALI

**PROGETTAZIONE OPERATIVA UNITARIA DELLA BONIFICA DELLE ACQUE DI
FALDA DELLA PIANA DI SCARLINO**

Progetto operativo di bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/06
*Revisione a seguito della Conferenza dei Servizi del 29/04/2014 e della riunione tecnica tenutasi
presso Arpat Toscana il 17/11/2014*

Marzo 2015



Gruppo di Lavoro

Ing. Franco Rocchi
Dott. Geol. Alessandro Murratzu
Ing. Nicola Cozzani
Dott. Samanta Dantoni
Dott. Ing. Simona Manetti



Via Frassina, 21 – **Carrara (MS)** | **Firenze (FI)** – Via di Soffiano, 15
Via Robecchi Brichetti, 6 – **Roma (RM)** | **Milano (MI)** – Via Paullo, 11



COMUNE DI SCARLINO
PROVINCIA DI GROSSETO
SETTORE 4 - LAVORI PUBBLICI E POLITICHE AMBIENTALI

**PROGETTAZIONE OPERATIVA UNITARIA DELLA BONIFICA DELLE ACQUE DI
FALDA DELLA PIANA DI SCARLINO**

Progetto operativo di bonifica ai sensi del D.Lgs. 152/06
*Revisione a seguito della Conferenza dei Servizi del 29/04/2014 e della riunione tecnica tenutasi
presso Arpat Toscana il 17/11/2014*

Marzo 2015

RELAZIONE TECNICA



Via Frassina, 21 – **Carrara (MS)** | **Firenze (FI)** – Via di Soffiano, 15
Via Robecchi Brichetti, 6 – **Roma (RM)** | **Milano (MI)** – Via Paullo, 11



COMUNE DI SCARLINO
Settore 4 - Lavori Pubblici e Politiche Ambientali

A cura di:



Gruppo di lavoro

Ing. Franco Rocchi

Dott. Geol. Alessandro Murratzu

Ing. Nicola Cozzani

Dott. Samanta Dantoni

Dott. Ing. Simona Manetti



SOMMARIO

PREMESSA.....	1
PARTE I ADEGUAMENTO ALLE OSSERVAZIONI/PRESCRIZIONI DELLA CDS 29 APRILE 2014	3
1. PUNTO A - PARERE N.11779 DEL 19/02/2014 DEL DIPARTIMENTO PROVINCIALE ARPAT:	8
INTERPOLAZIONE SPAZIALE DELLA CONTAMINAZIONE	14
ANALISI STATISTICA	21
2. PUNTO B - PARERE N.15336 DEL 07/03/2014 DELL' UF IGIENE E SANITÀ PUBBLICA "COLLINE METALLIFERE":	54
3. PUNTO C - PARERE N. 19692 DEL 03/02/2014 E N.68759 DEL 28/04/2014 DELLA PROVINCIA DI GROSSETO:.....	57
PARTE II SINTESI DELLE ATTIVITÀ PREGRESSE SVOLTE SUL SITO ED INDIVIDUAZIONE DEGLI OBIETTIVI DI BONIFICA.....	65
4. METODOLOGIA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO	65
4.1 <i>Approccio metodologico</i>	65
4.2 <i>Raccolta dati esistenti</i>	66
PARTE III INQUADRAMENTO GENERALE.....	69
5. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	69
6. CLIMATOLOGIA	72
7. GEOMORFOLOGIA	74
8. GEOLOGIA.....	74
9. EVOLUZIONE PALEOGEOGRAFICA.....	79
10. GIACIMENTOLOGIA.....	82
11. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA	86
12. PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E USO DEL SUOLO.....	89
12.1 <i>Individuazione dell'unità morfologica territoriale secondo P.T.C. – “Costa di Scarlino e Follonica”</i>	89
12.2 <i>Individuazione dell'unità morfologica territoriale secondo P.T.C. – “Piana di Scarlino”</i>	91
12.3 <i>Piano Strutturale del Comune di Scarlino</i>	93
12.4 <i>Piano Provinciale di bonifica delle aree inquinate</i>	97
13. INQUADRAMENTO STORICO-ECONOMICO	99
13.1 <i>Attività paleo - industriale</i>	99
13.2 <i>Attività industriale</i>	101



13.3	<i>Bonifiche idrauliche della Maremma: Padule di Scarlino</i>	102
14.	INQUADRAMENTO GEO-CHIMICO DELL'AREA	104
14.1	<i>Inquadramento geochimico della matrice ambientale suolo</i>	105
14.2	<i>Inquadramento idro-chimico della matrice ambientale acque sotterranee</i>	108
14.3	<i>Inquadramento dello stato di risanamento ambientale dell'area</i>	109
PARTE IV REALIZZAZIONE VERIFICHE DI CAMPO		112
15.	INDIVIDUAZIONE DEI PIEZOMETRI E POZZI DI RIFERIMENTO.....	112
15.1	<i>Compilazione Schede di campo</i>	116
15.2	<i>Esecuzione rilievo fotografico e georeferenziazione</i>	117
15.3	<i>Esecuzione rilievo freaticometrico</i>	118
15.4	<i>Gestione dei dati raccolti: il SIT</i>	119
PARTE V ANDAMENTO DI FALDA E SINTESI DELLO STATO QUALITATIVO DELLA MATRICE AMBIENTALE ACQUE SOTTERRANEE		120
16.	ELABORAZIONE DELLE CARTE ISOFREATICHE	122
17.	ELABORAZIONE DELLE CARTE DI ISOCONCENTRAZIONE.....	125
PARTE VI MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA		130
18.	CONCLUSIONI DEL MODELLO IDROGEOLOGICO PER LA PIANA DI SCARLINO	131
PARTE VII SCREENING DI VALUTAZIONE DELLE TECNOLOGIE IMPIANTISTICHE DI TRATTAMENTO ACQUE ESISTENTI SULL'AREA		142
19.	INQUADRAMENTO ATTIVITÀ INDUSTRIALI PRESENTI NELL'AREA.....	142
19.1	<i>Nuova Solmine S.p.A.</i>	144
19.2	<i>Scarlino Energia</i>	149
19.3	<i>Huntsman Tioxide Europe</i>	153
PARTE VIII MODELLO CONCETTUALE DEL SITO		158
20.	POTENZIALI SORGENTI DI CONTAMINAZIONE	158
21.	POTENZIALI VIE DI DIFFUSIONE	164
21.1	<i>Esposizione diretta (ingestione e contatto dermico), aerodispersione delle particelle fini</i>	164
21.2	<i>Volatilizzazione indoor e outdoor</i>	165
21.3	<i>Dilavamento dei contaminanti</i>	165
21.4	<i>Trasporto di contaminanti disciolti in falda verso bersagli off site</i>	166
22.	POTENZIALI BERSAGLI	166
23.	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	166



PARTE IX	PROGETTO DI BONIFICA	168
24.	STRATEGIE E OBIETTIVI DI INTERVENTO SULLE ACQUE SOTTERRANEE	170
24.1	Screening delle principali tecnologie/alternative di bonifica	171
25.	BONIFICA DEL SITO IN ESAME: LINEE ESSENZIALI	177
26.	FASE I: INTERVENTO DI BONIFICA DELLA FALDA	180
26.1	Presenza di vincoli fisici	180
26.2	Cantierizzazione e attività preliminari	180
26.2.1	Decespugliamento delle aree	180
26.2.2	Perimetrazione delle aree di lavoro	181
26.2.3	Accessibilità al cantiere	182
26.2.4	Viabilità di cantiere	183
26.3	Dismissione della barriera idraulica attiva in area Syndial	183
26.4	Realizzazione del sistema di pozzi-barriera	183
26.4.1	Caratteristiche costruttive pozzi-cluster	185
26.4.2	Caratteristiche costruttive pozzi falda 1b in accoppiamento ai pozzi barriera GR72:	188
26.5	Sistema di sollevamento	188
26.5.1	Dimensionamento e caratteristiche tecniche elettropompe sommerse	189
26.5.2	Quadri elettrici e di comando	191
26.5.3	Effetto del barrieramento idraulico sulla falda superficiale	192
26.6	Dimensionamento e realizzazione rete di collegamento con il sistema di trattamento acque	193
26.6.1	Progettazione della rete di collegamento	193
26.6.2	Dimensionamento delle tubazioni	196
26.7	Start up dell'impianto di sollevamento	198
26.7.1	Verifica ed eventuale calibrazione di dettaglio delle singole portate di pompaggio dei pozzi-barriera	198
26.8	Trattamento e riutilizzo delle acque emunte	199
26.8.1	Impianto di Nuova Solmine: trattamento acque per la produzione di acqua demineralizzata	200
26.8.2	Impianto di trattamento dei rifiuti liquidi (TRL) di Scarlino Energia: modulo per la produzione di latte di calce	205
26.8.3	Riutilizzo delle acque nel ciclo produttivo	209
26.8.4	Gestione delle emergenze	209



26.9 Durata dell'intervento	210
26.10 Obiettivi di bonifica	214
26.11 Possibili fenomeni di subsidenza	216
26.12 Integrazione della rete piezometrica esistente con piezometri di nuova realizzazione	217
26.12.1 Quantità e ubicazione dei piezometri.....	218
26.12.2 Modalità esecutive dei piezometri.....	218
26.13 Piano dei monitoraggi e dei controlli	219
26.13.1 Attività di controllo e manutenzione ordinaria	220
CONTROLLI IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO E UNITÀ DI TRATTAMENTO	220
26.13.2 monitoraggi sulle acque di falda	220
PUNTI DI MONITORAGGIO CHIMICO E FREATIMETRICO RETE PIEZOMETRICA	221
PARAMETRI DI MONITORAGGIO PROPOSTI	222
PROTOCOLLO DI MONITORAGGIO DELL'INGRESSIONE DEL CUNEO SALINO	223
REPORT DEI MONITORAGGI	228
26.14 Gestione dei rifiuti prodotti dalle attività di cantiere	228
26.14.1 Materiali terrigeni di risulta dalle operazioni di perforazione.....	228
26.14.2 Acque di spurgo dai pozzi e piezometri ambientali	229
26.14.3 Cassette catalogatrici.....	229
26.15 Accortezze in fase di cantiere	230
26.16 Logistica degli interventi	230
26.16.1 Personale e mezzi d'opera	230
26.16.2 Approvvigionamento e gestione materiali in ingresso	230
26.16.3 Produttività	231
26.16.4 Sistemi di contenimento delle emissioni: rumore, polvere.....	231
26.17 Ulteriori interventi di prevenzione/protezione da attuare nell'area della Piana di Scarlino	232
26.17.1 Chiusura mineraria pozzi loc. La Botte	232
26.17.2 Censimento di dettaglio di tutti i pozzi presenti nella piana utilizzati a scopo industriale ed irriguo	232
26.17.3 Esecuzione di video ispezione pozzi	233
26.17.4 Individuazione e chiusura mineraria dei pozzi con caratteristiche costruttive non idonee	233
26.17.5 Realizzazione di nuovi pozzi con criteri che permettano la separazione certa dei differenti livelli acquiferi intercettati	233



27. FASE II: LINEE GENERALI	234
27.1 Aggiornamento/calibrazione dei modelli di flusso e trasporto	234
27.2 Realizzazione di eventuali interventi di accelerazione dei processi di bonifica della falda – eventuale rimodulazione degli interventi di bonifica	234
27.3 Ulteriore eventuale gestione dell'ingressione del cuneo salino	235
BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE	236



INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Caratteristiche principali piezometri GR72	11
Tabella 2 – Dati contaminazione campagna Agosto 2008	12
Tabella 3 – Dati contaminazione campagna Agosto 2009	12
Tabella 4 – Dati contaminazione campagna Agosto 2010	13
Tabella 5 – Dati contaminazione campagna Maggio 2011	13
Tabella 6 – Dati contaminazione campagna Maggio 2012	14
Tabella 7 – Stazioni Considerate per l'analisi della piovosità.....	16
Tabella 8 – serie storiche pozzi monitoraggio presso GR 72 – pozzi significativi.....	23
Tabella 9 – stralcio database: pozzi falda 2	28
Tabella 10 – tabella riassuntiva dati tecnici e di funzionamento attuale barriera GR72	36
Tabella 11 – tabella riassuntiva acque in ingresso all'impianto di osmosi di Nuova Solmine	48
Tabella 12: Flussi in Ingresso alla Linea Acque Dolci del TRL	51
Tabella 13 - confronto VFN/CSC e indicazione degli obiettivi di bonifica per le acque sotterranee della piana	52
Tabella 14 – elenco pozzi aree esterne alla piana di Scarlino (<i>fonte: AUSL 9/Acquedotto del Fiora</i>).....	55
Tabella 15 – elenco campagne monitoraggio pozzi aree esterne – anno 2013.....	55
Tabella 16: Mineralizzazioni presenti nell'attuale bacino idrografico del Pecora, numerazioni riferite a Cuteri e Mascaro (1995) - Fonte: : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003).....	83
Tabella 17: Mineralizzazioni presenti nell'area un tempo inclusa nel bacino idrografico del Pecora, numerazioni riferite a Cuteri e Mascaro (1995) - Fonte: : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)	84
Tabella 18: Mineralizzazioni essenzialmente a pirite, trattate negli impianti di scarlino, numerazioni riferite a Cuteri e Mascaro (1995) - Fonte: : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)	84
Tabella 19: Tipi Morfologici della “Costa di Scarlino e Follonica” – Fonte: Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, Provincia di Grosseto (2010)	90
Tabella 20: Tipi Morfologici della “Piana di Scarlino” – Fonte: Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, Provincia di Grosseto (2010)	92
Tabella 21: minerali e fasi solide nelle scorie archeo-metallurgiche prelevate nell'indagine di Tanelli et al. – Fonte: Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)	104
Tabella 22: Analisi chimiche delle scorie archeo-metallurgiche prelevate nell'indagine di Tanelli et al. – Fonte: Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)	105
Tabella 23: Analisi chimiche dei sedimenti prelevati presso Area di Poggio Palone. – Rimin SpA.....	106



Tabella 24: Analisi chimiche dei sedimenti prelevati presso Area di Casa Bianca – Rimin SpA	107
Tabella 25: Principali siti contaminanti afferenti al Comune di Scarlino	110
Tabella 26: Siti bonificati afferenti al Comune di Scarlino	111
Tabella 27. Matrice ISPRA delle tecnologie di bonifica per acque sotterranee e superficiali applicata al caso in esame: con i due riquadri neri sono evidenziate le colonne relative ai contaminanti di interesse.	172
Tabella 28. Matrice di valutazione delle tecnologie di bonifica per acque	173
Tabella 29. calcolo potenza minima necessaria della elettropompa in KW nel caso più sfavorevole	190
Tabella 30. calcolo diametro tubazioni e relative perdite di carico distribuite	197
Tabella 31. Dati in entrata e uscita Impianto Acqua Demineralizzata – anno 2006.....	203
Tabella 32. Tabella dei valori di fondo naturale per gli analiti traccianti della contaminazione nell'area della piana di Scarlino (fonte " <i>definizione dei valori di fondo per alcuni parametri delle acque sotterranee dei siti di bonifica della pianura di Scarlino, Grosseto (2003-2012)</i> ")	215
Tabella 33. Tabella parametri di monitoraggio da ricercare delle acque di falda.....	222
Tabella 34 - classificazione acque in base alla salinità	225
Tabella 35. Metodica analitica per la misura della salinità, con cadenza trimestrale, sui punti individuati alla figura 58.....	227

* § *



INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Carte di isoconcentrazione ARSENICO del sito GR72 – Periodo 2008-2012	15
Figura 2 – Pioggia Cumulata Annuale Stazioni di Casteani, Caldana e Massa Marittima (2008-2012)	17
Figura 3 - Carte di isoconcentrazione FERRO del sito GR72 – Periodo 2009-2012	18
Figura 4 - Carte di isoconcentrazione MANGANESE del sito GR72 – Periodo 2009-2012.....	20
Figura 5 - Andamento delle concentrazioni di Arsenico per il pozzo denominato “GR72_P2/02” nel periodo 2008-2012.....	24
Figura 6 Andamento delle concentrazioni di Arsenico per il pozzo denominato “GR72_PZ 02” nel periodo 2008-2012.....	25
Figura 7: Andamento delle concentrazioni di Arsenico per il pozzo denominato “GR72_PZ 16” nel periodo 2008-2012.....	25
Figura 8 - Zona di cattura: il pozzo è all’origine degli assi, il gradiente idraulico è inclinato da dx a sx	35
Figura 9: schermata di output software Groundwater Vistas delle curve isofreatiche nelle condizioni di progetto – stato transitorio (1° anno di progetto).....	38
Figura 10 - Stralcio della tavola 4.11 “ <i>Carta delle Variazioni del Cuneo Salino</i> ” tratta dal Piano Strutturale adottato nel luglio del 2011 dal Comune di Scarlino	42
Figura 11 - Carta del cuneo salino (limite 500 mg/l) elaborata dal modello di trasporto in condizioni stazionarie	44
Figura 12 – Carta del cuneo salino (limite 500 mg/l) elaborata dal modello di trasporto in condizioni stazionarie	44
Figura 13 - Carta di isoconcentrazione rielaborata utilizzando la metodologia di visualizzazione Donati-Biondi (in verde i pozzi/piezometri con concentrazioni di Arsenico inferiori al limite normativo – CSC di cui alla tabella 2 dell’allegato 5, parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006).	59
Figura 14 - Carta di isoconcentrazione rielaborata utilizzando la metodologia di visualizzazione Donati-Biondi (in verde i pozzi/piezometri con concentrazioni di Arsenico inferiori al limite normativo – CSC di cui alla tabella 2 dell’allegato 5, parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006) sovrapposta con la carta di isoconcentrazione elaborata con la tecnica di interpolazione del “natural neighbor”	60
Figura 15 - Carta di isoconcentrazione elaborata con la tecnica di interpolazione “natural neighbor”; sono evidenziate con una gradazione di colore proporzionale alla concentrazione le aree in cui i livelli di concentrazione superano il limite normativo – CSC di cui alla tabella 2 dell’allegato 5, parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006.	61
Figura 16 - Carta di isoconcentrazione per l’Arsenico tratta dallo studio Donati-Biondi. I cerchi di diametro più piccolo si riferiscono ai pozzi/piezometri con concentrazioni di Arsenico inferiori al limite normativo – CSC di cui alla tabella 2 dell’allegato 5, parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006.	62
Figura 17: Schema del percorso seguito.....	65
Figura 18: Bacino Idrografico Fiume Pecora – Fonte: Studio della dispersione dell’arsenico nella Piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)	70



Figura 19: Ubicazione geografica ambito Piana soggetto a misure di salvaguardia – Fonte: Piano Provinciale di bonifica delle aree inquinate della Provincia di Grosseto (2006)	71
Figura 20: Andamento della temperatura media annua dal 1971 al 2000 - Stazione meteorologica di Grosseto Aeroporto	72
Figura 21: Andamento della temperatura media annua dal 1961 al 1990 - Stazione meteorologica di Grosseto Aeroporto	73
Figura 22: Direzione prevalente e frequenza del vento alla stazione di Scarlino Scalo - Fonte: Nuova Solmine, 2002.....	73
Figura 23: Carta Geologica dell'area studiata con indicazioni sul grado di permeabilità relativa dei terreni affioranti: 1) detriti da disfacimento del Macigno (Olocene); 2) sabbie e dune costiere (Olocene); 3) alluvioni recenti ed attuali (Olocene); 4) conoidi di deiezione (Olocene); 5) terreni di bonifica e depositi palustri (Olocene); 6) Sabbie rosso-arancio di Donoratico (Pleistocene sup.); 7) Sabbie rosse di Val di Gori (Pleistocene medio); 10) Conglomerato di Montebamboli (Miocene sup.); 11) Macigno del Chianti (Oligocene) – Fonte: Studio idrogeologico della pianura costiera dei Follonica-Scarlino (Pitagora Editrice, 2006).....	75
Figura 24: Sezione geologica schematica: 1) Olocene; 2) Pleistocene sup.; 3) Tortoniano sup. – Messiniano sup.; 4) substrato preneogenico; 5) depositi superficiali di varia natura (suoli, detriti, ecc.); 6) sabbie e ghiaie pulite; 7) sabbie e ghiaie in matrice argilloso – limosa; 8) litologie prevalentemente limose; 9) litologie prevalentemente argillose– Fonte: Studio idrogeologico della pianura costiera dei Follonica-Scarlino (Pitagora Editrice, 2006)	79
Figura 25: Carta Geologica schematica del bacino del Fiume Pecora – Fonte: : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003).....	81
Figura 26: Bacino idrografico attuale del Pecora e limiti del possibile paleo – bacino idrografico (secondo Tongiorgi, 1957) – Fonte: : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003).....	85
Figura 27: Piana di Scarlino, tratto terminale, dal colle di Scarlino	86
Figura 28: Sezione geologica schematica della Piana di Scarlino (Nuova Solmine, 2002, modificata) - Fonte: : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)	88
Figura 29: Estratto Tavola " I beni paesaggistici di interesse unitario della Toscana" – Fonte: Piano strutturale Comune di Scarlino	94
Figura 30: Localizzazione dei depositi di scorie archeometallurgiche nel bacino del F. Pecora – Fonte: Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003).....	100
Figura 31: Principali zone umide della Maremma centro-meridionale intorno alla metà del settecento – Fonte: Barsanti e Rombai (1986).....	102
Figura 32: Piezometri/Pozzi Falda1 oggetto di verifiche di campo – Fonte: Estratto Tavola 2a.....	114
Figura 33: Piezometri/Pozzi Falda2 oggetto di verifiche di campo – Fonte: Estratto Tavola 2b.....	115
Figura 34: Estratto Scheda Rilievo Falda Piana Scarlino.....	117
Figura 35: Esempio Rilievo fotografico con verifica della condizione del piezometro.....	118



Figura 36: Interpolazione natural neighbor – calcolo dei pesi	121
Figura 37: Estratto Tavola 3a: morfologia falda superficiale 1a	123
Figura 38: Estratto Tavola 3b: morfologia falda superficiale 1b	123
Figura 39: Estratto Tavola 3c: morfologia falda superficiale 1	124
Figura 40: Estratto Tavola 3d: morfologia falda profonda (falda 2)	124
Figura 41: Estratto Tavola 4a: isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1a	126
Figura 42: Estratto Tavola 4b: isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1b	126
Figura 43: Estratto Tavola 4c: isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1	127
Figura 44. Stralcio planimetrico con indicazione delle zone di maggiore criticità sulla matrice acque sotterranee della falda 1a e falda 1b	129
Figura 45. Carta delle isopiezometriche della falda superficiale condizioni attuali a seguito della simulazione del modello in condizioni transitorie (10 anni)	138
Figura 46. Carta delle isopiezometriche della falda superficiale nelle condizioni di progetto – stato transitorio (1° anno di progetto)	139
Figura 47. Carta delle isopiezometriche della falda superficiale nelle condizioni di progetto – stato transitorio (10° anno di progetto)	140
Figura 48 : suddivisione dell'area industriale del Casone – Fonte: Google Hearth	143
Figura 49. Schema a blocchi – ciclo produttivo Nuova Solmine	145
Figura 50. Schema a blocchi – ciclo produttivo Scarlino Energia – impianto di incenerimento	149
Figura 51. Schema a blocchi – ciclo produttivo Scarlino Energia – trattamento reflui liquidi	150
Figura 52. Schema a blocchi – ciclo produttivo Huntsman	155
Figura 53. Stralcio della tabella riassuntiva relativa ai siti di bonifica censiti per l'area del comune di Scarlino (cfr.: http://sira.arpat.toscana.it/apex/f?p=SISBON:REPORT:2352897462560066)	161
Figura 54. Stralcio tavola sinottica di censimento dei sottofondi stradali con presenza di ceneri di pirite con visualizzazione delle porzioni che insistono sull'area della piana di Scarlino (indicate con il colore rosso e i numeri cerchiati. Cfr.: http://www.provincia.grosseto.it/images/pages/5492/1146823684026_Schede_di_censimento.pdf)	162
FIGURA 55. SCHEMA TIPO DI MODELLO CONCETTUALE	164
Figura 56. Stralcio planimetrico con ubicazione area logistica principale (area baracche, stoccaggi materiale, etc.)	182
Figura 57. Stralcio planimetrico con ubicazione barrieramento idraulico: in rosso la nuova linea di progetto in zona La Botte/S.Martino; in azzurro/blu e nero i pozzi delle barriera esistenti mantuenuti (in azzurro i pozzi improduttivi, in blu quelli produttivi N.Solmine, in nero i pozzi Scarlino Energia); in verde la nuova linea in zona Padule; in magenta la nuova linea in zona Casone. Ad ogni punto (ad esclusione della linea esistente, in azzurro/blu) corrisponde n.1 cluster, costituito da n.2 pozzi accoppiati	184
Figura 58. Schema realizzativo di un cluster (a sx il pozzo più superficiale, a dx quello più profondo)	186



Figura 59. Schema realizzativo dei pozzi falda 1b da realizzare in accoppiamento a quelli già esistenti in zoan GR72 – San Martino	188
Figura 60. Ricostruzione dell'andamento di falda in condizioni di progetto (barriera attivo – 10° anno): è chiaramente visibile l'effetto dovuto al nuovo sistema di barriera idraulico.	192
Figura 61. stralcio planimetrico della rete di raccolta acque emunte. In rosso il ramo nord, che raccoglie le acque provenienti da La Botte e corre accanto alla linea esistente (barriera S.Martino di Nuova Solmine); in verde il ramo che raccoglie le acque della barriera in zona Padule (sud) e raggiunge l'impianto di Scarlino Energia; in magenta il ramo centrale+ramo est (cfr. TAVOLA 7)	195
Figura 62. Schema Impianto Acqua Demineralizzata	204
Figura 63. impianto di osmosi inversa Nuova Solmine	205
Figura 64. Carta delle isoconcentrazioni dell'arsenico della falda superficiale nelle condizioni di progetto– stato transitorio (in alto 38° anno di simulazione – 28° anno in condizioni di progetto, in basso 81° anno di simulazione – 71° anno in condizioni di progetto - unità di misura ug/l)	212
Figura 65 - Distribuzione dei cedimenti totali (cm)	217
Figura 66 - stralcio della planimetria con l'indicazione dei punti di monitoraggio dell'ingressione del cuneo salino: come visibile dalla carta, ogni tripletta è costituita da n°1 piezometro per la falda 1a, n° 1 per la falda 1b e n° 1 per la falda 2.	226

* § *

ALLEGATI

Allegato I	Schede di censimento di campo
Allegato II	Modello idrogeologico (elaborato a seguito delle richieste di cui alla CdS del 29/4/14, della riunione del 17/11/14 e delle successive riunioni tecniche presso Arpat Toscana)
Allegato III	Disciplinare descrittivo e prestazionale degli elementi tecnici
Allegato IV	Prime indicazioni e disposizioni per la stesura dei piani di sicurezza e coordinamento
Allegato V	Computo metrico estimativo degli interventi
Allegato VI	Elenco dei prezzi unitari
Allegato VII	Quadro economico di spesa
Allegato VIII	Cronoprogramma delle attività
Allegato IX	Analisi prezzi



- Allegato X**
- X-a** Database pozzi/piezometri (**allegato informatico**)
 - X-b** Database dati AUSL9/Acquedotto del Fiora (**allegato informatico**)

* § *

TAVOLE

- Tavola 1** Corografia dell'area con indicazione delle aree di stabilimento
- Tavola 2** Ubicazione punti di monitoraggio falda (piezometri/pozzi)
- Tavola 3** Carte isofreatiche
- Tavola 4** Carte di isoconcentrazione falda superficiale
- Tavola 5** Carte di isoconcentrazione falda profonda
- Tavola 6** Planimetria con ubicazione dei pozzi barriera
- Tavola 7** Planimetria con indicazione della rete di collegamenti idraulici e schema tecnico pozzi/collegamenti
- Tavola 8** Planimetria con indicazione piezometri di monitoraggio e di nuova realizzazione

* § *



PREMESSA

Il presente documento è stato elaborato dalla Soc. Ambiente s.c. a seguito del conferimento di incarico di progettazione unitaria della bonifica delle acque di falda nella Piana di Scarlino (Repertorio n.25 del 03/12/2012), e costituisce revisione al progetto originario (consegnato nell'ottobre 2014) in recepimento delle osservazioni/prescrizioni ricevute a seguito della Conferenza dei Servizi del 29/04/2014. A tali osservazioni/prescrizioni è stata data risposta all'interno della presente PARTE I, che riporta integralmente anche le relative osservazioni/prescrizioni. Alcune di queste ultime hanno inoltre portato a modifiche sostanziali, che sono state direttamente recepite all'interno delle sezioni di progetto, così come indicato nelle stesse.

Il presente progetto è redatto secondo le indicazioni contenute nel disciplinare di incarico e argomenta i contenuti, le metodologie e le scelte progettuali utilizzate e sviluppate, finalizzate al risanamento ambientale delle acque di falda nella piana di Scarlino.

La struttura del presente elaborato è suddivisa nelle seguenti macrosezioni:

- **risposta alle osservazioni/prescrizioni di cui alla CdS del 29/4/2014**
- **inquadramento generale dell'area vasta;**
- **modellazione idrogeologica;**
- **sintesi dello stato qualitativo delle acque della piana di Scarlino;**
- **screening di valutazione delle tecnologie impiantistiche esistenti sull'area;**
- **modello concettuale del sito**
- **screening delle tecnologie di bonifica applicabili**
- **progetto di bonifica.**

In merito all'ultimo punto sopra elencato, esso costituisce il corpus principale dell'elaborato, e risulta suddiviso in due fasi progettuali cronologiche distinte. Il presente progetto sviluppa nel dettaglio la cosiddetta FASE I, che prevede interventi di bonifica sulla falda superficiale (layer acquiferi denominati 1a e 1b) e azioni di controllo/monitoraggio a scala vasta.

La scelta delle tecnologie di bonifica e ripristino ambientale, i criteri metodologici e tecnico-operativi di cantiere, la logistica e fasistica realizzativa sono stati selezionati e hanno tenuto in debito conto dei seguenti aspetti:

- ✓ **studi, dati e documentazione pregressi e attuali relativi all'area della Piana;**
- ✓ **risultati di tutte le caratterizzazioni svolte sull'area della Piana per il comparto acque sotterranee;**
- ✓ **esame delle disponibilità impiantistiche presenti sul sito;**
- ✓ **analisi delle criticità e screening delle più opportune soluzioni volte al risanamento del comparto falda.**



In estrema sintesi, gli interventi di bonifica del comparto falda acquifera consistono in quanto segue:

- ✓ **FASE I:** realizzazione di un intervento di bonifica mediante implementazione di un sistema di barrieramento idraulico così concepito:
 - *falda 1:* realizzazione di n.3 linee fondamentali di barrieramento idraulico: la prima, che sfrutta in parte quella già esistente e la integra creando una linea che corre indicativamente da Ovest a Est della Piana fino alla zona dei “laghi Tioxide”; la seconda, a valle idrogeologica della prima (zona Padule di Scarlino) di sviluppo minore rispetto alla precedente; la terza, dedicata alla gestione di hot spots (zona nord/la Botte) e all’incremento della resa nella zona centrale della piana, dove insiste l’attuale barriera di Nuova Solmine (barriera di S.Martino – GR72). Realizzazione di una rete di area vasta di monitoraggio delle acque sotterranee (falda 1a e 1b) costituita da piezometri/pozzi già esistenti, integrata con una nuova rete di piezometri;
 - *falda 2:* creazione di una rete piezometrica di monitoraggio che sfrutta gli attuali pozzi/piezometri esistenti e di caratteristiche costruttive idonee, integrata da una serie di nuovi piezometri di monitoraggio; successiva campagna di analisi sulle acque di falda (“punto zero”);
 - *censimento pozzi:* censimento e ispezione pozzi uso irriguo e idropotabile presenti sulla piana, finalizzata all’eventuale cementazione pozzi non idonei (es.: interconnessione falde) e/o ricostruzione di nuovi pozzi con caratteristiche di separazione tra livelli acquiferi.

- ✓ **FASE II:** eventuali interventi di ottimizzazione/calibrazione/integrazione delle azioni di cui alla fase I, tra cui:
 - realizzazione di nuove campagne di monitoraggio periodico ad hoc della falda 1 e falda 2 funzionali all’ottenimento di maggior dettaglio nelle conoscenze relative a zone specifiche della piana;
 - progettazione e realizzazione di interventi di risanamento della falda 2;
 - incremento della resa del sistema di barrieramento posto in essere nella fase 1;
 - progettazione e realizzazione di interventi integrativi di bonifica volti all’accelerazione dei processi di risanamento in essere.

Di seguito si entra nel dettaglio di quanto sopra descritto.



PARTE I ADEGUAMENTO ALLE OSSERVAZIONI/PRESCRIZIONI DELLA CDS 29 APRILE 2014

Come descritto in premessa, nel documento denominato "Progettazione operativa unitaria della bonifica delle acque di falda nella piana di Scarlino", sottoposto alla valutazione degli enti in sede delle CdS del 3 Febbraio 2014 e del 29 Aprile 2014, è stato espresso parere di rinvio a seguito della redazione e presentazione di integrazioni. Di seguito si riporta integralmente il testo di tali richieste di integrazioni, al termine del quale vi viene data risposta punto per punto:

A. PARERE N.11779 DEL 19/02/2014 DEL DIPARTIMENTO PROVINCIALE ARPAT:

1. Il progetto unitario di bonifica evidenzia **il permanere**, soprattutto nella zona presso il sito GR 72 – **San Martino ex frantumazione, e intorno allo stoccaggio di ceneri (cosiddetto Panettone)**, di zone **ad alta concentrazione di inquinanti in falda che non hanno subito alcun decremento temporale con i sistemi di bonifica in atto**. Il progetto è, quindi, rivolto a superare i limiti presentati dai singoli interventi di MISE e di bonifica della falda preesistenti, a carico di Nuova Solmine, Syndial e Scarlino Energia. **La visione unitaria della problematica richiede, però, innanzitutto, un esame critico delle cause che hanno portato all'insuccesso degli attuali sistemi di bonifica** e, di conseguenza, un nuovo modello concettuale alla base della progettazione. Di questo non c'è traccia nel progetto esaminato. Si suggerisce, ad esempio, di considerare l'attuale conformazione delle 3 barriere idrauliche in esercizio e la rispettiva posizione dei piezometri di monitoraggio (come ad esempio nel caso dell'arsenico) e, ove risulti che i livelli di contaminazione non sono diminuiti nel corso degli anni, ricercare e chiarire le cause che hanno determinato l'insuccesso della bonifica.
2. Si ritiene necessaria una profonda revisione del modello idrogeologico presentato, sia nella forma, con la presentazione in forma chiara delle condizioni al contorno e degli usuali confronti osservato calcolato, sia, probabilmente, nella sostanza; ci si riferisce in particolare al limite a carico costante e flusso indefinito del lato SE che appare con tutta evidenza inadeguato dal confronto delle Figure 30 e 31 delle pagine 72 e 73, vista l'estrema vicinanza del cono di depressione della barriera idraulica al suddetto limite.
3. Risulta ancora assente la caratterizzazione della falda profonda (20-30 m); si ritiene che questa informazione debba essere disponibile il prima possibile.
4. Considerato che **gli acquiferi presi in esame sono caratterizzati da una bassa permeabilità**, considerando **prioritario abbattere l'inquinamento dove questo si presenta più elevato**, è ragionevole ipotizzare che l'emungimento delle acque dovrebbe essere orientato in prevalenza nelle zone di massima contaminazione. **Si osserva, invece la presenza solo di alcuni pozzi barriera nelle zone di massima contaminazione e un lungo e fitto barrieramento idraulico in un'area ben più a valle e distante dalle zone maggiormente contaminate**. Si ritiene necessario un **approfondimento critico dei motivi** che hanno indirizzato l'ubicazione della barriera trasversale che collega il Pecora all'Allacciante e, più in generale, una riflessione sul posizionamento delle barriere al fine di garantire la massima efficacia con costi sostenibili e nel minor tempo possibile.



5. Si chiedono chiarimenti in ordine ai calcoli che hanno condotto il proponente a stimare l'interasse tra i pozzi in progetto, le zone di cattura da ogni pozzo e le distanze tra pozzo e punto di stagnazione. Si chiede inoltre di dare prova, mediante valutazioni dettagliate e motivate, che la sovrapposizione dei vari coni di depressione indotti dal pompaggio siano stati verificati direttamente mediante la misura dell'abbassamento creato da un pozzo attivo in quelli adiacenti e se tale valutazione sia stata eseguita partendo da un numero inferiore di pozzi.
6. Si chiede al proponente di rendere disponibile il database con i risultati storici del monitoraggio dei punti di caratterizzazione delle falde al fine di valutare la posizione dei singoli punti contaminati nei confronti della pozione delle barriere idrauliche in progetto.
7. Relativamente alla potenziale ingressione salina, considerato quanto riportato nel progetto: "...la falda superficiale, nella porzione sud del modello, mostra quote prossime agli 0 m s.l.m. testimoniando un'ingressione del cuneo salino fino a circa 3.5 Km dalla linea di costa ..." si ritiene opportuno disporre di un quadro esplicito dell'attuale livello di intrusione salina. Quindi, prima dell'attivazione della barriera idraulica, dovrà essere indicata la modalità operativa della stessa per evitare un aumento dell'ingressione salina. Dovranno essere altresì indicati piezometri spia e obiettivi di salinità tali da rappresentare soglie di allarme da non superare per tutelare l'acquifero dalla salinizzazione.
8. Prima dell'attivazione della barriera dovranno essere individuati e attivati i piezometri di monitoraggio che garantiscono la descrizione dello stato qualitativo della falda ante e post opera, sarà altresì opportuno mantenere gli attuali punti di monitoraggio presenti per consentire una valutazione dell'evoluzione rispetto allo stato di contaminazione preesistente.
9. Relativamente al riutilizzo delle acque emunte dalla barriera presso l'impianto di Nuova Solmine: nel parere istruttorio conclusivo allegato alla determina AIA si legge a pag. 70: "il Gestore è autorizzato al riutilizzo delle acque di falda derivanti dalle attività di bonifica del sito GR72 all'interno del ciclo produttivo, come acque ad uso industriale, dopo gli opportuni trattamenti". Alla luce dell'attuale progettazione dovrà essere dimostrato che l'utilizzo industriale delle acque delle nuove barriere sia in grado di garantire l'effettivo abbattimento del nuovo carico inquinante. Si segnala la necessità di un eventuale aggiornamento dell'AIA.
10. Relativamente al riutilizzo delle acque emunte dalla barriera presso l'impianto di Scarlino Energia si fa presente che la D.D. N. 1442 del 4/11/2008 ha approvato gli interventi del Progetto di Bonifica col mantenimento del sistema di barrieramento idraulico dei primi due livelli acquiferi. Ad oggi sappiamo che le quantità di acqua estratta sono rispettivamente 12.5 m³/g per la prima falda e 16 m³/g per la seconda falda. Si ritiene debbano essere aggiornate le portate mediante valutazioni di massima. Dovrà inoltre essere dimostrato che l'impianto di trattamento acque della Scarlino Energia abbia effettivamente le caratteristiche necessarie per garantire l'efficace abbattimento dei contaminati provenienti dal nuovo assetto delle barriere idrauliche.
11. In riferimento ai valori obiettivo di bonifica degli elementi contaminanti (Arsenico, Ferro, Manganese, Solfati), ARPAT ha definito i Valori di Fondo Naturali e i valori di Fondo Antropico nella relazione trasmessa agli Enti con n. prot 6185 del 28/01/2014.



12. Si ritiene opportuno siano valutate anche possibili ipotesi progettuali alternative a quanto proposto, considerato anche quanto riportato in introduzione del Progetto (Figura 1, pag.3 della Relazione Tecnica).

A.1 In relazione al modello idrogeologico (Allegato II del Progetto) si chiede inoltre quanto segue.

1. Pag. 23: i valori di T , S e K in falda superficiale, in fase di pre-calibrazione, sono stati ricavati unicamente da prove condotte sul pozzo barriera 9 di Nuova Solmine, sebbene sia stato indicato (ma non provato) anche il pozzo barriera 10 della stessa proprietà. Si chiede di valutare se l'individuazione dei parametri di cui sopra sia più attendibile e accurata se eseguita su un maggior numero di pozzi, magari ricompresi sul layer dell'attuale barriera di Nuova Solmine.
2. In merito al valore K utilizzato per dimensionare l'intervento, questo è pari a 2.03×10^{-6} m/sec. Si chiede di fornire spiegazioni circa la effettiva mobilità della falda (si dice che 10^{-8} dell'acquitrando è indice di bassa permeabilità e garanzia di separazione tra falda superficiale e profonda). Potrebbe risultare che le acque confinate e a bassa mobilità creino una situazione non idoneità all'applicazione del Pump&Treat. Si consideri che il dimensionamento dell'attuale barriera situata in proprietà Nuova Solmine (risulta inefficace) attestata sul layer 1a è stata dimensionata utilizzando K pari a 8.5×10^{-6} (Relazione Prot. Nuova Solmine 186 del 24/10/2007).
3. Pag. 28: in riferimento alla falda profonda si chiede di esplicitare meglio da quali prove di pompaggio e su quali pozzi siano stati ricavati i valori di K e S in fase pre-calibrazione,
4. Pag. 39: come valori di input idrogeologici del modello matematico, il proponente ha considerato i valori di portata in-out riferiti al 2002-2003 sia per la falda superficiale che per la falda profonda, per ottenere certi valori di coefficiente di permeabilità. La simulazione del flusso idrogeologico è stata invece basata sui valori attuali (2012). Si chiede come sia possibile che esista una corrispondenza tra dati inseriti e dati attesi visto che sono differenti le condizioni iniziali.
5. Pag. 40: In riferimento alle condizioni ai limiti di portata si è scelto, per mancanza di dati precisi, di associare ad ogni singolo pozzo ad uso domestico/irriguo un valore pari a $300 \text{ m}^3/\text{anno}$. Si chiede siano esplicitate le fonti di letteratura prese come riferimento per tale stima
6. Pag. 61: i valori di K in fase pre-calibrazione risultano sia per falda superficiale che per falda profonda superiori di un ordine di grandezza (10^{-5} vs 10^{-6}), rispetto a quelli in post-calibrazione. Si chiede come sia stata definita la soglia di accettabilità fra pre-calibrazione e post-calibrazione.

B. PARERE N. 15336 DEL 07/03/2014 DELL'U.F. IGIENE E SANITÀ PUBBLICA "COLLINE METALLIFERE":

...(omissis)...

1. Si reputa, per meglio definire la reale diffusione dell'inquinamento della falda, che sia effettuato un confronto con il Gestore Unico "Acquedotto del Fiora" e con la scrivente Unità Funzionale sulla completezza dei dati dei pozzi utilizzati a scopo potabile e siano acquisiti ed inseriti nel database quelli che eventualmente non risultassero già presenti.



A nostro avviso, l'area da investigare con tali elementi conoscitivi deve necessariamente comprendere anche le fonti di approvvigionamento poste nei territori limitrofi all'area del Casone di Scarlino come ad esempio la Zona Industriale di Follonica, il campo pozzi "Bicocchi" e l'area in loc. Salciaina.

C. PARERE N. 19692 DEL 03/02/2014 E N.68759 DEL 28/04/2014 DELLA PROVINCIA DI GROSSETO:

1. Confrontando quanto riportato nello studio "Biondi-Donati" del 2011 con il documento in esame si rilevano le seguenti incongruenze circa la distribuzione della contaminazione:
 - a. Confronto tra le figure a pag.49 e 57 dello studio "Donati-Biondi" e le tavv. 4a e 4b circa la distribuzione di arsenico. Dovranno essere forniti dati circa i pozzi o piezometri presenti in tali zone o dovranno essere rielaborate le carte tematiche;
 - b. Confronto tra le figure a pag.47 e 58 dello studio "Donati-Biondi" e le tavv. 4g e 4f circa la distribuzione di manganese. Dovranno essere forniti dati circa i pozzi o piezometri presenti in tali zone o dovranno essere rielaborate le carte tematiche;
 - c. Confronto tra le figure a pag.49 e 59 dello studio "Donati-Biondi" e le tavv. 4d e 4d circa la distribuzione di ferro. Dovranno essere forniti dati circa i pozzi o piezometri presenti in tali zone o dovranno essere rielaborate le carte tematiche;
2. Dal documento in esame risulta che le aree a maggiore criticità, per quanto riguarda la contaminazione della falda, sono state rilevate in prossimità di alcuni siti in bonifica, non ancora certificati, ma comunque con lavori eseguiti o in corso. Tale aspetto viene solo riportato (con i dati dei piezometri) ma non viene fatta un'analisi critica di tale situazione e non viene data una spiegazione della situazione attuale. Non viene spiegato infatti come mai, in prossimità del sito GR72, dove, nonostante il fatto che siano stati eseguiti i lavori di bonifica per il suolo (asportazione e messa in sicurezza permanente) e sia attivo il sistema di pump&treat si riscontrino ancora valori alti di arsenico (motivo per cui dopo i 5 anni di monitoraggio post operam non è stata rilasciata la certificazione di avvenuta bonifica). Tali criticità sono state rilevate anche in prossimità del sito GR66pp (panettone). Pertanto il progetto unitario, che si deve basare su una visione globale della piana in esame:
 - a. Deve chiarire i limiti dei singoli interventi di MISE e di bonifica della falda dei siti in bonifica presenti nell'area indagata;
 - b. Deve fornire un'analisi critica della situazione attuale, delle motivazioni per cui non sono stati raggiunti i risultati attesi dai vari progetti di bonifica approvati;
 - c. Deve essere rielaborato il modello concettuale tenendo conto degli aspetti appena menzionati;
3. Deve essere caratterizzata la falda n.2 (ex terza falda dei precedenti progetti di bonifica);
4. Devono essere chiarite le motivazioni per cui le barriere idrauliche sono state posizionate in larga misura a valle dell'area industriale e non in prossimità delle aree a maggiore contaminazione;
5. Dovrà essere dimostrato che l'intervento di bonifica, una volta a regime, non aumenti l'ingressione del cuneo salino;



D. RIMANE VALIDO QUANTO EVIDENZIATO IN NS PRECEDENTE NOTA PROT. N. 19692 DEL 03/02/2014 CHE, PER COMODITÀ SI RIPORTA DI SEGUITO:

1. *Prima dell'inizio della depurazione delle acque sotterranee emunte, i gestori degli impianti al fine di essere autorizzati a tale operazione dovranno regolarizzare le rispettive Autorizzazioni Integrate Ambientali in base alle quasi gli stessi operano.*
2. *Dovrà essere rispettato quanto prescritto dall'art. 243 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i. ed in particolare dovrà essere dimostrato periodicamente che "il trattamento delle acque emunte deve garantire un'effettiva riduzione della massa delle sostanze inquinanti scaricate in corpo recettore, al fine di evitare il mero trasferimento della contaminazione presente nelle acque sotterranee ai corpi idrici superficiali".*
3. *Le relazioni semestrali sulle attività svolte, già previste dal progetto, dovranno contenere anche*
 - a. *Le concentrazioni degli inquinanti presenti nelle acque sotterranee in ingresso e in uscita dagli impianti di trattamento e le relative percentuali di abbattimento;*
 - b. *I rifiuti avviati a impianti di recupero o smaltimento.*
4. *Per quanto riguarda gli obiettivi di bonifica, il progetto in esame richiama diversi studi condotti nella piana di Scarlino, ma nessuno di essi ha determinato, secondo la normativa vigente, dei valori di concentrazione per gli inquinanti da potersi considerare come obiettivo di bonifica per le acque sotterranee. Tale aspetto dovrà essere discusso in sede di c.d.s. e a tal proposito si richiama il report inviato all'ARPAT - Direzione generale con nota del 28/01/2014. In assenza di un valore di fondo approvato, rimangono validi i limiti di legge.*

Nelle pagine che seguono si fornisce risposta alle osservazioni/prescrizioni di cui sopra esaminandole e rispondendo punto per punto secondo il loro ordine cronologico.



1. PUNTO A - PARERE N.11779 DEL 19/02/2014 DEL DIPARTIMENTO PROVINCIALE ARPAT:

- 1.1 *Il progetto unitario di bonifica evidenzia il permanere, soprattutto nella zona presso il sito GR 72 – San Martino ex frantumazione, e intorno allo stoccaggio di ceneri (cosiddetto Panettone), di zone ad alta concentrazione di inquinanti in falda che non hanno subito alcun decremento temporale con i sistemi di bonifica in atto. Il progetto è, quindi, rivolto a superare i limiti presentati dai singoli interventi di MISE e di bonifica della falda preesistenti, a carico di Nuova Solmine, Syndial e Scarlino Energia. La visione unitaria della problematica richiede, però, innanzitutto, un esame critico delle cause che hanno portato all'insuccesso degli attuali sistemi di bonifica e, di conseguenza, un nuovo modello concettuale alla base della progettazione. Di questo non c'è traccia nel progetto esaminato. Si suggerisce, ad esempio, di considerare l'attuale conformazione delle 3 barriere idrauliche in esercizio e la rispettiva posizione dei piezometri di monitoraggio (come ad esempio nel caso dell'arsenico) e, ove risulti che i livelli di contaminazione non sono diminuiti nel corso degli anni, ricercare e chiarire le cause che hanno determinato l'insuccesso della bonifica.*

In prima istanza si chiarisce che gli interventi sulla falda attualmente in funzione nei vari siti di bonifica indentificati nella piana di Scarlino sono nati e stati messi in opera quali interventi di messa in sicurezza di emergenza (M.I.S.E.). Successivamente sono stati poi implementati all'interno di ogni singolo progetto di bonifica delle relative aree produttive di afferenza, prevedendone il mantenimento in esercizio come misura accessoria ad interventi di bonifica/messa in sicurezza permanente (MISP) dei suoli. In quest'ottica pertanto vanno inquadrati tali interventi sulla falda: lo scopo di un intervento di MISE è infatti quello riportato all'interno dell'art. 240 del D.Lgs. 152/06, che di seguito viene riportato per comodità:

"...(omissis)..."

ogni intervento immediato o a breve termine, da mettere in opera nelle condizioni di emergenza di cui alla lettera t) in caso di eventi di contaminazione repentini di qualsiasi natura, atto a contenere la diffusione delle sorgenti primarie di contaminazione, impedirne il contatto con altre matrici presenti nel sito e a rimuoverle, in attesa di eventuali ulteriori interventi di bonifica o di messa in sicurezza operativa o permanente ...(omissis)..."

Questa tipologia di intervento è infatti adottata principalmente come misura per contenere la diffusione della contaminazione e, pur avendo anche un'azione di progressiva rimozione della fonte di contaminazione secondaria, l'articolo rimanda comunque a uno *step* successivo, corrispondente a "eventuali ulteriori interventi di bonifica", definiti in questo caso dall'Art. 240, comma 1, lettera p del D.Lgs. 152/2006.

Sui singoli siti oggetto di barrieramento idraulico, tali sistemi di MISE sono stati poi mantenuti evolvendo naturalmente in interventi di messa in sicurezza operativa a supporto di interventi sulla matrice suolo/sottosuolo di rimozione e/o messa in sicurezza permanente (MISP), ma il loro carattere di misure di contenimento in regime di emergenza sono rimaste tali.



Una volta inquadrare le azioni sulla falda attualmente attive sull'area della piana di Scarlino nel loro ambito di riferimento, si ricorda che tutti questi interventi di risanamento ambientale delle matrici ambientali contaminate (suolo/sottosuolo e falda), oltre che configurarsi come interventi di messa in sicurezza, riguardano altresì porzioni molto contenute se comparate con l'estensione dell'intera piana di Scarlino, oggetto del presente progetto unitario. Sono infatti interventi mirati alla gestione di situazioni relative a singoli stabilimenti e/o aree produttive, non certo rivolti ad un intervento su scala vasta.

Oltre a ciò, come dimostrato sia dagli studi specifici sulle acque di falda della piana (cfr.: studio Tiezzi) nonché come verificato dagli studi specifici svolti nel presente progetto (cfr.: ALLEGATO II – Modello Idrogeologico [calcoli e sezioni stratigrafiche]; par. 26.9 “durata dell'intervento”), la falda impattata dalla contaminazione (layer 1a e 1b) presenta un gradiente idraulico modesto, che determina tempistiche di rigenerazione della stessa piuttosto lente (dell'ordine della ventina di anni, come descritto più in dettaglio nel par. 26.9). Tale condizione, tra l'altro, è comunque ben conosciuta poiché è già stata evidenziata nei relativi progetti di bonifica e messa in sicurezza delle varie aree produttive del Casone, approvati nelle relative Conferenze dei Servizi, ed è stata evidenziata nei vari studi storici sull'area della piana.

Alla luce di tale condizione idrogeologica, quindi, si può notare come gli interventi attualmente presenti su alcune porzioni di area della piana di Scarlino siano attivi da tempi molto minori rispetto alla tempistica media di rigenerazione delle acque di falda, e sarebbe pertanto logico aspettarsi sia che le azioni su scala ridotta in atto abbiano naturalmente influenza proprio sul tipo di scala per le quali sono state dimensionate, sia che occorra ancora del tempo. A ciò deve essere necessariamente aggiunto il fatto, assolutamente non trascurabile, che la zona della piana di Scarlino, come messo in luce dai numerosi studi svolti nel tempo e presi a riferimento per l'elaborazione del presente progetto, presenta anomalie idrogeochimiche di area vasta proprio per i parametri traccianti della contaminazione in falda che viene attualmente gestita dai singoli sistemi di barrieramento, e ciò costituisce sicuramente un ulteriore elemento di sovrapposizione e possibile rallentamento all'azione di risanamento delle acque di falda.

Per tutti i motivi qui esposti non si ritiene propriamente corretto parlare di *limiti* o di *insuccesso* degli attuali interventi sulla matrice acque di falda da parte dei singoli sistemi di barrieramento in attività. È tuttavia corretto evidenziare il fatto che la scala a cui operano tali sistemi di barrieramento non può chiaramente rispondere pienamente alle necessità di bonifica dell'intera area vasta della piana di Scarlino, proprio in virtù di tutte le limitazioni sopra richiamate, e proprio perché per definizione il loro scopo non era un risanamento ad area vasta.

E proprio a questo punto si inserisce il presente progetto di bonifica, il quale ha la principale finalità, così come sottolineato all'interno del verbale di CdS dagli enti, di superare gli attuali interventi a spot sull'area, fornendo una soluzione tecnicamente ed economicamente sostenibile per risanare il comparto acque sotterranee a scala vasta.



Ritenendo altresì corretto il suggerimento relativo all'analisi dell'andamento della contaminazione nel tempo per le zone afferenti le barriere in esercizio di cui al citato punto del verbale ARPAT, è stata pertanto condotta una analisi dettagliata sui punti di monitoraggio delle acque di falda attorno ai sistemi di barrieramento attualmente attivi sul territorio.

Prima di passare alla disamina dei risultati dei monitoraggi nel tempo si premette che, per quanto riguarda le due barriere di Syndial e di Scarlino Energia, nonostante si siano effettuati diversi interconfronti, il dataset a disposizione non ha consentito un'analisi adeguata (scarsità di dati su punti di controllo intorno alle barriere, eccessiva dispersività dei dati stessi, sovrapposizione degli effetti tra le due differenti barriere causa vicinanza, etc.).

Per quanto riguarda invece i monitoraggi chimico-fisici nell'intorno della barriera del GR72 (barriera S. Martino di Nuova Solmine), invece, è stato possibile effettuare una serie di verifiche e di interconfronti.

Di seguito si riportano pertanto i risultati delle elaborazioni svolte circa l'analisi del *trend* di contaminazione, focalizzando in particolare l'attenzione sul parametro arsenico (come suggerito dalla stessa ARPAT) essendo quello più importante dal punto di vista della criticità per le acque della piana, nella zona del sito GR72 – *San Martino ex-frantumazione*. Tale area è individuata come zona ad elevato livello di contaminazione, dove insiste appunto la barriera idraulica di proprietà Nuova Solmine (barriera idraulica che gestisce le acque della falda 1a). Sono tuttavia stati presi in considerazione anche gli altri parametri, nella fattispecie Ferro e Manganese, mentre per il parametro Solfati non è stata possibile alcuna elaborazione a causa della totale mancanza di dati.

Le serie storiche disponibili e presenti nel DataBase (allegato in formato elettronico al presente progetto, **ALLEGATO X**) coprono il periodo 2005-2013, tuttavia presentando alcuni anni di dati mancanti; l'effettivo periodo analizzato con monitoraggi senza soluzione di continuità, per il GR72, risulta solamente il periodo 2008-2012.

Anche a valle di tale selezione, tali serie risultano comunque non statisticamente significative per non sufficiente quantità di dati. Tuttavia, tenendo conto di quanto richiesto, si è proceduto comunque a effettuare l'analisi dell'andamento della contaminazione nel tempo dei pozzi afferenti all'area del GR72.

Al fine di poter analizzare gli andamenti della contaminazione in detto periodo sono stati seguiti due approcci:

- Analisi spaziale mediante interpolazione su piattaforma GIS;
- Analisi Statistica.

Prima comunque di procedere con le elaborazioni, è stato svolto uno controllo del *DataBase* dei dati disponibili nell'area del GR72, in modo da poter considerare il numero maggiore di piezometri con serie storiche per quanto possibile più lunghe.



Dalla disamina del *DataBase* risultano insistenti sull'area del GR72 n.17 piezometri di monitoraggio della falda 1a, installati per la caratterizzazione del sito e di proprietà della società Nuova Solmine, dei quali disponiamo di risultati analitici per il periodo 2008-2012. Al contrario, i n.12 pozzi della barriera idraulica risultano sprovvisti di analisi. Per questi motivi sono stati considerati i soli piezometri di cui si riportano le caratteristiche principali nella tabella che segue:

Tabella 1 – Caratteristiche principali piezometri GR72

ID DATABASE	TAG PUNTO	X	Y	LIVELLO ACQUIFERO INTERCETTATO	PROFONDITÀ [M P.C.]
SC010	GR72_P1/02	1647474,532	4753721,984	1a	10,00
SC011	GR72_P2/02	1647809,441	4753407,335	1a	10,50
SC012	GR72_P3/02	1647584,784	4754348,508	1a	10,50
SC013	GR72_P4/02	1648103,914	4754484,644	1a	10,50
SC014	GR72_P5/02	1646856,480	4754571,026	1a	10,00
SC015	GR72_P6/02	1646433,158	4754126,940	1a	10,50
SC016	GR72_PZ 01	1647071,105	4753678,400	1a	11,00
SC017	GR72_PZ 02	1647388,122	4753551,342	1a	10,50
SC018	GR72_PZ 08	1647131,947	4753932,158	1a	8,00
SC019	GR72_PZ 10	1647114,449	4754049,517	1a	8,00
SC020	GR72_PZ 12	1647091,829	4754172,611	1a	7,00
SC021	GR72_PZ 15	1647371,498	4754035,249	1a	8,00
SC022	GR72_PZ 16	1647347,817	4754207,277	1a	7,00
SC023	GR72_PZ 18	1647171,463	4754188,308	1a	7,50
SC024	GR72_PZ 20	1647239,953	4754197,613	1a	7,50
SC025	GR72_PZ 22	1647359,406	4754121,731	1a	7,50
SC026	GR72_PZ 24	1647386,006	4753944,548	1a	8,00

Viste le numerose campagne svolte durante ogni singolo anno, sono state scelte quelle con la maggiore disponibilità di dati possibile e, in un'ottica conservativa, sono state scelte le campagne svolte in periodo di magra.

Le carte sono state pertanto elaborate a partire da campagne di monitoraggio svolte in Agosto (periodo di 2008-2010) ed in Maggio (biennio 2011-2012) in modo da avere una visione generale della contaminazione nel momento dell'anno in cui, a causa delle condizioni idrogeologiche, risulta più probabile rinvenire valori elevati.

I dati considerati per le elaborazioni vengono riportati anno per anno nelle tabelle che seguono:



Tabella 2 – Dati contaminazione campagna Agosto 2008

ID CAMPAGNA DATABASE	TAG_PUNTO	UM	ARSENICO	FERRO	MANGANESE
SC010-U2008	GR72_P1/02	µg/l	773,4	-	-
SC011-U2008	GR72_P2/02	µg/l	21,72	10	485,1
SC012-U2008	GR72_P3/02	µg/l	2132	2380	375,7
SC013-U2008	GR72_P4/02	µg/l	6,07	-	-
SC014-U2008	GR72_P5/02	µg/l	2,66	10	34,34
SC015-U2008	GR72_P6/02	µg/l	15,41	33,03	1398
SC016-U2008	GR72_PZ 01	µg/l	75,18	-	-
SC017-U2008	GR72_PZ 02	µg/l	1348	-	-
SC018-U2008	GR72_PZ 08	µg/l	11,23	-	-
SC019-U2008	GR72_PZ 10	µg/l	9,46	-	-
SC020-U2008	GR72_PZ 12	µg/l	116,1	-	-
SC021-U2008	GR72_PZ 15	µg/l	2040	-	-
SC022-U2008	GR72_PZ 16	µg/l	253,2	-	-
SC023-U2008	GR72_PZ 18	µg/l	6,82	-	-
SC024-U2008	GR72_PZ 20	µg/l	7,56	-	-
SC025-U2008	GR72_PZ 22	µg/l	7,45	-	-
SC026-U2008	GR72_PZ 24	µg/l	1	-	-

Tabella 3 – Dati contaminazione campagna Agosto 2009

ID CAMPAGNA DATABASE	TAG_PUNTO	UM	ARSENICO	FERRO	MANGANESE
SC010-U2009	GR72_P1/02	µg/l	-	-	-
SC011-U2009	GR72_P2/02	µg/l	17	37	574
SC012-U2009	GR72_P3/02	µg/l	1929	2197	390
SC013-U2009	GR72_P4/02	µg/l	9	515	229
SC014-U2009	GR72_P5/02	µg/l	8,9	36	24
SC015-U2009	GR72_P6/02	µg/l	3,8	10	1084
SC016-U2009	GR72_PZ 01	µg/l	78	7984	5858
SC017-U2009	GR72_PZ 02	µg/l	1168	4929	1089
SC018-U2009	GR72_PZ 08	µg/l	12	728	592
SC019-U2009	GR72_PZ 10	µg/l	80	3303	5978
SC020-U2009	GR72_PZ 12	µg/l	158	11700	4779
SC021-U2009	GR72_PZ 15	µg/l	17	12570	6260
SC022-U2009	GR72_PZ 16	µg/l	115	6688	2107
SC023-U2009	GR72_PZ 18	µg/l	11	11	6373
SC024-U2009	GR72_PZ 20	µg/l	12	183	942
SC025-U2009	GR72_PZ 22	µg/l	8	10	1291
SC026-U2009	GR72_PZ 24	µg/l	-	86	2754



Tabella 4 – Dati contaminazione campagna Agosto 2010

ID CAMPAGNA DATABASE	TAG_PUNTO	UM	ARSENICO	FERRO	MANGANESE
SC010-U2010	GR72_P1/02	µg/l	-	-	-
SC011-U2010	GR72_P2/02	µg/l	21	92	1492
SC012-U2010	GR72_P3/02	µg/l	694	1450	1222
SC013-U2010	GR72_P4/02	µg/l	12	191	23
SC014-U2010	GR72_P5/02	µg/l	8	96	36
SC015-U2010	GR72_P6/02	µg/l	13	100	723
SC016-U2010	GR72_PZ 01	µg/l	89	7041	5422
SC017-U2010	GR72_PZ 02	µg/l	1370	4279	716
SC018-U2010	GR72_PZ 08	µg/l	11	116	1690
SC019-U2010	GR72_PZ 10	µg/l	18	341	3431
SC020-U2010	GR72_PZ 12	µg/l	16	1521	3416
SC021-U2010	GR72_PZ 15	µg/l	48	11106	3936
SC022-U2010	GR72_PZ 16	µg/l	247	8459	2087
SC023-U2010	GR72_PZ 18	µg/l	10	462	1132
SC024-U2010	GR72_PZ 20	µg/l	14	99	785
SC025-U2010	GR72_PZ 22	µg/l	19	479	3766
SC026-U2010	GR72_PZ 24	µg/l	10	481	1090

Tabella 5 – Dati contaminazione campagna Maggio 2011

ID CAMPAGNA DATABASE	TAG_PUNTO	UM	ARSENICO	FERRO	MANGANESE
SC010-Y2011	GR72_P1/02	µg/l	-	-	-
SC011-Y2011	GR72_P2/02	µg/l	7,5	60	713
SC012-Y2011	GR72_P3/02	µg/l	1422	768	640
SC013- Y2011	GR72_P4/02	µg/l	7,5	32	37
SC014- Y2011	GR72_P5/02	µg/l	2,4	50	9,4
SC015- Y2011	GR72_P6/02	µg/l	1	41	513
SC016- Y2011	GR72_PZ 01	µg/l	83	7311	5520
SC017- Y2011	GR72_PZ 02	µg/l	1426	5401	616
SC018- Y2011	GR72_PZ 08	µg/l	9,4	1201	402
SC019- Y2011	GR72_PZ 10	µg/l	11	65	4550
SC020- Y2011	GR72_PZ 12	µg/l	28	242	2096
SC021- Y2011	GR72_PZ 15	µg/l	36	589	3731
SC022- Y2011	GR72_PZ 16	µg/l	-	-	-
SC023- Y2011	GR72_PZ 18	µg/l	16	78	6632
SC024- Y2011	GR72_PZ 20	µg/l	17	93	678
SC025- Y2011	GR72_PZ 22	µg/l	34	481	6856
SC026- Y2011	GR72_PZ 24	µg/l	13	614	821



Tabella 6 – Dati contaminazione campagna Maggio 2012

ID CAMPAGNA DATABASE	TAG_PUNTO	UM	ARSENICO	FERRO	MANGANESE
SC010-Y2012	GR72_P1/02	µg/l	742	8132	701
SC011-Y2012	GR72_P2/02	µg/l	6,4	43	916
SC012-Y2012	GR72_P3/02	µg/l	3048	3468	593
SC013- Y2012	GR72_P4/02	µg/l	5,8	45	5
SC014- Y2012	GR72_P5/02	µg/l	1	20	9,8
SC015- Y2012	GR72_P6/02	µg/l	1	25	1336
SC016- Y2012	GR72_PZ 01	µg/l	92	8956	6111
SC017- Y2012	GR72_PZ 02	µg/l	1663	4899	680
SC018- Y2012	GR72_PZ 08	µg/l	11	1428	272
SC019- Y2012	GR72_PZ 10	µg/l	76	1240	1285
SC020- Y2012	GR72_PZ 12	µg/l	36	470	2332
SC021- Y2012	GR72_PZ 15	µg/l	40	25798	17678
SC022- Y2012	GR72_PZ 16	µg/l	94	1408	2116
SC023- Y2012	GR72_PZ 18	µg/l	52	625	4882
SC024- Y2012	GR72_PZ 20	µg/l	23	312	4945
SC025- Y2012	GR72_PZ 22	µg/l	80	2630	3723
SC026- Y2012	GR72_PZ 24	µg/l	3,1	74	477

I dati sopra riportati sono stati quindi utilizzati sia per la ricostruzione spaziale dell'andamento della contaminazione annuale dell'area del sito GR72 attraverso le tecniche di interpolazione spaziale, sia per la determinazione della presenza di un'eventuale trend con un approccio di tipo statistico.

INTERPOLAZIONE SPAZIALE DELLA CONTAMINAZIONE

Le carte di isoconcentrazione che sono state elaborate hanno considerato, come anticipato, la sola area del GR72 ed il solo *layer* 1a, dove si concentra la maggior parte della contaminazione e dove è presente la barriera idraulica di S.Martino, di proprietà della società Nuova Solmine. La distribuzione spaziale è stata eseguita al fine di capire se nel corso degli anni la contaminazione è cambiata, e quindi capire il livello di influenza sul sistema acquifero dato dalla presenza della barriera stessa.

Come per le carte di isoconcentrazione elaborate per l'area vasta, è stata utilizzata la tecnica del *Natural Neighbor* (utilizzando la piattaforma GIS) in quanto, come già ampiamente spiegato, è da ritenersi tra le più adatte per ottenere una distribuzione spaziale omogenea dei contaminanti di interesse.

Si riportano di seguito gli stralci delle elaborazioni svolte per i parametri Arsenico, Ferro e Manganese:

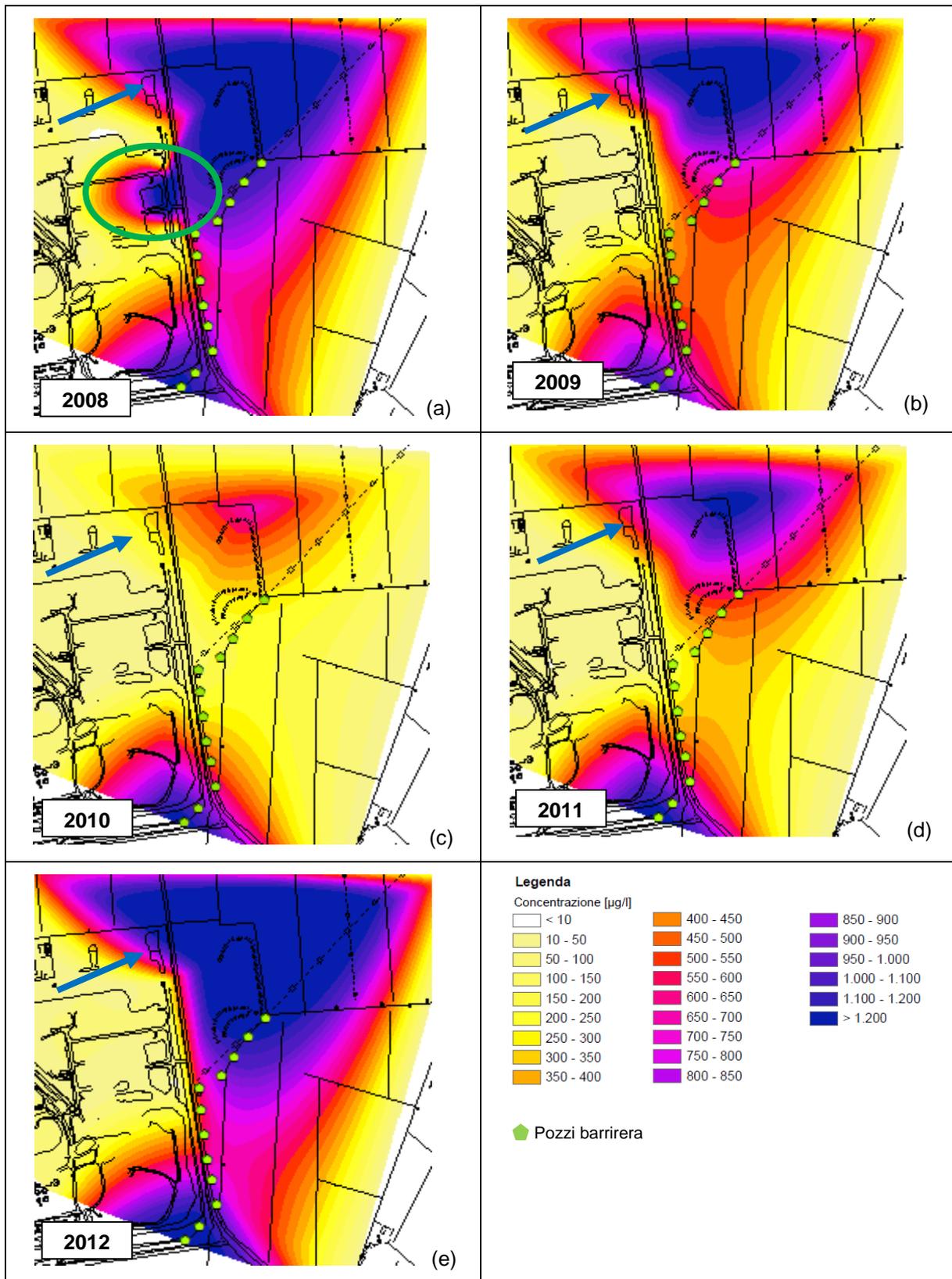


Figura 1 – Carte di isoconcentrazione ARSENICO del sito GR72 – Periodo 2008-2012



In figura 1 è riportata l'evoluzione della contaminazione per il parametro Arsenico nel periodo 2008-2012. La situazione al 2008 risulta essere la più compromessa: si osserva, tra l'altro, la presenza di un'area ad elevata concentrazione nella parte centrale del cosiddetto "panettone" (in verde in figura 1a), che negli anni successivi risulta assente.

Se si analizza inoltre la porzione nord-est (indicata dalle frecce in blu) si può notare che la concentrazione di Arsenico risulta avere una leggera diminuzione per tutto l'intervallo temporale considerato (2008-2012) con tuttavia un leggero incremento nel 2012.

Un discorso a parte va fatto per la situazione dell'anno 2010 (Figura 1c); la condizione della contaminazione appare notevolmente ridotta, con concentrazioni molto più basse. Tale anomalia rispetto agli altri anni può essere imputata al fatto che tale anno è stato uno dei più piovosi degli ultimi anni. Tuttavia anche il 2011 manifesta una condizione della contaminazione inferiore rispetto al biennio 2008-2009 ed al successivo 2012, probabilmente imputabile a fattori di ritardo dell'acquifero.

Per verificare tale condizione di differente piovosità, sono stati considerati i dati storici di pioggia estratti dal SIR (Servizio Idrologico Regionale) della Regione Toscana, liberamente consultabili e scaricabili dal web (<http://www.sir.toscana.it>).

Sono state esaminate n.3 stazioni di misura facenti parti della citata rete regionale ed ubicate nelle vicinanze della piana di Scarlino e ricadenti entro il bacino idrogeologico della falda. In particolare sono state considerate:

Tabella 7 – Stazioni Considerate per l'analisi della piovosità

STAZIONE	COMUNE	COORDINATA X (GAUSS-BOAGA)	COORDINATA Y (GAUSS-BOAGA)	QUOTA [M S.L.M.]
Casteani (TOS03002515)	Gavorrano (GR)	1661290	4760476	59
Caldana (TOS03002551)	Gavorrano (GR)	1657319	4750589	146
Massa Marittima (TOS03002469)	Massa Marittima (GR)	1653903	4764495	245

A partire dai dati delle stazioni riportate in tabella sono stati elaborati degli istogrammi in modo da poter apprezzare l'ammontare della pioggia cumulata annua.

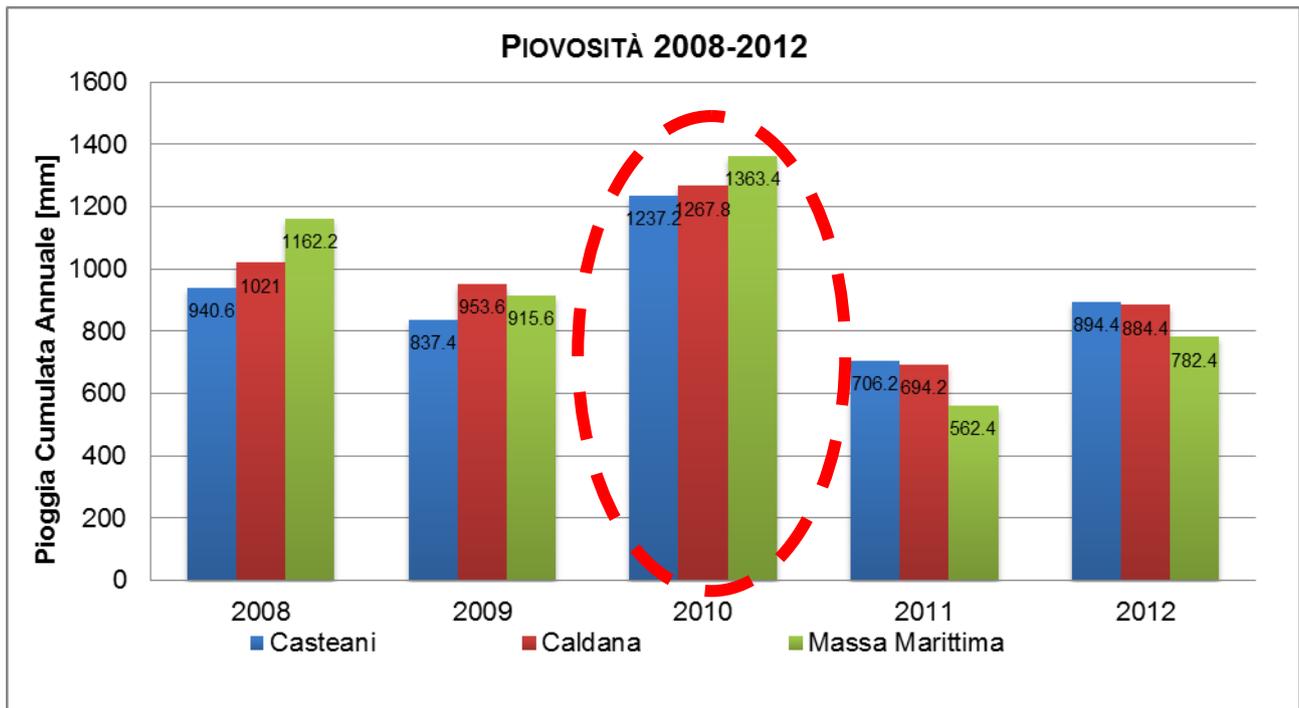


Figura 2 – Pioggia Cumulata Annuale Stazioni di Casteani, Caldana e Massa Marittima (2008-2012)

Dall'osservazione degli istogrammi riportati nella figura precedente, si è potuto di fatto verificare che il 2010 è risultato l'anno più piovoso tra quelli considerati (2008-2012).

Questa circostanza ha avuto probabilmente effetti non trascurabili sulla falda acquifera della piana, che essendo caratterizzata da una scarsa mobilità e bassa ricarica, potrebbe risultare sensibile a significative variazioni nei flussi di acqua dovuti a piogge copiose. Infatti nel 2010 sono state registrate cumulate superiori anche di 200-800 di mm rispetto alla pioggia cumulata degli altri anni.

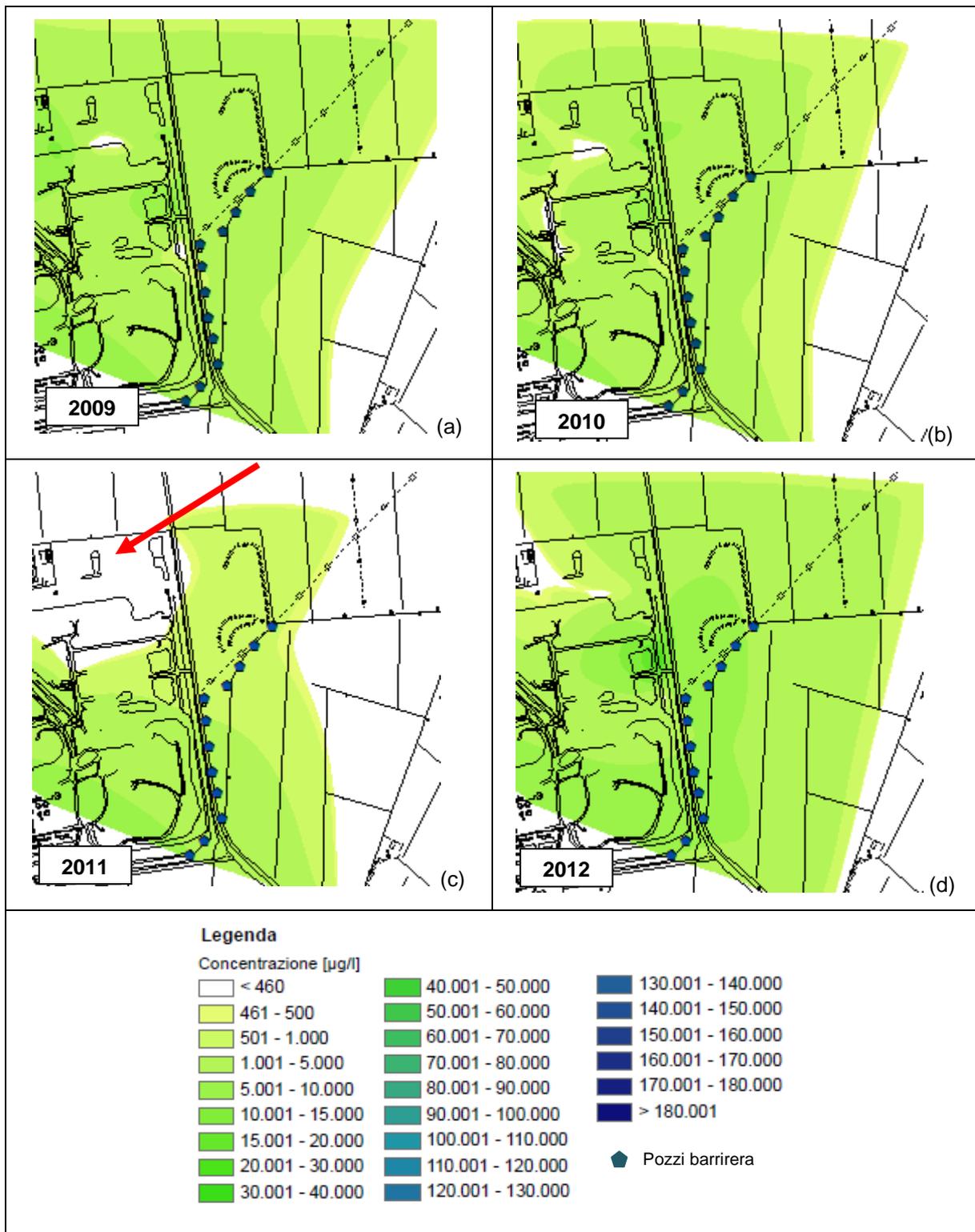


Figura 3 - Carte di isoconcentrazione FERRO del sito GR72 – Periodo 2009-2012



Passando alla disamina del parametro ferro, si può osservare invece come la contaminazione abbia un carattere più diffuso e più omogeneo, come riportato anche nelle carte di isoconcentrazione dell'area vasta (cfr. Tavola 4c). Dalle elaborazioni svolte e riportate nelle immagini in figura 3 non è possibile quindi definire una determinata tendenza della contaminazione in quanto si ha una condizione di inquinamento distribuito senza apprezzabili variazioni. Il 2011 risulta tuttavia essere un'eccezione in quanto il livello di contaminazione appare notevolmente ridotto specialmente nel settore nord-ovest (freccia in rosso - figura 3c).

Si chiarisce che non è stato possibile elaborare la carta delle isoconcentrazioni per il 2008 a causa di una quantità di dati insufficiente.

Si deve tener presente, inoltre, che il ferro è un metallo presente in abbondanza sulla superficie terrestre ed è caratterizzato da un'alta mobilità geochimica in acqua, a conferma ulteriore della presenza diffusa nel sistema acquifero della piana.

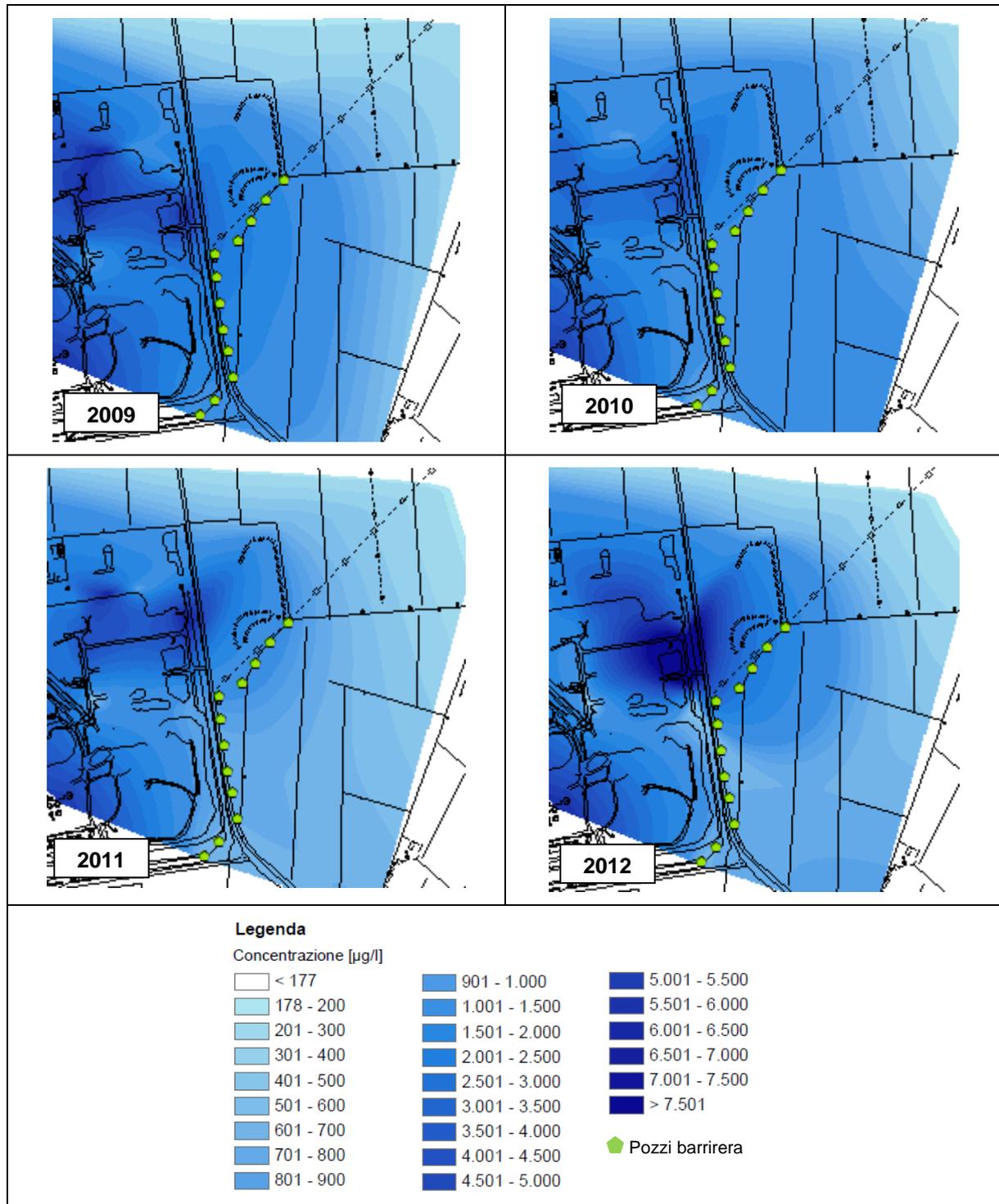


Figura 4 - Carte di isoconcentrazione MANGANESE del sito GR72 – Periodo 2009-2012



Infine, per quanto concerne il parametro manganese, si può osservare in figura 4, come del resto per il ferro, che la contaminazione ha un carattere più diffuso e più omogeneo, come anche mostrato nelle carte di isoconcentrazione ad area vasta (cfr. Tavola 4d). Dalle immagini di cui sopra non si può dunque identificare alcun tipo di tendenza e l'anno 2010, che ricordiamo essere il più piovoso nel periodo 2008-2012, non evidenzia apprezzabili variazioni.

Anche in questo caso non è stato possibile effettuare l'interpolazione della contaminazione per il 2008 per la scarsità di dati analitici.

Si deve tener presente che il manganese è uno dei metalli maggiormente presenti sulla superficie terrestre ed è caratterizzato, come il ferro, da una non trascurabile mobilità geochimica in acqua, il che ne spiega la sua diffusa presenza nella falda della piana.

In definitiva si può dire che dall'analisi delle carte di isoconcentrazione elaborate per il sito GR72 non è possibile capire se vi è effettivamente un *trend* della contaminazione. I risultati per il parametro arsenico hanno mostrato una certa fluttuazione mentre per gli analiti ferro e manganese la contaminazione è risultata praticamente diffusa senza variazioni apprezzabili.

ANALISI STATISTICA

Sulle serie storiche utilizzate per l'elaborazione delle carte di isoconcentrazione del sito GR72, è stata svolta anche un'analisi di tipo statistico.

In primo luogo questa è stata fatta con esecuzione di un'analisi del *trend* mediante l'impiego del test di *Mann-Kendall*. Questo è un test statistico di tipo non parametrico che permette di individuare la presenza o meno di un trend significativo in una serie storica di dati.

E' stato scelto il test di *Mann-Kendall* in quanto è uno dei test più semplici e affidabili per l'analisi del *trend* di serie storiche di dati di tipo ambientale ed inoltre non necessita di particolari assunzioni sulla loro distribuzione. Inoltre può essere applicato sia a serie con un numero elevato di dati che a quelle con un numero esiguo (come nel caso specifico in esame).

In questo particolare caso, avendo a disposizione serie temporali con solo 5 anni di dati, questo metodo è quindi risultato adatto.

Basandosi sull'approccio suggerito da *Gilbert (1987)* e riportato in nella pubblicazione a cura dell'*EPA (Environmental Protection Agency)* denominata "*Statistical analysis of groundwater monitoring data at RCRA facilities - Unified Guidance*" pubblicata nel marzo 2009, è stato possibile sottoporre a valutazione le serie storiche della contaminazione a disposizione.

L'analisi è stata svolta solamente per l'Arsenico in quanto è il principale parametro tracciante della contaminazione della falda della piana di Scarlino ed è quello per il quale si dispone del maggior numero di



dati per il periodo 2008-2012 e si è scelto di utilizzare un intervallo di confidenza $\alpha < 0.05$ come (valore solitamente utilizzato per applicazioni di questo tipo).

Dall'applicazione è risultato che nelle serie considerate per il GR72 non è stato identificato nessun trend significativo della contaminazione.

Ad ulteriore riprova di quanto sopra riportato, sono stati scelti alcuni pozzi, per i quali nonostante l'assenza di un trend significativo, i cui dati sono stati ulteriormente elaborati al fine di valutare se comunque sia percepibile o meno un decremento (o un aumento) della concentrazione di arsenico. Per questo scopo si riportano in particolare tre piezometri (le cui caratteristiche sono inserite nella tabella che segue), scelti come maggiormente rappresentativi, per significatività dei dati e vicinanza alla barriera del GR72:



Tabella 8 – serie storiche pozzi monitoraggio presso GR 72 – pozzi significativi

ID DataBase	Nome Pozzo/Piezometro	Campagne Disponibili	Valore arsenico [µg/l]	Note	Falda	Coordinate	
						X	Y
SC011	GR72_P2/02	12/02/2010	9,8	-	1a	1,647,809,441	4,753,407,335
		03/03/2009	5,3	-			
		27/11/2009	19	-			
		12/11/2011	18	-			
		20/08/2008	21,72	-			
		25/08/2009	17	-			
		10/08/2010	21	-			
		26/05/2009	10	-			
		11/05/2011	7,5	-			
		13/05/2012	6,4	-			
SC017	GR72_PZ 02	19/02/2008	1214	-	1a	1,647,388,122	4,753,551,342
		12/02/2010	749	Outlier			
		03/03/2009	1091	-			
		27/11/2009	632	Outlier			
		12/11/2011	1377	-			
		19/08/2008	1348	-			
		25/08/2009	1168	-			
		10/08/2010	1370	-			
		20/05/2008	1350	-			
		26/05/2009	1267	-			
		11/05/2011	1426	-			
		13/05/2012	1663	-			
SC022	GR72_PZ 16	08/02/2010	52	-	1a	1,647,347,817	4,754,207,277
		05/03/2009	3,3	Outlier			
		25/11/2009	256	-			
		12/11/2011	1,1	Outlier			
		21/08/2008	253,2	-			
		28/08/2009	115	-			
		10/08/2010	247	-			
		13/05/2012	94	-			

Per poter osservare in maniera chiara la presenza di un eventuale trend nel periodo 2008-2012 (arco temporale in cui sono presenti dati di concentrazione per i pozzi di interesse) si è scelto di creare un grafico di tipo "scatter plot", dopodiché è stata calcolata la linea di tendenza e il relativo coefficiente di determinazione R^2 (compreso tra 0 e 1), rappresentativo della significatività di tali dati, in termini di dispersione degli stessi.

Una linea di tendenza con un coefficiente angolare negativo (positivo) indica un andamento decrescente (crescente) nel tempo della contaminazione. Oltre a questo, è necessario porre attenzione al coefficiente R^2 , che dà un'indicazione circa la rappresentatività del trend stimato; come sopra accennato, più il suo valore è



grande, migliore è la bontà della rappresentazione; viceversa, più il suo valore è piccolo, peggiore sarà la rappresentatività del trend del set di dati analizzato.

Si riportano di seguito i grafici dei pozzi/piezometri considerati:

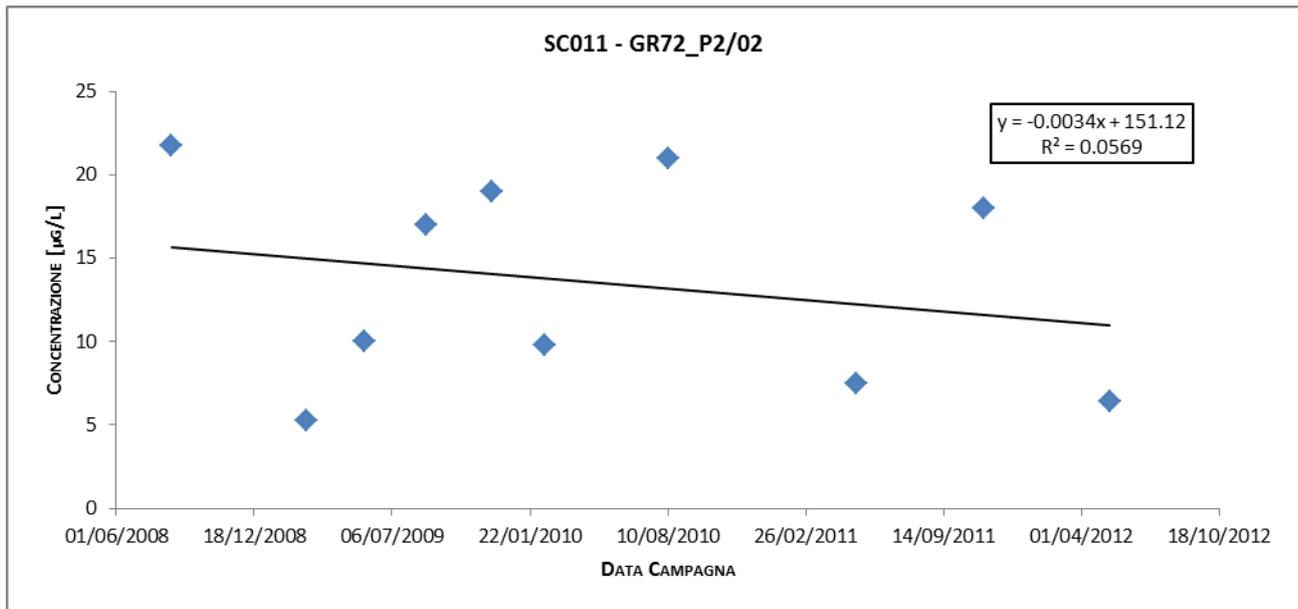


Figura 5 - Andamento delle concentrazioni di Arsenico per il pozzo denominato "GR72_P2/02" nel periodo 2008-2012

Nel grafico soprastante, riferito al pozzo "GR72_P2/02" ubicato a circa 350 m in direzione Sud-Est dalla barriera GR 72 – San Martino ex-frantumazione, si riscontra un lievissimo coefficiente angolare negativo ed un coefficiente R^2 estremamente basso che indica una grande dispersività dei dati e che non consente una valutazione del trend, che comunque è in leggera discesa.

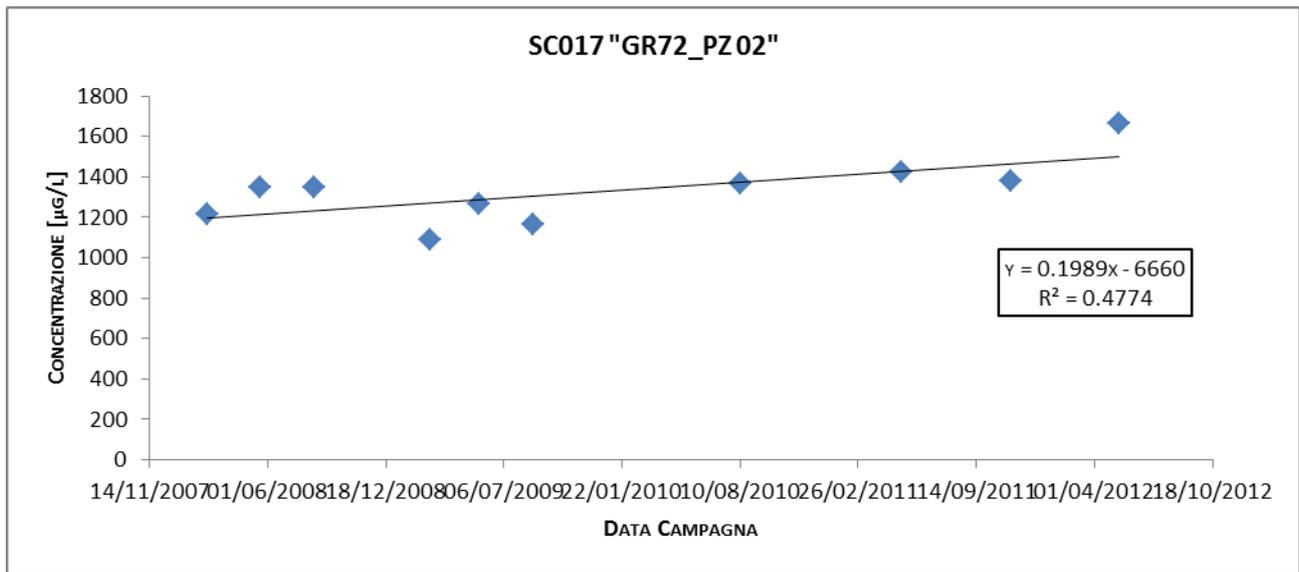


Figura 6 Andamento delle concentrazioni di Arsenico per il pozzo denominato "GR72_PZ 02" nel periodo 2008-2012

Nel grafico in figura 2, riferito al pozzo "GR72_PZ 02" ubicato a circa 100 metri dalla barriera GR 72 – San Martino ex-frantumazione, si riscontra un coefficiente angolare positivo ed un coefficiente R^2 abbastanza basso che indica una certa dispersività dei dati. Il trend calcolato è quindi solamente indicativo di una contaminazione in lieve aumento che comunque mostra una certa efficacia di azione della barriera, in quanto essa emunge e cattura in maniera progressiva le acque di falda inquinate che si trovano anche in aree più lontane. Per questo un trend leggermente crescente verificato a tale distanza dalla barriera è indice di un richiamo della contaminazione verso la barriera stessa.

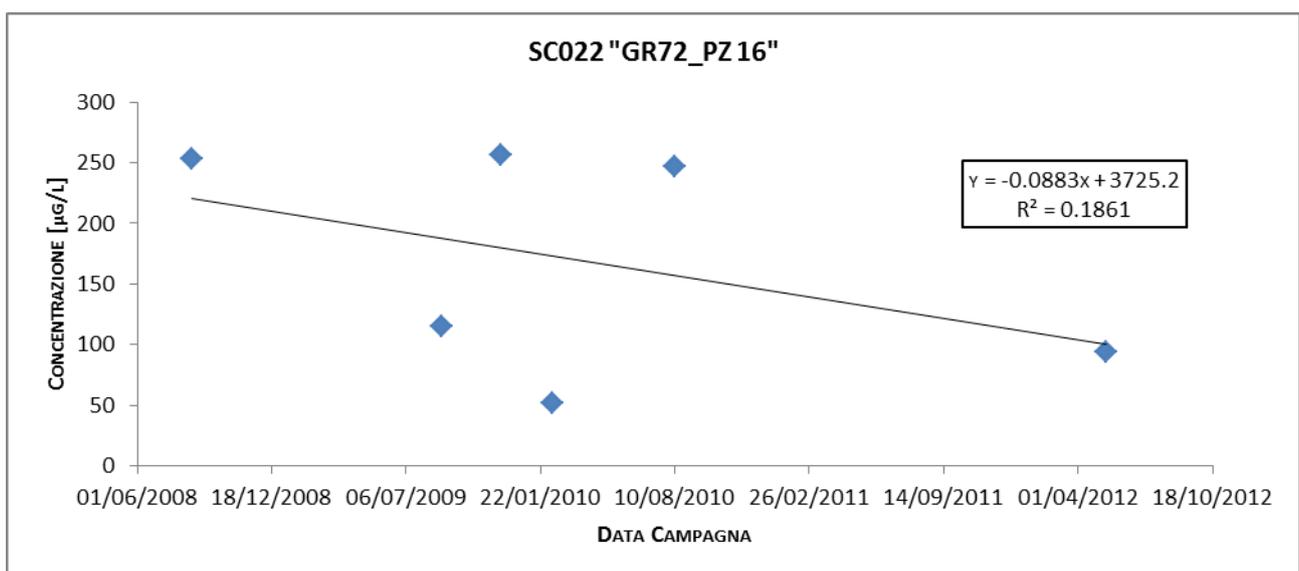


Figura 7: Andamento delle concentrazioni di Arsenico per il pozzo denominato "GR72_PZ 16" nel periodo 2008-2012



Nel grafico soprastante, riferito al pozzo "GR72_P2 16" ubicato a circa 650 metri dalla barriera GR 72 – *San Martino ex-frantumazione*, si riscontra un coefficiente angolare lievemente negativo ed un coefficiente R^2 molto basso, che indica una grande dispersività dei dati e che non consente una chiara valutazione del trend.

Le considerazioni fatte in relazione ai dati sopra riportati risultano analoghe ai commenti ai dati proposti all'interno del documento Arpat del 24-5-2013 di sintesi dei monitoraggi del quinquennio 2007-2012 per il sito GR72. In particolare essi risultano analoghi nell'evidenziare la dispersività dei dati nonché la mancanza su molti punti di dati elaborabili statisticamente.

In conclusione, attraverso l'analisi comparata tra gli andamenti della contaminazione dell'arsenico nel tempo sui piezometri di controllo più significativi, emergono le seguenti osservazioni:

- le carte di isoconcentrazione elaborate mostrano una fluttuazione nella contaminazione nel periodo 2008-2012 che non consentono di fare valutazioni apprezzabili sulle variazioni dei livelli in particolare di arsenico, ma anche di ferro e manganese;
- L'analisi del trend sulle serie storiche dei piezometri con il test statistico di Mann-Kendall non ha identificato alcun trend significativo della contaminazione;
- il piezometro analizzato più vicino alla barriera mostra valori puntuali in leggero aumento;
- piezometri più distanti dalla barriera mostrano andamenti in leggera diminuzione, seppur con coefficienti di correlazione molto bassi, indice di elevata dispersività dei dati;
- per tutti gli altri piezometri a distanze variabili dalla barriera non è possibile estrapolare alcun tipo di andamento o tendenza, per eccessiva dispersività dei dati e/o mancanza di popolazione di dati sufficiente.

Tali evidenze nell'andamento dei dati suggeriscono che la barriera del GR72 che, ricordiamo, attualmente gestisce le acque della falda 1a, stia svolgendo, ancorché debolmente e localmente, azione di contenimento e richiamo per cui è stata realizzata.



1.2 *Si ritiene necessaria una profonda revisione del modello idrogeologico presentato, sia nella forma, con la presentazione in forma chiara delle condizioni al contorno e degli usuali confronti osservato calcolato, sia, probabilmente, nella sostanza; ci si riferisce in particolare al limite a carico costante e flusso indefinito del lato SE che appare con tutta evidenza inadeguato dal confronto delle Figure 30 e 31 delle pagine 72 e 73, vista l'estrema vicinanza del cono di depressione della barriera idraulica al suddetto limite.*

Il modello idrogeologico è stato revisionato in relazione a tutte le prescrizioni riportate nella seconda parte del parere. La revisione è avvenuta di concerto con i tecnici ARPAT del dipartimento regionale di Firenze e del dipartimento della Provincia di Grosseto, con i quali sono stati svolti incontri e confronti tecnici al fine di ottemperare al meglio alle richieste e giungere alla realizzazione di un modello idrogeologico condiviso.

Per tutti i dettagli in merito alle elaborazioni eseguite e tutte le considerazioni in merito, ad esempio, alle condizioni al contorno imposte e richieste, si rimanda all' ALLEGATO II.



1.3 Risulta ancora assente la caratterizzazione della falda profonda (20-30 m); si ritiene che questa informazione debba essere disponibile il prima possibile.

La caratterizzazione della falda profonda, denominata "falda 2", è presente all'interno del DataBase, in allegato elettronico alla "Progettazione operativa unitaria della bonifica delle acque della piana di Scarlino", dove sono identificabili n. 35 pozzi che sono stati attribuiti all'acquifero profondo. Su una quota parte importante di essi non si dispone di dati chimici.

Si riporta, per maggiore chiarezza, una tabella sintetica dei pozzi e dei piezometri utilizzati nel presente progetto per la caratterizzazione della falda profonda (per ulteriori approfondimenti si rimanda al database allegato al presente progetto):

Tabella 9 – stralcio database: pozzi falda 2

ID DATABASE	NOME	STRATIGRAFIA	FREATIMETRIA	ANALISI
SC038	NS_S11	SI	NO	NO
SC039	NS_S12	SI	SI	NO
SC042	NS_S3	SI	NO	NO
SC044	NS_S5	SI	NO	NO
SC045	NS_S6	SI	NO	NO
SC046	NS_S7	SI	NO	NO
SC047	NS_S8	SI	NO	NO
SC048	NS_S9	NO	NO	NO
SC088	GR90_Pz3-1	SI	NO	NO
SC089	GR90_Pz3-2	SI	SI	SI
SC090	GR90_Pz3-3	SI	SI	SI
SC091	GR90_Pz3-4	SI	SI	SI
SC092	GR90_Pz3-5	SI	SI	SI
SC140	EMWE11P	SI	SI	NO
SC142	EMWE12P	SI	SI	NO
SC144	EMWE13P	SI	SI	NO
SC146	EMWE14P	SI	SI	NO
SC152	EMWE17P	SI	NO	NO
SC156	EMWE19P	SI	SI	NO
SC163	Agip27	NO	SI	NO
SC165	Amici30	NO	NO	NO
SC172	Cascine	NO	SI	NO
SC182	Macchioni30	NO	SI	NO
SC183	Neri25	NO	SI	NO
SC184	Ontani25	NO	SI	NO
SC186	Podig30	NO	NO	NO
SC187	Pozirr30	NO	SI	NO
SC196	Sdonato24	NO	SI	NO
SC198	Sgiuseppe25	NO	SI	NO
SC202	Smarta25	NO	SI	NO
SC209	Tulipano40	NO	SI	NO
SC210	Valentini30	NO	NO	NO
SC212	Vignali25	NO	SI	NO
SC213	Vignali30	NO	SI	NO
SC240	Puntone2	NO	SI	NO



Si ricorda che le medesime informazioni sono fruibili attraverso il portale webGIS (http://gis.aedit.it/aesito/scarlino?&id_cms_doc=2) dove, cliccando su ognuno dei pozzi indicati in carta, è possibile aprire la relativa scheda descrittiva in cui sono riportate tutte le informazioni disponibili.

Oltre ai dati sopra citati, sempre in riferimento alla caratterizzazione della falda 2, sono state ulteriormente richieste, anche in recepimento delle prescrizioni del parere n. 15336 del 07/03/2014 dell'U.F. Igiene e Sanità Pubblica "Colline Metallifere", le analisi chimiche delle acque provenienti dai pozzi facenti parte della rete del Gestore del servizio idrico integrato "Acquedotto del Fiora" e dell'Azienda Sanitaria competente AUSL 9, che vengono utilizzati principalmente per l'approvvigionamento idropotabile.

Tali punti, comprensivi dei dati, sono stati inseriti all'interno dell'ALLEGATO X (in partic.: Allegato X-b). Si chiarisce però che tali dati non sono stati inclusi nel database generale, ma in una tabella dedicata, in quanto la regolamentazione delle acque ad uso idropotabile e, quindi, le modalità di campionamento ed analisi, fanno riferimento al D.Lgs. 31/2001 "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano", mentre il presente progetto di bonifica prende a riferimento dati, campionamenti e metodiche analitiche per le acque di falda in conformità con il D.Lgs. 152/2006 "Norme in Materia Ambientale".

Come detto, si è scelto comunque di inserirle, sia per completezza che in ottemperanza alla richiesta formulata in Conferenza dei Servizi, nel DataBase, in un file separato (si rimanda inoltre al paragrafo 2.1.1 della presente sezione per maggiori dettagli).

Per rispondere in modo completo al punto del verbale di Conferenza dei Servizi qui sopra citato, nel presente progetto è stata prevista la caratterizzazione accurata della falda profonda, in termini idrochimici, già dalla FASE I (cfr.: PARTE VIII), da realizzarsi attraverso la creazione di una rete piezometrica di monitoraggio che utilizzerà sia pozzi/piezometri esistenti, sia piezometri di nuova costruzione. Rimandando per completezza al capitolo dedicato, si riporta di seguito uno stralcio:

“(omissis)…”

falda 2: creazione di una rete piezometrica di monitoraggio che sfrutta gli attuali pozzi/piezometri esistenti e di caratteristiche costruttive idonee, integrata da una serie di nuovi piezometri di monitoraggio; successiva campagna di analisi sulle acque di falda (“punto zero”) funzionale ad ottenere un ampio set di dati idrochimici, necessario per poter elaborare, in modo simile a quanto già svolto nel presente progetto, mappe relative allo stato di qualità chimica della falda 2 ad area vasta;

“(omissis)…”



La scelta del numero e dell'ubicazione dei nuovi punti di monitoraggio della falda 2 sui quali eseguire la caratterizzazione chimico-fisica è stata compiuta sia tenendo conto della minor quantità di attuali punti di controllo, sia della copertura non omogenea e insufficiente sull'area della piana.

I nuovi punti scelti, sia per numero che per posizionamento, consentiranno una ricostruzione più dettagliata e organica dello stato di qualità chimico-fisica della falda 2, e integreranno il set di dati attualmente disponibile.



1.4 Considerato che gli acquiferi presi in esame sono caratterizzati da una bassa permeabilità, considerando prioritario abbattere l'inquinamento dove questo si presenta più elevato, è ragionevole ipotizzare che l'emungimento delle acque dovrebbe essere orientato in prevalenza nelle zone di massima contaminazione. Si osserva, invece, la presenza solo di alcuni pozzi barriera nelle zone di massima contaminazione e un lungo e fitto barriera idraulico in un'area ben più a valle e distante dalle zone maggiormente contaminate. Si ritiene necessario un approfondimento critico dei motivi che hanno indirizzato l'ubicazione della barriera trasversale che collega il Pecora all'Allacciante e, più in generale, una riflessione sul posizionamento delle barriere al fine di garantire la massima efficacia con costi sostenibili e nel minor tempo possibile.

In merito a quanto sopra scritto è doveroso sottolineare che la configurazione delle barriere idrauliche del progetto è il frutto di un attento lavoro di valutazione delle varie condizioni che riguardano la totalità della piana di Scarlino, la quale presenta una situazione complessa da un punto di vista idrogeologico, litologico e idrogeochimico, e tenendo sempre presente che in tutta l'area vi è una lunga storia di attività industriali e minerarie.

Detto questo, la presente revisione del progetto, in recepimento di suggerimenti mossi dal dip. Arpat di cui sopra, ha svolto un'ulteriore analisi, con maggior livello di accuratezza, il cui passo principale per l'individuazione delle zone più idonee al posizionamento dei punti di emungimento della nuova configurazione del barriera è stato quello di rielaborare il quadro conoscitivo delle falde della piana, tenendo conto di:

- ✓ Valori di Fondo Naturale: riportati nel report ARPAT denominato "Definizione dei Valori di Fondo per alcuni parametri nelle Acque Sotterranee dei Siti in Bonifica della Pianura di Scarlino, Grosseto (2003-2012)". In questo studio si stabilisce che i valori di fondo naturali della piana risultano essere per i parametri Manganese (VFN = 177 µg/l contro CSC =50 µg/l) e Ferro (VFN = 460 µg/l contro CSC =200 µg/l) chiaramente superiori alle CSC precedentemente considerate. Al contrario, per i parametri Solfati (VFN = 235 µg/l contro CSC =250 µg/l) ed Arsenico (VFN = 5.5 µg/l contro CSC =10 µg/l) sono stati individuati VFN inferiori alle CSC, rimandando pertanto, per questi ultimi due parametri, a obiettivi di bonifica corrispondenti alle CSC.
- ✓ Dati Integrativi: tali dati sono stati forniti da:
 - ARPAT – Dati utilizzati per la determinazione dei valori di fondo naturale per la pianura di Scarlino, provenienti dal database Arpat;
 - Acquedotto del Fiora – Dati provenienti del monitoraggio della rete di pozzi ad uso potabile del Gestore Unico;
 - AUSL 9 - Dati provenienti dai pozzi prevalentemente ad uso potabile o per uso ricreativo/sportivo monitorati dall'azienda sanitarie in questione.



Tuttavia, dall'esame dei dati e relativi metadati, è stato deciso di inserire nel database, e quindi di utilizzare, i dati acquisiti da ARPAT, in quanto compatibili ed omogenei per metodiche di campionamento di analisi.

Differentemente, i dati acquisiti da Acquedotto del Fiora e da AUSL 9, seguendo metodologie di campionamento ed analisi differenti dal quelle del D.Lgs. 152/2006, sono stati esaminati a parte. Si è deciso comunque, per completezza, di inserirli in un foglio elettronico di compendio al database utilizzato nel presente progetto (cfr. ALLEGATO X-b).

Oltre a ciò, al fine di ottemperare alle richieste mosse, sono state svolte le seguenti ulteriori verifiche tecnico-progettuali di dettaglio:

- ✓ Valutazione Tecniche di Interpolazione: in recepimento del suggerimento dei tecnici ARPAT, si è proceduto a considerare differenti tecniche di interpolazione per l'elaborazione delle carte di isoconcentrazione. Dalla valutazione svolta è stato ritenuto come maggiormente rispondente alla natura del mezzo indagato (acque di sottosuolo) e alla tipologia e natura dei dati (concentrazione di contaminanti nelle acque) il metodo di interpolazione denominato "Natural Neighbor", come peraltro suggerito nella letteratura di settore;
- ✓ Valutazione dei valori puntuali di contaminazione: per avere una ulteriore visione delle zone maggiormente interessate dalla contaminazione, sono stati selezionati i pozzi/piezometri con concentrazioni elevate, analizzati in maniera puntuale all'interno della piana di Scarlino (ottemperamento alla richiesta di considerare prioritariamente i punti maggiormente inquinati). In ogni caso, come era atteso, è stato verificato che i punti maggiormente inquinati si trovano in corrispondenza delle aree a maggior concentrazione delle carte di isoconcentrazione. A loro volta, esse si trovano direttamente in corrispondenza o a stretto contatto con il sistema di barriera idraulico di progetto, confermando la bontà della scelta relativa all'ubicazione del sistema di pozzi;
- ✓ Rielaborazione del modello idrogeologico: il modello idrogeologico è stato revisionato di concerto con i tecnici ARPAT ed è quindi stato quindi di fondamentale supporto per l'individuazione delle aree più idonee al posizionamento dei pozzi di emungimento; la rielaborazione del modello idrogeologico in condizioni di progetto ha mostrato come il posizionamento della barriera descritta assolve in modo ottimale ai compiti per cui è stata progettata (cfr. ALLEGATO II, configurazione curve isofreatiche in condizioni di progetto);
- ✓ Elaborazione del Modello Concettuale del Sito: questo è stato elaborato, come suggerito dagli enti competenti stessi in sede di CdS e di riunioni, tenendo in considerazione gli strumenti tecnico-programmatici vigenti (es: banca dati SISBON, piano provinciale delle bonifiche, piano regionale).

Alla luce dei risultati derivanti dal complesso lavoro sopra riassunto, **si è optato per una riconfigurazione dei sistemi di barriera secondo la modalità seguente:**

- Zona padule di Scarlino: nessuna modifica rispetto alla configurazione originaria;



- Zona centrale (Casone): eliminazione di n° 5 cluster di pozzi nella parte più ad est (verso il canale allacciante) dove le isofreatiche danno già un fronte naturale di richiamo; mantenimento della barriera di Scarlino Energia per aumentare l'effetto di richiamo nella zona centrale del Casone;
- Zona barriera di S.Martino: aggiunta di n° 12 pozzi intercettanti la falda 1b, messi in accoppiamento a quelli già esistenti della barriera di S.Martino (nella foto non visibili in quanto sovrapposti agli esistenti); collegamento della porzione nord della barriera di S.Martino mediante n°2 nuovi cluster di pozzi alla tripletta già prevista nella prima versione del progetto: tale nuova configurazione è stata prevista per **incrementare l'azione di richiamo al centro della piana**, in particolare nella zona afferente al GR66 e GR72;
- Zona nord: aggiunta di n°1 cluster ai 2 già presenti nella prima versione in zona La Botte (tot. N° 3 cluster); creazione di una mini-barriera in zona nord ("distributore Esso"), nelle vicinanze della rotonda sulla strada di Scarlino Scalo, per gestire puntualmente l'hot spot presente.

Gli ultimi due punti sopra elencati rispondo inoltre alle richieste mosse dagli enti competenti nel tempo di cui, in particolare, al verbale di CdS del 24/10/2008 (Approv. Verbale da parte del Comune di Scarlino in data 27/02/09, determ. Dirig. N°260 del 3/3/09) e alle conclusioni (cap. 7 pag. 12) del documento Arpat denominato "monitoraggio chimico delle acque di falda relativo alla bonifica e messa in sicurezza del sito classificato come GR72 nel piano regionale delle bonifiche, loc. Casone di Scarlino (GR) di proprietà della società Nuova Solmine S.p.A. 'commento ai dati raccolti nel quinquennio 2007-2012' ".

Inoltre, la nuova revisione del modello idrogeologico, che ha portato alla costruzione di un modello in regime transitorio a flussi imposti e alla realizzazione di un modello di trasporto dei contaminanti, ha determinato una modifica delle portate di emungimento di progetto da ogni singolo cluster, passando da una portata per singolo cluster di 2,5 l/min (progetto originario - rev.0 e rev.1) a una portata di 4 l/min (1,5 per la falda 1a e 2,5 per la falda 1b); ciò soprattutto in considerazione dei risultati generati dal modello di trasporto (cfr. ALLEGATO II).

Per tutti gli ulteriori dettagli e le considerazioni in merito a quanto qui sopra riassunto, si rimanda alla lettura della SEZIONE VIII del progetto, all'ALLEGATO II "Modello Idrogeologico" e alle TAVOLE 4, 5, 6 e 7.



1.5 Si chiedono chiarimenti in ordine ai calcoli che hanno condotto il proponente a stimare l'interasse tra i pozzi in progetto, le zone di cattura da ogni pozzo e le distanze tra pozzo e punto di stagnazione. Si chiede inoltre di dare prova, mediante valutazioni dettagliate e motivate, che la sovrapposizione dei vari coni di depressione indotti dal pompaggio siano stati verificati direttamente mediante la misura dell'abbassamento creato da un pozzo attivo in quelli adiacenti e se tale valutazione sia stata eseguita partendo da un numero inferiore di pozzi.

Come già descritto all'interno del progetto originale, come interasse dei pozzi è stato considerato il valore di 80 metri, in uniformità all'interasse tra i pozzi della barriera del GR72, nonché l'interasse tra i pozzi della barriera di Scarlino Energia.

Entrambe le barriere, infatti, sono state dimensionate sulla base di prove di portata, a gradini e di lunga durata, effettuate su rispettivi pozzi limitrofi alle barriere stesse. Tali prove, e i relativi esiti, sono contenuti all'interno dei rispettivi progetti messi in sicurezza già sottoposti agli enti competenti nelle sedi appropriate.

Confrontando le zone di realizzazione del sistema di barrieramento di progetto con i punti in cui sono state a suo tempo condotte le prove di portata per il dimensionamento delle barriere di Scarlino Energia e Nuova Solmine - GR72, si può notare come esse possano dirsi compatibili per vicinanza al sistema in progetto, e quindi predittive rispetto all'azione del futuro sistema di barrieramento in progetto.

Per completezza di esposizione, a titolo di esempio e al fine di fornire i dati richiesti, di seguito si riportano alcuni stralci relativi ai calcoli a suo tempo utilizzati per il dimensionamento dei pozzi barriera di Scarlino Energia:

Per controllare la migrazione del pennacchio di contaminazione è stato calcolata la portata di acqua passante attraverso le sezioni massime del plume utilizzando la Legge di Darcy.

$$\vec{Q} = qA \text{ (}^2\text{)}$$

...(omissis)...

Per dimensionare il numero di pozzi necessari al completamento della barriera è stata stimata preliminarmente la zona di cattura da ogni pozzo utilizzando la seguente equazione, che permette di calcolare la massima semi-ampiezza della zona di cattura (Y_{max} , con x tendente all'infinito) e la distanza tra il pozzo ed il punto di stagnazione (X_0). Le formule utilizzate sono le seguenti: $Y_{max} = - Q/2Kbi \text{ (}^3\text{)}$

$$X_0 = - Q/2\pi Kbi \text{ (}^4\text{)}$$

Con Q = portata estratta dal pozzo, b = spessore dell'acquifero e Y_{max} = massima semi ampiezza di influenza trasversale alla direzione di flusso (vedi fig. successiva).

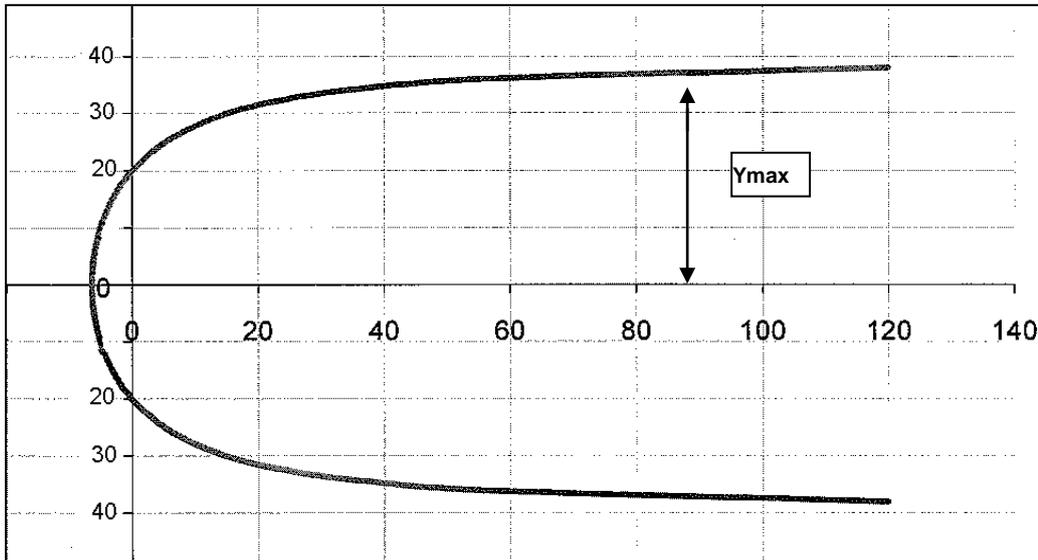


Figura 8 - Zona di cattura: il pozzo è all'origine degli assi, il gradiente idraulico è inclinato da dx a sx

Considerando di emungere da ogni pozzo le seguenti portate:

I acquifero 2,17 l/min

II acquifero 2,78 l/min

si ottengono rispettivamente i seguenti valori:

I acquifero $Y_{max} = 125,0 \text{ m}$

$X_0 = 39,8 \text{ m}$

II acquifero $Y_{max} = 111,8 \text{ m}$

$X_0 = 35,6 \text{ m}$

L'interasse tra i pozzi di emungimento da applicare in campo è stato invece calcolato tramite le formule proposte da Javandel e Tsang (1986), che hanno determinato la distanza ottimale tra pozzi identici di una barriera idraulica perpendicolare alla direzione di flusso, tale da impedire ai contaminanti di passare oltre la stessa.

La distanza ottimale è stata quindi calcolata con la seguente:

$$D = 0,38 Qn/Kbi (\delta)$$

dove

Qn = portata estratta da ogni pozzo

b = spessore dell'acquifero

i = gradiente idraulico



Sono state quindi calcolate le **distanze ottimali (D) tra pozzi adiacenti** e riportate di seguito:

I acquifero (NdR: falda 1a) $D = 85,0$ m

II acquifero (NdR: falda 1b) $D = 95,0$ m

Prendendo quindi in considerazione, a favore della sicurezza, la distanza minore, è stata dimensionata la realizzazione per entrambi gli acquiferi di **n. 4 pozzi** (uno ogni 85 m) per coprire un tratto di circa **340 m**.

Di seguito si riporta invece la tabella riassuntiva relativa alle caratteristiche di funzionamento della barriera idraulica del GR72 – Nuova Solmine:

Pozzo	Prof. pozzo (m)	Portata l/min	Livello statico (Giugno 2003)	Livello dinamico (Ottobre 2007)	Punto di stagnazione X0 (m)	Massima semi ampiezza zona di cattura Y max (m)
1	10	1.2	3.46	8.74	25	78
2	10	1.2	3.34	8.63	25	78
3	10	0.9	8.15	8.5	19	58
4	10	1.2	6.12	8.94	25	78
5	10	0.8	9	9.2	16	52
6	10	1.5	2.75	8.6	31	98
7	10	1.2	3.28	8.73	25	78
8	10	2.1	3.12	8.5	43	137
9	10	2.3	3.11	9	48	150
10	10	3.1	2.15	8.9	64	202
11	10	1.2	3.3	8.58	25	78
12	10	1.2	//	8.81	25	78

Tabella 10 – tabella riassuntiva dati tecnici e di funzionamento attuale barriera GR72

Come verificabile dai dati sopra riportati, la barriera oggetto del presente progetto di bonifica è stata configurata con interdistanze sovrapponibili con quelle generate a valle dei calcoli per le rispettive barriere attuali di Scarlino Energia e Nuova Solmine.

Oltre all'utilizzo di tali dati, già a disposizione, nell'area centrale del Casone, nella zona GR72 - San Martino, sono state realizzate nuove prove di pompaggio a gradini e di lunga durata finalizzate all'ulteriore verifica e supporto ai dati già acquisiti, nonché all'ottenimento di parametri idrogeologici utili allo sviluppo del modello idrogeologico.

Tali prove di pompaggio, per i dettagli delle quali si rimanda all'ALLEGATO II - modello idrogeologico, sono state svolte secondo i criteri metodologici e operativi ad oggi più largamente utilizzati, e hanno visto la realizzazione delle operazioni di seguito descritte:

1. esecuzione di prova di portata a gradini: realizzata su un pozzo di riferimento, applicando portate di emungimento a gradini crescenti, con relativa stabilizzazione dei singoli gradini, fino al raggiungimento del sovrasfruttamento del pozzo stesso;



2. successivo calcolo della portata critica di pompaggio;
3. esecuzione di prova di lunga durata: imposizione della portata critica di pompaggio sul pozzo in oggetto, con conseguente misura in continuo degli abbassamenti freaticometrici sul rispettivo pozzo-spia limitrofo;
4. elaborazione della prova di lunga durata e ottenimento dei parametri idrogeologici sito-specifici quali: trasmissività, coefficiente di immagazzinamento, permeabilità, nonché raggio di influenza del pozzo.

Le nuove prove di pompaggio svolte hanno dato risposte dell'acquifero sovrapponibili con gli esiti ottenuti dalle pregresse prove di pompaggio svolte a suo tempo per il dimensionamento delle attuali barriere di Scarlino Energia e GR72 - San Martino, confermando di fatto la correttezza della scelta progettuale di un interasse tra pozzi pari a 80 metri, e mostrando altresì la modesta produttività della falda 1.

Preme però sottolineare un aspetto importante relativo alla verifica dell'effettiva area di cattura dei pozzi barriera.

Il sistema di barrieramento qui progettato risponde a un'esigenza, come più volte menzionato, di gestione della contaminazione a "scala vasta". In tale ottica è stata sviluppata pertanto la configurazione della barriera idraulica, ovvero provocare una modificazione nelle curve isofreatiche molto più ampia e organica rispetto a un singolo intervento a scala di sito.

Confrontando dunque le due differenti tipologie di configurazioni (una a scala di sito, quindi nettamente più contenuta; l'altra ad area vasta, con effetti più largamente distribuiti), emerge un particolare importante riguardo alla zona di influenza delle rispettive barriere: il sistema di barrieramento ad area vasta provoca una modificazione nettamente più omogenea, ampia ed incisiva rispetto a interventi più contenuti.

In particolare si vuole porre l'attenzione, al fine di rispondere esaurientemente alla richiesta di cui sopra, al fatto che l'effetto di un barrieramento diffuso non è soltanto la sommatoria dei singoli effetti dati dagli emungimenti dei pozzi sovrapponendo ognuna delle singole zone di cattura. L'effetto complessivo risulta altresì maggiore, corrispondente non più alla mera disposizione in serie di singole sorgenti puntiformi, ma bensì sarà più simile all'effetto di un ipotetico emungimento tramite un'unica sorgente lineare continua (come ad esempio il caso una trincea drenante). In questo caso, infatti, le curve isofreatiche risultanti da questa azione di pompaggio della falda, si trasformano in curve di inviluppo, che circondano con ellissi concentriche la zona di barrieramento.

È proprio per tali ragioni che nel caso di interventi su scala vasta, come quello in oggetto, risulta maggiormente predittivo e calzante l'utilizzo e lo sviluppo di un modello idrogeologico, che mostri le modificazioni che avvengono sulla tavola freatica a seguito dell'imposizione della configurazione di progetto.

Tali modificazioni sono effettivamente visibili osservando la schermata di output del modello idrogeologico in condizioni di progetto, che di seguito viene riportato per comodità di esposizione:

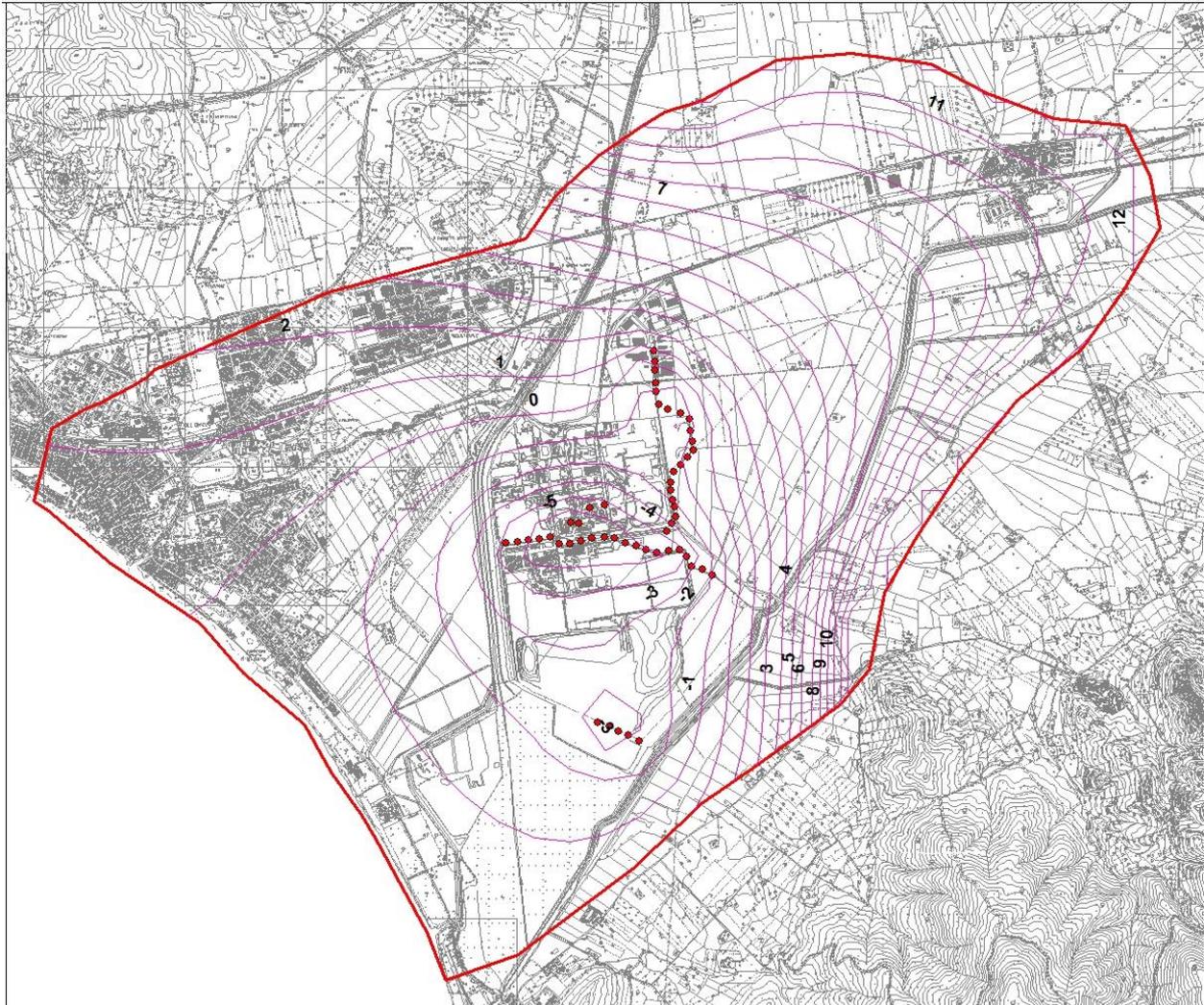


Figura 9: schermata di output software Groundwater Vistas delle curve isofreatiche nelle condizioni di progetto – stato transitorio (1° anno di progetto)

Come visibile dalla figura soprastante, l'elaborazione del software in condizioni di progetto mostra l'assenza di soluzioni di continuità nell'intorno dei vari rami del sistema di barrieramento di progetto.

Appare altresì chiaro che il modello idrogeologico, pur risultando ad oggi uno degli strumenti più utilizzati a supporto della progettazione idrogeologica, è una rappresentazione comunque semplificata della realtà. Per tale ragione, specialmente nel caso di interventi di area vasta, soltanto la fase realizzativa di campo potrà evidenziare eventuali singolarità litologiche e/o idrogeologiche (visibili o già in fase di costruzione e/o in fase di esercizio e monitoraggio), che potrebbero necessitare calibrations puntuali e ad hoc.

Resta pertanto inteso che, sia durante la fase realizzativa che di monitoraggio, dovrà essere posta particolare attenzione all'osservazione e gestione operativa di eventuali particolarità, che allo stato attuale delle conoscenze non possono essere previste.



COMUNE DI SCARLINO - Provincia di Grosseto - Settore 4 Lavori Pubblici e Politiche Ambientali

Progettazione operativa unitaria della bonifica delle acque di falda nella piana di Scarlino

Revisione a seguito della Conferenza dei Servizi del 29/04/2014 e della riunione tecnica tenutasi presso Arpat Toscana il 17/11/2014

Anche per tale ragione il presente progetto viene sviluppato prevedendo 2 fasi, in modo tale da potersi adattare a eventuali nuove esigenze. La modulabilità del sistema di pump&treat, tra l'altro, viene ulteriormente incontro e facilita eventuali adattamenti in corso d'opera.



1.6 *Si chiede al proponente di rendere disponibile il database con i risultati storici del monitoraggio dei punti di caratterizzazione delle falde al fine di valutare la posizione dei singoli punti contaminati nei confronti della pozione delle barriere idrauliche in progetto.*

In merito a questo punto si fa presente che l'intero *DataBase* è stato allegato in formato elettronico al progetto "Progettazione operativa unitaria della bonifica delle acque della piana di Scarlino" sottoposto agli enti e valutato dagli stessi nelle CdS del 03/02/2014 e del 29/04/2014.

Le informazioni e le descrizioni di ogni pozzo presente nel *DataBase* sono anche fruibili attraverso il WebGIS (http://gis.aedit.it/aesito/scarlino?&id_cms_doc=2) a cui è possibile accedere cliccando sull'icona del pozzo ed aprendo la relativa scheda.

Infine si fa presente che, nel presente elaborato, tale database, allegato in formato elettronico (cfr. **ALLEGATO X**), è stato fornito aggiornato con i dati dei pozzi/piezometri facenti parte delle reti dell'Acquedotto del Fiora e dell'AUSL 9, nonché con i dati forniti da ARPAT.



1.7 *Relativamente alla potenziale ingressione salina, considerato quanto riportato nel progetto: "...la falda superficiale, nella porzione sud del modello, mostra quote prossime agli 0 m s.l.m. testimoniando un'ingressione del cuneo salino fino a circa 3.5 Km dalla linea di costa ..." si ritiene opportuno disporre di un quadro esplicito dell'attuale livello di intrusione salina. Quindi, prima dell'attivazione della barriera idraulica, dovrà essere indicata la modalità operativa della stessa per evitare un aumento dell'ingressione salina. Dovranno essere altresì indicati piezometri spia e obiettivi di salinità tali da rappresentare soglie di allarme da non superare per tutelare l'acquifero dalla salinizzazione.*

Prima di procedere è opportuno nuovamente premettere che un modello idrogeologico è un modello numerico che rappresenta in maniera semplificata la realtà. In questo caso viene applicato per la modellizzazione delle falde acquifere sia per una simulazione dello stato attuale che per la simulazione di un possibile scenario futuro, al fine di avere un'indicazione del comportamento che l'acquifero potrebbe assumere.

Si specifica che, per quanto riguarda la ricostruzione dello stato attuale, si può avere un riscontro empirico, e quindi produrre delle opportune ri-calibrazioni, rendendolo il più possibile inerente alla realtà (come è stato fatto nel caso in esame, calibrando il modello mediante il rilievo freaticometrico di campo svolto), mentre per quanto concerne lo scenario futuro questo non è possibile.

Il modello idrogeologico è da ritenersi pertanto uno strumento di supporto alla progettazione in quanto, come anticipato, ricostruisce i comportamenti attuali e futuri dell'acquifero.

Premesso ciò e tornando nel merito della prescrizione, si precisa che l'ingressione del cuneo salino è, in base alle restituzioni del modello idrogeologico, da ritenersi possibile, come riportato nel capitolo 5 e nelle Conclusioni dell'ALLEGATO II "Modello Idrogeologico". All'interno dell'allegato II vengono riportati i risultati del modello di trasporto relativamente all'intrusione salina, che testimoniano un possibile aumento in condizioni di progetto. Tuttavia, poiché il modello presenta notevole margine di incertezza dovuta alle condizioni di costruzione del modello stesso, come ampiamente descritto nel testo sarà di fondamentale importanza l'applicazione del protocollo di monitoraggio dell'ingressione del cuneo salino proposto nel seguito del presente progetto.

Tenendo conto pertanto del possibile fenomeno dell'ingressione di acque salmastre nei layer acquiferi della piana, in special modo nelle aree a sud confinanti con la zona del "padule", e quindi più vicine al mare, la barriera ivi ubicata (n°5 cluster) è stata progettata per intervenire localmente sulla contaminazione presente, limitando le azioni a larga scala proprio per minimizzare per quanto possibile il rischio di richiamo di acque salmastre. Questo perché, dalle elaborazioni dei dati, la contaminazione nella porzione di area in questione risulta appunto più puntuale, come riportano le carte di isoconcentrazione allegata al progetto (cfr.: TAVOLA 4).



Attualmente il quadro conoscitivo più recente che prende in considerazione l'ingressione del cuneo salino è quello delineato nel Piano Strutturale, adottato nel luglio del 2011 dal Comune di Scarlino. In particolare ci si riferisce alla tavola 4.11 "Carta delle Variazioni del Cuneo Salino", dove si traccia il limite stimato della concentrazione di cloruri = 500 mg/l a settembre 2007 (fine della stagione secca) e di marzo 2008 (fine stagione umida). Dalla ricerca svolta, non risultano disponibili ulteriori e recenti specifici studi.

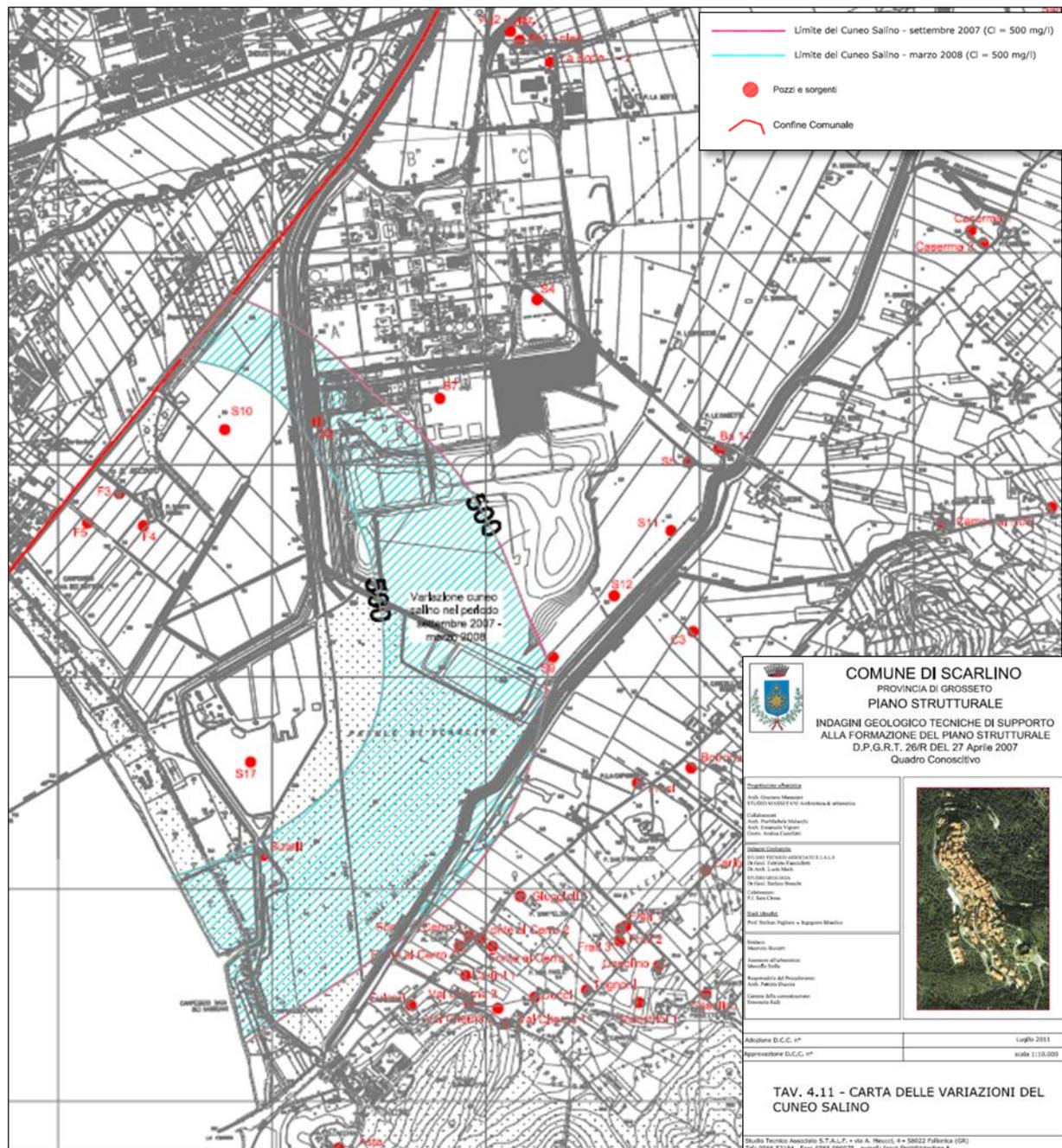


Figura 10 - Stralcio della tavola 4.11 "Carta delle Variazioni del Cuneo Salino" tratta dal Piano Strutturale adottato nel luglio del 2011 dal Comune di Scarlino



Poiché il cuneo salino è un fenomeno sul quale influiscono fortemente alcuni fattori tra cui l'alternanza delle stagioni e lo sfruttamento della falda (che hanno un evidente carattere periodico), al fine di avere un quadro conoscitivo ancora più recente, sono state esaminate le informazioni disponibili nel database aggiornato. Dalla verifica delle campagne di analisi disponibili, si è osservato che sono state svolte in mesi dell'anno differenti: non è pertanto risultato possibile, a partire da queste, ottenere dei risultati che potessero rappresentare in modo sufficientemente attendibile la situazione attuale.

D'altra parte la valutazione dell'ingressione di acque marine all'interno delle falde costiere di una certa rilevanza è una problematica certamente non trascurabile in un progetto di bonifica che decida di adottare la tecnologia *Pump&Treat*.

A supporto e ulteriore approfondimento di quanto sopra descritto, è stata svolta come detto una simulazione mediante il modello matematico di trasporto in condizioni transitorie che ha considerato una soglia di attenzione di riferimento pari a 500 mg/l pari a 0,5 psu (vedi anche par. 26.12.2 – Monitoraggi sulle acque di falda).

Per la modellazione del fenomeno dell'ingressione salina è stato ipotizzato un valore di partenza di concentrazione salina nel mare di circa 32000 mg/l pari a 32 psu (valore medio di letteratura).

Nelle condizioni attuali di emungimento (termine primo step fase transitoria di 10 anni) il modello ha simulato una risalita massima potenziale del cuneo salino di circa 1400 m dalla costa, valore sufficientemente correlabile con le stime da letteratura (figura 11)

A seguito dell'accensione della barriera di progetto, l'incremento dei valori di portata complessiva di emungimento (da 1,1 l/s a 2,9 l/s) comporta un incremento dell'ingressione salina con una risalita del cuneo fino ad un valore massimo di circa 1900 m dalla costa (+500 m rispetto alle condizioni attuali di pompaggio – figura 12).

Di seguito si riporta il confronto stato attuale / stato di progetto:

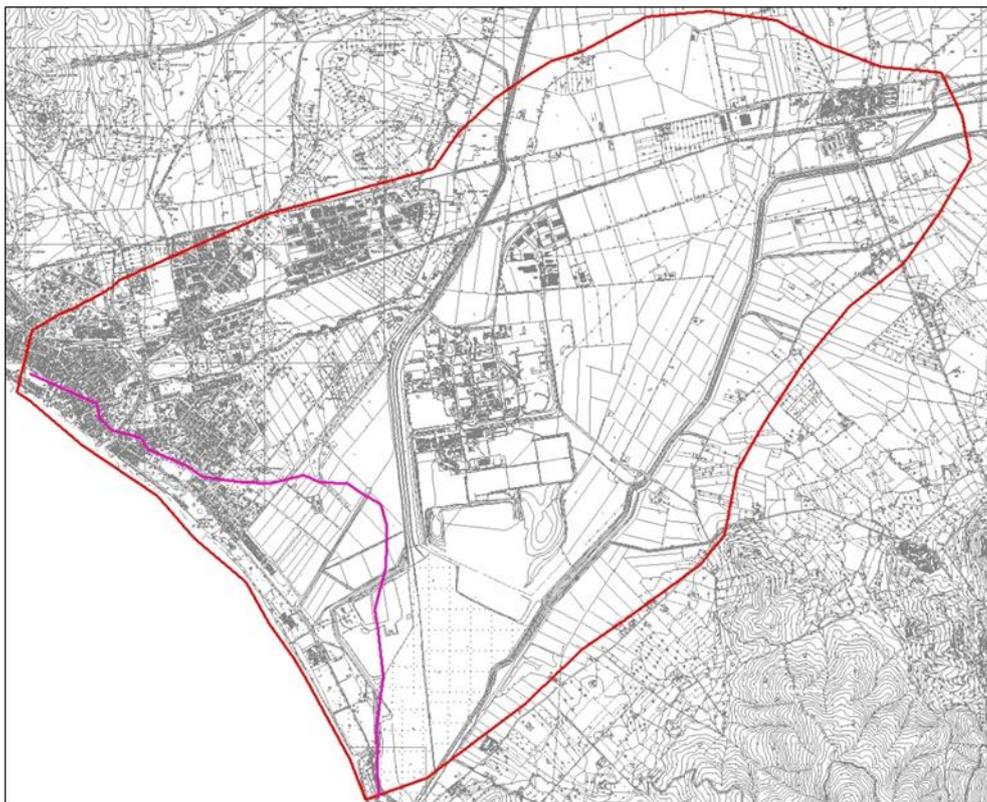


Figura 11 - Carta del cuneo salino (limite 500 mg/l) elaborata dal modello di trasporto in condizioni stazionarie Stato attuale

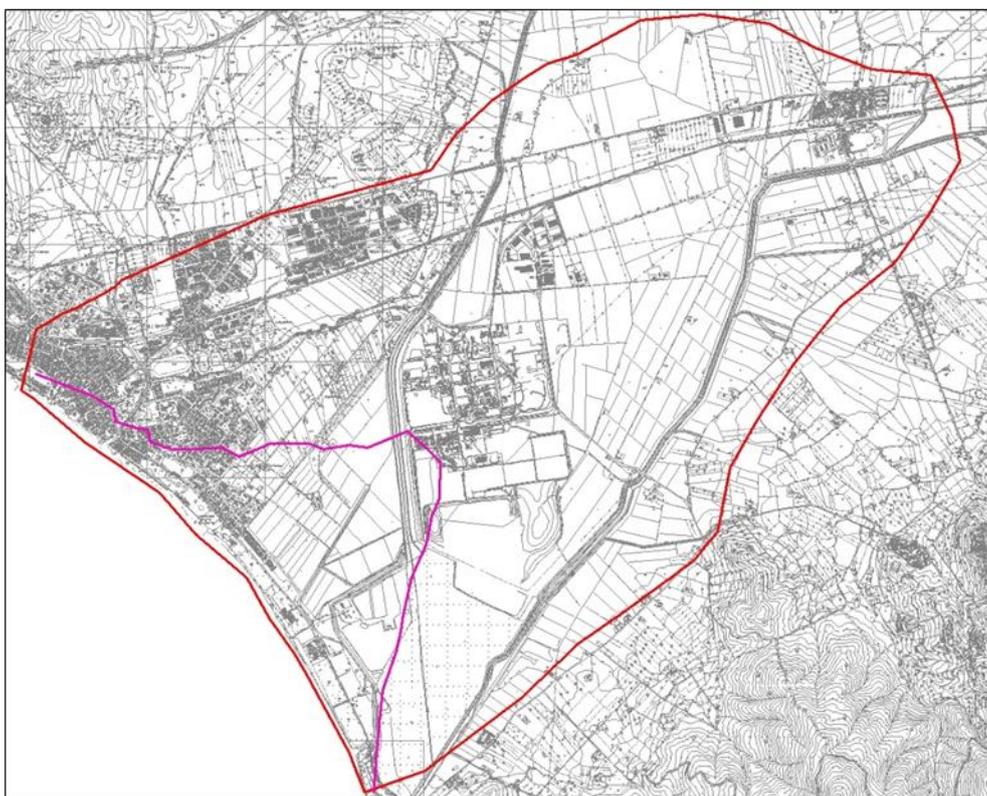


Figura 12 – Carta del cuneo salino (limite 500 mg/l) elaborata dal modello di trasporto in condizioni stazionarie Stato di progetto



In base a tutto quanto sopra detto, in recepimento delle prescrizioni ricevute e tenendo conto dei dati forniti dal modello idrogeologico di trasporto di cui all'ALLEGATO II, nel seguito del presente progetto è stata sviluppata e descritta la metodologia per il controllo dell'ingressione del cuneo salino da applicare durante le fasi del monitoraggio idrogeochimico delle acque sotterranee della piana di Scarlino. Tale metodologia, internazionalmente riconosciuta, prevede un monitoraggio idrogeochimico, studiato per il caso specifico della pianura di Scarlino, finalizzato alla la misura della **salinità**, che viene proposto all'interno della SEZIONE VIII di progetto, par. 26.12.2. Essa permetterà di effettuare verifiche puntuali e continue nel tempo della eventuale intrusione del cuneo salino, permettendo di fatto di verificare, ed eventualmente di ricalibrare, il modello di trasporto elaborato.



1.8 Prima dell'attivazione della barriera dovranno essere individuati e attivati i piezometri di monitoraggio che garantiscono la descrizione dello stato qualitativo della falda ante e post opera, sarà altresì opportuno mantenere gli attuali punti di monitoraggio presenti per consentire una valutazione dell'evoluzione rispetto allo stato di contaminazione preesistente.

In merito a quanto richiesto, si precisa che già all'interno del progetto di bonifica originario era stata prevista la realizzazione di una nuova rete di monitoraggio piezometrico per la falda 1a, 1b e 2 (oltre all'utilizzo di piezometri già esistenti), con la conseguente esecuzione di una campagna completa di monitoraggio chimico-fisico delle acque di falda ante-operam, nonché successive campagne di monitoraggio a cadenza trimestrale.

Nella presente revisione al progetto, in recepimento delle indicazioni di cui sopra, è stato mantenuto quanto originariamente previsto, integrandolo sia dal punto di vista del numero dei punti di monitoraggio, sia per quanto riguarda la frequenza di campionamento.

In particolare, è stato previsto quanto segue:

1. punti di monitoraggio: il numero di punti su cui è stato previsto il monitoraggio (falda 1a, 1b e 2) è stato incrementato (cfr. TAVOLA 8 e PARTE VIII par. 26.12), e ad essi sono stati aggiunti anche i punti di monitoraggio attualmente utilizzati per la verifica della barriera del GR72 – San Martino;
2. tempistica di realizzazione: la costruzione della rete di monitoraggio è stata prevista contemporaneamente alla costruzione della barriera idraulica, in modo tale per cui sarà messa in esercizio prima dell'attivazione della barriera stessa (cfr. ALLEGATO VIII – CRONOPROGRAMMA)
3. frequenza dei monitoraggi: sulle campagne di monitoraggio trimestrali sono stati aggiunti i punti di controllo della barriera GR72 di cui sopra;
4. reportistica: sono stati previsti, n° 4 ulteriori report di monitoraggio a cadenza annuale, in modo tale da incrementare il livello di controllo dell'andamento della contaminazione nell'area della piana.



1.9 *Relativamente al riutilizzo delle acque emunte dalla barriera presso l'impianto di Nuova Solmine: nel parere istruttorio conclusivo allegato alla determina AIA si legge a pag. 70: "il Gestore è autorizzato al riutilizzo delle acque di falda derivanti dalle attività di bonifica del sito GR72 all'interno del ciclo produttivo, come acque ad uso industriale, dopo gli opportuni trattamenti". Alla luce dell'attuale progettazione dovrà essere dimostrato che l'utilizzo industriale delle acque delle nuove barriere sia in grado di garantire l'effettivo abbattimento del nuovo carico inquinante. Si segnala la necessità di un eventuale aggiornamento dell'AIA.*

La società Nuova Solmine S.p.A. ha presentato nel Dicembre 2009 agli Enti Competenti, tra cui il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, la nota tecnica relativa alla "Gestione delle acque in uscita dalla barriera idraulica – GR.72 Loc. Casone di Scarlino (GR)", al fine di indicare le future modalità previste per la gestione delle acque in uscita dalla barriera idraulica realizzata.

In particolare, è stato previsto il riutilizzo delle acque di falda, derivanti dagli interventi di bonifica mediante barriera idraulica a valle del sito GR.72, all'interno del ciclo di produzione ad uso industriale. Tali acque sono inviate all'impianto di demineralizzazione parziale mediante processo di osmosi inversa al fine di ottenere acque dette "permeate" povere in ioni, che vengono successivamente utilizzate all'interno del ciclo produttivo dell'impianto Nuova Solmine S.p.A. di Scarlino.

All'impianto di osmosi giungono le acque provenienti dalle seguenti linee:

- **Linea A (pozzo):** l'acqua viene prelevata direttamente dalla rete ed inviata al filtro della pirolusite dove avviene l'eliminazione del ferro e del manganese; successivamente l'acqua trattata viene inviata ad un serbatoio di stoccaggio (denominato "di contatto") dove viene addizionata di ipoclorito per la sterilizzazione. A questo punto l'acqua è inviata al filtro a carbone dove avviene l'eliminazione del cloro e successivamente, previo dosaggio di antiscalant (per impedire la precipitazione dei solfati) e di acido solforico (per impedire la precipitazione dei carbonati) e filtraggio su filtri a cartucce (per evitare che solidi di dimensioni superiori a 5 µm raggiungano le membrane di osmosi), alle membrane dell'osmosi inversa.
- **Linee B e C (Gora/Gavorrano):** l'acqua grezza viene prelevata, a mezzo di idonee pompe, dal bacino di stoccaggio situato fuori dallo stabilimento e inviata a mezzo tubazione al un decantatore di tipo door (detto anche "reactivator") dove è addizionata di ipoclorito di sodio. L'acqua sterilizzata è inviata a due filtri a gravità aventi un letto filtrante a sabbia (denominati Monoscour) la cui funzione è quella di rimuovere la limacciosità residua presente nell'acqua grezza. L'eventuale frazione pesante contenuta nell'acqua che passa dal chiarificatore si raccoglie per gravità sul fondo dello stesso; tale frazione viene tolta mediante opportuni scarichi all'interno della vasca "di neutralizzazione", il cui contenuto liquido viene inviato ad impianto di trattamento liquidi interno all'area di stabilimento .

L'acqua filtrata viene raccolta in una vasca (vasca dell'acqua filtrata) e da qui a mezzo pompe, inviata ai filtri a pirolusite delle linee B e C, previa aggiunta di coadiuvante di filtrazione. I filtri a pirolusite servono ad eliminare: eventuali residui sospesi (in primis colloidali di silice) sfuggiti ai filtri Monoscour, il



ferro ed il manganese con formazione dei rispettivi ossidi trattenuti dal letto filtrante. L'acqua in uscita dai filtri a pirolusite viene infine inviata ai filtri a carbone per l'eliminazione del cloro e successivamente, con le medesime modalità già descritte, alle membrane di osmosi inversa.

Per tutte e tre le linee sopra descritte si ottengono due correnti acquose: il **permeato**, acqua povera di ioni ed il **concentrato** che si arricchisce di ioni. Il rapporto fra permeato e concentrato è circa 70/30%.

Il permeato viene quindi inviato a serbatoio di stoccaggio e successivamente alla vasca dell'acqua deionizzata.

Di seguito si riporta una stima di massima delle possibili concentrazioni delle acque in ingresso all'impianto di osmosi a seguito dell'aggiunta del flusso relativo alla barriera idraulica attualmente esistente. Si osserva come l'aggiunta del flusso delle acque di barriera idraulica non apporta sostanziali modifiche alle concentrazioni finali in ingresso all'impianto di osmosi.

	Linea A (pozzi)	Linee B C (Gora/Gavorrano)	Acque barriera idraulica GR72	Concentrazione miscela
Concentrazione Fe (mg/l)	0,04	0,25	1,84	0,20
Concentrazione Mn (mg/l)	0,001	0,143	3,06	0,12
Quantità acqua ingresso (mc/ora)	100	240	2,00	342,00
Percentuale acqua in ingresso	0,29	0,70	0,01	1,00

Tabella 11 – tabella riassuntiva acque in ingresso all'impianto di osmosi di Nuova Solmine

Nella tabella sono stati considerati i parametri Fe e Mn in quanto il loro abbattimento nelle acque in ingresso all'impianto rappresenta uno dei fattori che ne condizionano il funzionamento e la taratura, rispetto ad esempio a parametri con più elevata facilità di abbattimento.

La tabella soprastante permette di effettuare le seguenti importanti considerazioni utili ai fini della risposta al punto delle CdS sopra citato:

- i volumi attualmente provenienti dalla barriera in esercizio costituiscono una quota parte minima (stimata nell'1% sul totale) rispetto ai restanti flussi in ingresso (linea A, B e C, che costituiscono il restante 99%);
- i valori massimi dei contaminanti sopra riportati sono sempre risultati ampiamente gestibili dall'impianto di Nuova Solmine che da anni li riceve e gestisce abbattendone i tenori nelle acque in ingresso;



- l'impianto di osmosi di Nuova Solmine è stato storicamente progettato proprio per ricevere acque provenienti da zone della piana o limitrofe, che era ben noto contenessero i contaminanti oggetto del presente studio in concentrazioni anche elevate;
- l'impianto di osmosi ha la funzione di trasformare un'acqua eventualmente contenente valori elevati di analiti alcuni dei quali traccianti della contaminazione, in un'acqua demineralizzata, ovvero con assenza di qualsiasi elemento o composto: tale impianto è pertanto per definizione il più idoneo allo scopo di abbattere tenori anche elevati di parametri specifici come quelli delle acque della piana;
- anche in condizioni, sia attuali che eventualmente future, di acque con concentrazioni ingenti di tali analiti provenienti dalla barriera idraulica, il flusso in gioco costituisce sempre una percentuale esigua rispetto ai flussi provenienti dalle altre fonti di approvvigionamento;
- in relazione al punto precedente, la stima del flusso in ingresso all'impianto dovuto alla nuova barriera si attesta in circa 9,48 mc/h, che comparata agli altri flussi possiede comunque un peso minimo;
- l'impianto di osmosi di Nuova Solmine è stato progettato per poter calibrare le acque in ingresso provenienti dai vari punti di approvvigionamento: il futuro nuovo flusso in ingresso è pertanto pienamente gestibile semplicemente rimodulando i contributi dati dagli altri flussi (pozzo/gora), rivedendoli a leggero ribasso.

Per ulteriori approfondimenti in merito alle caratteristiche dell'impianto si rimanda alla SEZIONE VIII par. 26.8.1.

In merito infine alla necessità di aggiornamento dell'AIA, si precisa che Nuova Solmine ha presentato nel settembre 2014 apposita comunicazione di modifica non sostanziale all'AIA al fine di poter riutilizzare le acque emunte dalla barriera in progetto all'interno dell'impianto di osmosi inversa.



1.10 Relativamente al riutilizzo delle acque emunte dalla barriera presso l'impianto di Scarlino Energia si fa presente che la D.D. N. 1442 del 4/11/2008 ha approvato gli interventi del Progetto di Bonifica col mantenimento del sistema di barriera idraulico dei primi due livelli acquiferi. Ad oggi sappiamo che le quantità di acqua estratta sono rispettivamente 12.5 m³/g per la prima falda e 16 m³/g per la seconda falda. Si ritiene debbano essere aggiornate le portate mediante valutazioni di massima. Dovrà inoltre essere dimostrato che l'impianto di trattamento acque della Scarlino Energia abbia effettivamente le caratteristiche necessarie per garantire l'efficace abbattimento dei contaminati provenienti dal nuovo assetto delle barriere idrauliche.

Come dichiarato direttamente da Scarlino Energia, per quanto riguarda il carico massimo gestibile di inquinanti, l'impianto in oggetto ha già trattato in passato acque con caratteristiche del tutto simili a quelle provenienti dalla futura barriera (es.: acque di Miniera e di bonifica) in quantitativi e concentrazioni assai maggiori dei tenori medi di analiti previsti in arrivo dalla barriera idraulica di progetto, senza problematiche di sorta.

Tenendo conto dei valori sopra indicati, i flussi in ingresso stimati sono la somma di quelli attuali con quelli in arrivo dalla porzione di barriera di progetto in zona Padule di Scarlino. In particolare si stima quanto segue:

- 12,5 (attuale barriera) + 10,8 (barriera di nuova realizzazione) = 23,3 mc/g, per la falda 1a;
- 16 (attuale barriera) + 18 (barriera di nuova realizzazione) = 34 mc/g, per la falda 1b.

Dal punto di vista dei flussi in ingresso all'impianto (informazioni tratte direttamente dall'AIA Scarlino Energia), nel suo complesso, il sistema di trattamento è costituito da due linee, ciascuna con una capacità di trattamento di 800-1.000 mc/h.

Una linea è interamente dedicata al processo di depurazione dei reflui del lavaggio dei fumi di combustione (lavaggi acido e basico, sezione di abbattimento elettrostatico, per un flusso composto al 95% da acqua di mare), per una portata di 400 mc/h, trattati separatamente da tutti gli altri flussi nella linea ad essi dedicata.

La seconda linea è invece destinata al trattamento di acque dolci: per questa linea è prevista l'ottimizzazione in termini di reflui in ingresso, possibile dal momento che gli attuali conferimenti sono inferiori alla capacità con cui la linea è stata dimensionata. Nella seguente tabella sono sintetizzati i flussi di previsto conferimento individuati dal proponente, con indicazione per ciascuno di essi delle portate orari minima e massima



Tabella 12: Flussi in Ingresso alla Linea Acque Dolci del TRL

Flussi	Portata oraria minima (m ³ /ora)	Portata oraria massima (m ³ /ora)	Portata Giornaliera Media (m ³ /giorno)
Miniera di Gavorrano ⁽¹⁾	200	300	11.500
Acque bonifica da Syndial(*)	4	4	
Rete drenaggio Nuova Solmine ⁽⁵⁾	0	250	
Rete di drenaggio Scarlino Energia	50	400	
Eluati da demineralizzazione Nuova Solmine ^{(2) (5)}	0	150	
Flussi vari da stabilimento Nuova Solmine ^{(3) (5)}	0	5	
Rifiuti liquidi conferiti da terzi ⁽⁴⁾	20	20	

Note:

(1) ingresso indicato a solo scopo di predisposizione per un futuro trattamento: attualmente il conferimento del flusso al TRL è sospeso (dal 01/04/2010). Il refluo è comunque intercettabile da distanza con capacità di accumulo all'origine di alcuni giorni

(2) flusso discontinuo regolabile ed intercettabile da distanza con capacità d'accumulo all'origine di circa 12 ore

(3) flussi discontinui

(4) flusso regolabile ed intercettabile da distanza con capacità d'accumulo all'origine

(5) flusso normalmente trattato nel nuovo impianto di trattamento acque reflue di proprietà Nuova Solmine, attivato in data 8 Giugno 2012. Il conferimento all'impianto TRL è previsto in caso di emergenze e/o manutenzione straordinaria di tale nuovo impianto Nuova Solmine

(*) si precisa che si tratta delle acque di falda, quelle di scavo, quelle meteoriche di regimazione degli scavi e le acque di lavaggio mezzi (rif. Determinazione n. 2417 del 27/08/2012)

Analogamente a quanto detto per l'impianto di Nuova Solmine, l'impianto di Scarlino Energia è stato dimensionato a suo tempo per poter gestire flussi di acque di ordini di grandezza ben maggiori di quelli prodotti dal sistema di barrieramento di progetto, senza contare il fatto che questi ultimi costituiscono appunto una quota parte minima rispetto ai flussi provenienti da altre fonti.



1.11 In riferimento ai valori obiettivo di bonifica degli elementi contaminanti (Arsenico, Ferro, Manganese, Solfati), ARPAT ha definito i Valori di Fondo Naturale e i valori di Fondo Antropico nella relazione trasmessa agli Enti con n. prot 6185 del 28/01/2014.

Come richiesto, nella presente revisione al progetto di bonifica originario gli obiettivi di bonifica sono stati rivisti in funzione dei Valori di Fondo Naturale (VFN) definiti nello studio denominato “Definizione dei Valori di Fondo ed alcuni parametri nelle Acque Sotterranee dei Siti in Bonifica della Pianura di Scarlino, Grosseto (2003-2012)” presentato nel Gennaio 2014 a cura del dipartimento provinciale ARPAT di Grosseto – Direzione Tecnica.

In tale documento vengono definiti sia i Valori di Fondo Naturale (VFN) che i Valori di Fondo Ambientale (VFA) per i parametri *Manganese, Ferro, Solfati* e *Arsenico*. Questi ultimi dovrebbero essere ratificati dalla Regione Toscana con un apposito piano per l'inquinamento diffuso secondo quanto previsto dall' art. 239 comma 3 del D.Lgs 152/2006.

In attesa di tale piano regionale, come indicato all'interno del documento Arpat, sono stati considerati come obiettivi di bonifica i VFN, che si riportano sinteticamente nella seguente tabella:

Tabella 13 - confronto VFN/CSC e indicazione degli obiettivi di bonifica per le acque sotterranee della piana

PARAMETRO	VFN [µG/L]	CSC D.Lgs. 152/06 [µG/L]	OBIETTIVI DI BONIFICA [µG/L]
Manganese	177	50	177
Ferro	460	200	460
Solfati	235	250	250
Arsenico	5,5	10	10

Come si può osservare, per i parametri *Manganese* e *Ferro* i VFN risultano essere superiori rispetto alle CSC di cui alla tabella 2 dell'allegato alla parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006 e sono stati presi come nuovi obiettivi di bonifica. Al contrario, essendo i VFN per i parametri *Solfati* e *Arsenico* inferiori rispetto alle corrispondenti CSC; queste ultime sono quindi rimaste gli obiettivi di bonifica.



1.12 Si ritiene opportuno siano valutate anche possibili ipotesi progettuali alternative a quanto proposto, considerato anche quanto riportato in introduzione del Progetto (Figura 1, pag.3 della Relazione Tecnica).

In recepimento di tale richiesta, è stato revisionato il **paragrafo 24.1**, che contiene appunto uno screening dettagliato relativo all'applicabilità delle varie tecnologie di bonifica così come previsto dal D.Lgs. 152/06. Pertanto, in risposta a quanto sopra, si rimanda proprio al paragrafo 24.1 per gli approfondimenti necessari.



2. PUNTO B - PARERE N.15336 DEL 07/03/2014 DELL' UF IGIENE E SANITÀ PUBBLICA "COLLINE METALLIFERE":

1.1 Si reputa, per meglio definire la reale diffusione dell'inquinamento della falda, che sia effettuato un confronto con il Gestore Unico "Acquedotto del Fiora" e con la scrivente Unità Funzionale sulla completezza dei dati dei pozzi utilizzati a scopo potabile e siano acquisiti ed inseriti nel database quelli che eventualmente non risultassero già presenti.

A nostro avviso, l'area da investigare con tali elementi conoscitivi deve necessariamente comprendere anche le fonti di approvvigionamento poste nei territori limitrofi all'area del Casone di Scarlino come ad esempio la Zona Industriale di Follonica, il campo pozzi "Bicocchi" e l'area in loc. Salciaina.

In ottemperanza alla prescrizione sopra riportata si è svolto, in data 22/09/2014, un confronto tra i tecnici della scrivente società *ambiente sc*, il responsabile dell'U.F. *Igiene e Sanità Pubblica "Colline Metallifere"* ed il tecnico competente del Gestore Unico "Acquedotto del Fiora" in merito alla completezza dei dati del database utilizzato per la progettazione.

In tale sede sono stati acquisiti, come richiesto, i dati relativi ai pozzi facenti parte della rete del Gestore Unico "Acquedotto del Fiora" e dell'Azienda Sanitaria competente AUSL 9 utilizzati per l'approvvigionamento idropotabile.

Le informazioni acquisite comprendono le caratteristiche costruttive dei pozzi e le analisi chimiche delle acque, in particolare per quanto concerne i parametri conducibilità, Arsenico, Manganese, Ferro e Solfati (traccianti della contaminazione).

Si pone in evidenza che tali dati non sono stati inseriti nel database generale (e nelle relative elaborazioni grafiche) in quanto la regolamentazione delle acque ad uso idropotabile, e quindi i parametri, i relativi limiti normativi e le modalità di campionamento ed analisi, fa riferimento al D.Lgs. 31/2001 "Attuazione della direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano", mentre il presente progetto di bonifica è realizzato in conformità con il D.Lgs. 152/2006 "Norme in Materia Ambientale". Per questo motivo le risultanze analitiche non sono confrontabili con quelle presenti nel database sulle quali è stata svolta la progettazione.

Si è scelto comunque di inserirle, per completezza, in un file separato denominato "database AUSL/Aquedotto del Fiora" che è stato riportato all'interno degli allegati.

Entrando nel dettaglio di tali dati, si riporta di seguito l'elenco dei pozzi che si trovano in aree esterne a quelle interessate dal progetto di bonifica; in particolare, i pozzi ricadono in località "Baracchi" e "Carpiano" nel comune di Scarlino ed in località "Salciaina" e "Zona Industriale" nel Comune di Follonica (cfr. tabella 8).



Tabella 14 – elenco pozzi aree esterne alla piana di Scarlino (fonte: AUSL 9/Acquedotto del Fiora)

NOME	CODICE "GESTORE"	COMUNE	COORDINATE (GAUSS-BOAGA)		PROFONDITÀ [M]	ANALISI
			EST	NORD		
Salciaina 1 bis	FOLPO1	FOLLONICA	1644999,51	4753099,10	93	SI
Bicocchi 2	FOLPO10	FOLLONICA	1645531,15	4754635,25	67,5	
Bicocchi 3	FOLPO11	FOLLONICA	1645915,17	4754524,99	63	
Zona Industriale 3	FOLPO12	FOLLONICA	1645956,68	4755021,55	90,5	
Salciaina 7	FOLPO17	FOLLONICA	1645584,64	4754009,90	72	
Salciaina 2	FOLPO2	FOLLONICA	1645158,47	4752977,16		SI
Salciaina 3	FOLPO3	FOLLONICA	1645280,60	4752859,35	72	
Salciaina 5	FOLPO4	FOLLONICA	1645142,59	4752723,30	76	SI
Salciaina 8	FOLPO5	FOLLONICA	1644938,22	4753015,72	70	SI
Bicocchi 1	FOLPO9	FOLLONICA	1645263,42	4754601,67		
Baracchi 1	SCRPO1	SCARLINO	1648090,83	4753077,60	52	SI
Baracchi 2	SCRPO2	SCARLINO	1648123,00	4753064,61	52	SI
Carpiano 4	SCRPO5	SCARLINO	1647961,55	4752281,96	37	SI
Carpiano 3 Bis	SCRPO6	SCARLINO	1647959,65	4752218,34	55	SI
Carpiano 5	SCRPO7	SCARLINO	1647943,70	4752041,60	52	
Carpiano 6	SCRPO8	SCARLINO	1647864,68	4751886,81	52	

Come visibile dalla penultima colonna della tabella soprastante, i pozzi in oggetto si riferiscono alla falda 2.

Nonostante poi, come detto, le modalità di campionamento ed analisi per tali pozzi non facciano riferimento al D.Lgs. 152/2006 ma a normativa specifica per le acque destinate al consumo umano (i.e. D.Lgs. 31/2001), è stata comunque effettuata una valutazione dello stato di qualità chimica di tali acque.

Di seguito, a titolo di esempio di quanto contenuto all'interno del database di cui all'ALLEGATO X-b, si riporta la tabella riassuntiva dei risultati analitici per i parametri traccianti della contaminazione per l'anno 2013.

Tabella 15 – elenco campagne monitoraggio pozzi aree esterne – anno 2013

DENOMINAZIONE POZZO	COMUNE	DATA	FERRO	MANGANESE	SOLFATI	ARSENICO
			µg/l	µg/l	mg/l	µg/l
POZZO ZONA INDUSTRIALE	FOLLONICA	08/01/2013	<5,0	0,5	46,7	12,9
POZZO ZONA INDUSTRIALE	FOLLONICA	11/11/2013	<5,0	0,5	67,6	14
POZZO ZONA INDUSTRIALE	FOLLONICA	06/03/2013	<5,0	0,5	69	18,4
POZZO ZONA INDUSTRIALE	FOLLONICA	30/05/2013	52,4	<0,5	70,6	2,6
POZZO ZONA INDUSTRIALE	FOLLONICA	18/07/2013	12,9	<0,5	70,8	9,6
POZZO ZONA INDUSTRIALE	FOLLONICA	12/09/2013	14,8	0,5	71,4	18,3
CARPIANO 3 BIS	SCARLINO	04/03/2013	9,3	5,2	141,5	1
POZZO SALCIAINA 5	FOLLONICA	21/06/2013	58,8	1,7	150,9	
CARPIANO 3 BIS	SCARLINO	11/10/2013	92,6	4,6	153	1,1



DENOMINAZIONE POZZO	COMUNE	DATA	FERRO	MANGANESE	SOLFATI	ARSENICO
			$\mu\text{g/l}$	$\mu\text{g/l}$	mg/l	$\mu\text{g/l}$
CARPIANO	SCARLINO	10/07/2013	<5,0	2,7	169,6	<1,0
POZZO SALCIAINA 8	FOLLONICA	21/06/2013	<5,0	11,4	177,5	
POZZO SALCIAINA 3	FOLLONICA	21/06/2013	273,7	7,2	193,2	
CARPIANO 4	SCARLINO	04/03/2013	67,6	4,7	195,3	<1,0
CARPIANO 4	SCARLINO	11/10/2013	43,8	2,4	201,4	1,1
CARPIANO 3 BIS	SCARLINO	10/07/2013	28,2	2,3	217	<1,0
BARACCHI 1	SCARLINO	03/07/2013	269,3	11,9	243,2	<1,0
BARACCHI 2	SCARLINO	03/07/2013	174,6	10,1	344,5	<1,0
POZZI SALCIAINA 1 BIS	FOLLONICA	21/06/2013	107,8	3,7	458,7	

Come sottolineato dai tecnici AUSL 9 e Acquedotto del Fiora nella riunione del 22/9/2014 sopra citata, la metodica correlata con le determinazioni normate dal D.Lgs. 31/2001 prevede un'analisi sul campione tal quale acidificato. La metodica invece per i campionamenti delle acque di falda come da D.Lgs. 152/06 prevede di effettuare le determinazioni sul campione filtrato (filtro a 0,45 micron) e acidificato.

In relazione alle due differenti metodologie, si evidenzia che la prima descritta può portare a sovrastime in relazione al tenore di solidi sospesi nel campione, variabili in relazione a diversi fattori (stagione di campionamento, ora del giorno, sfruttamento del pozzo, condizioni di pompaggio, etc.).

Per via delle metodiche differenti (funzionali a verifiche e obiettivi differenti), è possibile fare una stima solo qualitativa delle acque provenienti dai pozzi delle aree esterne.

Fatta questa importante premessa, dall'esame delle risultanze analitiche di cui sopra, si vede che i tenori di arsenico rimangono molto bassi, con l'unica eccezione del pozzo denominato "pozzo zona industriale" a Follonica, che presenta valori un po' più elevati rispetto al resto dei pozzi monitorati, ma si sottolinea che tali acque sono utilizzate per scopi industriali, opportunamente trattate in impianti e comunque non destinate al consumo.

Infine, anche per gli altri parametri traccianti della contaminazione, i valori riscontrati mostrano una buona qualità chimico-fisica delle acque analizzate, con valori solo sporadicamente e localmente più alti.



3. PUNTO C - PARERE N. 19692 DEL 03/02/2014 E N.68759 DEL 28/04/2014 DELLA PROVINCIA DI GROSSETO:

1.2 Confrontando quanto riportato nello studio "Biondi-Donati" del 2011 con il documento in esame si rilevano le seguenti incongruenze circa la distribuzione della contaminazione:

- a. Confronto tra le figure a pag.49 e 57 dello studio "Donati-Biondi" e le tavv. 4a e 4b circa la distribuzione di arsenico. Dovranno essere forniti dati circa i pozzi o piezometri presenti in tali zone o dovranno essere rielaborate le carte tematiche:
- b. Confronto tra le figure a pag.47 e 58 dello studio "Donati-Biondi" e le tavv. 4g e 4f circa la distribuzione di manganese. Dovranno essere forniti dati circa i pozzi o piezometri presenti in tali zone o dovranno essere rielaborate le carte tematiche:
- c. Confronto tra le figure a pag.49 e 59 dello studio "Donati-Biondi" e le tavv. 4d e 4d circa la distribuzione di ferro. Dovranno essere forniti dati circa i pozzi o piezometri presenti in tali zone o dovranno essere rielaborate le carte tematiche;

In recepimento di tali osservazioni e richieste, sono state rielaborate le carte di isoconcentrazione circa la distribuzione di Arsenico (punto a), di Manganese (punto b) e Ferro (punto c) secondo il modello utilizzato dallo studio Donati-Biondi del 2011. Per la visione completa si rimanda alle TAVOLE 4a, 4b, 4c e 4d allegate al presente progetto.

Per quanto riguarda la metodica di rappresentazione grafica dei dati, si è scelto di evidenziare i pozzi/piezometri che non presentano superamenti per i parametri sopra indicati con cerchi di colore verde mentre, per quanto riguarda quelli che registrano superamenti, sono stati suddivisi nelle medesime classi adottate nello studio Donati-Biondi, con cerchi concentrici di diversa ampiezza in rapporto al tenore del relativo analita in quello specifico punto.

Si sottolinea che i dati utilizzati per l'elaborazione del Progetto Unitario di Bonifica della falda della piana di Scarlino, di cui questo elaborato costituisce revisione n.1, non presentano sostanziali differenze rispetto allo studio Donati-Biondi sullo stato qualitativo delle acque e quindi sui livelli di contaminazione. Lo studio effettuato dalla scrivente si basa infatti su un gran numero di dati storici acquisiti nel corso degli anni dagli Enti a seguito di caratterizzazioni ambientali e monitoraggi in aree che sono state o sono oggetto di azioni di bonifica (es. GR72 S.Martino e ex Frantumazione, GR90 Scarlino Energia, GR66, etc.). Tali dati sono stati nel tempo resi fruibili dagli enti competenti stessi e variamente utilizzati in alcuni studi già agli atti sui tenori di contaminanti della piana di Scarlino.

Preme inoltre evidenziare che le carte di isoconcentrazione presenti nel progetto originario, valutato nella CdS del 29/4/2014, sono state elaborate utilizzando semplicemente la modalità più direttamente funzionale alla progettazione delle barriere idrauliche, in accordo con quanto usualmente suggerito e consigliato nella letteratura di settore.



Si è scelto infatti di utilizzare l'interpolazione con il metodo del "natural neighbour" in quanto essa permette una visione più omogenea della distribuzione spaziale dei contaminanti di interesse sull'area in oggetto. La costruzione di mappe di isoconcentrazioni in questa modalità permette di poter stimare, ancorché con un certo livello di indeterminazione/approssimazione, la concentrazione degli analiti anche in zone dove non vi siano informazioni, in questo caso dove non sono presenti pozzi/piezometri.

Lo studio Donati-Biondi più volte citato mostra carte sotto un formato e in una modalità di rappresentazione che riporta, tramite cerchi di differente diametro, l'entità della concentrazione di inquinante rilevata nello specifico pozzo/piezometro, senza tuttavia dare informazioni circa la situazione in continuum della falda.

Le due modalità, pur partendo dallo stesso set di dati, restituiscono due rappresentazioni visivamente differenti ma del tutto congruenti.

La scelta dell'utilizzo della prima piuttosto che della seconda è stato soltanto di opportunità, in quanto la distribuzione del tipo "natural neighbour" consente di sovrapporvi differenti soluzioni progettuali di barriera, verificando direttamente su planimetria se i pozzi sono stati posizionati in modo tale da poter gestire al meglio la contaminazione.

Entrando più dettagliatamente nel merito della capacità predittiva delle carte di isoconcentrazione in aree con assenza di dati, è importante sottolineare che tali carte risultano maggiormente attinenti a una situazione reale quanto maggiore è la copertura dell'area in oggetto, in termini di dati a disposizione. Oltre a ciò, poiché tali carte di distribuzione della concentrazione utilizzano metodologie di interpolazione, va da sé che laddove vi è un numero maggiore di punti per unità di area, il livello di precisione e di attinenza delle stesse alla realtà è maggiore. Al contrario, in punti ai confini del modello o in aree con scarsità di dati per unità di area, il livello di affidabilità della restituzione grafica dell'andamento dei contaminanti risulta basso.

Applicando quanto detto al caso in esame, si può notare come le carte di isoconcentrazione risultino maggiormente rispondenti alla situazione reale nella zona centrale della piana (area del Casone) in quanto in essa sono concentrati la stragrande maggioranza dei punti di monitoraggio della falda. Tali mappe portano con sé invece un grado maggiore di indeterminatezza e di minore affidabilità nelle zone periferiche della piana (in particolare: zona ovest verso Follonica; zona nord, oltre la SP 152 di Scarlino Scalo; zona est) per via dell'esiguo numero di punti di monitoraggio ivi presenti.

Proprio in ragione di tale discrepanza è stato pensato il posizionamento e la costruzione di nuovi punti di monitoraggio della falda, molti dei quali hanno proprio lo scopo di indagare zone della piana con minor popolazione di dati. In base ai futuri dati raccolti sui nuovi punti di monitoraggio potranno essere rielaborate le carte di isoconcentrazione, le quali potranno via via essere migliorate in termini di precisione e capacità di restituzione della reale situazione della falda.



Si vuole ulteriormente chiarire che i dati utilizzati dalla scrivente per l'elaborazione delle carte in oggetto provengono dalle medesime fonti dello studio Donati-Biondi, ulteriormente integrate con i dati più recenti relativi agli anni 2011 e 2012.

Rimandando per gli approfondimenti del caso alla visione delle TAVOLE 4 e 5, si propone di seguito un confronto tra gli stralci, per il parametro Arsenico, delle carte di isoconcentrazione rielaborate come richiesto dalla Provincia di Grosseto, quelle dello studio Donati-Biondi sopra-citato e quelle ottenute per interpolazione con la tecnica del "natural neighbor".

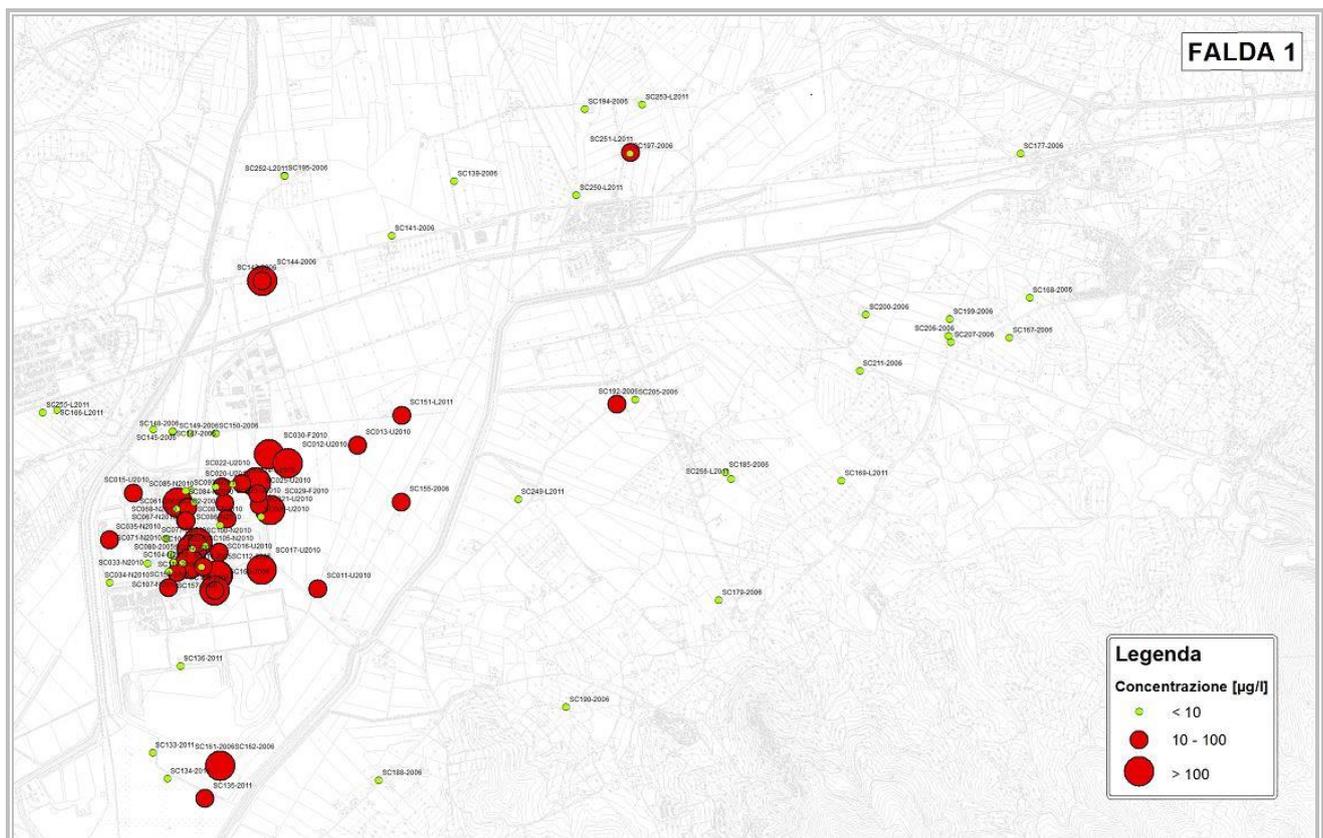


Figura 13 - Carta di isoconcentrazione rielaborata utilizzando la metodologia di visualizzazione Donati-Biondi (in verde i pozzi/piezometri con concentrazioni di Arsenico inferiori al limite normativo – CSC di cui alla tabella 2 dell'allegato 5, parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006).

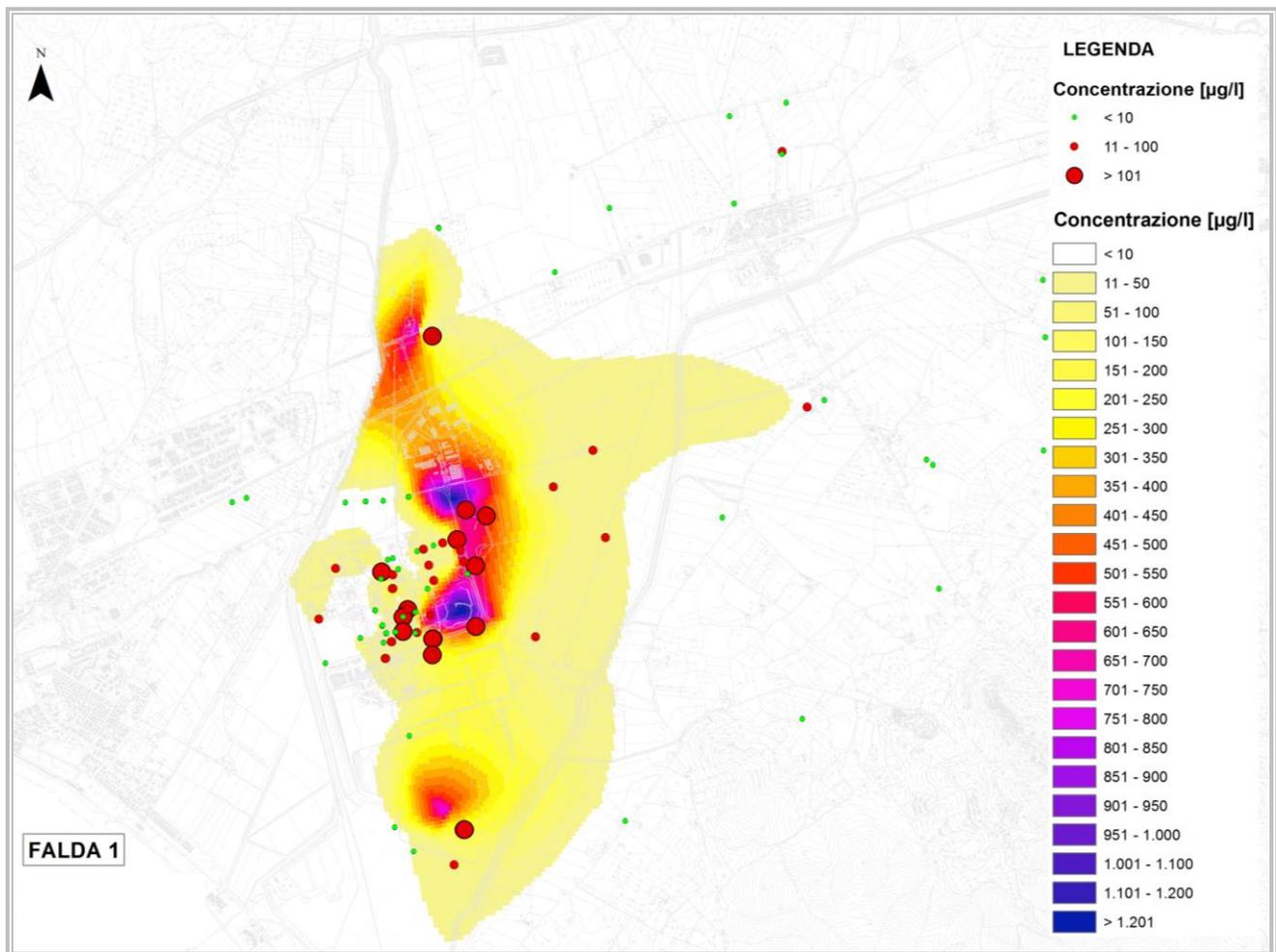


Figura 14 - Carta di isoconcentrazione rielaborata utilizzando la metodologia di visualizzazione Donati-Biondi (in verde i pozzis/piezometri con concentrazioni di Arsenico inferiori al limite normativo – CSC di cui alla tabella 2 dell'allegato 5, parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006) sovrapposta con la carta di isoconcentrazione elaborata con la tecnica di interpolazione del "natural neighbor"



Figura 15 - Carta di isoconcentrazione elaborata con la tecnica di interpolazione “natural neighbor”; sono evidenziate con una gradazione di colore proporzionale alla concentrazione le aree in cui i livelli di concentrazione superano il limite normativo – CSC di cui alla tabella 2 dell'allegato 5, parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006.

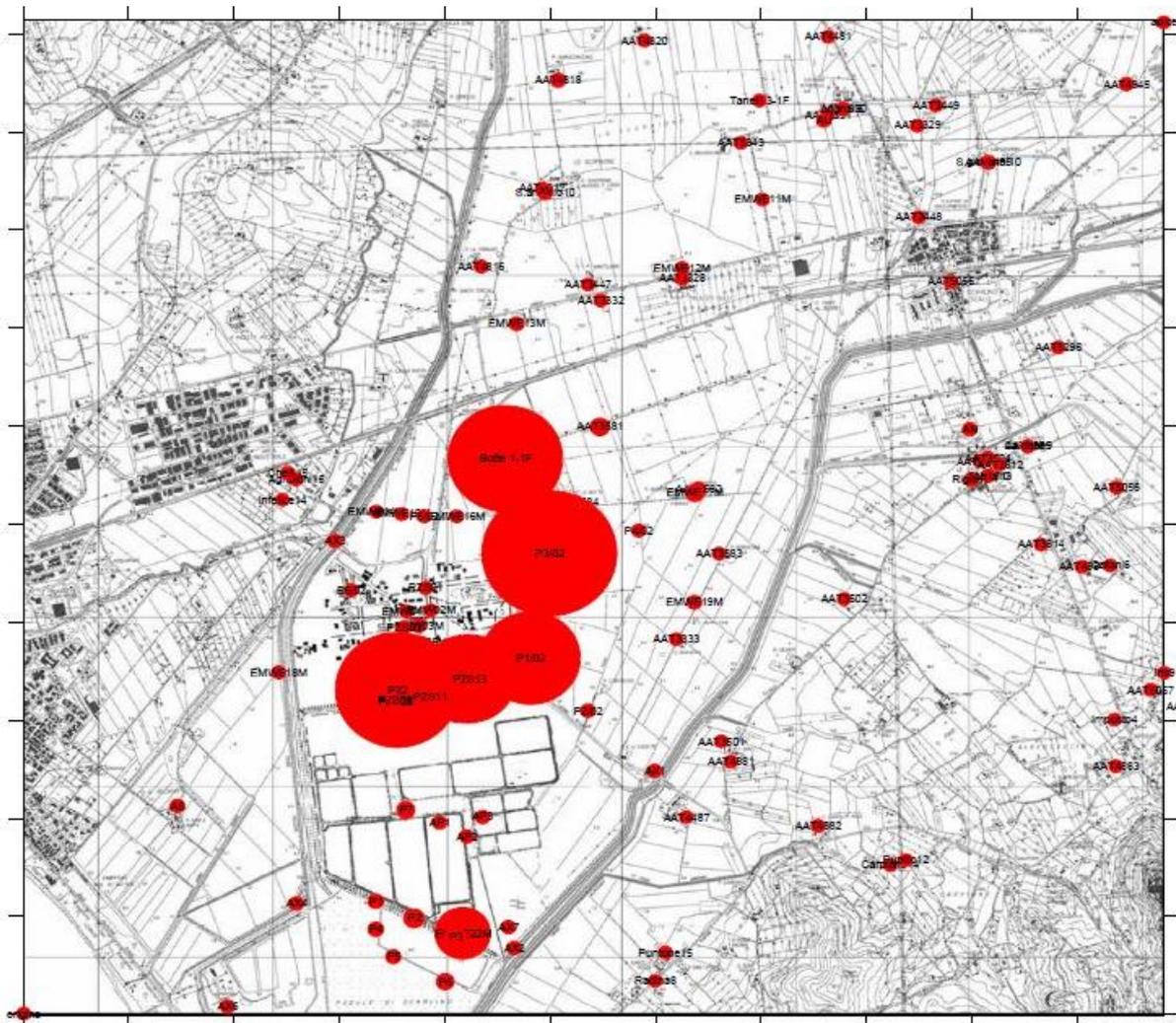


Figura 16 - Carta di isoconcentrazione per l'Arsenico tratta dallo studio Donati-Biondi. I cerchi di diametro più piccolo si riferiscono ai pozzi/piezometri con concentrazioni di Arsenico inferiori al limite normativo – CSC di cui alla tabella 2 dell'allegato 5, parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006.

Dall'osservazione delle immagini sopra riportate si nota l'assenza di punti con concentrazioni superiori a quelle di legge (rif. CSC tabella 2 dell'allegato 5, parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006) ad ovest del Fiume Pecora, oltre che nell'area settentrionale della piana, e quindi l'assenza di contaminazione da arsenico della falda superficiale nell'area di Follonica.

Per quanto concerne i restanti parametri di interesse, vale a dire Manganese, Ferro e Solfati si rimanda alla visione delle TAVOLE 4, le quali mostrano comunque una situazione di contaminazione concentrata nei punti e nelle zone su cui è prevista la realizzazione delle barriere in progetto, ovvero zona Padule di Scarlino, zona centrale del Casone e zona Nord/la Botte.

Infine per quanto riguarda i dati utilizzati per le elaborazioni delle carte di cui sopra, sia in termini caratteristiche costruttive e descrittive dei pozzi/piezometri che di relative analisi chimiche, si rimanda al *database* inserito nell'ALLEGATO X (formato elettronico).



1.3 *Dal documento in esame risulta che le aree a maggiore criticità, per quanto riguarda la contaminazione della falda, sono state rilevate in prossimità di alcuni siti in bonifica, non ancora certificati, ma comunque con lavori eseguiti o in corso. Tale aspetto viene solo riportato (con i dati dei piezometri) ma non viene fatta un'analisi critica di tale situazione e non viene data una spiegazione della situazione attuale. Non viene spiegato infatti come mai, in prossimità del sito GR72, dove, nonostante il fatto che siano stati eseguiti i lavori di bonifica per il suolo (asportazione e messa in sicurezza permanente) e sia attivo il sistema di pump&treat si riscontrino ancora valori alti di arsenico (motivo per cui dopo i 5 anni di monitoraggio post operam non è stata rilasciata la certificazione di avvenuta bonifica). Tali criticità sono state rilevate anche in prossimità del sito GR66pp (panettone). Pertanto il progetto unitario, che si deve basare su una visione globale della piana in esame:*

- a. Deve chiarire i limiti dei singoli interventi di MISE e di bonifica della falda dei siti in bonifica presenti nell'area indagata;*
- b. Deve fornire un'analisi critica della situazione attuale, delle motivazioni per cui non sono stati raggiunti i risultati attesi dai vari progetti di bonifica approvati;*
- c. Deve essere rielaborato il modello concettuale tenendo conto degli aspetti appena menzionati;*

Per quanto concerne i punti a e b, ad essi è stata data risposta dettagliata nel precedente 1.1, al quale si rimanda.

Per quel che riguarda il punto c, invece, in recepimento di tale richiesta è stato elaborato il modello concettuale, presente all'interno della PARTE VIII, alla quale si rimanda.

1.4 *Deve essere caratterizzata la falda n.2 (ex terza falda dei precedenti progetti di bonifica);*

In risposta a tale punto si rimanda al precedente paragrafo 1.3 della presente sezione per quanto concerne le azioni svolte e previste per quanto riguarda la caratterizzazione della falda n.2.

1.5 *Devono essere chiarite le motivazioni per cui le barriere idrauliche sono state posizionate in larga misura a valle dell'area industriale e non in prossimità delle aree a maggiore contaminazione;*

Per la risposta esaustiva a tale richiesta di chiarimenti si rimanda al precedente paragrafo 1.4 della presente sezione, nonché alla TAVOLA 6 e 7 per una esaustiva comprensione del lavoro e delle motivazioni che hanno portato a posizionare e riconfigurare le barriere nella nuova soluzione proposta.



1.6 Dovrà essere dimostrato che l'intervento di bonifica, una volta a regime, non aumenti l'ingressione del cuneo salino;

In merito a questa prescrizione preme sottolineare che al momento non vi sono dati né strumenti sufficienti per poter dimostrare in modo certo che l'intervento di bonifica, una volta a regime, andrà ad aumentare o meno l'ingressione del cuneo salino nelle falde.

Tuttavia, valutata l'importanza della problematica dell'ingressione di acque marine all'interno delle falde costiere, soprattutto in un progetto di bonifica con la tecnica del *Pump&Treat*, è stata inserita un'analisi sintetica della problematica in rapporto al materiale ad oggi disponibile, è stata effettuata una prima modellazione (condizioni attuali/condizioni di progetto) utilizzando un modello di trasporto (cfr. ALLEGATO II) ed è stato proposto un protocollo tecnico-operativo di monitoraggio delle acque sotterranee funzionale al calcolo periodico della salinità sui differenti layer acquiferi della piana e a differenti distanza dalla costa.

Per i dettagli di quanto qui sommariamente descritto, si rimanda al soprastante punto 1.7 e relativa risposta, nonché alla successiva SEZIONE VII par. 26.12.2 e all'ALLEGATO II.



PARTE II SINTESI DELLE ATTIVITÀ PREGRESSE SVOLTE SUL SITO ED INDIVIDUAZIONE DEGLI OBIETTIVI DI BONIFICA

4. METODOLOGIA E DOCUMENTAZIONE DI RIFERIMENTO

Esistono innumerevoli dati stratigrafici, idrogeologici, chimici ed idrochimici della Piana di Scarlino, ma tutt'oggi tali dati sono stati solo parzialmente sistematizzati in modo organico ed esaustivo al fine di poter giungere ad una visione completa ed organica della dinamica del trasporto dei contaminanti nella falda acquifera dai vari punti di vista. Il percorso metodologico finalizzato alla progettazione di un intervento unitario di bonifica della falda deve pertanto necessariamente partire da un lavoro di raccolta, sistematizzazione ed elaborazione della molteplicità dei dati esistenti, finalizzata, in primo luogo, alla ricostruzione dell'assetto idrogeologico ed idrochimico della zona industriale del Casone di Scarlino e della Piana circostante ed alla definizione dell'area-sorgente come fonte di contributo antropico alla contaminazione da metalli pesanti della falda acquifera. Il tutto allo scopo finale di giungere ad una proposta di intervento per il risanamento delle acque sotterranee che, a partire dalla zona industriale sia in grado di accelerare la riduzione nel tempo del carico inquinante, così come richiesto nel Piano provinciale di bonifica dei siti inquinati di cui alla Del CP n°17 del 30/03/2006, ma al contempo di garantire la messa in sicurezza dell'area-sorgente inibendone il rischio di impatto verso bersagli sensibili e l'ulteriore rilascio di contaminanti nel tempo. A tale scopo è parte integrante del presente progetto la definizione dell'obiettivo e della sostenibilità economica dell'intervento che si intende progettare a partire da una corretta conoscenza ed analisi oggettiva dei dati esistenti.

4.1 Approccio metodologico

L'approccio metodologico finalizzato a giungere alla progettazione unitaria dell'intervento di bonifica da realizzare per le acque sotterranee della Piana di Scarlino ha previsto un percorso logico che ha permesso di giungere ad un quadro organico delle conoscenze del sito, sulla base del quale impostare il successivo percorso di progettazione degli interventi in termini di selezione della migliore alternativa e successiva progettazione di dettaglio. Di seguito si riporta uno schema del percorso seguito:

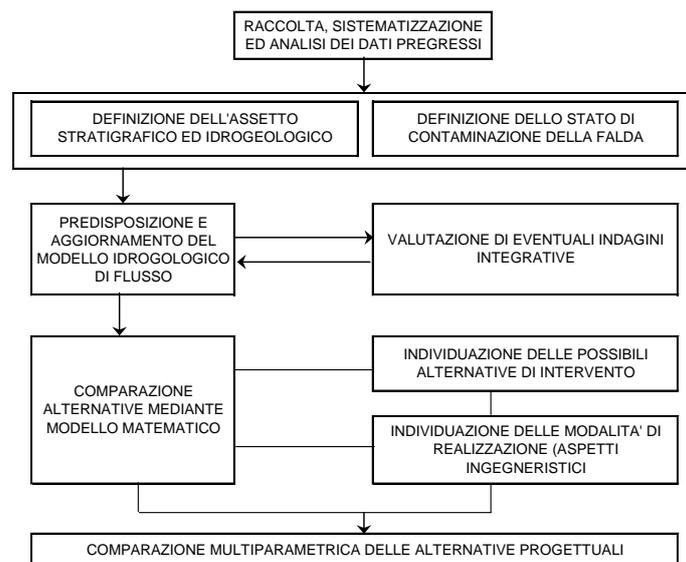


Figura 17: Schema del percorso seguito



Secondo l'approccio metodologico previsto, a livello operativo sono state eseguite le seguenti principali attività:

1. Raccolta dati presso gli enti pubblici e le società interessate;
2. Organizzazione e sistematizzazione dei dati in ambiente Microsoft Access, in modo da poter essere gestiti mediante strumentazione GIS;
3. Verifiche di campo per l'individuazione della rete di piezometri e pozzi di riferimento;
4. Gestione dei dati in ambiente SIT: Elaborazione di Modelli digitali di Elevazione (DEM) per la ricostruzione dell'andamento dei livelli acquiferi nel sottosuolo mediante elaborazione in ambiente GIS e ricostruzione di sezioni stratigrafiche significative ed Elaborazione di carte tematiche per la visualizzazione dell'andamento delle isoconcentrazioni dei parametri chimici di interesse e dell'andamento piezometrico dei differenti livelli acquiferi.
5. Creazione di un sistema informativo territoriale fruibile online (webgis);
6. Implementazione di un modello idrogeologico dell'area;
7. Valutazione della necessità di indagini integrative e loro esecuzione;
8. Valutazione delle possibili strategie di intervento ed elaborazione del progetto unitario della falda.

4.2 Raccolta dati esistenti

Primo passaggio fondamentale per lo sviluppo dell'intero progetto, secondo quanto definito dall'approccio metodologico, consiste nella raccolta dei dati pregressi contenuti nei vari documenti progettuali relativi agli iter amministrativi ai sensi della previgente e vigente normativa (D.M. 471/99 e D.Lgs. 152/06) avviati dalle singole Aziende presenti sul territorio (Piani di Caratterizzazione Ambientali, Relazioni Tecniche Descrittive delle indagini, Analisi di Rischio sito specifiche, Progetti di Bonifica e di MISE, report delle attività di monitoraggio e controllo). Tali dati sono stati reperiti presso le amministrazioni competenti e presso le singole Aziende che hanno attivato gli iter tecnico-amministrativi ai sensi di legge o per altri fini ritenuti comunque di interesse. In particolare, sono stati raccolti i dati inerenti:

- Piezometri/pozzi realizzati sulle differenti aree di proprietà, comprensivi delle profondità raggiunte, del condizionamento dei perfori e dell'esatta ubicazione geografica (coordinate X, Y, piano campagna e bocca pozzo);
- dati di conducibilità idraulica degli acquiferi;
- informazioni relative alle sequenze lito-stratigrafiche rilevate nell'area con indagini di campo (sondaggi, prove penetrometriche, pozzi, piezometri);
- eventuali ulteriori informazioni utili per la successiva progettazione dell'intervento di bonifica.

Oltre a ciò, le medesime informazioni di cui sopra sono state parzialmente reperite anche dalla consultazione di vari studi e pubblicazioni relative all'assetto idrogeologico e idrogeochimico della piana di Scarlino. Questi i principali oggetto di analisi:

- Studi Arpat di Grosseto (2001);
- Studio Tiezzi dell'Università di Siena commissionato dal Comune di Scarlino (2002);



- G. Tanelli ed Altri – “Studio della dispersione dell’Arsenico nella piana di Scarlino (GR)” – Convenzione Regione Toscana - ARPAT – UNIFI/DST (2003);
- G. Tanelli ed Altri – “Approfondimento dello studio inerente la diffusione dell’arsenico nel bacino del Fiume Pecora e zone limitrofe” – Convenzione Regione Toscana - ARPAT – UNIFI/DST (2005);
- Barazzuoli, Bianchi, Nocchi, Rigati, Salleolini – “Studio idrogeologico della pianura costiera di Follonica-Scarlino (Toscana meridionale)” – Quaderni di Geologia Applicata 13.1-2 (2006);
- G.Sbrilli, G. Giannerini, A.Biondi – “Proposta di indagine delle falde sotterranee nell’area del Casone di Scarlino” – ARPAT (2007);
- G. Tanelli ed Altri – “Caratterizzazione geoambientale degli acquiferi e dei sedimenti neogenici nella Piana di Scarlino” – Convenzione Regione Toscana - ARPAT – UNIFI/DST (2008);
- E. Bacci, S. Caneschi – Sito GR72 – San Martino, Linee di indirizzo per la bonifica dell’Arsenico presente nell’acquifero di media profondità – ARPAT (2009);
- A. Donati, A. Biondi – “Studio dei traccianti della contaminazione delle acque di falda della Piana di Scarlino - Relazione Conclusiva” (aprile 2011);
- G.Sbrilli, G. Giannerini, S.Menichetti – “definizione dei valori di fondo per alcuni parametri nelle acque sotterranee dei siti di bonifica della pianura di Scarlino, Grosseto (2003 – 2012)” – ARPAT/Regione Toscana (2014).

I molteplici studi effettuati negli anni sulla problematica relativa alla presenza di metalli (in primis l’Arsenico) e altri contaminanti inorganici nella piana di Scarlino, nonché le differenti indagini ambientali svolte sull’area hanno consentito la produzione di una **complessa ed articolata sequenza di dati** che, sistematizzati e studiati nel loro insieme, hanno costituito una buona base di partenza per la definizione di un modello concettuale avanzato a supporto della progettazione dell’intervento di bonifica unitario della falda nella piana di Scarlino.

A titolo esemplificativo e non esaustivo gli studi effettuati dall’Università di Firenze (Tanelli) e da dall’ Università di Siena (Tiezzi) hanno infatti osservato come in tutta l’area della Piana di Scarlino sia rintracciabile un possibile arricchimento naturale di As nei terreni. In particolare, lo studio dell’Università di Firenze rileva tenori variabili a seconda della porzione di Piana indagata: i campioni marginali della piana, esternamente all’area compresa fra il Fiume Pecora ed il Canale Allacciante, sono caratterizzati da tenori medi in arsenico di 20-50 mg/kg, mentre nella zona interna della piana tali valori salgono fino a centinaia di mg/kg. Lo studio, inoltre, rileva una marcata anomalia del metallo in questione anche nei campioni di sedimento prelevati dal Fiume Pecora con tenori che si aggirano intorno a 100 mg/kg. Tale studio conclude ritenendo che l’ anomalia geochimica nella piana di Scarlino relativa all’ arsenico sia da imputare all’associazione di cause naturali, che determinano un contenuto di fondo elevato in tutta la pianura legato alle caratteristiche geochimiche dei terreni in relazione alle associazioni mineralogiche presenti nelle adiacenti colline, e di cause antropiche legate alle attività industriali svolte in passato che generano anomalie più marcate nella zona industriale della Piana.

Relativamente alla matrice acque sotterranee, lo studio stesso rileva la presenza di elevate concentrazioni di arsenico negli acquiferi superficiali del Casone e de La Botte (punte massime attorno ai 1700 µg/l), di concentrazioni inferiori ma comunque elevate nella zona di Salciaia (valori attorno a 100 µg/l) e di valori



marcatamente più contenuti (16-17 µg/l) a Scarlino Scalo e nella zona industriale orientale di Follonica. Lo studio rileva inoltre concentrazioni molto inferiori e tendenzialmente conformi con i limiti normativi negli acquiferi più profondi individuati nei pozzi profondi de La Botte.

Nei paragrafi costituenti l'inquadramento generale verranno approfonditi i singoli aspetti desunti dalla raccolta e dallo studio dei dati esistenti, in particolare si fornirà:

- **Inquadramento dell'area vasta** (localizzazione, geologia, idrogeologia, climatologia, uso del suolo e vegetazione, pianificazione territoriale e vincolistica);
 - **Evoluzione storica/economica dell'area e suo sfruttamento** (attività pre-industriale, attività paleo-industriale, attività industriale, bonifica del Padule di Scarlino);
 - **Considerazioni sulla geo-chimica dell'area;**
 - **Stato della attività di bonifica nell'area.**
-



PARTE III INQUADRAMENTO GENERALE

Il presente capitolo costituisce inquadramento generale dell'area vasta denominata "Piana di Scarlino" oggetto di **Progettazione unitaria della bonifica delle acque di falda**, desunto dai numerosi studi condotti negli anni passati dagli enti di controllo e dai soggetti privati che mettono a disposizione una elevata quantità di dati, che, una volta sistematizzati, costituiscono base solida per la definizione di un modello concettuale avanzato a supporto della progettazione dell'intervento di bonifica unitario della falda nella Piana di Scarlino.

Nello specifico si procederà fornendo:

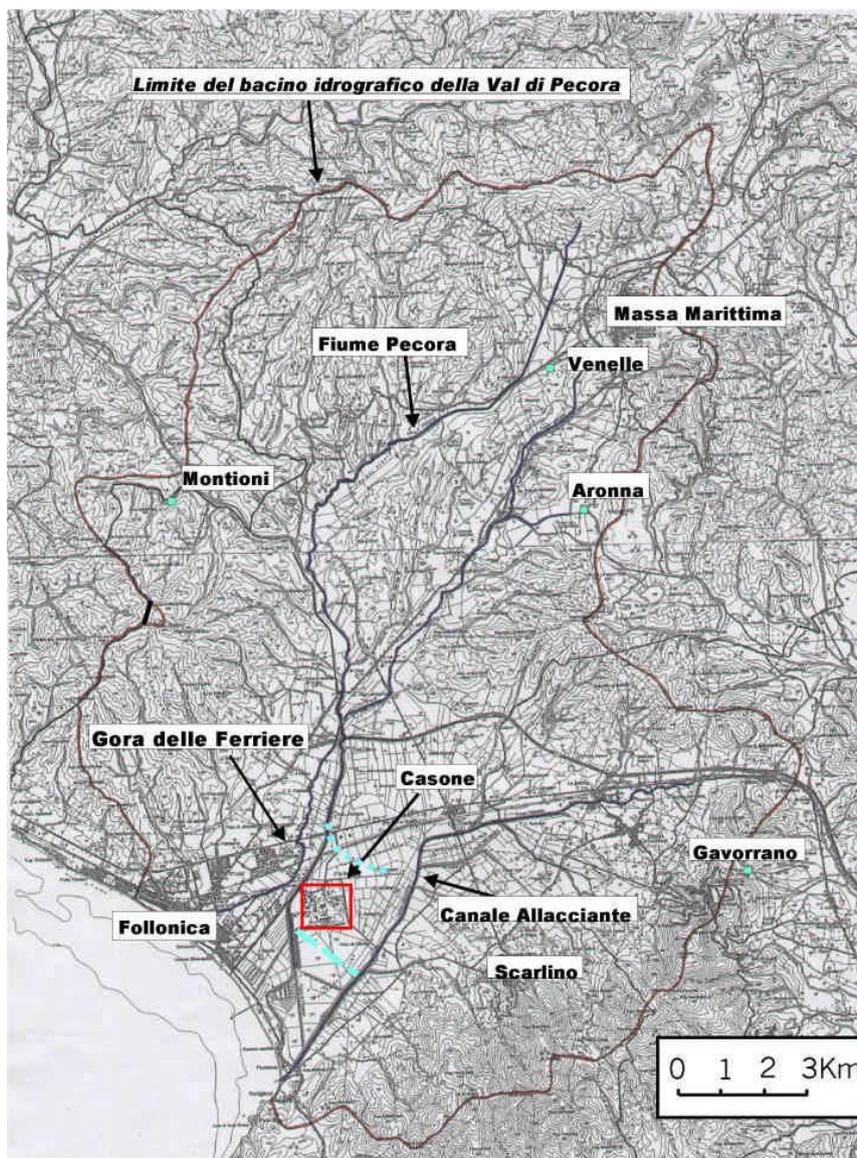
- **inquadramento territoriale dell'area:** localizzazione, limiti, elementi geo-morfologici più rilevanti, geologia, idro-geologia, climatologia con particolare interesse alle precipitazioni, uso del suolo, copertura vegetativa, pianificazione territoriale tramite l'analisi degli strumenti urbanistici;
- **inquadramento storico/economico dell'area:** evoluzione storica, economica e produttiva dell'area attraverso le epoche pre-industriale, paleo-industriale, industriale, con interesse allo sfruttamento delle risorse del suolo e sottosuolo dell'area e ad interventi di intesa modificazione del paesaggio quale la bonifica del Padule di Scarlino;
- **inquadramento geo-chimico dell'area:** individuazioni delle principali peculiarità geo-chimiche di origine naturale di area vasta e possibili modificazioni dovute all'attività antropica;
- **inquadramento dello stato del risanamento ambientale dell'area:** individuazione e presentazione dei principali interventi di bonifica ambientale conclusi e in corso nell'area e stato di progetto per ciascuno di loro.

5. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La porzione di territorio denominata "Piana di Scarlino" è situata nei comuni di Follonica e Scarlino, ha una superficie di circa 40 Km² e rappresenta il tratto terminale della pianura alluvionale del fiume Pecora, essa è costituita da un'area prevalentemente pianeggiante solcata da nord a sud dall'alveo fluviale del fiume Pecora, più volte modificato al fine di bonificare l'antico Padule di Scarlino, e da nord-est a sud-ovest dal Canale Allacciante che raccoglie le acque dell'ex-complesso minerario di Gavorrano. Tale territorio è delimitato ad ovest e sud-ovest dal Golfo di Follonica, a nord dalla colline di Montioni e dal monte Arsentì, ad est dalle alture di Massa Marittima e Gavorrano e a sud dai rilievi della zona di Scarlino con quote non superiori ai 597 m s.l.m. del monte d'Almina. Se si prende in considerazione un'area ancora più vasta, l'intero bacino idrografico del fiume Pecora comprende un'area che si estende tra Follonica e Monte d'Alma (Scarlino) a sud, Gavorrano e Massa Marittima ad est, Monte Arsentì e Montebamboli a nord, e Montioni ad ovest. I limiti orografici sono caratterizzati ad ovest da una serie di rilievi che da Poggio Fornello, posto a nord di Follonica, si dirigono verso nord - est, passando per Montioni, fino a raggiungere Montebamboli, separando la Val di Pecora dalla Val di Cornia. Nell'area Montebamboli - Monte Arsentì si trovano le cime più elevate del bacino: Monti Pergolo (494 m s.l.m.) e Monte Arsentì (536 m s.l.m.). Il fianco orientale della valle del Pecora - spartiacque con la Valle del Bruna - è caratterizzato da una serie di colline, che dall'area ad est di Massa Marittima, proseguendo in direzione sud verso Gavorrano - Scarlino, raggiungono il mare in località Portigliani. La fascia collinare che limita il bacino del Pecora si raccorda con gradualità all'area di fondovalle. Questa si presenta ampia e pianeggiante nella parte bassa (Piana di Scarlino), più stretta nella parte medio - alta del bacino. La zona di litorale è a costa bassa e sabbiosa dal Puntone fino a Follonica, ed



alta e rocciosa tra la foce dell'Alma e Portigioni. Risulta, inoltre, importante definire quanto riportato all'interno del "Accordo di Programma tra Comune di Scarlino – Nuova Solmine SpA – Scarlino Energia Srl – Tioxide Europe Srl – per la progettazione unitaria della bonifica delle acque di falda nella Piana di Scarlino" che in articolo 2 – Finalità ed Obiettivi dell'Accordo – definisce che il presente accordo ha come finalità la redazione del progetto unitario della bonifica delle acque di falda nella Piana di Scarlino, così come individuata nel "Piano Provinciale di bonifica delle aree inquinate della Provincia di Grosseto" approvato con delibera del Consiglio Provinciale n. 17 del 30.06.2006 e secondo quanto rilevato dal Gruppo Scientifico che collabora alle attività di valutazione dello stato di fatto e alla caratterizzazione delle acque, propedeutica alla redazione del progetto.



..... Vecchio corso del Pecora prima delle opere di bonifica del 1830-1850
- - - - - Tratto canalizzato costruito nel 1830-1850 ed abbandonato con le opere successive
(dalla Carta Topografica della Val di Pecora, Atti dell'Accademia, vol. XXVIII)

Figura 18: Bacino Idrografico Fiume Pecora – Fonte: Studio della dispersione dell'arsenico nella Piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)



In particolare il suddetto Piano provinciale individua come "Piana di Scarlino" un'area soggetta a misure di salvaguardia ubicata nei territori comunali di Scarlino e Follonica. Si riporta in figura estratto cartografico con indicazione del limite dell'area della Piana di Scarlino soggetta alle salvaguardie del Piano, limiti comunali, siti in anagrafe e siti in censimento all'interno del Piano Regionale delle Bonifiche e lineamenti idrogeologici (aspetti che verranno approfonditi nel proseguo del documento).

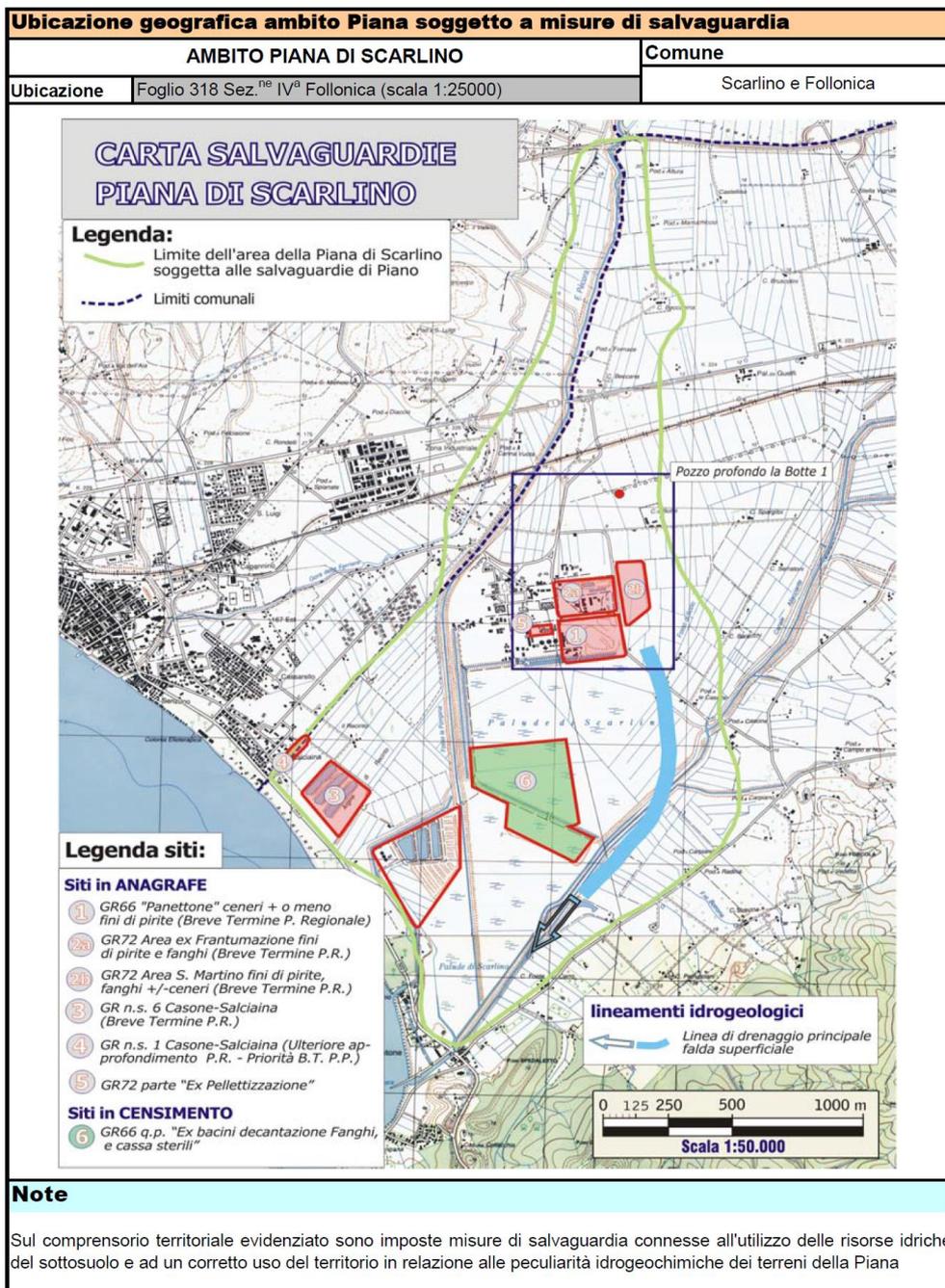


Figura 19: Ubicazione geografica ambito Piana soggetto a misure di salvaguardia – Fonte: Piano Provinciale di bonifica delle aree inquinate della Provincia di Grosseto (2006)



6. CLIMATOLOGIA

Il clima della Maremma Grossetana, in cui si trova la Piana di Scarlino, è tipicamente mediterraneo, e specificatamente presenta le caratteristiche dell'area tirrenica costiera, con estati caratterizzate da un caldo moderato mitigato dalle brezze marine di maestrale e ponente ed inverni non particolarmente freddi con rari episodi di gelate notturne e mattutine.

Le precipitazioni medie annue variano dai 419 mm del Monte Argentario ai 734 mm che si registrano presso la Fattoria Acquisti; negli altri casi si attestano mediamente tra i 550 e i 650 mm, situazione in cui ricade anche l'area oggetto del presente documento. Tutte le località fanno registrare un minimo estivo ed un picco autunnale più o meno accentuato.

Elemento caratterizzante dell'area è l'eliofania, la durata del soleggiamento, che presenta valori tra i più alti a livello nazionale. I dati riferiti alla stazione di Grosseto, indicano un minimo di circa 4 ore per i mesi di dicembre e gennaio, ed un massimo di circa 10 ore per i mesi di luglio e agosto, con una media annua superiore alle 7 ore giornaliere lungo la fascia costiera, nel tratto compreso tra le foci dell'Ombrone e del Chiarone.

Le temperature rilevate fanno registrare una media termica di 15.7°C a Follonica, e di 14.7°C a Scarlino. I valori di piovosità e temperature comportano periodi sensibilmente aridi nei mesi estivi. In accordo alla classificazione climatica di Thornthwaite ed agli studi di Barazzuoli et al. essa può essere considerata subarida C₁ (indice di umidità globale compreso tra -33,3 e 0).

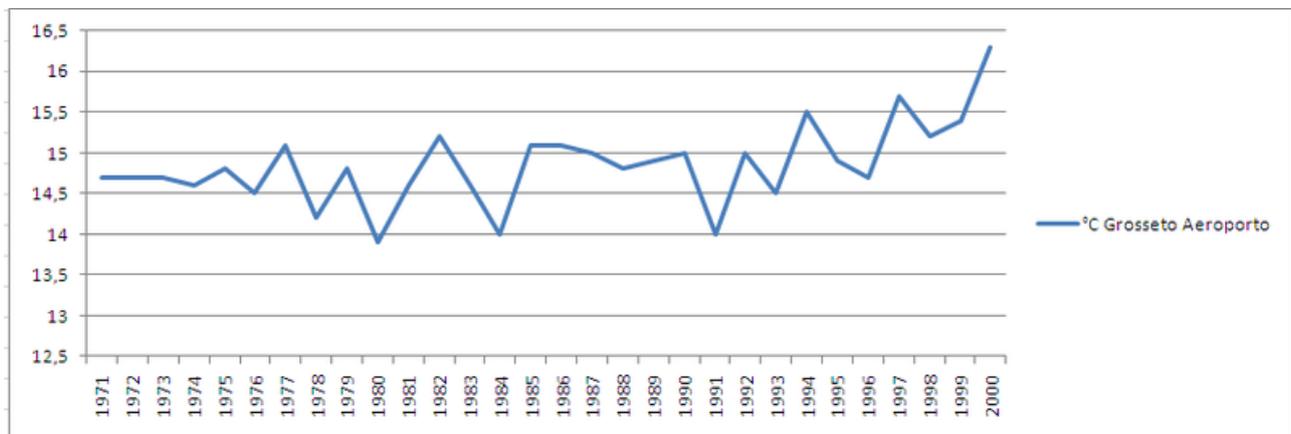


Figura 20: Andamento della temperatura media annua dal 1971 al 2000 - Stazione meteorologica di Grosseto Aeroporto

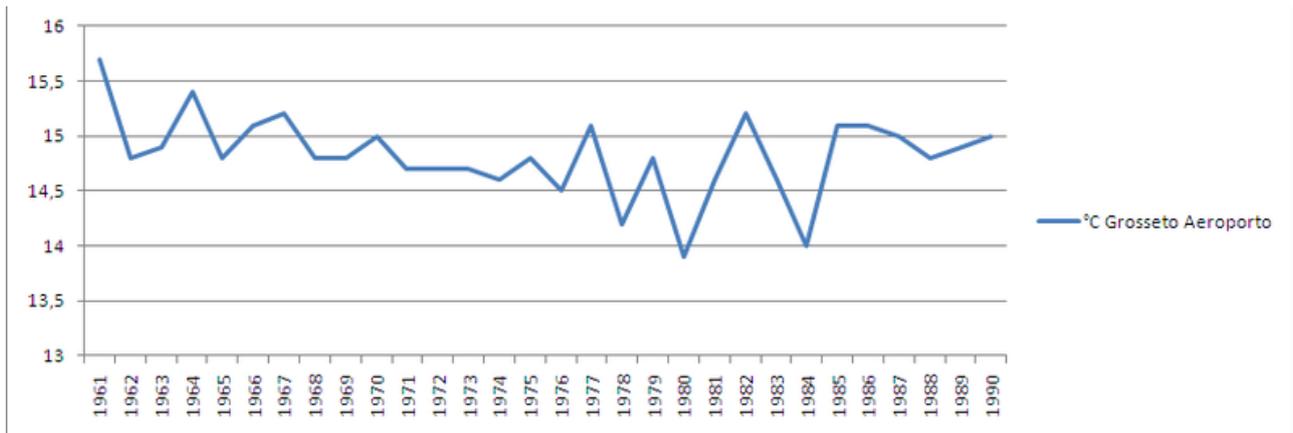


Figura 21: Andamento della temperatura media annua dal 1961 al 1990 - Stazione meteorologica di Grosseto Aeroporto

Per quanto riguarda i venti, I dati forniti dalla stazione di rilevamento di Scarlino Scalo (Associazione Rilevamento Qualità dell'Aria ARQA) come riportati in NUOVA SOLMINE (2002) indicano un andamento dei venti predominanti da Nord e da Nord Est-Est, e subordinatamente Sud Nord-Ovest, nel dettaglio dall'esame dei dati a disposizione presso la stazione di Torre del Sale (periodo di osservazione: 1977-1981), escludendo i venti periodici come le brezze, è possibile osservare la presenza, nella stagione invernale, di due punte massime rispettivamente da Sud (mezzogiorno) e Nord-Est (tramontana e greco). In primavera ed in estate si registrano punte massime con direzione Nord-Ovest (maestro) e Sud (mezzogiorno); infine in autunno prevalgono i venti da Nord ed Est (tramontana, greco e levante). In genere la velocità dei venti si mantiene su valori medio bassi anche se talora può raggiungere oltre 12 m/s.

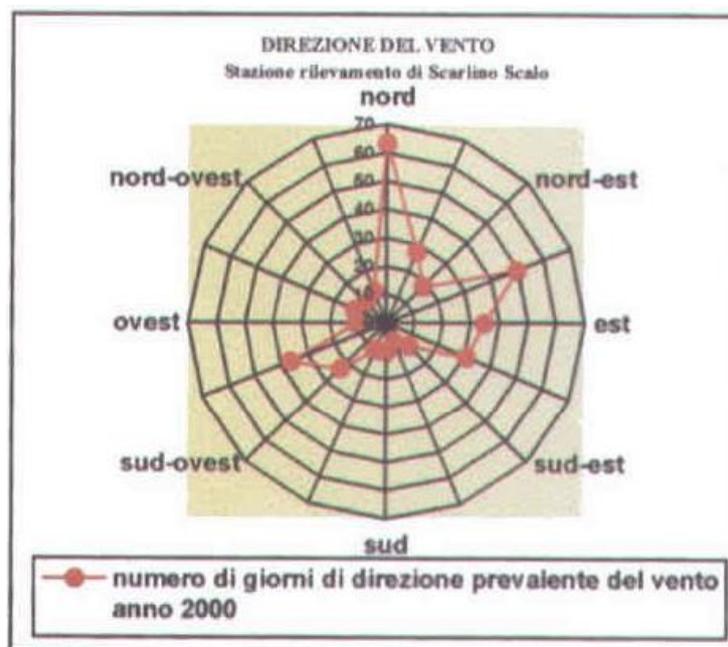


Figura 22: Direzione prevalente e frequenza del vento alla stazione di Scarlino Scalo - Fonte: Nuova Solmine, 2002



7. GEOMORFOLOGIA

L'assetto morfologico della piana di Scarlino è il risultato dei processi geologici avvenuti nel Quaternario e dell'intensa attività di modificazione del territorio avvenuta negli ultimi 150 anni. I più vecchi depositi alluvionali, costituiti da sabbie e ciottolami derivanti dal disfacimento del Macigno e delle Argille a Palombini, si distribuiscono lungo i bordi dell'antico golfo; i terreni alluvionali recenti o attuali, composti in prevalenza da limi con lenti di sabbie e ghiaie, ricoprono totalmente il resto della zona. La costa si presenta quasi ovunque bassa, sabbiosa e costituita da un cordone di dune formato nel Pleistocene da sedimenti fluviali e marini (Bartolini et al., 1977). All'interno della barriera dunare rimase chiuso un lago salato comunicante con il mare la cui estensione nel corso delle epoche storiche è andata progressivamente riducendosi. Abbondanti ed estesi, anche se variabili stagionalmente, dovevano essere i ristagni acquitrinosi che circondavano il lago. Di questa situazione manca, fino all'età moderna e ai primi tentativi di bonifica, un'attendibile e precisa documentazione storica e cartografica. Come verrà analizzato più approfonditamente nel paragrafo dedicato, il lago è stato quasi interamente colmato con le bonifiche lorenese della prima metà del XIX secolo e con quelle d'epoca fascista; resta oggi, nella parte meridionale della pianura, un'area palustre denominata *Padule di Scarlino* nella quale termina il corso del Fiume Pecora. (Baruzzoli, Bianchi, Nocchi, Rigati, Solleolini, 2006).

8. GEOLOGIA

L'area oggetto del presente progetto di bonifica è ubicata in parte nel margine sud-orientale del foglio 119 "Massa Marittima" (Brandi et alii, 1969; Brandi et alii, 1968) ed in quello nord-orientale del foglio 127 "Piombino" (Jacobacci, 1969; Bertini et alii, 1969) della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000. Numerose sono state le ricerche geologiche di vario tipo tra le quali le indagini di Bertini et al. (1969), Gasperi (1970), Mazzanti (1983), Gandolfi e Paganelli, (1990); Costantini et al. (1993), Bossio et al. (1993), Federici e Mazzanti (1995), Saragosa (2000). Il lavoro di analisi e di normalizzazione di limiti e terminologie formazionali svolto da Tanelli et al. (2003) ha permesso di individuare le sottodescritte unità formazionali e complessi:

Basamento Metamorfico: filladi e quarziti del torrente Mersino (Carbonifero sup. – Triassico inf.), quarziti rosa, scisti quarziticci e filladici sericitizzati, di colore grigio – violaceo. Si incontrano a nord del lago dell'Accesa ed a nord della massa granitica di Gavorrano;

Complesso del Dominio Toscano: calcare cavernoso (Triassico medio – Triassico superiore), calcari e calcari dolomitici brecciati e vacuolari, con cellette a superficie spugnosa, talvolta contenenti polvere di dolomia; raramente si incontrano lenti di gesso. Il Calcare Cavernoso affiora su un'area relativamente vasta nei dintorni di Serrabottini e a Gavorrano; piccoli affioramenti si trovano sparsi anche sulle pendici meridionali dei Monte Arsentini;

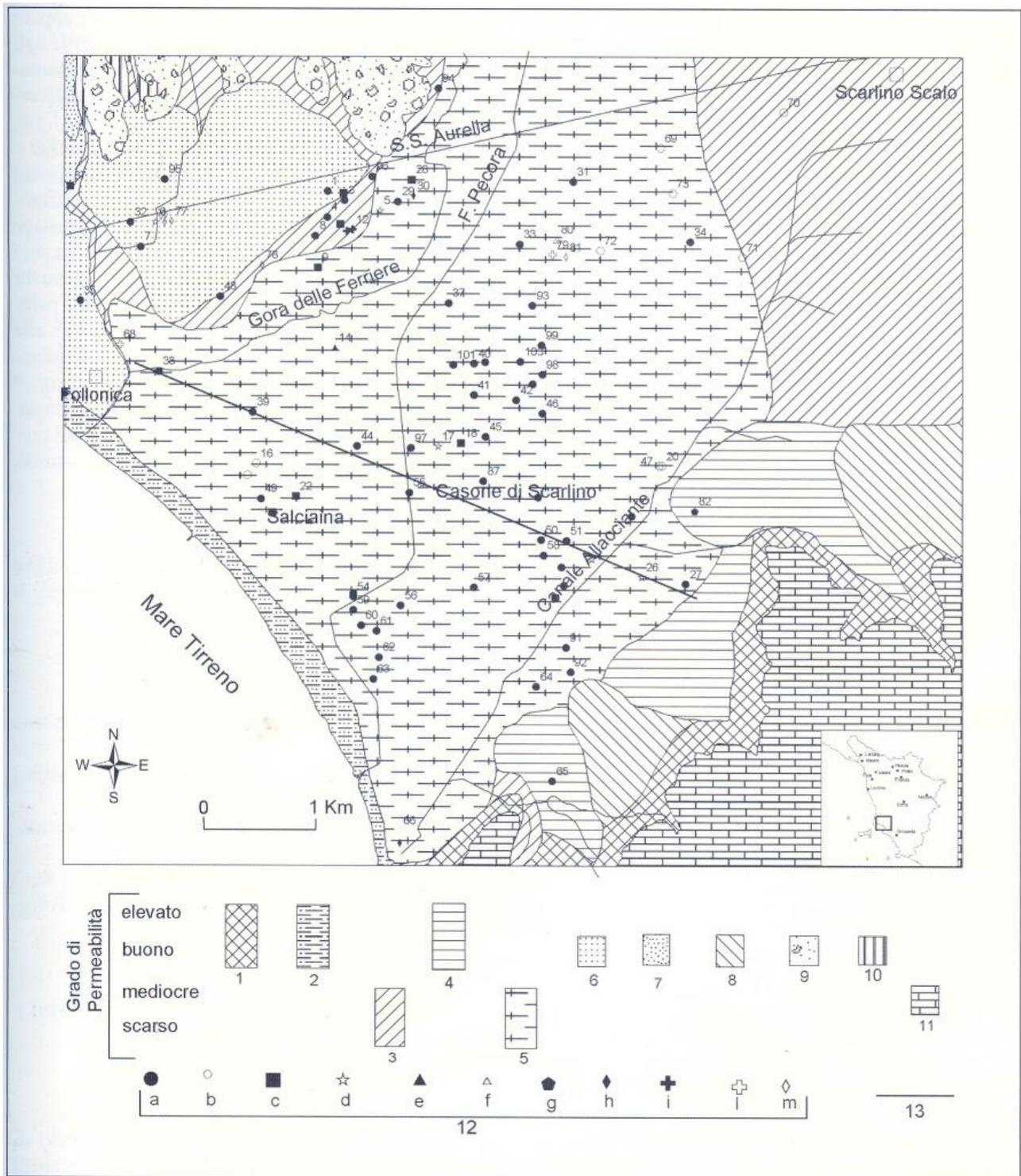


Figura 23: Carta Geologica dell'area studiata con indicazioni sul grado di permeabilità relativa dei terreni affioranti: 1) detriti da disfacimento del Macigno (Olocene); 2) sabbie e dune costiere (Olocene); 3) alluvioni recenti ed attuali (Olocene); 4) conoidi di deiezione (Olocene); 5) terreni di bonifica e depositi palustri (Olocene); 6) Sabbie rosso-arancio di Donoratico (Pleistocene sup.); 7) Sabbie rosse di Val di Gori (Pleistocene medio); 10) Conglomerato di Montebamboli (Miocene sup.); 11) Macigno del Chianti (Oligocene) – Fonte: Studio idrogeologico della pianura costiera dei Follonica-Scarlino (Pitagora Editrice, 2006)



Formazioni carbonati che – argilloso – silicee: (Hettangiano – Cretaceo sup.), sono rappresentati in prevalenza dalla formazione del Calcarea massiccio, ed in misura più limitata dal Rosso Ammonitico, Calcari grigi con selce, Marne a Posidonia, Diaspri e Maiolica. Affiorano ad est e sud di Gavorrano;

Scisti policromi: (Cretaceo sup. – Oligocene), formazione caratterizzata da alternanza di calcari marnosi e marne di colore rosso ed argille siltose rosse e verdi finemente fogliettate alle quali si intercalano piccoli strati di calcari silicei, radiolariti e sporadici livelli di selce scura. Affioramenti estesi si rinvengono nella zona di Montioni e piccoli lembi a sud di Gavorrano;

Macigno: (Oligocene superiore), arenarie quarzose – micaceo – feldspatiche a cemento argilloso – marnoso, associate ad argille siltose con rari interstrati calcarenitici. Quasi tutte le alture collinari tra Scarlino e Gavorrano sono costituite da Macigno;

Complesso del Dominio Austro – Alpino: argille siltose (Cretaceo superiore), argille siltose con rare intercalazioni di calcari, calcareniti, marne e arenarie. Affiorano nella zona di Montioni ed a sud di Massa Marittima;

Complesso del Dominio Ligure: gabbri alterati e serpenti nati, diaspri e calcari a Calpionella (Cretaceo inferiore – Giurassico superiore), nelle località C.Santa Laura e Podere Pelagone, a est di Cura Nuova, affiorano lembi scompaginati della cosiddetta Serie Ofiolitifera, composta da gabbri alterati e serpentizzati, diaspri e scisti silicei rossastri, calcari biancastri con intercalazioni di scisti argilloso – marnosi, talora talcosi, ed arenarie;

Complesso del Dominio Ligure: calcari, calcari marnosi, calcareniti, brecciole e marne (Cretaceo medio-superiore), questi sedimenti affiorano a sud di Gavorrano, e costituiscono tutte le alture di Poggio Palone e dintorni;

Complesso del Dominio Ligure: argilli e calcari a Palombini (Cretaceo inferiore e Eocene superiore), Argille siltose di colore variabile, generalmente grigio scuro, alle quali si intercalano strati di calcari silicei di vario spessore e subordinatamente arenarie quarzose a cemento calcareo. Ascrivibili a questo complesso sono tutte le alture che separano il bacino del Fiume Pecora da quello del Fiume Cornia e tutta l'area del gruppo collinare che va da Forni di Gavorrano a Massa Marittima. È la formazione arealmente più diffusa nel bacino;

Rocce magmatiche e mineralizzazioni idrotermali: quarzomonzonite di Gavorrano e mineralizzazioni idrotermali (Pliocene inferiore), l'intrusione di Gavorrano è costituita da una roccia quarzomonzonitica che si presenta di colore grigio chiaro e biancastro con zone rosate per ossidazione. In varie località della Val Pecora si rinvengono varie tipologie di mineralizzazioni, in particolare filoni idrotermali a ganga prevalentemente quarzosa con solfuri misti;

Complesso neautoctono: conglomerati di Montebamboli (Miocene superiore – Pliocene inferiore), formazione di ambiente continentale fluviale prevalentemente conglomeratica con letti arenacei, siltosi, argillosi e presenza di lignite. La stratificazione è per lo più lenticolare. Si tratta di un conglomerato poligenico ad elementi che raggiungono i 30 – 40 cm di diametro, immersi in una matrice argilloso – sabbiosa. I ciottoli che costituiscono questi sedimenti sono ben arrotondati, spesso coperti da patine bruno – rossastre e costituiti da tipi litologici (prevalentemente calcarei ed arenacei) provenienti dai complessi liguridi e, subordinatamente, dalle formazioni più recenti della Serie Toscana. La presenza di rari ciottoli di eurite e di porfido granitico simili a quelli degli affioramenti elbani, testimonia l'esistenza di un ampio reticolo idrografico che al tempo si irradiava dall'Isola d'Elba. I conglomerati di Montebamboli affiorano nell'area



Montebamboli – Marsiliana, e, a sud di Montioni, sulle pendici centrali e sui versanti che degradano verso la pianura del Pecora. Vasti affioramenti si rinvencono anche ad est di Cura Nuova ed a nord di Gavorrano;

Complesso neoautoctono: argille azzurre marine (Pliocene inferiore o medio), Questa formazione è costituita da argille grigio – cenere di ambiente marino, alle quali si trovano intercalati numerosi banchi e strati lenticolari di conglomerati. Piccoli affioramenti sono presenti in prossimità di Montebamboli, Ravi e a sud di Fenice Capanne;

Complesso neoautoctono: travertini antichi (Pleistocene superiore), il colle su cui sorge Massa Marittima è interamente costituito da travertino; due piccoli lembi affiorano anche sul Monte Arsentì;

Complesso neoautoctono: travertini recenti (Pleistocene superiore), nella parte centro – settentrionale del territorio emergono vasti affioramenti di travertino recente: un'ampia piattaforma si osserva nel Piano di Padule e nell'area situata tra Valpiana e Cura Nuova. Questi travertini hanno una giacitura che li indica coevi o posteriori ai travertini di Massa Marittima, per cui la loro età relativa è attribuibile al Pleistocene superiore/attuale;

Complesso neoautoctono: depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene medio), i versanti della parte centrale della valle presentano delle spianate costituite da depositi alluvionali terrazzati, costituiti da conglomerati arrossati, derivanti da antiche conoidi o da depositi marini terrazzati. Questi emergono intorno alla zona Fattoria della Marsiliana – Poggio di Checco, e nell'area che da Cura Nuova si estende verso Podere San Giovanni e Poggio Vaccarino, in direzione nord;

Complesso neoautoctono: conglomerati di Podere San Luigi (Pleistocene medio), La formazione, di origine fluviale proveniente prevalentemente dal disfacimento dei sedimenti flyschoidi, è costituita da ciottoli a scarsa matrice sabbiosa, talora travertinosi, di una sorta di sabbia grumoso - calcarea tenera ma agglutinante, bianco gialla con impronte di foglie e frustoli carboniosi. Contiene molti ciottoli del Conglomerato di Montebamboli "riciclati". La formazione si presenta terrazzata prevalentemente lungo i bordi dell'antico golfo di Follonica. In particolare, il fianco sud – est delle colline di Riotorto da Casa Rondelli fino, principalmente, a Casa il Tesorino è occupato da un largo terrazzo fluviale. Questo continua per alcuni chilometri a monte della stessa Casa il Tesorino sulle rive destra e sinistra del Pecora con affioramenti molto più ristretti. I medesimi sedimenti costituiscono affioramenti con superfici sub – pianeggianti lungo il bordo orientale e la parte più interna della pianura compresa fra Cura Nuova e Forni di Gavorrano;

Complesso neoautoctono: sabbie (Pleistocene medio – superiore), le vallecicole che si aprono sulle basse pendici ed i fianchi dei Monti di Gavorrano rivolti verso la Piana di Scarlino sono tappezzate da sabbie più o meno fini, rosse o rosso – arancio, con intercalazioni di ciottoli e brecce a vari livelli. Affiorano anche nella zona subito a nord di Follonica. Queste sabbie sono di ambiente continentale, variabile tra l'eolico, il colluviale e quello di piana di esondazione fluviale; si rinvencono anche al di sopra di conoidi di deiezione. Depositi sabbiosi costituiscono le dune costiere del litorale;

Complesso neoautoctono: depositi alluvionali attuali e recenti, si trovano nella bassa valle del Pecora e nell'area subito ad ovest di Massa Marittima;

Complesso neoautoctono: depositi palustri attuali e recenti, limi argillosi e sabbiosi con livelli e lenti ciottolosi, sono presenti nella Piana di Scarlino.

In particolare, secondo lo studio di Barazzuoli, Bianchi, Nocchi, Rigati, Salleolini (2006), le unità litostratigrafiche presenti nell'area interessata dal progetto, secondo un ordine di sovrapposizione dall'alto al basso, sono:



- **Depositi olocenici:** terreni di bonifica, coperture detritiche, sabbie e dune costiere, alluvioni recenti ed attuali, conoidi di deiezione, depositi palustri;
- **Successione neoautoctona:** sabbie rosso-arancio di Donoratico, sabbie rosse di Val di Gori, alluvioni antiche, conglomerato di Podere San Luigi, conglomerato di Montebamboli, depositi lacustri, marini e di lago – mare;
- **Formazioni di facies ligure:** argille con Calcari a Palombini;
- **Formazioni di facies toscana:** Macigno del Chianti.

Per l'area industriale "Il Casone" ubicata nella Piana di Scarlino esistono dati sito specifici elaborati durante i numerosi piani di investigazione qui condotti che forniscono informazioni di dettaglio sulla geologia e l'idrogeologia della zona produttiva. Le indagini svolte per la caratterizzazione ambientale di alcune delle aree del Casone svolte a cura della società Environ per conto di Syndial ed illustrate nel documento "Caratterizzazione integrativa dello stabilimento Syndial di Scarlino (GR)" del novembre 2006, hanno permesso di giungere ad una ricostruzione stratigrafica dei depositi presenti al di sotto del sito ed in aree limitrofe fino ad una profondità di circa 20-25 metri da p.c. I sondaggi realizzati hanno mostrato la presenza di depositi di tipo alluvionale a prevalente composizione limoso-argillosa alternati a livelli a granulometria più grossolana (sabbie e ghiaie variamente intercalate). Oltre a ciò, i n. 5 sondaggi realizzati successivamente da ambiente sc mediante carotaggio continuo fino alla profondità di 50 metri da p.c. ed allestiti a piezometro in corrispondenza del terzo livello acquifero, hanno permesso di integrare le informazioni pregresse.

I principali orizzonti individuati nell'area:

- 0 – 1/3 m : terreno di riporto, costituito da sabbia ghiaiosa, sabbia limosa, sabbia debolmente limosa con ghiaia eterometrica, o limo sabbioso;
- 1/3 m – 3/4 m: argille, a tratti debolmente limose e consistenti, generalmente di colore marrone con frequenti strie nerastre e macchie arancioni. Lo spessore è variabile in funzione delle paleomorfologia dell'area con locali interdigitazioni ed intercalazioni lentiformi di natura limoso-sabbiosa color marrone ocra;
- 3/4 m – 8 m: sabbie medio-fini limose color marrone chiaro. A luoghi si ritrovano episodi o livelli sabbiosi più grossolani passanti a ghiaia sabbiosa con clasti irregolari centimetrici.;
- 8 - 14 m: alternanza di argille vari colori, marroni con striature grigie chiaro, ocra e rossastre a tratti molto consistenti, e di argille marrone ocra, con all'interno granuli neri, al letto sono presenti orizzonti fossiliferi con gusci interi o frantumati di conchiglie e di resti vegetali;
- 14 – 19 m: sabbie e ghiaie eterometriche debolmente limose, di spessore medio di circa 3 metri e colore grigiastro, con resti di molluschi;
- 19 – 21/25 m: alternanza di argille da mediamente a poco consistenti, grigio scure e marroni, ricche di gusci interi o frantumati di conchiglie e di resti vegetali;
- 21/25 – 26/29 m: sabbie e ghiaie eterometriche a tratti debolmente limose di potenza media pari a circa 5 metri;
- 26/29 – 30/32: argille a tratti debolmente limose e consistenti, generalmente di colore marrone;
- 30/32 – 50: sabbie e ghiaie di colore marrone e granulometria mediamente maggiore rispetto ai livelli sovrastanti. Lo spessore completo di questo strato non è stato accertato.



Tale suddivisione stratigrafica sebbene fortemente sito specifica rispetto alla totalità della Piana di Scarlino risulta, comunque, strettamente connessa all'inquadramento di area vasta precedentemente presentato.

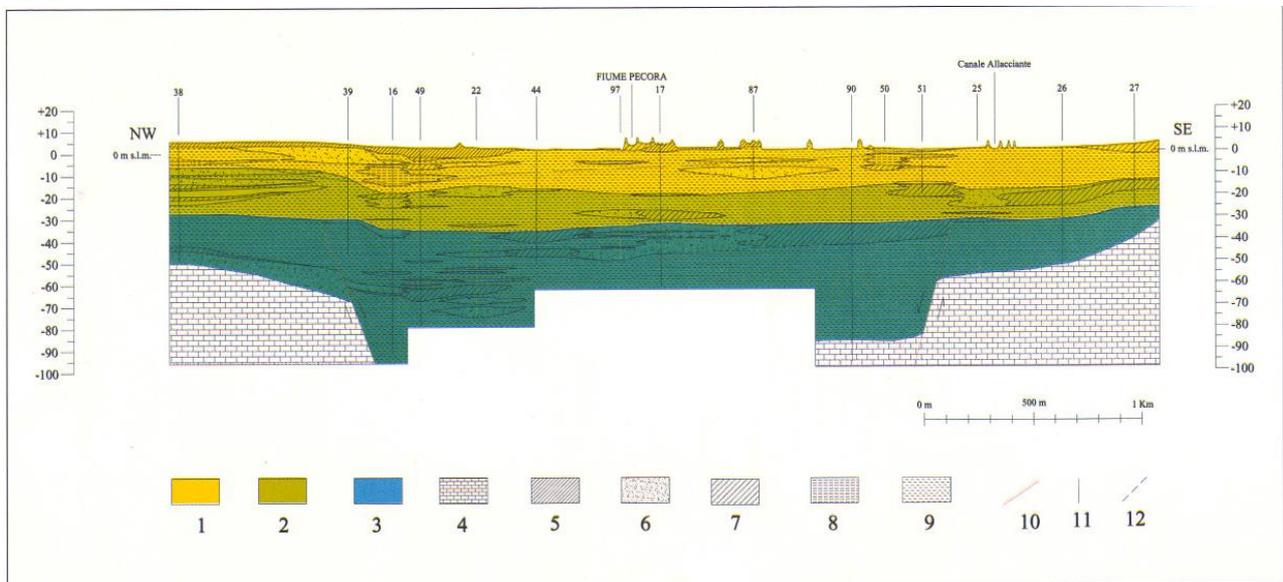


Figura 24: Sezione geologica schematica: 1) Olocene; 2) Pleistocene sup.; 3) Tortoniano sup. – Messiniano sup.; 4) substrato preneogenico; 5) depositi superficiali di varia natura (suoli, detriti, ecc.); 6) sabbie e ghiaie pulite; 7) sabbie e ghiaie in matrice argilloso – limosa; 8) litologie prevalentemente limose; 9) litologie prevalentemente argillose– Fonte: Studio idrogeologico della pianura costiera dei Follonica-Scarlino (Pitagora Editrice, 2006)

9. EVOLUZIONE PALEOGEOGRAFICA

Si riporta qua una sintesi dell'evoluzione paleogeografica dell'area per la cui analisi completa si rimanda allo studio di Tanelli et al. (2003). L'assetto stratigrafico strutturale dei complessi formazionali che affiorano nella valle del Pecora riflettono l'evoluzione geologica della Toscana meridionale. Questa rappresenta un tratto della catena paleo-appenninica corrugatasi nell'intervallo Oligocene superiore - Miocene inferiore per la collisione dei due margini delle placche continentali europea ed africana (microplacca Adria). Dopo le ultime fasi di tettonica compressiva, che nell'area in esame si concluse nel Tortoniano, si formarono delle lunghe depressioni entro le quali, inizialmente, trovarono la loro naturale collocazione ampi bacini lacustri e più tardi vi trasgredì il mare. Tra la fine del Miocene e l'inizio del Pliocene nell'area in esame si ebbe una regressione marina generalizzata e solo piccoli bacini ristretti rimasero occupati dalle acque marine o salmastre. Durante il Miocene superiore ed il Pliocene inferiore nella zona in esame si ebbe la risalita e messa in posto dello stock granitico di Gavorrano al quale sono associati estesi fenomeni di metamorfismo e minerogenesi. Durante il Pleistocene inferiore si determinò un generale ritiro del mare, come dimostrato dalla mancanza di sedimenti marini del Pliocene superiore. Nel Quaternario il ripetersi di più cicli di glaciazione intervallati da fasi interglaciali, provoca delle forti oscillazioni eustatiche del livello del mare che provocarono un'intensa azione di erosione fluviale. Fra il IV ed il II secolo a.C. lungo il litorale di Follonica, il livello del mare doveva essere 1-2 m più basso di quello attuale come indicato dalla giacitura delle discariche di scorie della lavorazione del ferro. La situazione della pianura del Pecora non sembra sostanzialmente cambiare fino al



1830 (epoca di inizio delle bonifiche) se non nel senso di un passaggio molto lento dallo stato di laguna a quello di palude (Federici & Mazzanti, 1995).

LEGENDA DELLA CARTA GEOLOGICA

COMPLESSO NEOAUTOCTONO

	Disc	Discariche minerarie
	dt	Detriti Olocene
	p3	Depositi palustri attuali o recenti Olocene
	a	Depositi alluvionali attuali o recenti Olocene
	s2	Sabbie Pleistocene sup. - medio
	f2	Conglomerati Pod. S. Luigi Pleistocene medio
	at	Depositi alluvionali terrazzati Pleistocene medio
	t1	Travertini recenti Pleistocene sup. / attuale
	t2	Travertini antichi Pleistocene sup.
	Pag	Argille azzurre marine Pleistocene inf. - medio
	Cgm	Conglomerato di Monte Bamboli Miocene sup. - Pliocene inf.

ROCCE MAGMATICHE E MINERALIZZAZIONI IDROTERMALI

	qm	Quarzomonzonite di Gavorrano Pliocene inf. (4,9Ma)
	fq	Alterazioni idrotermali

COMPLESSO DEL DOMINIO LIGURE

	ap	Argille e Calcari a Palombini Cretacico inf. - Eocene sup.
	Cmb	Calcari, calcari marnosi e marne Cretacico medio - sup.
	di	Gabbri alterati e serpentizzati Giurassico sup. - Cretacico inf.

COMPLESSO DEL DOMINIO AUSTRO-ALPINO

	Cag	Argille siltose Cretacico sup.
--	-----	-----------------------------------

COMPLESSO DEL DOMINIO TOSCANO

	mg	Macigno Oligocene sup.
	sp	Scisti policromi Cretacico sup. - Oligocene
	G1	Calcere Massiccio Giurassico inf. - Cretacico inf.
	Tcv	Formazioni carbonatiche-argillose-silicee (Calcere Cavernoso, ecc.) Triassico medio - sup.

BASAMENTO METAMORFICO

	Ssh	Filladi e Quarziti del T. Mersino Carbonifero sup. - Trias inf.
--	-----	--

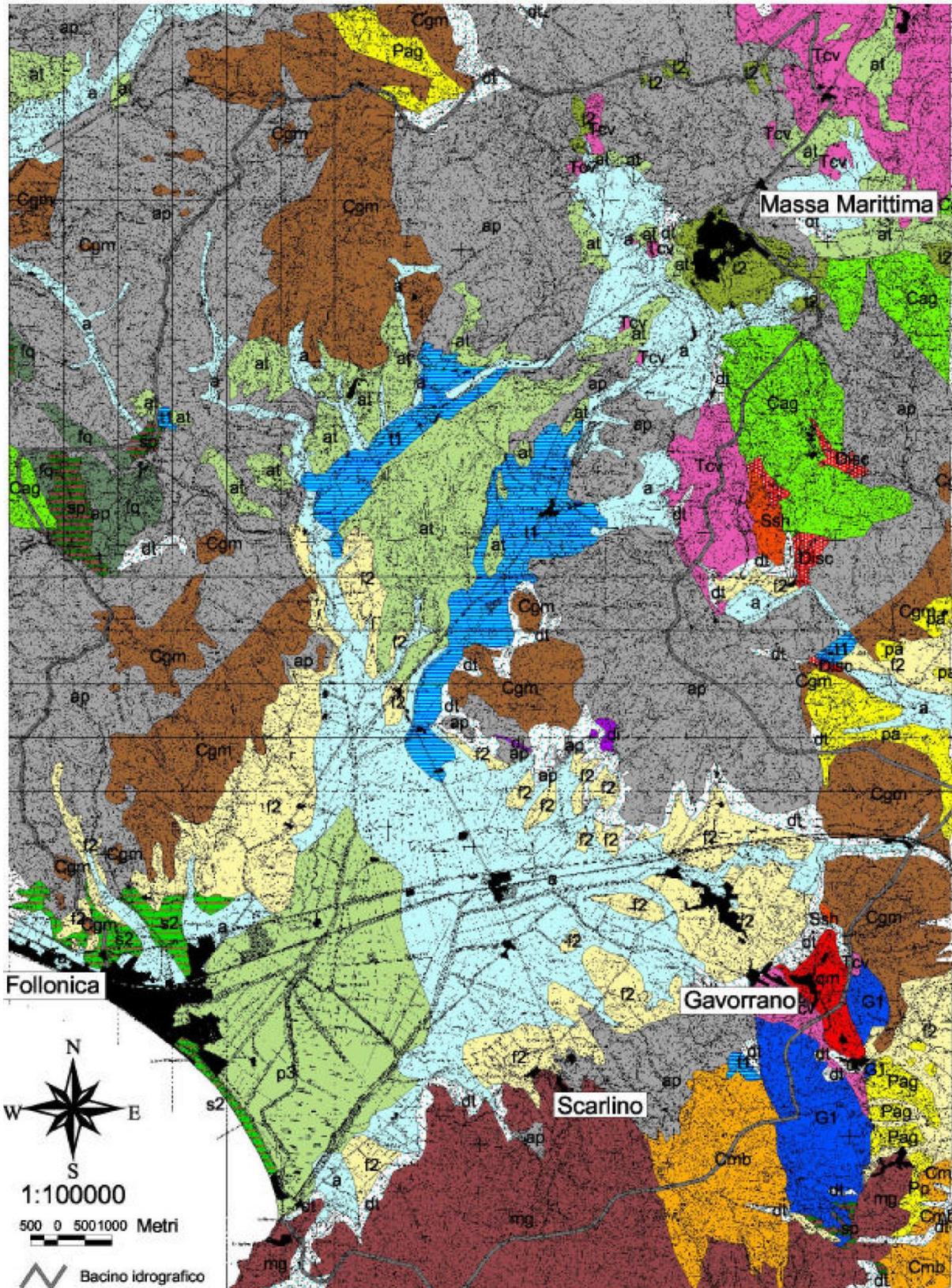


Figura 25: Carta Geologica schematica del bacino del Fiume Pecora – Fonte : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)



10. GIACIMENTOLOGIA

In base agli studi di Tanelli et al.(2003) e agli studi precedenti citati nel lavoro stesso, la zona oggetto di studio è stata interessata dalla coltivazione delle mineralizzazioni a pirite di Gavorrano, Niccioleta, Boccheggiano e Campiano e le mineralizzazioni a solfuri misti dei dintorni di Massa Marittima, sia perché ricadenti all'interno del bacino del Fiume Pecora, sia perché trattate industrialmente nell'area di Scarlino. In base ai loro caratteri giaciturali, questi depositi possono essere suddivisi in tre classi principali (Tanelli, 1977; Tanelli e Lattanzi, 1983; Lattanzi e Tanelli, 1985):

- **Mineralizzazioni associate a lenti solfato – carbonatiche incluse nella Formazione delle Filladi e quarziti del torrente Mersino.** Sono costituite da corpi concordanti a pirite massiva, che sono associati alle lenti di solfati-carbonati e skarn entro i terreni quarzoso - filladici del basamento toscano (Filladi e quarziti del torrente Mersino). A questo gruppo appartengono i giacimenti di Niccioleta profondo e Campiano profondo;
- **Mineralizzazioni poste al contatto Filladi quarziti del torrente Mersino – Calcare Cavernoso.** Sono costituite da mineralizzazioni massive parzialmente associate con la formazione calcareo – dolomitica del Triassico superiore (Calcare Cavernoso), al suo contatto con le Filladi e quarziti del torrente Mersino e, occasionalmente, con i sedimenti triassici del Verrucano. (Niccioleta superiore, Boccheggiano, Gavorrano);
- **Mineralizzazioni associate a dislocazioni appenniniche.** È questa la tipica giacitura delle mineralizzazioni polimetalliche a solfuri misti, ed occasionalmente di limitate e modeste mineralizzazioni a pirite.

Fra i 5 e i 4 milioni di anni si è avuta la formazione di depositi polimetallici a solfuri di Rame, Piombo e Zinco, nonché il metamorfismo e le mobilizzazioni delle masse a pirite, durante il Pliocene ed il Quaternario, in conseguenza della rimozione erosiva delle loro coperture rocciose, vengono parzialmente a giorno sia i giacimenti a pirite che quelli a Rame, Piombo, Zinco, e subiscono fenomeni di alterazione esogena.



LOCALITA'	MINERALOGIA
(sito n.15) Podere Bruscoline, P.Vecchione, P.Sugherine, Monte Arsentì	galena, blenda, tetraedrite, calcopirite, pirite, covellina, limonite, smithsonite, marcasite, malachite, azzurrite, cerussite, calcite, quarzo, gesso, fluorite.
(sito n.18) Molinpresso – La Muccaia	calcopirite, pirite, quarzo, galena, minerali di antimonio, blenda, limonite.
(sito n.19) La Speziala – P.Altini	galena, blenda, pirite, calcopirite, calamina, limonite, calcite, quarzo.
(sito n.20) Poggio Benedetto	galena, blenda
(sito n.22) Poggio alle Vedette – Poggio Donzellino – Poggio Rigalloro – Poggio Ventura	calcopirite, pirite, blenda, galena, malachite, calamina, limonite, calcite, quarzo, ortoclasio, caolinite.
(sito n.32) Montioni	alunite, melanterite, anidrite, zolfo, caolinite, jarosite, cinabro, ossidi di ferro e di manganese, quarzo.
(sito n.58) Castelborello-Scabbiano	calcopirite, galena, blenda, pirite, stibina, limonite, cuprite, malachite, quarzo, calcite.
(sito n.87) Casa Bianca – Podere S.Ansano	kermesite, altri minerali di antimonio, pirrotina, pirite, quarzo.
(sito n.88) Gavorrano – Rigoloccio – Massa Boccheggiano – Valmaggiore	pirite, pirrotina, limonite, calcopirite, blenda, galena, magnetite, cassiterite, tetraedrite, stibina, berthierite, realgar, marcasite, melanterite, quarzo, calcite, dolomite, clorite, diopside, granato, ilvaite, fluorite, barite, siderite, feldspati, vesuvianite, tremolite, wollastonite.

Tabella 16: Mineralizzazioni presenti nell'attuale bacino idrografico del Pecora, numerazioni riferite a Cuteri e Mascaro (1995) - Fonte: : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)



LOCALITA'	MINERALOGIA
(sito n.17) Niccioleta-Valdaspra	pirite, magnetite, pirrotina, ematite, calcopirite, sfalerite, galena, arsenopirite, stibina, marcasite, tetraedrite, enargite, solfosali piomboantimoniferi, goethite, cerussite, malachite, zolfo, melanterite, goslarite, cotunnite, anidrite, calcite, dolomite, gesso, quarzo, barite, hedenbergite.
(sito n.16) Monte Gai – F. Stregai – P.Serpieri	Galena, calcopirite, tetraedrite, blenda, pirite, ematite, magnetite, arsenopirite, pirrotina, smithsonite, malachite, auricalcite, limonite, quarzo, gesso, fluorite.
(sito n. 21) Poggio al Montone – La Castellaccia	Blenda, galena, calcopirite, pirite, calamina, smithsonite, limonite, quarzo, calcite.
(sito n.28) Poggio Dolago – Pod.Migliarina – Monte S.Croce	Galena, blenda, tetraedrite, pirite, limonite, calamina, calcite, fluorite, quarzo.
(sito n.29) Bugettaie– Mandriacce	Galena, calcopirite, blenda, tetraedrite, pirite, argentite, limonite, calamina, malachite, azzurrite, covellina, cerussite, calcite, quarzo.
(sito n.56) Fontalcinaldo	Pirite, ematite, magnetite, blenda, galena, calcopirite, marcasite, stibina, siderite, limonite, covellina, malachite, farmacosiderite, copiapite, quarzo, gesso, anidrite.
(sito n.57) Prata – P. Sciamagna – C. Carbonaie	Galena, calcopirite, pirite, blenda, ematite, limonite, smithsonite, calamina, calcite, quarzo, gesso.

Tabella 17: Mineralizzazioni presenti nell'area un tempo inclusa nel bacino idrografico del Pecora, numerazioni riferite a Cuteri e Mascaro (1995) - Fonte: : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)

LOCALITA'	MINERALOGIA
(sito n.71) Boccheggiano - Campiano	pirite, ematite, magnetite, pirrotina, galena, sfalerite, calcopirite, arsenopirite, tetraedrite, marcasite, bismutina, stannite, cassiterite, kesterite, limonite, quarzo, anidrite, calcite, barite.
(sito n.17) Niccioleta-Valdaspra	Vedi Tabella 2.4.2
(sito n.88) Gavorrano – Rigoloccio – Massa Boccheggiano – Valmaggiore	Vedi Tabella 2.4.1

Tabella 18: Mineralizzazioni essenzialmente a pirite, trattate negli impianti di scarlino, numerazioni riferite a Cuteri e Mascaro (1995) - Fonte: : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)

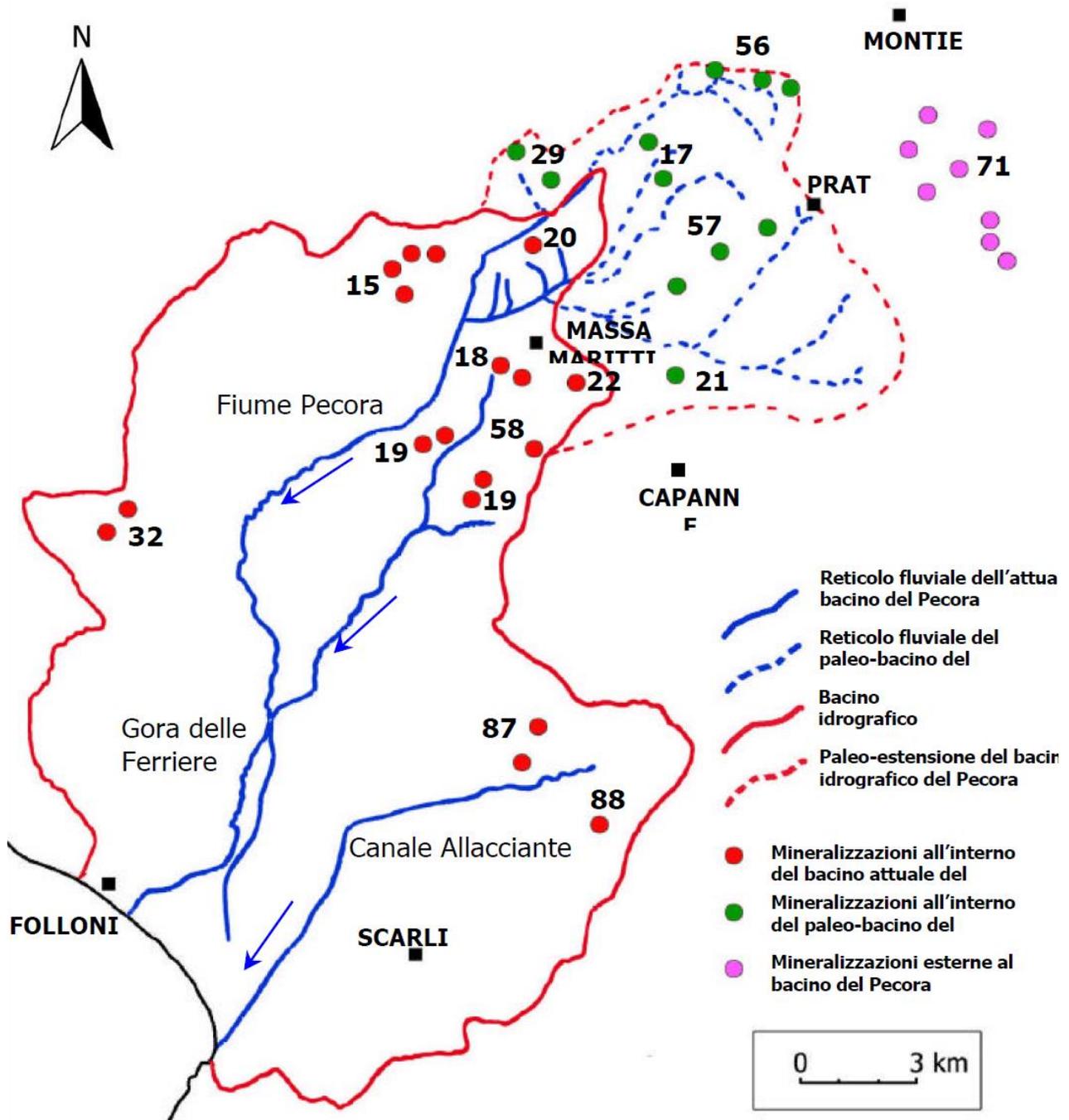


Figura 26: Bacino idrografico attuale del Pecora e limiti del possibile paleo – bacino idrografico (secondo Tongiorgi, 1957) – Fonte: : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)



11. IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA

I corsi d'acqua più importanti del bacino idrografico della Val di Pecora sono: il Fiume Pecora ed il Canale Allacciante, che hanno un alveo pensile sulla piana di Scarlino, ed il Torrente Gora delle Ferriere.

Il Fiume Pecora nasce dal Monte Arsentì, ad una quota di circa 400 metri s.l.m., scende a valle prima in direzione sud-ovest e, dopo una curva a sinistra, verso sud dove forma l'omonima piana tra Follonica, Gavorrano e Scarlino, e, dopo un percorso di circa 25 km in direzione sud – ovest, sfocia nel Padule di Scarlino.



Figura 27: Piana di Scarlino, tratto terminale, dal colle di Scarlino

Il Canale Allacciante scavato durante le opere di bonifica raccoglie le acque provenienti dal versante Gavorrano – Scarlino, e sfocia in mare presso la località Puntone. Il torrente Gora delle Ferriere si forma dalla confluenza dei torrenti Fosso Venelle e Fosso Ronna (o Aronna), a Valpiana; sbocca in mare a Follonica. In esso confluiscono diversi torrenti delle colline follonichesi e del tratto Massa Marittima - Cura Nuova. Il bacino idrografico del Pecora occupa un'area di circa 250 km².

Secondo Tongiorgi (1957) nel corso del Quaternario parte degli affluenti settentrionali del Pecora sono stati catturati da corsi d'acqua oggi afferenti al Fiume Cornia e al Fiume Bruna. In particolare, il Fosso Zanca ed il Torrente Carsia (tributari del Bruna), e il Fosso Ritorto (affluente del Cornia), che drenano l'area mineralizzata di Niccioleta, è possibile che confluissero durante il Quaternario nel Fiume Pecora, trasportando quindi sedimenti in quest'area (Figura 26).

Il Fiume Pecora è caratterizzato da portate minime assai ridotte nel corso dell'anno, fino alla completa siccità nei periodi più sfavorevoli; l'unico importante sostegno alle portate di magra era originariamente costituito dalle acque scaturite dalle sorgenti Venelle, Aronna e Carrareccia, aventi oggi una portata media rispettivamente di 0, 160 e 42 l/s (Liberati, 2001), che sono originate dall'affioramento della superficie piezometrica di un serbatoio profondo in corrispondenza di linee preferenziali di risalita come faglie o fratture e che costituiscono una delle principali zone di recapito della circolazione idrica contenuta nelle successione



prevalentemente carbonatica affiorante nei rilievi a nord-est di Massa Marittima (Deferrari e Lotti, 1886; Calore et al. 1990). In tempi moderni queste acque sono state raccolte nella Gora delle Ferriere per essere utilizzate dalle acciaierie di Follonica, tra le principali d'Italia a metà del XIX secolo, attualmente esse vengono impiegate nei processi dell'area industriale in loc. Casone di Scarlino.

Ai fini idrogeologici i terreni presenti nell'area in esame possono essere raggruppati in base alla loro permeabilità in due complessi (Costantini et al., 1993):

- Complesso quaternario, costituito da depositi sciolti o scarsamente cementati, a prevalente permeabilità primaria, per porosità interstiziale, molto alta in alcuni livelli sabbiosi-ghiaiosi;
- Complesso pre – quaternario, costituito da formazioni diagenizzate, a prevalente permeabilità secondaria, per fratturazione, o mista.

Tali formazioni presentano un vario grado di permeabilità: *buono* per il Conglomerato di Montebamboli, il Conglomerato di Podere San Luigi, le Alluvioni antiche, le Sabbie rosse di Val di Gori e le Sabbie rosso-arancio di Donoratico; *mediocre* per il Macigno del Chianti; *scarsa* per le Argille con Calcari a Palombini ed i Depositi lacustri, marini e di lago-mare. I depositi olocenici possono essere suddivisi tra quelli a permeabilità medio-alta (sabbie e dune costiere, coperture detritiche, conoidi di deiezione) e quelli a permeabilità da bassa a praticamente nulla (terreni di bonifica, alluvioni recenti ed attuali, depositi palustri) (Barazzuoli, Bianchi, Nocchi, Rigati, Salleolini, 2006).

Il sottosuolo della Piana di Scarlino è stato esplorato da numerosi pozzi scavati per usi idropotabili, industriali ed agricoli, e le caratteristiche idrogeologiche dell'area sono state oggetto di vari studi commissionati sia da enti pubblici sia da aziende private che hanno insediamenti produttivi sul territorio. Solo nella campagna freaticometrica condotta contestualmente alla redazione del presente progetto, che verrà trattata in seguito, ne sono stati ricercati e indagati più di 200.

I vari studi condotti e i dati disponibili hanno permesso di individuare la presenza di un acquifero miocenico e quaternario costituito da più livelli sabbioso-ghiaiosi solitamente separati da depositi argillosi con percentuali variabili di limi e/o sabbie; tali livelli risultano talvolta dotati di elevata continuità e spessore ma spesso si presentano con aspetto lentiforme inglobati in una predominante litologia argillosa. Questa situazione non consente un'efficiente continuità naturale tra i vari orizzonti produttivi che nel loro insieme possono essere considerati un complesso acquifero multi falda (Castany & Margat, 1977).

I livelli permeabili olocenici mostrano frequentemente un andamento lenticolare con spessori medi di 2-4 metri e massimi di 6-8 metri nel settore centrale della pianura. I depositi pleistocenici sono costituiti prevalentemente dalle Sabbie rosso-arancio di Donoratico in cui sono localmente individuabili tre intercalazioni di sabbie più o meno ghiaiose con ciottoli di arenaria; i relativi orizzonti produttivi hanno potenze medie di 7-9 metri ed assumono gli spessori maggiori, fino a 25 metri, nella fascia orientata NE-SW tra Follonica e la Strada Statale Aurelia. I depositi miocenici contengono livelli permeabili simili ai precedenti, sia per andamento che per potenza media; gli spessori maggiori, anche superiori ai 20 metri si ritrovano nel settore ENE di Follonica. Gli orizzonti produttivi tendono ad approfondirsi verso la costa, questo complesso acquifero poggia su di un substrato di bassa permeabilità costituito da formazioni preneogeniche, che nella pianura sono state individuate in sondaggio alla profondità massima di 180 metri (Argille a Palombini) (Barazzuoli, Bianchi, Nocchi, Rigati, Salleolini, 2006).

Analogamente a quanto dettagliato nel paragrafo dedicato all'inquadramento geologico, anche per l'inquadramento idrogeologico dell'area vasta risultano essere utili indicazioni i dati sito specifici raccolti



durante le numerose campagne di indagine condotte in porzioni differenti degli insediamenti industriali del Casone. In particolare si prendono in analisi le indagini svolte per la caratterizzazione ambientale a cura della società Environ per conto di Syndial ed illustrate nel documento "Caratterizzazione integrativa dello stabilimento Syndial di Scarlino (GR)" del novembre 2006. I sondaggi realizzati e i piezometri allestiti hanno mostrato, a scala di sito, situazione schematizzabile con una certa omogeneità dei rapporti stratigrafici ed interpretata mediante il riconoscimento di quattro differenti livelli acquiferi all'interno dei primi 50 metri di profondità da piano campagna. Di questi il primo risulta impostato nei depositi a granulometria prevalente sabbiosa presenti a varie profondità, ma comunque generalmente comprese fra i 6 ed i 10 metri da p.c., il secondo risulta impostato in un livello acquifero più profondo caratterizzato da terreni a granulometria sabbioso-ghiaiosa con potenza generalmente metrica (in genera tra i 15 e 18m) ed una maggiore continuità laterale, il terzo è impostato nei terreni sabbiosi e ghiaiosi presenti a profondità compresa fra i 21 ed i 29 metri di profondità e spessore medio pari a circa 5 metri, mentre il quarto si imposta all'interno di depositi ghiaioso sabbiosi generalmente caratterizzati da maggiore granulometria con potenza oltre i 10 metri, talvolta con intercalazioni di spessore generalmente pari o inferiore a 1 metro di depositi più fini.

Si specifica che quanto sopra descritto corrisponde ad un'analisi fortemente sito specifica per l'area industriale del Casone, nel proseguo del presente documento verrà analizzato in dettaglio la geometria/struttura dell'acquifero ad area vasta e la sua caratterizzazione idrodinamica a seguito della campagna di rilevamento freaticometrico, la definizione del modello concettuale e l'implementazione del modello numerico di area vasta.

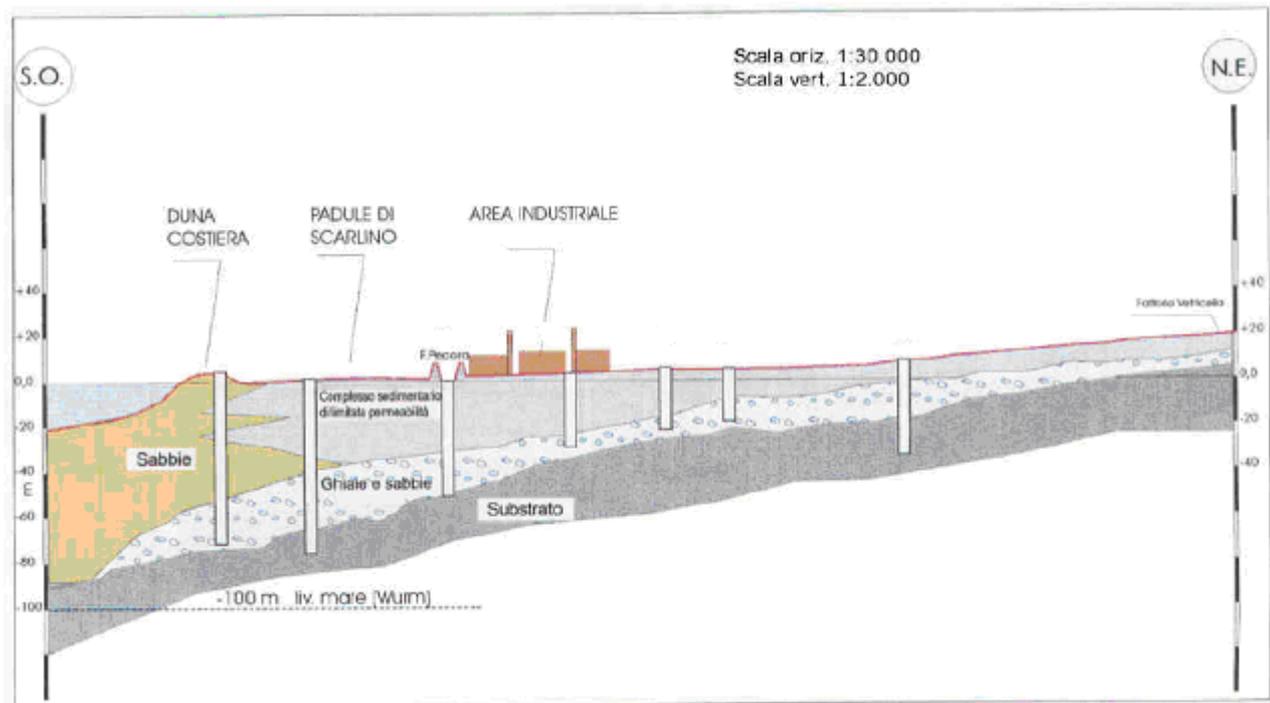


Figura 28: Sezione geologica schematica della Piana di Scarlino (Nuova Solmine, 2002, modificata) - Fonte : Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)



12. PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E USO DEL SUOLO

Nell'analisi della pianificazione territoriale prevista per l'area oggetto di studio si prendono in considerazione i principali strumenti di pianificazione territoriale. Innanzitutto il **Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Grosseto**, adottato nel giugno 2010, che declina e sviluppa alla scala provinciale, in un quadro di coerenza generale, i contenuti del vigente Piano di Indirizzo Territoriale regionale., inoltre il P.T.C integra i contenuti degli strumenti e atti regionali e interregionali in materia idraulica, idrologica e idrogeologica e le previsioni funzionali e localizzative dei previgenti Piani di Settore e degli altri Atti di Governo del Territorio di competenza provinciale. La bonifica della Piana di Scarlino rientra all'interno degli Indirizzi per la cooperazione delle politiche di sviluppo del territorio provinciale, per cui si afferma che: *“Per quanto concerne i contenuti specifici di quest'azione (bonifica falda di Scarlino) si richiede l'assunzione e l'espletamento coordinato di una serie di impegni distinti, in relazione alle competenze dei diversi attori, come di seguito richiamati.*

– *Provincia: coordinare gli interventi con le azioni relative alla riqualificazione insediativa e allo sviluppo produttivo ed alla bonifica e messa in sicurezza secondo le previsioni dei P.S. di Follonica e Scarlino; sviluppare il progetto A.S.L. per il latte materno;*

– *grandi società industriali: bonificare i siti inquinati di loro proprietà; collaborare alle iniziative di riqualificazione di iniziativa pubblica;*

– *Comuni e A.A.T.O.: effettuare gli interventi per la tutela delle acque (depuratore etc.)”*

12.1 Individuazione dell'unità morfologica territoriale secondo P.T.C. – “Costa di Scarlino e Follonica”

Così il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale individua l'area di costa di Scarlino e Follonica: *“Pianura costiera caratterizzata da sedimenti di transizione tra l'ambiente marino e l'ambiente continentale, oltre alla predominante matrice di materiale alluvionale. Pianura separata dal mare da un cordone dunale con aree a pendenza minima, di difficile deflusso, in passato caratterizzate dalla presenza di acquitrini e laghi costieri. Residuo ecosistema palustre del lago alimentato dal Pecora. Ai margini corsi d'acqua arginati.”*

Il Piano, inoltre, individua settori morfologici prevalenti per ogni area in analisi e per la “costa di Scarlino e Follonica” definisce la presenza, come da tabella, di:

A1 – Bosco nei depositi alluvionali, zona umida rappresentante l'ultimo lembo di una laguna creatasi per l'azione delle correnti marine sui depositi alluvionali del Fiume Pecora con la formazione di un tombolo sabbioso di separazione dal mare dove, oggi, è insediata la caratteristica pineta di pino domestico (*P.Pinea*), Vegetazione palustre di tipo igrofilo, elofitica, nei corpi di acqua dolce, alofitica, in quelli salati. Scomparsa causa incendi o inquinamento la vegetazione arborea originaria ad ontano nero (*Alnus glutinosa*), frassino ossifilo, olmo campestre e pioppi;

D1 - Assetti dell'appoderamento otto novecentesco nei depositi alluvionali, area dove sono ancora visibili, nelle deviazioni artificiali dei fiumi e fossi di scolo, spesso pensili sul piano di campagna, nei deflussi artificiali delle acque chiuse e nell'ordine geometrico dei campi di nuovo impianto (seminativi rettangolari con rete scolante gerarchizzata di fossi e capifossi) i segni delle bonifiche antecedenti alla riforma fondiaria dell'Ente Maremma;



E1 - Assetti della Riforma Agraria nei rilievi strutturali, piani a seminativo, associato alla presenza di vigneti e oliveti, caratterizzati dall'assetto agrario ed insediativo dell'Ente Maremma. Tipico "appoderamento a nuclei" organizzato per conformazione ed orientamento dei campi in relazione ai canali di bonifica. I fabbricati sono distribuiti a gruppi di due, tre, lungo la S.P. N°60 del "Puntone", parallela al corso arginato del Canale Allacciante, e sulla viabilità a pettine che da questa si dirama.

Tipi morfologici della provincia di Grosseto – U.M.T. CI						
	Categorie ge- morfologi che	Piani altuvionali	Ripiani travertinosi e depositi eluviali	Colline argillose	Colline sabbiose e ciottolose	Rilievi strutturali dell'Antiap permino
Assetti del soprassuo- lo		1	2	3	4	5
Boschi	A					
Assetti dell'inse- diamento di montagna	B					
Assetti dell'impianto medievale	C					
Assetti dell'appode- ramento otto- novecentesco	D					
Assetti della Riforma Agraria	E					

Tabella 19: Tipi Morfologici della "Costa di Scarlino e Follonica" – Fonte: Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, Provincia di Grosseto (2010)

Queste, inoltre, le dinamiche di trasformazione dei tipi morfologici che il Piano ha rilevato: intensificazione colturale con specializzazione degli impianti arborei e realizzazione di vigneti a "rittochino", oltre all'introduzione di coltivazioni erbacee industriali quali mais, colza, colture orticole e frutteti. Semplificazione ed omologazione del paesaggio agrario di piano mediante accorpamento dei campi, eliminazione delle piantate arboree e semplificazione della rete di scolo per la diffusione delle nuove tecniche di coltivazione. Intrusione del cuneo salino per la presenza di numerosi pozzi ad uso idropotabile e irriguo. Fenomeni di deruralizzazione del patrimonio edilizio e delle aree agricole innescati dalla multifunzionalità agricola (agriturismo), dallo sviluppo urbano, turistico e balneare del litorale tra Follonica e il Puntone. Declassamento dell'agricoltura ad attività secondaria o part-time con polverizzazione fondiaria e costituzione di vere e proprie aziende del tempo libero (orti periurbani). Costruzione, con i materiali più diversi, di annessi temporanei tendenti nel tempo a diventare definitivi ed a trasformarsi in vere e proprie villette.

Formazione ai margini del contesto urbano di Follonica di un "continuum" che non è né urbano, né rurale ma una proiezione della città, definibile come "campagna urbanizzata". Trasformazione urbana dell'aggregato a forma aperta mediante decise espansioni lineari lungo strada ed addizioni chiaramente individuabili per



forma e tipologia tendenti a risalire i rilievi pedecollinari. Insediamenti turistici recenti a carattere estensivo, con case basse e villette prevalentemente integrate nel sistema del verde (ad es. Portiglioni); realizzazione del porto turistico del Puntone. Compromissione della pineta per la presenza sul litorale sabbioso di lottizzazioni edilizie, campeggi e stabilimenti balneari.

12.2 Individuazione dell'unità morfologica territoriale secondo P.T.C. – “Piana di Scarlino”

Così il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale individua l'area denominata “Piana di Scarlino”:
“pianura costiera caratterizzata da sedimenti di transizione tra l'ambiente marino e l'ambiente continentale costiero, che vanno ad arricchire la matrice predominante composta da materiale di deposito alluvionale del Fiume Pecora.”

Il Piano, inoltre, individua settori morfologici prevalenti per ogni area in analisi e per la “piana di Scarlino” definisce la presenza, come da tabella, di:

D1 - Assetti dell'appoderamento otto novecentesco nei depositi alluvionali, area dove sono ancora visibili nelle deviazioni artificiali dei fiumi e fossi di scolo, spesso pensili sul piano di campagna, nei deflussi artificiali delle acque chiuse e nell'ordine geometrico dei campi di nuovo impianto (seminativi rettangolari bordati da residue piantate arboree e rete scolante gerarchizzata di fossi e capifossi) i segni delle bonifiche. Ruolo strutturante di Fattoria Palazzo Guelfi, Fattoria Vetricella, Fattoria Camporotondo, Fattoria il Pino. Insediamento sparso regolarmente distribuito lungo la viabilità principale (S.P. N°152 di “Aurelia Vecchia” e S.P. N°84 di “Scarlino”) o nella viabilità a pettine che da questa si dirama. Nei primi decenni del XX secolo l'industrializzazione dell'attività mineraria legata all'estrazione della pirite trasforma Bagno di Gavorrano da piccolo gruppo di case, sorto intorno alla “vasca” delle acque calde, in grosso insediamento operaio con la realizzazione dei cosiddetti “palazzi” (grandi condomini del tipo “a ringhiera”), scuole, Casa del Fascio e spaccio. Formazione lungo l'attuale S.P. N°132 di “Bagno di Gavorrano” fino all'Aurelia, principale collegamento con i poli industriali di Follonica e Piombino, di un asse attrezzato, Filare-Bagno di Gavorrano-Forni, connesso all'attività mineraria (miniera, bacini di decantazione, edifici e castelli minerari, teleferiche, insediamenti per operai ed impiegati).

D5 - Assetti dell'appoderamento otto-novecentesco nei rilievi strutturali, Versante pedecollinare soprastante la piana di Bagno di Gavorrano e Scarlino Scalo dove è più antica la presenza dell'insediamento sparso connesso alla struttura unificatrice del sistema di fattoria. La diversificazione dei suoli agricoli nelle ultime propaggini permette di unire, all'interno delle unità poderali, quote di bosco, presente generalmente nella parte alta dei rilievi, alla cerealicoltura dei piani.

E1 - Assetti della Riforma Agraria nei piani alluvionali, assetti agrari contraddistinti, nella Piana di Scarlino, dalla regolare sequenza dei fondi e dei fabbricati colonici lungo la S.P. N°60 del “Puntone” (zona immediatamente sottostante Scarlino) l'asse Scarlino-Scarlino Scalo-Cura Nuova (S.P. N°84 di “Scarlino” e S.P. N°84 di “Vado all'Arancio”) e la viabilità a pettine che da questi si dirama. Integrazione dei radi poderi preesistenti nella nuova scansione fondiaria. Seminativi associati alla presenza di vigneti e oliveti. In tale contesto si inserisce l'aggregato di Cura Nuova nato in epoca precedente come struttura di servizio all'attività di estrazione e lavorazione della pirite lungo l'antica via Massetana (S.R. N°439 “Sarzanese Val d'Era”).



Tipi morfologici della provincia di Grosseto – U.M.T. Pil						
	Categorie geo- morfologi- che	Piani alluvionali	Ripiani travertinosi e depositi eluviali	Colline argillose	Colline sabbiose e ciottolose	Rilievi strutturali dell'Antiap- penino
Assesti del soprassuo- lo		1	2	3	4	5
Boschi	A					
Assesti dell'insedia- mento di montagna	B					
Assesti dell'impianto medioevale	C					
Assesti dell'appodera- mento otto- novecentesco	D					
Assesti della Riforma Agraria	E					

Tabella 20: Tipi Morfologici della "Piana di Scarlino" – Fonte: Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, Provincia di Grosseto (2010)

Queste, inoltre, le dinamiche di trasformazione dei tipi morfologici che il Piano ha rilevato: permanenza di oliveti di vecchio impianto (settore D5) in prossimità delle aree boscate. Forti fenomeni di deruralizzazione del patrimonio edilizio e delle aree agricole nelle zone pedecollinari e di piano innescati dallo sviluppo urbano, industriale e turistico ricettivo di Scarlino Scalo, Bagno di Gavorrano, del Casone, di Follonica e del Porto del Puntone. In alcune zone declassamento dell'agricoltura ad attività secondaria o part-time con polverizzazione fondiaria e costituzione di vere e proprie aziende del tempo libero (orti periurbani). Costruzione, con i materiali più diversi, di annessi temporanei tendenti nel tempo a diventare definitivi ed a trasformarsi in vere e proprie "villette". Densificazione edilizia e propensione alla formazione di cortine edilizie lungo le varie strade provinciali. Nelle residue aree agricole intensificazione colturale con specializzazione degli impianti arborei ed introduzione di coltivazioni erbacee industriali. Semplificazione degli assetti agrari di piano mediante accorpamenti dei campi, eliminazione delle piantate arboree e semplificazione della rete di scolo. Impatto negativo del tracciato superstradale S.S. N°1 "Aurelia" quale elemento di cesura della continuità degli spazi agricoli.

Ruolo attrattivo della viabilità principale e scivolamento a valle dell'insediamento sottolineato dalla crescita lineare di Bagno di Gavorrano, dall'intenso sviluppo edilizio di Scarlino Scalo, nato dove la linea ferroviaria Pisa-Grosseto-Roma scorre pressoché parallela all'Aurelia, e dalla localizzazione lungo S.P. N°152 "Aurelia Vecchia", oltre al polo del Casone, dell'insediamenti produttivi di San Giuseppe e Forni.



12.3 Piano Strutturale del Comune di Scarlino

Il Piano Strutturale del Comune di Scarlino fa riferimento al nuovo Piano di Indirizzo Territoriale – PIT – regionale approvato con delibera del Consiglio regionale n. 72 del 24 luglio 2007 e al II PTC della Provincia di Grosseto adottato con Del. C.P. n. 21 del 20.04.2010 e approvato con Del. C.P. n. 20 del 11.06.2010.

Come sopra analizzato Il PTC organizza il paesaggio in aree omogenee (Ambiti, Sistemi, Unità Morfologiche Territoriali) riferite a specifici caratteri e in base a questi regolamentate in modo da indirizzare le scelte operative di livello comunale nel pieno rispetto delle singole componenti caratteristiche. Il territorio del Comune di Scarlino è interessato dagli Ambiti, Sistemi e Unità Morfologiche Territoriali (Scheda tecnica 8 del PTC), per i quali il PTC provinciale detta gli indirizzi programmati, in particolare per l'area di interesse sono state descritte le unità morfologiche: *Pi1 La Piana di Scarlino e C1 Costa di Scarlino e Follonica*.

Il PTC individua inoltre, nel territorio provinciale, 52 A.R.P.A. (*Ambiti a Ridotto Potenziale Antropico*), tra le A.R.P.A. che insistono nel territorio di Scarlino vi è il Padule di Scarlino.

Il Piano Strutturale comunale prende in considerazione i vari aspetti della pianificazione comunale considerando anche le emergenze di natura paesaggistica e ambientale analizzandole non solo come "vincolo", ma anche come "risorsa", nell'ottica di un territorio nel quale le diverse particolarità sono analizzate e valutate non in modo separato ed indipendente tra loro, ma in modo congiunto al fine di individuare sinergie di sviluppo territoriale che tutelino, salvaguardino e consentano anche di sviluppare tutte le specificità del territorio. Nelle tavole allegate **QC 6b 1 e QC 6b 2** sono stati individuati i seguenti vincoli: Siti di Importanza Regionale - Siti di Interesse Comunitario (SIR - SIC), Riserve Naturali Statali Biogenetiche, Aree Naturali Protette di Interesse Locale (ANPIL), Oasi di protezione faunistica, Aree sottoposte a Vincolo idrogeologico - PTC della Provincia di Grosseto, Ambiti a Ridotto Potenziale Antropico (ARPA) - PTC della Provincia di Grosseto.

Per l'area di interesse nel presente elaborato si rileva la presenza di:

- Sito di Interesse Regionale (L.R. 56/00): Padule di Scarlino, n. 106 SIC/SIR, estensione 148,78 ettari, IT 51A0006 (codice natura2000);
- Oasi di protezione faunistica (L.R.3/1994 e Del. G.r. 14 giugno 1996, n.317), Oasi Padule e Costiere di Scarlino;

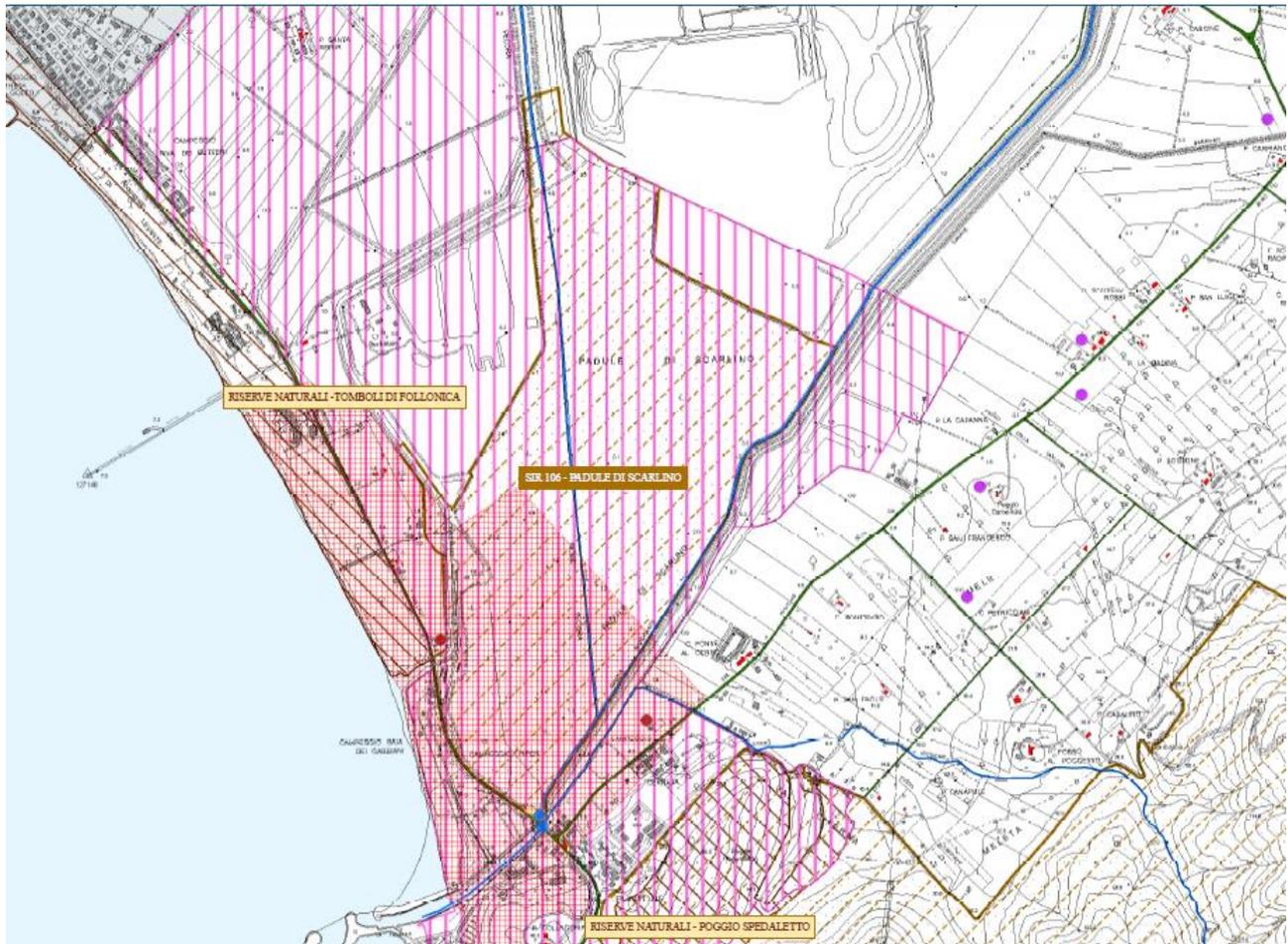


Figura 29: Estratto Tavola " I beni paesaggistici di interesse unitario della Toscana" – Fonte: Piano strutturale Comune di Scarlino

- Riserva naturale statale biogenetica (L. 394/91 e L.R. 49/95), Tomboli di Follonica e Poggio Spedaletto;
- Edifici e beni iscritti in elenco PTCP di Grosseto;
- Edifici e beni vincolati (D.lgs 42/2004);
- Edifici o manufatti della bonifica idraulica del XIX secolo;
- Edifici o manufatti di archeologia industriale.

Altro elaborato grafico di interesse per l'area oggetto di studio è la tavola **PS 02b – Il sistema produttivo di Scarlino come parte della Invariante Strutturale "La presenza industriale in Toscana"** che evidenzia nell'inquadramento a vasta scala l'articolazione proposta dal PIT e dal PTC provinciale dei capisaldi del lavoro e dei nodi infrastrutturali, mentre a livello comunale mette in evidenza il Sistema produttivo di Scarlino secondo la seguente suddivisione in sottosistemi: sottosistema produttivo della Grande Industria –Il Casone, sottosistema Ambientale delle aree soggette a bonifica ovest, sottosistema Ambientale delle aree soggette a bonifica est. **Il Sottosistema produttivo della Grande Industria (Il Casone)** posto a nord-est del territorio comunale, localizza le aree coperte e scoperte degli insediamenti industriali e produttivi esistenti. Esso è



circoscritto dal fiume Pecora, dal Canale Allacciante e, nella parte inferiore, dal Padule. Il Sottosistema accoglie sia le aree che ospitano gli impianti industriali veri e propri che le aree prevalentemente scoperte di deposito e depurazione degli scarti del processo produttivo. Tale Sottosistema ricomprende anche l'area artigianale e produttiva La Botte, delimitata a nord dalla Strada Aurelia Vecchia e lambita dalla linea ferroviaria.

Il Sottosistema ambientale delle aree soggette a bonifica poste ad est rispetto l'area umida del Padule, corrisponde alla porzione di pianura posta a sud dell'area industriale // Casone. Essa è caratterizzata dalla presenza di depositi industriali in attesa di essere bonificate e restituite a tipologie di attività più sostenibili dal punto di vista ambientale e comunque consone con le attività in essere circostanti.

Il Sottosistema ambientale delle aree soggette a bonifica poste ad ovest rispetto all'area umida, corrisponde alla parte di pianura compresa tra il Tombolo di Follonica e il Padule di Scarlino, delimitata a nord dal canale di deviazione dal fiume Pecora. Essa è caratterizzata dalla presenza di depositi industriali in attesa di essere bonificate e restituite a tipologie di attività più sostenibili dal punto di vista ambientale e comunque consone con le attività in essere circostanti.

Di interesse anche l'elaborato **PS 02c – Le attività agricole e le attività integrative dell'agricoltura come parte della Invariante Strutturale " Il patrimonio collinare della Toscana "** che individua i Sottosistemi agricoli definiti dal nuovo PS messi in relazione con le aree boscate e con le attività ricettive esistenti. Per l'area della Piana di Scarlino di interesse i sottosistemi: **Sottosistema agricolo costiero**, che individua due distinte aree di pianura: l'una confinante a Nord con il Comune di Follonica e compresa tra l'area industriale e il tombolo definita a "prevalente funzione agricola", l'altra posta più a sud rispetto alla precedente, delimitata dal canale Allacciante e attraversata dalla Strada Provinciale del Puntone, definita "a esclusiva funzione agricola". In esso si riconoscono spazi dove sono ancora visibili, nella deviazione artificiale del Fiume Pecora, nei fossi di scolo e canali, spesso pensili sul piano di campagna, e nell'ordine geometrico dei campi di nuovo impianto (seminativi rettangolari, stretti e lunghi, con piantate sui lati lunghi e rete scolante gerarchizzata di fossi e capifossi) i segni delle bonifiche ottocentesche e della Riforma fondiaria dell'Ente Maremma, e **Sottosistema agricolo della Piana di Scarlino**, che definisce l'area di pianura posta a nord del territorio comunale. In esso si riconoscono aree dove sono ancora visibili, nelle deviazioni artificiali dei fiumi e nei fossi di scolo (Canale Allacciante), spesso pensili sul piano di campagna e nell'ordine geometrico dei campi, i segni delle bonifiche del XIX secolo e della Riforma fondiaria dell'Ente Maremma. La parte delimitata a sud-est dal Canale Allacciante e a nord-est dalla Strada provinciale di Scarlino viene definita a "prevalente funzione agricola", mentre la restante parte del Sottosistema viene definita a "esclusiva funzione agricola".

A seguito dell'analisi dei sottosistemi, il Piano Strutturale definisce **obiettivi e criteri della pianificazione**, questi quelli relativi alle aree di interesse:

Il Casone, la città industriale

- Predisporre misure atte al recupero ambientale delle aree soggette a bonifica;
- Sviluppare le potenzialità insediative residue verso produzioni e attività a basso impatto ambientale;
- Qualificare l'area con servizi all'impresa nell'ottica della trasformazione del polo produttivo del Casone come "Cittadella del Lavoro" come prefigurato dal PTC provinciale;
- Favorire la produzione di energia da fonti rinnovabili utilizzando le coperture dei manufatti produttivi;
- Dotare l'area di standard pubblici e attrezzature pubbliche;



- Mitigare l'impatto paesaggistico degli impianti esistenti e di quelli futuri con fasce di verde piantumato;
- Dotare l'area di tutte le reti tecnologiche necessarie per migliorare l'efficienza e la competitività dell'area;
- Migliorare l'accessibilità all'area dalle grandi infrastrutture di progetto di importanza regionale (Corridoio Tirrenico) e ferrovie;
- Consentire possibilità insediative anche a settori produttivi legati alla nautica per creare sinergie con il vicino porto;
- Istituire nell'ambito dell'UTOE un Osservatorio ambientale per il monitoraggio delle risorse ambientali interessate dalle produzioni esistenti e anche come struttura proiettata in ambito sovracomunale a servizio di un territorio più vasto;
- Utilizzo di aree interne all'UTOE per la realizzazione di un'area per attrezzature ricreative/svago/tempo libero quali motodromo, modellismo ecc.;
- Strutture per la realizzazione di laboratori di ricerca e nuove tecnologie;
- Valorizzazione dei prodotti tipici anche per l'export.

La Piana di Scarlino

- Salvaguardia e sviluppo delle attività agricole nel rispetto della L.R. 1/2005, del PTC della provincia di Grosseto e del PIT regionale;
- All'interno dell'UTOE sono individuati ambiti di tipo turistico-ricettivo, corrispondenti alle attuali attrezzature di turismo rurale, turismo sociale, casa albergo. Il PS consente adeguamenti, ampliamenti delle strutture e nuove dotazioni di servizi e servizi complementari, servizi per il benessere della persona oltre a nuove strutture turistico-ricettive nell'ambito del dimensionamento previsto attraverso il recupero del patrimonio edilizio esistente non più utilizzato a finalità agricole. Recupero del patrimonio edilizio esistente per le attività precedentemente legate all'attività equestre;
- E' ammessa la realizzazione di piccoli annessi per l'agricoltura amatoriale per fondi di piccole dimensioni al di sotto dei minimi di legge. Tali manufatti dovranno essere realizzati secondo tipologie a capanna e saranno realizzate in legno o materiali tipici. Essi saranno strettamente legati alla conduzione di piccoli fondi agricoli;
- Consentire annessi per imprenditori agricoli non professionali che tuttavia contribuiscono alla coltivazione dei territori non riconducibili agli agricoltori amatoriali né agli imprenditori agricoli a titolo principale;
- Recupero e mantenimento del patrimonio edilizio esistente anche tramite la possibilità di ampliamenti una tantum degli edifici esistenti non rurali;
- Miglioramento paesaggistico con interventi corretti dal punto di vista colturale ed edilizio anche con il recupero di situazioni di degrado ambientale e paesaggistico;
- Recupero di annessi abitati da famiglie e autorizzati in modo improprio al fine di monitorare l'esatto fenomeno e ricondurlo a regolarità edilizia e urbanistica, anche con possibilità di adeguamenti igienico-funzionali;



- Recupero e valorizzazione della viabilità campestre e storicizzata per la creazione di un sistema di sentieri che attraversi tutto il Comune e soprattutto consenta quella fruizione ambientale e paesaggistica utile alle attività turistiche, da arricchire con piazzole di sosta, in corrispondenza di visuali panoramiche;
- Istituzione nell'ambito dell'UTOE di una clinica veterinaria;
- Valorizzazione del campo di volo;
- Creazione di un'area per sosta camper;
- Recupero, valorizzazione ed adeguamento dell'immobile esistente di Palazzo Guelfi anche ai fini di un utilizzo pubblico.

12.4 Piano Provinciale di bonifica delle aree inquinate

Il Piano Provinciale di bonifica delle aree inquinate è citato all'interno del "Accordo di Programma tra Comune di Scarlino – Nuova Solmine SpA – Scarlino Energia Srl – Tioxide Europe Srl – per la progettazione unitaria della bonifica delle acque di falda nella Piana di Scarlino" che in articolo 2 – Finalità ed Obiettivi dell'Accordo – definisce che l'accordo ha come finalità la redazione del progetto unitario della bonifica delle acque di falda nella Piana di Scarlino, così come individuata nel "Piano Provinciale di bonifica delle aree inquinate della Provincia di Grosseto" approvato con delibera del Consiglio Provinciale n. 17 del 30.06.2006 e secondo quanto rilevato dal Gruppo Scientifico che collabora alle attività di valutazione dello stato di fatto e alla caratterizzazione delle acque, propedeutica alla redazione del progetto.

Il presente Piano individua e delinea, in attuazione delle fonti normative nazionali e regionali, la strategia ed il programma per la verifica della contaminazione dei siti potenzialmente inquinati inseriti nel censimento dei siti potenzialmente contaminati, nonché i criteri per la progettazione ed esecuzione degli interventi di bonifica o messa in sicurezza dei siti inquinati della Provincia di Grosseto inseriti nell'anagrafe dei siti da bonificare del Piano regionale delle Bonifiche.

In riferimento alla Piana di Scarlino il Piano, oltre a sollecitare un avvio e completamento delle bonifiche previste dal Piano Regionale "siti a breve termine" e dei siti catalogati nel presente Piano (GR n.s. 1 – Salciaia-Cassarello a Breve termine del Piano Provinciale), definisce come indispensabile un piano organico di studio comprensoriale della Piana esteso anche ai bacini idrografici limitrofi propedeutico ad appropriati interventi di bonifica e/o alla predisposizione di azioni tese a minimizzare i rischi sulla salute umana. Inoltre definisce misure temporanee da mettere in atto quali:

- blocco delle autorizzazioni all'esecuzione di nuovi pozzi (ad uso domestico e non domestico ai sensi R.D.L. 11 dicembre 1933 n° 1775 s.m.) sull'area della Piana;
- controllo periodico dello stato di qualità idrogeochimica di tutti i pozzi esistenti sul comprensorio ad uso domestico e non domestico;
- regolamentazione dei dispositivi e/o azioni da porre in essere per, tutti gli impianti e/o fabbricati di nuova realizzazione, e per la conduzione dei fondi agricoli atti ad annullare la possibilità di mobilitazione dell'Arsenico presente sui terreni della Piana;
- monitoraggi idrogeochimici delle acque sotterranee e superficiali connesse alle bonifiche e/o messe in sicurezza permanente dei vari siti della Piana in corso.



COMUNE DI SCARLINO - Provincia di Grosseto - Settore 4 Lavori Pubblici e Politiche Ambientali

Progettazione operativa unitaria della bonifica delle acque di falda nella piana di Scarlino

Revisione a seguito della Conferenza dei Servizi del 29/04/2014 e della riunione tecnica tenutasi presso Arpat Toscana il 17/11/2014

Oggetto del Piano provinciale è un'area individuata come "Piana di Scarlino". Si riporta in Figura 19 del presente documento, estratto cartografico con indicazione del limite dell'area della Piana di Scarlino soggetta alle salvaguardie del Piano, limiti comunali, siti in anagrafe e siti in censimento all'interno del Piano Regionale delle Bonifiche e lineamenti idrogeologici.



13. INQUADRAMENTO STORICO-ECONOMICO

Nella redazione del presente paragrafo si prende a riferimento il lavoro di ricostruzione dell'evoluzione storica, economica dell'area, con particolare interesse sia all'attività estrattiva e alle attività di lavorazione del materiale estratto, sia agli interventi di bonifica idraulica condotti a partire dall'epoca leopoldina, presentato in "Studio della dispersione dell'Arsenico nella Piana di Scarlino" di Tanelli et al., 2003, a cui si rimanda per una visione più approfondita dello specifico argomento.

13.1 Attività paleo - industriale

Il territorio delle Colline Metallifere è stato interessato da coltivazioni minerarie ed attività metallurgica fin da tempi antichi ed in particolare, durante i periodi etrusco – romano e medievale, sono state prodotte notevoli quantità di scorie di lavorazione metallurgica (Cipriani e Tanelli, 1983; Tanelli, 1989) che oggi si possono rinvenire in varie località. Nella Val di Pecora i minerali oggetto di riduzione e lavorazione sono stati principalmente l'ematite dell'Isola d'Elba e le mineralizzazioni a solfuri misti del Massetano. Sulla base dei rilevamenti archeologici si possono distinguere due aree (Badii, 1931; Baiocco et al., 1990; Cucini & Tizzoni, 1992; Guideri, 1996):

- zona della metallurgia del rame, del piombo e dell'argento, corrispondente all'alto e medio bacino del Pecora;
- zona della metallurgia del ferro, corrispondente alla bassa Valle del Pecora.

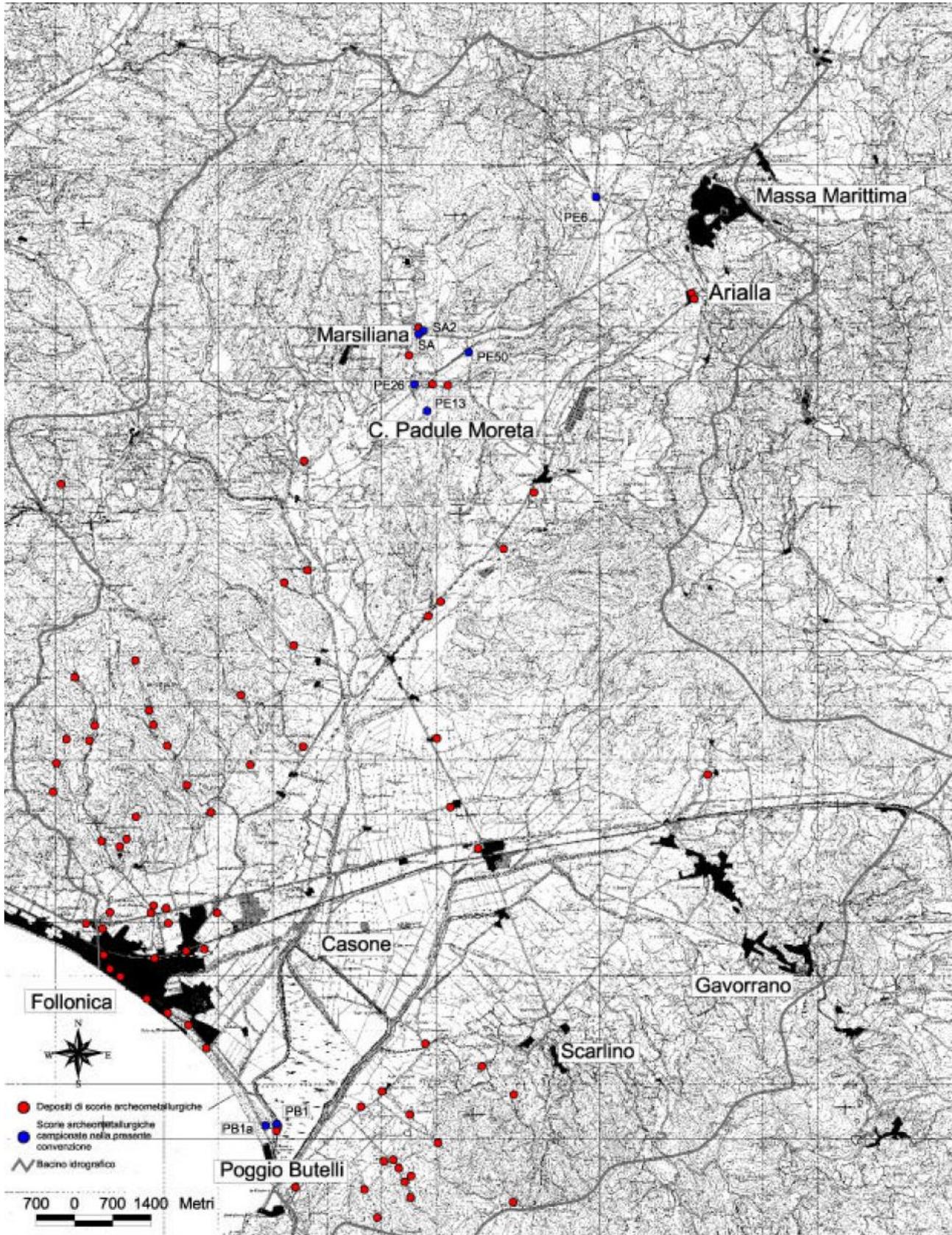


Figura 30: Localizzazione dei depositi di scorie archeometallurgiche nel bacino del F.Pecora – Fonte: Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)



13.2 Attività industriale

Dopo un lungo periodo di inattività, lo sfruttamento delle risorse minerarie della Maremma riprese nella prima metà del XIX secolo sulla scia dei nuovi modelli di sviluppo industriale che dalla fine del '700 si andavano diffondendo in tutta Europa. Con i primi anni del secolo XX inizia la coltivazione dei giacimenti di pirite di Gavorrano e poi di Niccioleta e Boccheggiano e quindi negli anni '80 di Campiano (Cipriani e Tanelli, 1983; Tanelli, 1983; Tanelli e Lattanzi, 1983).

Scarlino Scalo fra il 1905, anno di apertura della miniera di Gavorrano, e fino a circa la metà degli anni '60, divenne il centro di stoccaggio e spedizione della pirite estratta nei giacimenti maremmani dai quali veniva trasportata mediante teleferiche. Nei primi anni '60 la Montecatini realizza lo stabilimento del Casone, e dalla pirite si inizia a produrre acido solforico, pellets di ossidi di ferro ed energia, trattando il minerale proveniente dalle miniere di Gavorrano - Ravi, Boccheggiano e Niccioleta. Il ciclo produttivo prevedeva la frantumazione e l'arricchimento mediante flottazione del minerale grezzo a piè di miniera e quindi il trasporto dei concentrati di pirite con automezzi fino allo stabilimento del Casone. Ciò comportò la progressiva dismissione del centro di stoccaggio a Scarlino Scalo e del sistema di teleferiche che in esso confluivano.

Nel 1970 vi fu la fusione fra Montecatini ed Edison (Montedison) e nel 1972 fu attivato l'impianto industriale (allora SIBIT del Gruppo Montedison e quindi Tioxide Europe SRL ed oggi Huntsman Tioxide) che, utilizzando l'acido solforico prodotto in loco, sintetizza e commercializza il biossido di titanio. Nel 1973 le attività chimico - minerarie della Montedison passarono all'ente statale EGAM che costituì la società SOLMINE per la gestione del comprensorio delle Colline Metallifere.

Nella prima metà degli anni '80 si ebbe la chiusura delle miniere storiche di Gavorrano, Boccheggiano e Niccioleta e l'entrata in produzione della nuova miniera di Campiano.

Sempre nello stesso periodo (1982) venne edificato nell'area dello stabilimento l'impianto per la frantumazione e l'arricchimento del minerale grezzo realizzando quindi in loco il ciclo produttivo completo della pirite. Le ceneri di pirite iniziarono ad essere stoccate a piè di fabbrica e dopo un infruttuoso tentativo di utilizzarle per la produzione di "spugne di ferro" iniziano ad essere commercializzate in particolare nel mercato dei cementifici. Nel 1987 la SOLMINE passò sotto il controllo ENI che ne modificò la denominazione in Nuova Solmine. Negli anni 1994-95 si ebbe la chiusura delle miniere di Campiano e la risistemazione dell'impianto per la produzione di acido solforico utilizzando quale materia prima lo zolfo di raffineria. Nel 1997 la Nuova Solmine è stata privatizzata ed assorbita dal gruppo SOLMAR SpA.

Nel complesso il ciclo produttivo della pirite espletato dal 1962 al 1995 prevedeva la formazione di varie tipologie di materiali reflui (acque; torbide; fanghi; gas; fini, sterili e ceneri di pirite) che in varia forma e misura necessitavano di idonei processi di controllo, purificazione e smaltimento ai fini della salvaguardia ambientale. L'attività industriale dell'area del Casone non è limitata a quella legata all'industria della pirite, fra gli impianti si deve citare lo stabilimento Huntsman-Tioxide per la produzione di biossido di titanio. Tale impianto entrato in funzione nella primavera del 1972, occupa circa 400.000 mq di terreno di cui 150.000 mq coperti dagli apparati produttivi e dalle strutture complementari. Le scorie di lavorazione, per tale impianto, sono rappresentate da "fanghi di chiarifica" e dai "gessi rossi" derivati dal trattamento degli effluenti forti con calcare e calce.



13.3 Bonifiche idrauliche della Maremma: Padule di Scarlino

Il territorio della Maremma, che ha rappresentato per secoli la parte paludosa della Toscana, è stato segnato da un'opera continua di regolamentazione delle acque, per evitarne il ristagno e quindi l'impaludamento. Questo processo iniziò già alla fine del Cinquecento ad opera dei Medici, ma solo nella prima metà del Settecento, con i Lorena, iniziarono degli interventi strutturali di bonifica, che continuarono fino alla proclamazione del Regno d'Italia. L'area della Piana di Scarlino era interessata dalla presenza del Padule di Scarlino che nelle misurazioni catastali effettuate nel 1823-25, Salvagnoli Marchetti (1827) valutava avere un'estensione di 16.669 stiora, pari a circa 875 ettari.

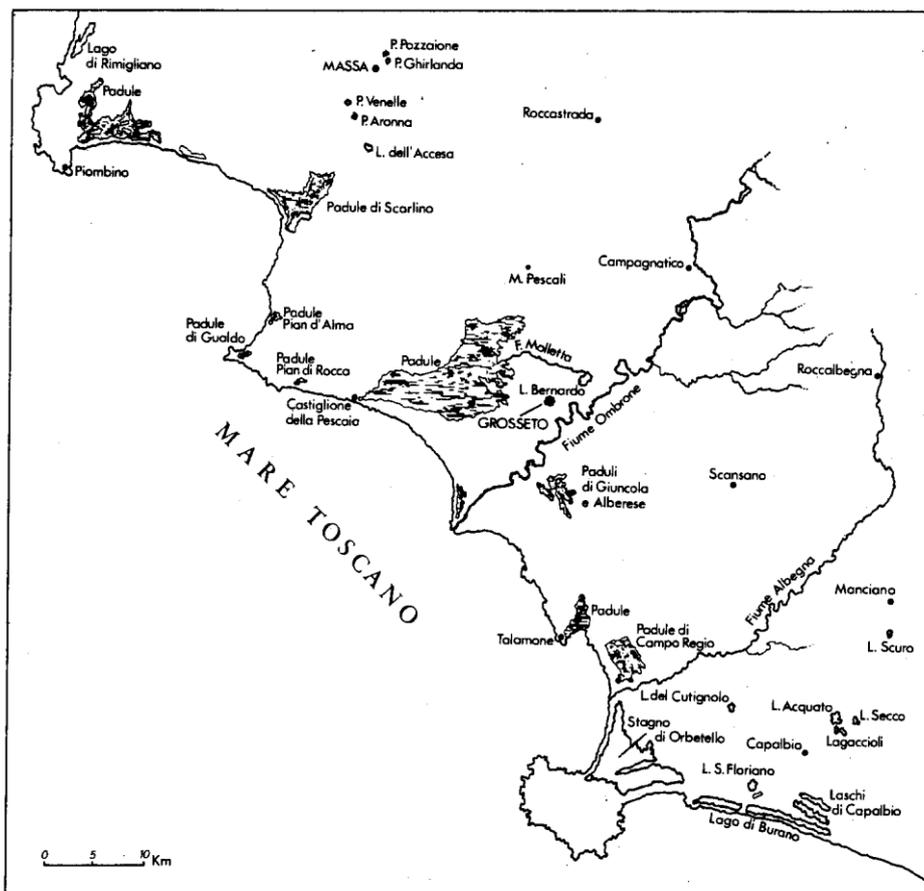


Figura 31: Principali zone umide della Maremma centro-meridionale intorno alla metà del settecento – Fonte: Barsanti e Rombai (1986)

È in quegli anni che il Granduca Leopoldo II diede corso alla bonifica del padule di Scarlino (1831). Questa venne inizialmente attuata secondo la tecnica della colmata, eseguendo opere atte a favorire la naturale deposizione dei sedimenti trasportati dai corsi d'acqua, e fu integrata in fasi successive da ripiene di materiali vari – comprese scorie ferrifere antiche - vista la lentezza con la quale si andava sviluppando il processo di innalzamento dei terreni mediante la sola colmata. Nel complesso si stima che nel processo di bonifica si sia avuta una deposizione di materiali sopra il fondo del padule che al massimo ha raggiunto gli 8-9 metri di spessore.



Fra le opere più importanti eseguite durante la bonifica, sono da ricordare (Baiocco et alii,1990; Francovich,1985):

- la chiusura del Puntone di Scarlino (1832-36). Il padule di Scarlino comunicava col mare per mezzo di una bocca (foce) larga circa 150 metri e profonda 9 metri all'altezza del Puntone di Scarlino. Per impedire il mescolamento delle acque marine con quelle dolci fu deciso di costruire un argine divisorio; per la realizzazione di quest'opera furono impiegate "loppe" (le scorie di ferro accumulate a Poggio Butelli);
- il "distaccamento" della Gora delle Ferriere dal Fiume Pecora (1830-31). Mediante la costruzione di un ponte-canale alla loro confluenza nei pressi di Cura Nuova-Vado all'Arancio, la Gora delle Ferriere fu fatta passare al di sopra del Pecora. Quest'opera permetteva di mantenere indipendenti i due corsi d'acqua, consentendo al Fiume Pecora di essere utilizzato per effettuare le colmate e alla Gora delle Ferriere di fornire l'energia idraulica alle fonderie di Follonica. Contemporaneamente il Fiume Pecora, che fino ad allora per interrimento del proprio alveo straripava nel padule, fu inalveato (arginato) ed immesso in colmata nella parte occidentale del padule. Questo ha comportato uno spostamento verso ovest del suo corso rispetto alla sua posizione originaria;
- la costruzione del Canale Allacciante (1832-36). Tutti i fossi e torrenti del settore orientale del padule e del territorio scarlinese (il Rigiolato, la Vetricella, l'Alioppa, il Fontino, la Sorgente) furono canalizzati in un unico Fosso Allacciante per consentire il deflusso delle acque stagnanti e per impedire che tali corsi d'acqua continuassero a straripare nel palude nel corso di piogge copiose. Anche il Canale Allacciante fu utilizzato per eseguire le colmate.

Oggi, come precedentemente accennato, ciò che rimane del vecchio padule è un Sito di Interesse Comunitario (S.I.C.), parte integrante di un sistema di aree protette che si sviluppa nelle zone meridionali del golfo di Follonica (Oasi faunistica del Padule di Scarlino e Area Protetta di Interesse Locale di Cala Violina).



14. INQUADRAMENTO GEO-CHIMICO DELL'AREA

Nel bacino del Fiume Pecora sono segnalati numerosi accumuli di scorie e resti del trattamento di minerali di ferro, rame e piombo argentifero risalenti ai periodi etrusco, etrusco - romano e medievale. Le scorie presenti lungo le zone costiere rappresentano i resti del trattamento di minerali a ferro in prevalenza provenienti dall'Isola d'Elba. Questi accumuli sono stati in parte recuperati ed utilizzati nella prima metà del secolo passato negli impianti siderurgici di Piombino per l'estrazione del ferro. Materiali scoriacei, particolarmente quelli presenti nella zona di Poggio Butelli, sono stati altresì utilizzati come ripiena nelle opere di bonifica del Padule di Scarlino. Gli accumuli di scorie presenti nell'alta valle del Pecora, in particolare nella zona della Marsiliana e Schiantapetto, sono prevalentemente i resti della metallurgia antica su minerali a rame, piombo ed argento provenienti dai limitrofi giacimenti a solfuri misti. Durante l'indagine di Tanelli et al. (2003) sono stati prelevati campioni di scorie archeo-metallurgiche e sono stati analizzati chimicamente e, alcuni campioni rappresentativi, indagati nelle loro caratteristiche minero – petrografiche.

Campione	Località	Tipologia	Tipo di analisi	Pirite	Ematite	Magnetite	Wustite	Olivina	Pirosseni	Tracce
PB1-A	Poggio Butelli	Scoria a ferro	O			+	+	+++		Fe metallico
PE6	F.sso Giardino	Minerale di carica	O, M	+	+++	+++				
SA	Marsiliana	Scoria a rame	O, M					+++		Bornite, calcopirite, digenite, pirrotina, Pb e Cu metallico
SA2	Marsiliana	Scoria a rame.	O, M			++		+++		Cu metallico, cuprite, magnetite
PE13	C. Padule Moreta	Scoria a piombo	O, D, M					++	++	Pb metallico, Cu metallico, fasi As-Pb-Sb-Fe, sfalerite, bornite, pirite, pirrotina,

LEGENDA: D = diffrazione a Rx; O= microscopia ottica; M= microscopio elettronico a scansione
+++ = molto abbondante; ++ = abbondante; + = poco abbondante

Tabella 21: minerali e fasi solide nelle scorie archeo-metallurgiche prelevate nell'indagine di Tanelli et al. – Fonte: Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)



TIPOLOGIA		Metallurgia del ferro		
Campione		PB1-A	PB1	PE6
Località		Poggio Butelli	Poggio Butelli	Fosso Giardino
Arsenico	mg/kg	22	15	7
Ferro	mg/kg	180.100	348.800	37.110
Piombo	mg/kg	7	25	28
Rame	mg/kg	<5	<5	26
Zinco	mg/kg	24	28	124

TIPOLOGIA		Metallurgia del rame e del piombo-argento				
Campione		SA2	SA	PE26	PE50	PE13
Località		Marsiliana		C. Padule Moreta		
Arsenico	mg/kg	35	26	17	20	158
Ferro	mg/kg	175.800	176.600	300.900	190.900	160.100
Piombo	mg/kg	281	473	3496	468	3017
Rame	mg/kg	24920	3437	8889	3855	6051
Zinco	mg/kg	7088	4253	14120	3448	5860

Tabella 22: Analisi chimiche delle scorie archeo-metallurgiche prelevate nell'indagine di Tanelli et al. – Fonte: Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino - G. Tanelli ed Altri (2003)

I campioni PB1, PB1-A e PE6 rappresentano i resti della metallurgia del ferro, il campione PE6 rappresenta un frammento del minerale di carica usato nel processo di riduzione, il campione PB1-A è un vero e proprio resto della riduzione metallurgica ed è costituito da prevalente matrice silicatica vetrosa con ossidi di ferro e plaghette di ferro metallico, i campioni SA, SA2, PE26, PE50 rappresentano resti di trattamenti metallurgici antichi per la produzione di rame, il campione PE13 rappresenta resti di trattamenti metallurgici antichi per la produzione del piombo. Sia le scorie cuprifere che quelle a piombo mostrano la presenza di olivina, pirosseni, in abbondanti matrice vetrosa. Le scorie a rame si caratterizzano inoltre per la presenza di magnetite dendritica e di abbondanti goccioline di rame metallico, cuprite e solfuri di rame e ferro di neoformazione.

14.1 Inquadramento geochimico della matrice ambientale suolo

Tali dati relativi alle scorie archeo-metallurgiche testimoniano come, al fine di individuare le eventuali relazioni che sussistono tra qualità dei terreni in affioramento, caratteristiche geochimiche delle rocce interessate dai circuiti idrici e qualità delle acque di falda considerate, occorre inquadrare l'area di studio in un contesto di *area vasta*. Tale inquadramento risulta necessario anche in considerazione del fatto che il territorio è stato, in passato, caratterizzato da estese attività minerarie e dal fatto che, come detto, risulta caratterizzato da anomalie geochimiche diffuse relative ad alcuni metalli pesanti e composti inorganici. Gli



elementi chimici di interesse, in relazione alla realtà geologico-giacimentologica dell'area di Scarlino e Gavorrano analizzata nello specifico paragrafo e alle attività minerarie, sono quelli inorganici e in particolare i metalli pesanti As, Cd, Cr, Hg, Pb e Cu. A tal proposito è possibile citare uno studio elaborato dalla società Rimin S.p.A. negli anni ottanta finalizzato all'individuazione di aree ad anomalie geochimica e/o geofisica da correlare con potenziali mineralizzazioni nascoste. Nell'ambito di questo studio, esteso su una vasta porzione della regione Toscana, è stata effettuata una prospezione geochimica che prevedeva la raccolta di *stream sediments*, sull'intera area, ed il successivo campionamento di suoli, sulle aree ritenute più promettenti dal punto di vista di un possibile interesse minerario. In seguito all'elaborazione dei dati, nell'area di studio, è la presenza delle seguenti zone di anomalia per alcuni elementi metallici:

Area di Poggio Palone

Ubicata a sud-est dell'allineamento Scarlino - Gavorrano, anomala per Ba, Cu, As, Zn, Sb, Hg, Ag e Pb. L'area copre una superficie di circa 8 km² ed interessa rocce attribuite alle formazioni delle Argille Scagliose e del Calcare Massiccio, poste a contatto da una grossa faglia ad andamento N-S. La sorgente dell'anomalia ritrovata sembra essere localizzata sul crinale di Poggio Palone - M. Calvino. L'anomalia, posta in corrispondenza di un'area di basso strutturale, potrebbe essere spiegata dalla presenza sia di mineralizzazioni sub-affioranti sia da un innalzamento dei valori di fondo degli elementi, dovuto a rimobilizzazioni connesse alla contigua intrusione granitica. I tenori ricavati dalle analisi chimiche degli *stream sediments* sono compresi nei seguenti range di valori:

Elemento	Range di valori (ppm)
Ba	500 – 1.400
Cu	80 - 160
As	80 – 160
Zn	100 - 250
Sb	40 – 100
Hg	1 – 2,5
Pb	70 – 100

Tabella 23: Analisi chimiche dei sedimenti prelevati presso Area di Poggio Palone. – Rimin SpA

In particolare, mentre i valori elevati di Ba, Cu e As sono diffusi in tutta la zona anomala, quelli relativi a Zn, Sb, Hg e Pb sono limitati alle sole zone centrale e meridionale dell'anomalia.

Area di Casa Bianca

Ubicata a Nord-Ovest di Bagno di Gavorrano, anomala per Sb, Hg, As, Fe, Zn, Ba, Pb e Cu. Essa copre una superficie di circa 1.5 km². L'anomalia risulta essere ben definita e con tenori elevati per Sb, Hg e As, e



conferma ed amplia un indizio noto, probabilmente costituito da impregnazioni ed incrostazioni di minerali di antimonio. Inoltre, la zona è caratterizzata dalla presenza di fenomeni diffusi di alterazione probabilmente idrotermale e dalla presenza di putizze. L'anomalia è situata sul probabile prolungamento settentrionale della struttura tettonica che limita ad occidente il nucleo di Gavorrano, separando i termini della serie toscana dalle Argille Scagliose. La presenza di elementi come As e Hg, con tenori elevati, potrebbe rappresentare un'ulteriore conferma dell'esistenza, sotto la copertura detritica, della citata struttura. I tenori dei principali elementi anomali, ricavati dalle analisi degli *stream sediments* relativi alla prospezione strategica, sono compresi nelle seguenti classi:

Elemento	Range di valori (ppm)
Ba	500 – 1000
Cu	40 - 80
As	80 – 300
Zn	100 - 300
Sb	15 – 150
Hg	1 – 2.5
Pb	40 – 150

Tabella 24: Analisi chimiche dei sedimenti prelevati presso Area di Casa Bianca – Rimin SpA

L'area di anomalia geochimica interessa depositi alluvionali e travertini quaternari, limitati lembi di Calcere Cavernoso della serie toscana e termini flyschoidi delle unità liguri.

Area di Poggio Raganella

Area che si sviluppa a sud-est della zona anomala di Poggio Palone a cui è contigua ed interessa il versante Sud-orientale di Poggio Paganella. L'anomalia è rappresentata da As e Sb. Tale distribuzione evidenzia come, in questa parte del territorio toscano, sia frequente ritrovare in natura suoli anche con rilevanti contenuti in metalli pesanti, che pertanto, non possono essere messi in relazione solo ad attività di sfruttamento delle risorse minerarie ed a inquinamenti di altra origine antropica.

A conferma di quanto sopra riportato è possibile inoltre far riferimento a documenti cronologicamente più recenti elaborato dall'Università di Siena nell'Ottobre 2002 e dall'Università di Firenze nel marzo del 2003 e successivo luglio 2005, relativi allo studio delle concentrazioni anomale di arsenico e di altri metalli pesanti presenti nel suolo della Pianura di Scarlino.

Da entrambi gli studi emerge come in tutta l'area della Piana di Scarlino sia rintracciabile un possibile arricchimento naturale di As nei terreni.

Nel primo studio citato, il range di concentrazioni di As nei terreni rilevato si aggira intorno a valori di 20 e 100 ppm, mentre lo studio dell'Università Di Firenze rileva tenori variabili a seconda della porzione di piana



indagata; in particolare, i campioni marginali della piana, esternamente all'area compresa fra il Fiume Pecora ed il Canale Allacciante, sono caratterizzati da tenori medi in arsenico di 20-50 mg/kg, mentre nella zona interna della piana tali valori salgono fino a centinaia di mg/kg. Lo studio, inoltre, rileva una marcata anomalia del metallo in questione anche nei campioni di sedimento prelevati dal Fiume Pecora con tenori che si aggirano intorno a 100 mg/kg.

In particolare, lo studio svolto dall'Università di Firenze – Dipartimento di Scienze della Terra nel 2003 "Studio della dispersione dell'arsenico nella piana di Scarlino", conclude ritenendo che l'anomalia geochimica nella piana di Scarlino relativa all'arsenico è da imputare all'associazione di cause naturali, che determinano un contenuto di fondo elevato in tutta la pianura legato alle caratteristiche geochimiche dei terreni in relazione alle formazioni presenti nelle adiacenti colline, e di cause antropiche legate alle attività industriali svolte in passato che generano anomalie più marcate nella zona industriale della piana.

14.2 Inquadramento idro-chimico della matrice ambientale acque sotterranee

Parimenti all'inquadramento geo-chimico risulta fondamentale inquadrare anche l'analisi idro-chimica dell'area in un contesto di area vasta. A riguardo numerosi sono stati gli studi condotti negli anni sia per l'area vasta che per la zona industriale del Casone, per cui due studi, uno condotto per il Comune di Follonica ad opera dello Studio Tecnico del Dr. Stefano Bianchi nel 1986 e l'altro effettuato da Aquater per conto della Società Nuova Solmine S.p.A. nel 1985, hanno classificato le acque di tipo solfato-alcantino-terroso. In tali studi si è giunti ad ipotizzare una circolazione delle acque nel calcare cavernoso e nei terreni mio-pliocenici della serie toscana. Anche lo studio condotto dall'Università di Firenze "Approfondimento dello studio inerente la diffusione dell'arsenico nel bacino del Fiume Pecora e zone limitrofe" del luglio 2005 ha rilevato che le acque della piana e dei rilievi collinari di Scarlino sono di tipo solfatico, bicarbonatico e clorurate. Le acque solfatiche, in particolare, sono in gran parte presenti nella pianura di Scarlino, compresa la zona industriale del Casone, nonché nella miniera di Gavorrano. Di ulteriore interesse sono gli studi condotti su temperatura e conducibilità elettrica delle acque di falda nello "Studio idrogeologico della Pianura costiera di Follonica-Scarlino" (2006) che hanno permesso la stesura di carte dell'acqua di falda.

I dati conducimetrici rilevati dal suddetto studio in due differenti periodi (rappresentativi di condizioni secche e umide) hanno permesso di evidenziare il quadro distributivo della salinità totale, l'andamento delle isolinee ottenute ha mostrato una notevole differenza di conducibilità (e quindi di salinità) tra il settore nord-occidentale della Piana e quello centro-meridionale con una distribuzione dei valori conducimetrici che è risultato variabile da circa 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (a 20 °C) a nord-est di Follonica a massimi di quasi 3600 $\mu\text{S}/\text{cm}$ nella località Salciaina.

Queste informazioni collegate ai dati analitici relativi agli ioni maggiori hanno permesso al suddetto studio, in un'analisi complessiva di area vasta, di affermare che lo sfruttamento eccessivo e relativamente concentrato della falda non solo ha provocato l'avanzamento dell'intrusione marina nella pianura ma ha favorito anche la risalita lungo l'interfaccia acqua dolce/acqua salata di fluidi caldi paleo salini contenuti nelle parti più basse dell'acquifero e/o di provenienza profonda lungo faglie o fratture. (*Studio idrogeologico della pianura costiera dei Follonica-Scarlino (Pitagora Editrice, 2006)*).



14.3 Inquadramento dello stato di risanamento ambientale dell'area

A seguito di quanto sopra dettagliato, con particolare riferimento alle attività antropiche estrattive ed industriali che si sono susseguite nei secoli sull'area della Piana di Scarlino e sulle colline circostanti, numerosi sono i siti afferenti al comune di Scarlino segnalati all'interno del SISBON il Sistema Informativo Siti interessati da procedimento di BONifica, realizzato in attuazione delle "Linee guida e indirizzi operativi in materia di bonifica di siti inquinati" di cui alla DGRT 301/2010 e nell'ambito dell'incarico di svolgimento del "Progetto Anagrafe" affidato ad ARPAT dalla Regione Toscana. SISBON é lo strumento informatico di supporto per la consultazione e l'aggiornamento della "Banca dati dei siti interessati da procedimento di bonifica" consultabile e/o aggiornabile da parte dei referenti delle amministrazioni coinvolte nel procedimento di bonifica (Comune, Provincia, ARPAT, AUSL, Prefettura, Regione, MATTM). All'interno di tale Banca Dati sono presenti i siti iscritti in ANAGRAFE dei siti da bonificare (art. 17, comma 12, D. Lgs. n° 22 del 1997), il registro dei siti contaminati da sottoporre ad interventi di messa in sicurezza, bonifica, ripristino ambientale e messa in sicurezza permanente, suddivisi in:

- **Siti contaminati:** siti riconosciuti tali ai sensi della normativa vigente in fase di riconoscimento dello stato di contaminazione (SITI IN ANAGRAFE CON ITER ATTIVO);
- **Siti bonificati o in messa in sicurezza operativa o permanente (MISO/MISP):** i siti riconosciuti tali ai sensi della normativa vigente in fase di certificazione dell'avvenuta bonifica o messa in sicurezza operativa o permanente (SITI IN ANAGRAFE CON ITER CHIUSO).

Sono inoltre presenti i siti NON IN ANAGRAFE suddivisi in:

- **Siti potenzialmente contaminati:** i siti per i quali é stata accertata la potenziale contaminazione e da sottoporre ad ulteriori indagini (SITI NON IN ANAGRAFE CON ITER ATTIVO);
- **Siti con non necessità di intervento:** i siti per i quali é stata accertata la mancata contaminazione (SITI NON IN ANAGRAFE CON ITER CHIUSO).

Per l'area comunale di Scarlino, che in massima parte interessa la Piana di Scarlino, oggetto del presente elaborato risultano registrati all'interno del Sistema Informativo numero 14 SITI IN ANAGRAFE CON ITER ATTIVO definiti CONTAMINATI, di cui in Tabella 25 i principali:

Codice Regionale	Denominazione	Indirizzo	Tipologia attività
GR-ns-01	Discarica Ceneri di pirite Argine Salciaia-Cassarello	Loc. Salciaia	discarica non autorizzata
GR-ns-06a	Salciaia Accumulo Ceneri di Pirite -Area Vasca 1 -Accordo Colline Metallifere	Loc. Salciaia	attività mineraria



Codice Regionale	Denominazione	Indirizzo	Tipologia attività
GR-ns-06b	Salciaia Accumulo Ceneri di Pirite - Rilevato stradale - Accordo Colline Metallifere	Loc. Salciaia	attività mineraria
GR057	Cantiere Montecatini	Loc. Scarlino Scalo	industria di prodotti chimici
GR066b	Casone - Salciaina - Area Stoccaggio Ceneri di Pirite	Loc. Il Casone	discarica non autorizzata
GR072a	Area Solmine (Esclusa Area Ex Pellettizzazione)	Loc. Il Casone	industria di prodotti chimici
GR072b	Nuova Solmine - Scarlino - San Martino e EX Frantumazione (Esclusa Area Ex Pellettizzazione)	Loc. Il Casone	industria di prodotti chimici
GR090a*	Scarlino Energia (EX Ambiente SpA -EX Syndial)	Loc. Il Casone	industria di prodotti chimici
GR090b*	Syndial Area Vasche (EX Ambiente SpA - EX Syndial) -Accordo Colline Metallifere	Loc. Il Casone	attività mineraria

Tabella 25: Principali siti contaminanti afferenti al Comune di Scarlino

Inoltre registrano registrati numero 3 SITI IN ANAGRAFE CON ITER CHIUSO definiti BONIFICATI, in Tabella 26.



Codice Regionale	Denominazione	Indirizzo	Tipologia attività
GR065	Tioxide	Loc. Il Casone	industria di prodotti chimici
GR066a	Nuova Solmine - Scarlino - Il Casone	Loc. Il Casone	industria di prodotti chimici
GR089	Portiglioni - Terra Rossa	Loc. Terra Rossa	attività mineraria

Tabella 26: Siti bonificati afferenti al Comune di Scarlino

Per l'ubicazione dei principali suddetti siti contaminati o bonificati si rimanda alla Figura 19 estratta dal Piano Provinciale di bonifica delle aree inquinate della Provincia di Grosseto (2006) che sebbene non aggiornata dal punto di vista dell'Iter procedurale fornisce un inquadramento della distribuzione spaziale di tali siti. Il presente paragrafo, lungi dall'essere esaustivo, fornisce un'ulteriore indicazione della complessità della Piana e della elevata presenza sia di anomalie naturali che di potenziali o reali sorgenti di contaminazione legate ad attività antropica.





PARTE IV REALIZZAZIONE VERIFICHE DI CAMPO

La prima fase del presente progetto ha consistito nella raccolta dei dati pregressi contenuti nei vari documenti progettuali relativi agli iter amministrativi ai sensi della previgente e vigente normativa (D.M. 471/99 e D.Lgs. 152/06) avviati dalle singole Aziende presenti sul territorio (Piani di Caratterizzazione Ambientali, Relazioni Tecniche Descrittive delle indagini, Analisi di Rischio sito specifiche, Progetti di Bonifica e di MISE, report delle attività di monitoraggio e controllo). Tali dati sono stati reperiti presso le amministrazioni competenti (Comune di Scarlino, Comune di Follonica, ARPAT, Dipartimenti Universitari di Siena e Firenze), presso le singole aziende che hanno attivato gli iter tecnico-amministrativi ai sensi di legge o per altri fini ritenuti comunque di interesse e in parte risultavano già in possesso della scrivente.

In particolare sono stati raccolti i dati inerenti:

- Piezometri/pozzi realizzati sulle differenti aree di proprietà, comprensivi delle profondità raggiunte, del condizionamento dei perfori e dell'esatta ubicazione geografica (coordinate X, Y, piano campagna e boccapozzo).
- dati di conducibilità idraulica degli acquiferi;
- informazioni relative alle sequenze lito-stratigrafiche rilevate nell'area con indagini di campo (sondaggi, prove penetrometriche, pozzi, piezometri);
- eventuali ulteriori informazioni utili per la successiva progettazione dell'intervento di bonifica.

Si è realizzata una raccolta dati presso gli enti pubblici quali Provincia di Grosseto, ARPAT Dipartimento Provinciale di Grosseto, Ufficio Regionale per la Tutela del Territorio, ARPAT Regionale ufficio SISBON, allo scopo di ottenere informazioni sull'area vasta all'interno della quale si inserisce l'area industriale del Casone allo scopo di ottenere informazioni anche sull'area vasta all'interno della quale si inserisce l'area industriale del Casone.

Una volta raccolti i dati, analizzati e sistematizzati i tecnici hanno provveduto ad eseguire le verifiche di campo tramite:

- sopralluogo su tutti i pozzi/piezometri individuati con analisi del loro stato di conservazione, verifica della integrità dei pozzetti e dei tappi di chiusura del pozzo/piezometro, verifica di assenze di ostruzioni o comunque di impedimenti al passaggio degli strumenti, inserendo per tutta la lunghezza del piezometro strumenti-testimone;
- compilazione di schede di campo di sintesi allegate al presente progetto;
- esecuzione di rilievo fotografico e georeferenziazione di ciascun punto;
- esecuzione di rilievo freaticometrico.

Si analizza nel dettaglio ciascuna fase.

15. INDIVIDUAZIONE DEI PIEZOMETRI E POZZI DI RIFERIMENTO

La rete di pozzi e piezometri oggetto di verifica di campo sono stati individuati tra tutti quelli per cui sono stati raccolti dati sufficienti secondo le seguenti necessità:



- copertura la più esaustiva possibile dell'intera Piana di Scarlino, con lo scopo di avere un livello conoscitivo il più approfondito possibile dal punto di vista territoriale;
- profondità di pozzi e piezometri differenti con lo scopo di intercettare e rilevare i livelli freaticometrici di più acquiferi;
- tipologia di pozzi e piezometri differenti per uso (industriale, idropotabile, irriguo, monitoraggio, barriera fisico) con lo scopo di connettere il livello freaticometrico al differente uso del pozzo/piezometro.

In totale sono state eseguite verifiche di campo su numero 248 pozzi e piezometri, suddivisi secondo la falda intercettata. Come evidente da Figura 16 (Falda 1) e da **Figura 17** (Falda 2) la maggior parte dei punti, poco meno della metà del totale, sono posizionati nell'area industriale del Casone. Questo è conseguenza dei numerosi iter ed interventi di bonifica che sono stati realizzati nel corso degli anni da parte delle aziende qui insediate che hanno portato ad avere una buona conoscenza sito specifica dell'area del Casone, tale situazione solo parzialmente può essere estesa all'intera area vasta. I punti di indagine qui presenti sono, in massima parte, piezometri di monitoraggio, pozzi di barriera fisico (barriera San Martino e pozzi barriera nelle aree Syndial SpA e Nuova Solmine Spa) e pozzi di emungimento acqua per suo utilizzo nei processi industriali.

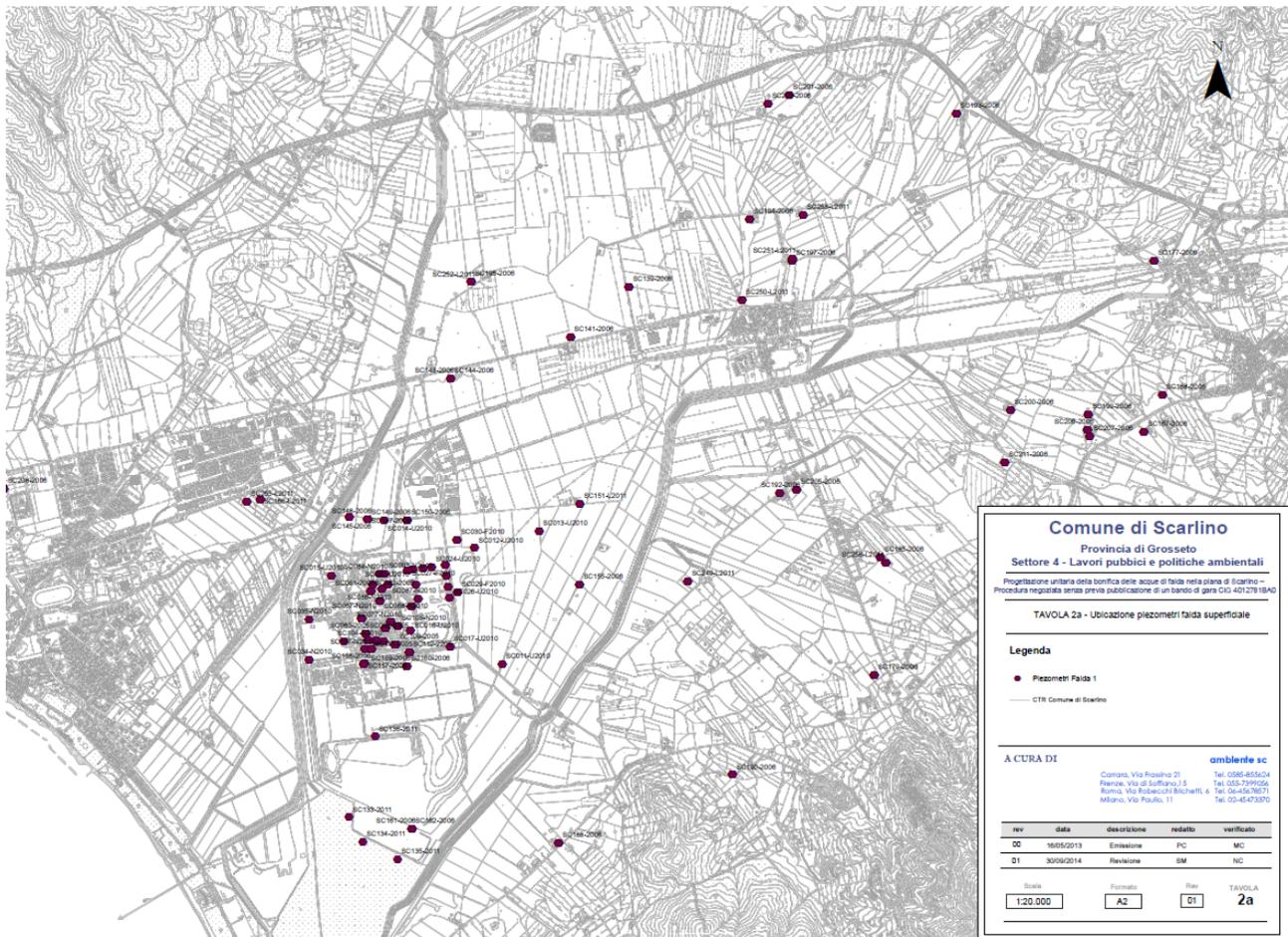


Figura 32: Piezometri/Pozzi Falda1 oggetto di verifiche di campo – Fonte: Estratto Tavola 2a

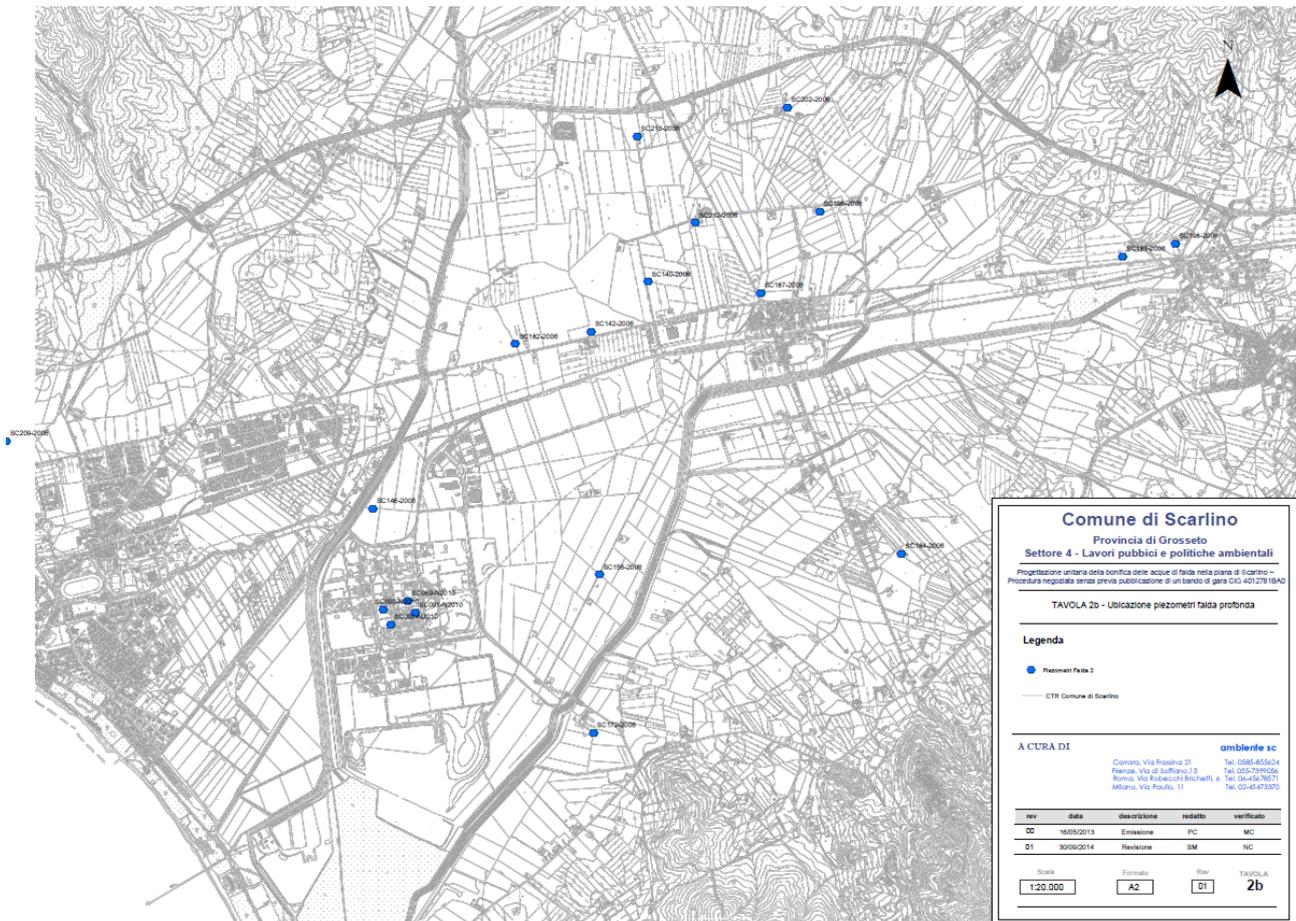


Figura 33: Piezometri/Pozzi Falda2 oggetto di verifiche di campo – Fonte: Estratto Tavola 2b

Afferenti ad interventi da bonifica sono da segnalare anche i piezometri di monitoraggio relativi al sito GR057 (denominazione: “*Cantiere Montecatini*”) in località Scarlino Scalo, anch’essi oggetto di verifiche di campo.

In aggiunta ai suddetti punti ne sono stati presi in considerazione altri con lo scopo di avere una copertura la più esaustiva possibile dell’intera Piana di Scarlino.

I punti aggiuntivi monitorati sono stati individuati principalmente:

- nelle aree pianeggianti a Sud e Sud-Ovest della zona industriale del Casone, ubicati principalmente in aree agricole;
- nelle aree pianeggianti ad Est della zona industriale del Casone, ubicati principalmente in aree agricole e residenziali (Le Case, Scarlino Scalo);
- nelle aree pianeggianti e sub-collinari al limite Nord e Nord-Est della Piana di Scarlino (direzione Massa Marittima e Bagno di Gavorrano) a principale uso irriguo ed agricolo.

Per l’individuazione di tutti i punti oggetto di verifiche si rimanda alle Tavole 2a e 2b.



15.1 **Compilazione Schede di campo**

Come precedentemente anticipato il sopralluogo su ogni pozzo e piezometro individuato è stato accompagnato da: analisi del loro stato di conservazione, verifica della integrità dei pozzetti e dei tappi di chiusura del pozzo/piezometro, verifica di assenze di ostruzioni o comunque di impedimenti al passaggio degli strumenti, inserendo per tutta la lunghezza del piezometro strumenti-testimone. Per ogni punto raggiunto è stata compilata una scheda di campo, come in **Figura 34** (tutte le schede di campo sono in allegato) riportante le seguenti informazioni:

- **Id Punto**, codice progressivo identificativo di ciascun punto;
- **proprietà**, quando conosciuta da sopralluogo;
- **accessibilità** ed eventuali note all'accessibilità;
- **uso** (monitoraggio, industriale, pozzo barriera, pozzo potabile, pozzo domestico, altro);
- **tipologia** (pozzo, piezometro, altro);
- **rilievo GPS differenziale** (se stato possibile sua esecuzione);
- **battitura bocca pozzo e piano campagna**;
- **profondità** (m) da bocca pozzo e da piano campagna;
- **diametro**;
- **tipologia bocca pozzo**;
- **tipologia completamento**;
- **condizioni generali**.



Rilievo Falda Piana Scarlino					
Id Punto	SC 8				
Proprietà	Scarlino energia				
Accessibilità	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO			
Uso	<input checked="" type="checkbox"/> Monitoraggio	<input type="checkbox"/> Uso Industriale	<input type="checkbox"/> Pozzo Barriera	<input type="checkbox"/> Pozzo potabile	<input type="checkbox"/> pozzo Domestico
Tipologia	<input checked="" type="checkbox"/> PIEZOMETRO	<input type="checkbox"/> POZZO	<input type="checkbox"/> Altro		
Rilievo GPS differenziale	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO			
Battitura B.P.	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO			
Battitura P.C.	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO			
Profondità da B.P.		8			
Livello falda da B.P.		0,36			
Diametro	<input type="checkbox"/> 3"	<input checked="" type="checkbox"/> 4"	<input type="checkbox"/> Altro:		
Tipologia B.P.	<input checked="" type="checkbox"/> Fuori Terra	<input type="checkbox"/> Carrabile	<input type="checkbox"/> Altro:		
Tipologia Completamento	<input checked="" type="checkbox"/> PVC	<input type="checkbox"/> HDPE	<input type="checkbox"/> Altro:		
Condizioni generali	<input type="checkbox"/> Buone	<input checked="" type="checkbox"/> Medie	<input type="checkbox"/> Pessime	Note:	
Note:					



Figura 34: Estratto Scheda Rilievo Falda Piana Scarlino

Rispetto alla totalità dei numero 248 pozzi e piezometri di uso vario elencati in fase iniziale, per numero 43 pozzi/piezometri ubicati in tutta la piana non è stato possibile compilare la Scheda Rilievo o perché non è stato rinvenuto il punto in corrispondenza delle coordinate geografiche fornite o perché l'area non era accessibile. Questi i pozzi/piezometri non presenti: SC 37- 38 – 40 – 41 – 43 – 44 – 45 – 46 – 47 – 64 – 65 – 66 – 69 – 72 – 78 – 79 – 88 – 97 – 151 – 152 – 153 – 154 – 164 – 165 – 166 – 169 – 173 – 174 – 175 – 180 – 210 – 224 – 226 – 227 – 228 – 229 – 231 – 232 – 233 – 234 – 235 – 236 – 237.

15.2 Esecuzione rilievo fotografico e georeferenziazione

Individuata la rete di pozzi e piezometri di riferimento e individuati i pozzi e piezometri effettivamente reperiti, al fine di poter ottenere delle informazioni quanto più omogenee possibile, è stata effettuata la **georeferenziazione** di ciascun punto facente parte della rete di riferimento.

La georeferenziazione dei punti è stata effettuata utilizzando le seguenti attrezzature:

- GPS Laica® 1200 plus (con correzione differenziale tramite antenna RTK)
- stazione totale TPS Laica® 705 ultra



Grazie all'utilizzo simultaneo della strumentazione indicata, le misure in coordinate locali sono state ricondotte in coordinate geografiche e quote sul livello del mare. Mediante rilievo con stazione totale è stata ottenuta infatti una planimetria in coordinate X,Y,Z locali (ossia in riferimenti non riconosciuti nei normali sistemi geografici ma individuati sul sito) ma con precisione millimetrica; mediante l'utilizzo di GPS differenziale le coordinate geografiche di alcuni di questi punti potranno essere individuate e restituite nei sistemi di riferimento ufficialmente riconosciuti. Il GPS differenziale, grazie ad un sistema di trasmissione continua di dati con satelliti e ricevitori terrestri, ha permesso di ottenere le coordinate plano-altimetriche di ciascun punto con precisione subcentimetrica. In particolare, per ciascun punto (pozzo o piezometro) sono state restituite le coordinate X e Y nel sistema Gauss Boaga, nonché le coordinate Z relative a bocca pozzo e piano campagna. Grazie alla conoscenza della quota sul livello del mare della bocca pozzo di ogni punto di indagine sarà possibile, nella successiva fase di esecuzione di rilievo freaticometrico, ottenere quota sul livello del mare di ciascun livello freaticometrico in modo da poter ricondurre tutte le misure ad un riferimento assoluto. La georeferenziazione di tutti i punti individuati ha consentito di ottenere una base affidabile con coordinate certe per tutte le successive misure ed elaborazioni.



Figura 35: Esempio Rilievo fotografico con verifica della condizione del piezometro

15.3 Esecuzione rilievo freaticometrico

A seguito della realizzazione e sistematizzazione dei dati di campo e della restituzione di un rilievo topografico in coordinate assolute aggiornato dei punti di interesse, è stato eseguito un rilievo freaticometrico sull'intera rete georeferenzata.

Al fine di ottenere dati significativi e non influenzati da possibili eventi meteorologici, il rilievo freaticometrico è stato effettuato in un arco di tempo minimo (2-3 giorni, febbraio 2013) in modo da poter risultare rappresentativo della reale morfologia dei livelli acquiferi di interesse.



Tutte le misure di livello eseguite sono state riferite alla bocca pozzo, in modo poi da ottenere una quota in coordinate assolute, e sono state riportate sulla Scheda Rilievo con eventuali annotazioni, quando necessarie.

Per ogni piezometro/pozzo sono state effettuate le seguenti operazioni annotate in apposita scheda:

- misura del livello statico della falda;
- verifica della profondità del pozzo o piezometro esistente mediante opportuno scandaglio;
- verifica dell'integrità e la corretta identificazione del pozzetto di campionamento.

I rilievi effettuati, una volta organizzati, sono stati utilizzati per il calcolo delle quote assolute dei livelli piezometrici in metri sul livello medio del mare, al fine della ricostruzione della **morfologia piezometrica** dei vari livelli acquiferi di interesse.

15.4 Gestione dei dati raccolti: il SIT

A seguito di quanto sopra illustrato si è provveduto all'implementazione di un Sistema Informativo Territoriale.

L'implementazione di un Sistema Informativo Territoriale relativo all'enorme mole di dati reperiti (e verificati in campo) durante le fasi precedenti consente una gestione omogenea ed immediata di tutti i dati territoriali, idrogeochimici ed idrogeologici afferenti alla falda della piana di Scarlino riuscendo, nel contempo, a costituire uno strumento informativo univoco sulla falda di Scarlino che può essere messo a disposizione di tutte le amministrazioni pubbliche interessate dal procedimento di bonifica dell'acquifero in oggetto. Il Sistema Informativo Territoriale, oltre a svolgere la funzione di "archivio" digitale univoco dei dati territoriali disponibili e resi disponibili a seguito delle verifiche ulteriori di cui ai paragrafi precedenti, è stato implementato al fine di effettuare tutte le elaborazioni spaziali e cartografiche necessarie per l'implementazione del modello idrogeologico e del progetto di bonifica della falda e per la realizzazione di specifiche carte tematiche.

La tecnologia *GIS (Geographical Information System)* si propone come uno strumento innovativo e funzionale per studi a carattere territoriale. I GIS rappresentano un mezzo fondamentale per il raggiungimento degli obiettivi preposti all'interno di un SIT (*Sistema Informativo Territoriale*), inteso come l'insieme sistematico dei dati, delle procedure e della strumentazione informatica, inquadrato in un contesto organizzativo il cui scopo è la gestione razionale di tematiche afferenti un dato contesto territoriale. La valenza dell'allestimento di un SIT risiede anche nella possibilità di organizzare le informazioni relative al sito oggetto di studio in un sistema continuamente aggiornabile e integrabile con nuovi tematismi, in qualunque momento successivo la fase di realizzazione del sistema stesso.

La realizzazione del SIT relativo alla falda della piana di Scarlino è stata effettuata tramite l'utilizzo del software ArcGIS vers. 9.x. Preliminarmente alla realizzazione del SIT è stato necessario prima progettare e, di seguito, realizzare un geodatabase territoriale capace di contenere tutti i dati territoriali, idrogeochimici e idrogeologici afferenti alla falda della piana di Scarlino. Lo stesso geodatabase, inoltre, contiene tutti i dati di base per la contestualizzazione territoriale dei dati afferenti alla falda della piana di Scarlino.



PARTE V ANDAMENTO DI FALDA E SINTESI DELLO STATO QUALITATIVO DELLA MATRICE AMBIENTALE ACQUE SOTTERRANEE

A seguito della conclusione delle verifiche di campo, della ricostruzione dell'assetto stratigrafico della piana di Scarlino e pertanto dell'assetto idrogeologico della stessa, è stato possibile realizzare carte tematiche inerenti la morfologia della falda e l'andamento dei principali parametri chimico-fisici di interesse per ciascun livello acquifero individuato sull'area.

Tale fase è risultata fondamentale per la successiva fase di implementazione di un modello idrogeologico della Piana di Scarlino. Utilizzando i dati freaticometrici/piezometrici complessivamente raccolti nel database, la morfologia delle acque sotterranee rappresentative dei differenti livelli acquiferi e i dati chimico-fisici di interesse sono stati gestiti dal punto di vista informatico, attraverso interpolazioni che ne hanno riprodotto l'andamento al fine di fornire mappe tematiche di facile lettura.

Tali carte tematiche sono state realizzate con il software ArcGIS vers. 9.x che utilizza il metodo di interpolazione spaziale (insieme di tecniche che permette, dato uno spazio dove sono stati misurati in alcuni punti i valori assunti da una grandezza, di determinare i valori nei punti dove tale grandezza non è stata misurata, basandosi sugli altri valori noti) NATURAL NEIGHBOR.

L'interpolazione natural neighbor (NN) è un metodo che si basa sui poligoni di Thiessen (o Voronoi) e che assegna a ciascuno dei punti che costituiscono il dataset di partenza dei pesi basati su quella che viene definita area di influenza. Queste aree di influenza sono identificate attraverso la generazione dei poligoni di Thiessen intorno a ciascun punto di input. I passi necessari a effettuare la interpolazione NN sono i seguenti:

- si crea la triangolazione di Delaunay a partire dall'intero dataset di N punti come fase preliminare per la creazione dei poligoni di Thiessen;
- si generano i poligoni di Thiessen per l'intera regione oggetto dello studio; ogni punto j del dataset di partenza ha il proprio poligono di Thiessen caratterizzato da un'area di estensione pari a A_j ;
- si aggiungono agli N punti del dataset di partenza il punto P del quale voglio stimare il valore della grandezza in esame rifacendo una nuova triangolazione (con $N+1$ punti) e riderivando i poligoni di Thiessen. In questo modo il punto P avrà una propria area di estensione pari a A_p ;
- il nuovo poligono di Thiessen ha "preso in prestito" parti dell'area di influenza dei punti vicini. Questo può essere visto nella **Figura 36** dove il nuovo poligono è stato sovrapposto ai poligoni esistenti nel primo dataset che nel caso in esame erano in numero pari a $k=5$.

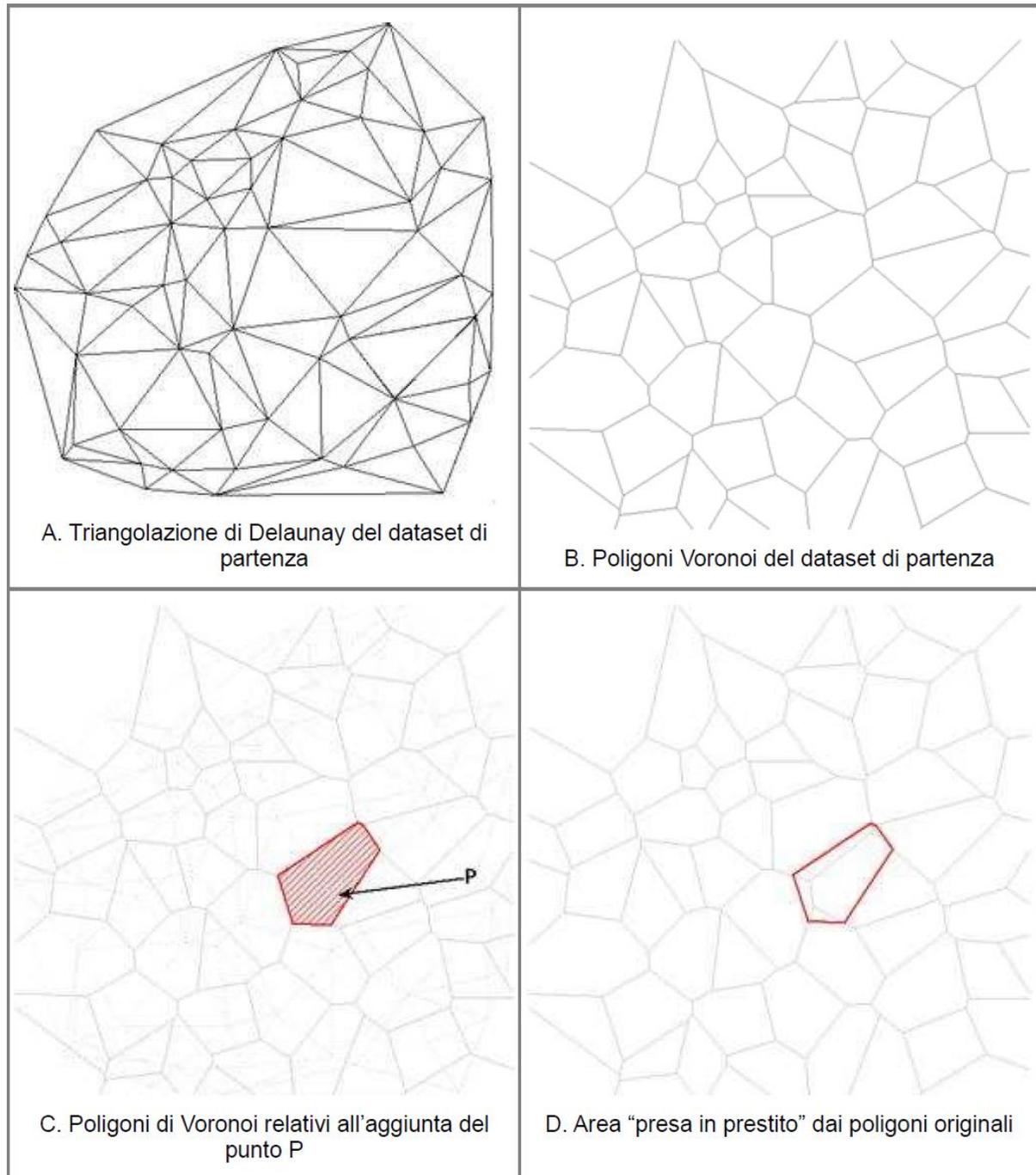


Figura 36: Interpolazione natural neighbor – calcolo dei pesi

A seguito dell'interpolazione effettuata dal software è stato possibile visualizzare carte a curve di livello che hanno mostrato la morfologia della tavola d'acqua e l'andamento delle concentrazioni dei parametri chimico-fisici di interesse. Ciò è stato di fondamentale ausilio per il posizionamento e per la garanzia di efficienza della futura barriera idraulica diffusa.



16. ELABORAZIONE DELLE CARTE ISOFREATICHE

A seguito delle precedenti fasi di raccolta dati, esecuzione delle verifiche di campo e rilievo freaticometrico, effettuato in un arco di tempo minimo (2-3 giorni, febbraio 2013) in modo da poter risultare rappresentativo della reale morfologia dei livelli acquiferi di interesse, si sono ottenute le quote assolute dei livelli piezometrici in metri sul livello medio del mare, al fine della ricostruzione della morfologia piezometrica dei vari livelli acquiferi di interesse.

La suddivisione di tali quote in differenti livelli acquiferi è avvenuta tenendo in considerazione i numerosi dati a disposizione. Innanzitutto le sezioni stratigrafiche reperibili nel database e i dati sedimentologici a disposizione, in secondo luogo, gli studi pregressi sia di area vasta che sito specifici, concentrati nell'area industriale del Casone, che negli anni sono stati condotti. Una sintesi di quanto evidenziato dall'analisi degli studi pregressi è riportato nel paragrafo Idrografia e idrogeologia. La determinazione dei vari livelli acquiferi e la conseguente costruzione delle carte isofreatiche sono state condotte parallelamente alla costruzione del modello idrogeologico della Piana di Scarlino e hanno subito divisioni e costruzioni differenti prima di giungere alla configurazione definitiva, in accordo con il modello, con lo scopo di ottenere una modellizzazione la più rappresentativa possibile della realtà, prerogativa necessaria per una progettazione di dettaglio degli interventi di bonifica.

A seguito delle suddette considerazioni si è provveduto a riconoscere nel sottosuolo della Piana di Scarlino la seguente suddivisione dei livelli acquiferi:

- **1a:** livello acquifero superficiale della falda 1 fra circa 4 e 10 metri di profondità dal piano campagna;
- **1b:** livello acquifero profondo della falda 1 del modello fra circa 13 e 20 metri di profondità dal piano campagna;
- **2:** livello acquifero superficiale della falda 2 fra circa 21 e 50 metri di profondità dal piano campagna;

La divisione della falda 1 (4-20 metri circa dal piano campagna) in ulteriori 2 livelli, come sopra, si è resa necessaria in quanto la lettura dei dati a disposizione a scala ridotta, area industriale del Casone, ha evidenziato la presenza di tali discontinuità, evincibile, nello specifico, dall'analisi delle stratigrafie. Tali discontinuità appaiono invece interconnesse ad area vasta, intera Piana, lasciando esclusivamente la divisione in falda 1 e falda 2.

A scopo chiarificatore si forniscono gli estratti delle Tavole:

- **Tavola 3a:** morfologia falda superficiale 1a;
- **Tavola 3b:** morfologia falda superficiale 1b;
- **Tavola 3c:** morfologia falda superficiale;
- **Tavola 3d:** morfologia falda profonda.

Dall'analisi delle suddette tavole è possibile individuare un andamento e una direzione di falda dei livelli 1a e 1b analoghi, il che conferma l'impostazione generale di una interconnessione, ad area vasta, dei livelli acquiferi 1a (4-10 metri) e 1b (13-20 metri) che risultano, invece, non interconnessi a scala ridotta, località il Casone.

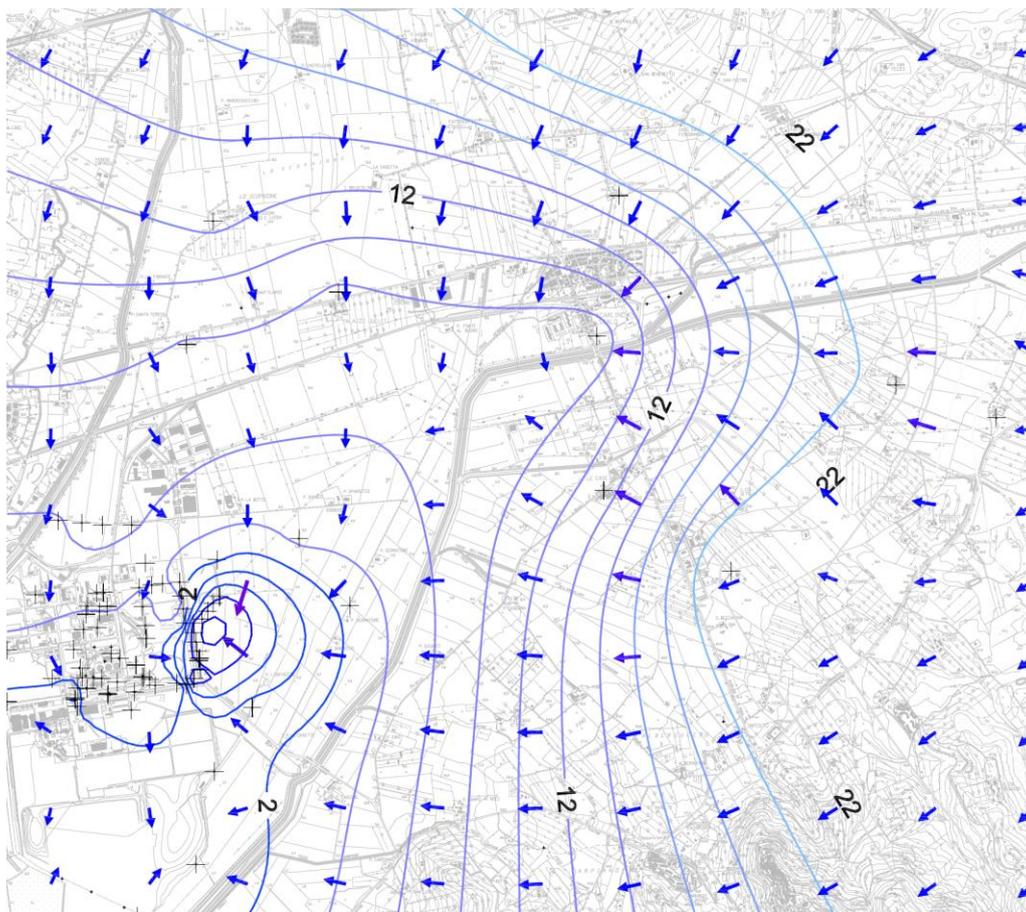


Figura 37: Estratto Tavola 3a: morfologia falda superficiale 1a

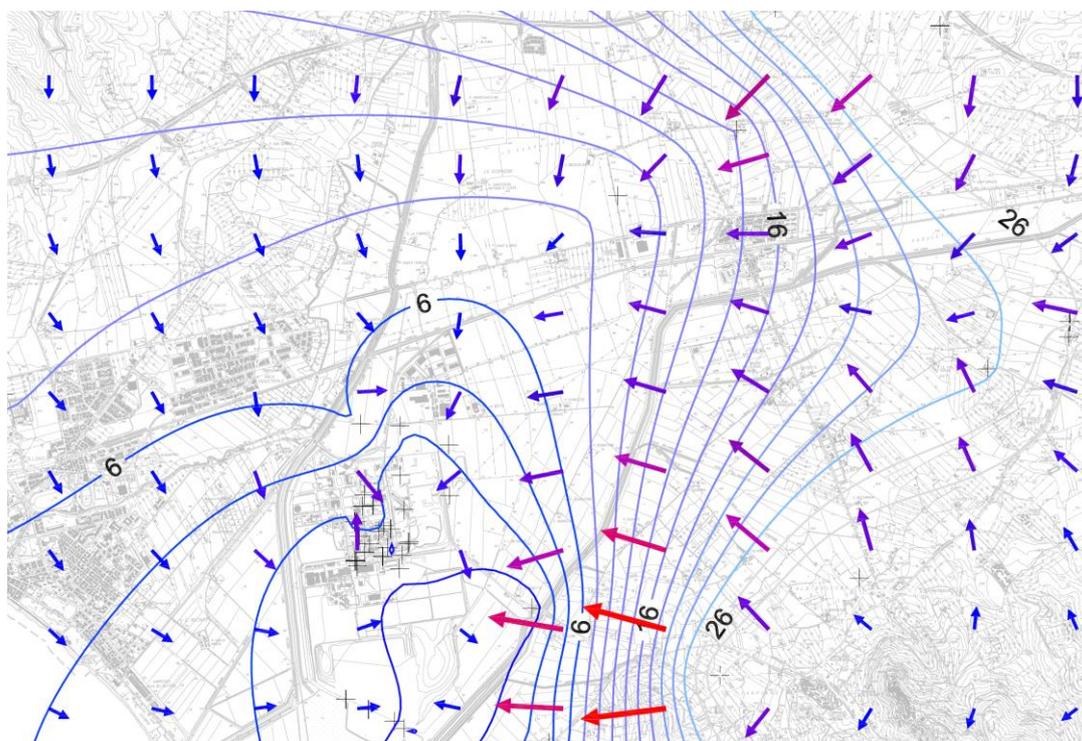


Figura 38: Estratto Tavola 3b: morfologia falda superficiale 1b

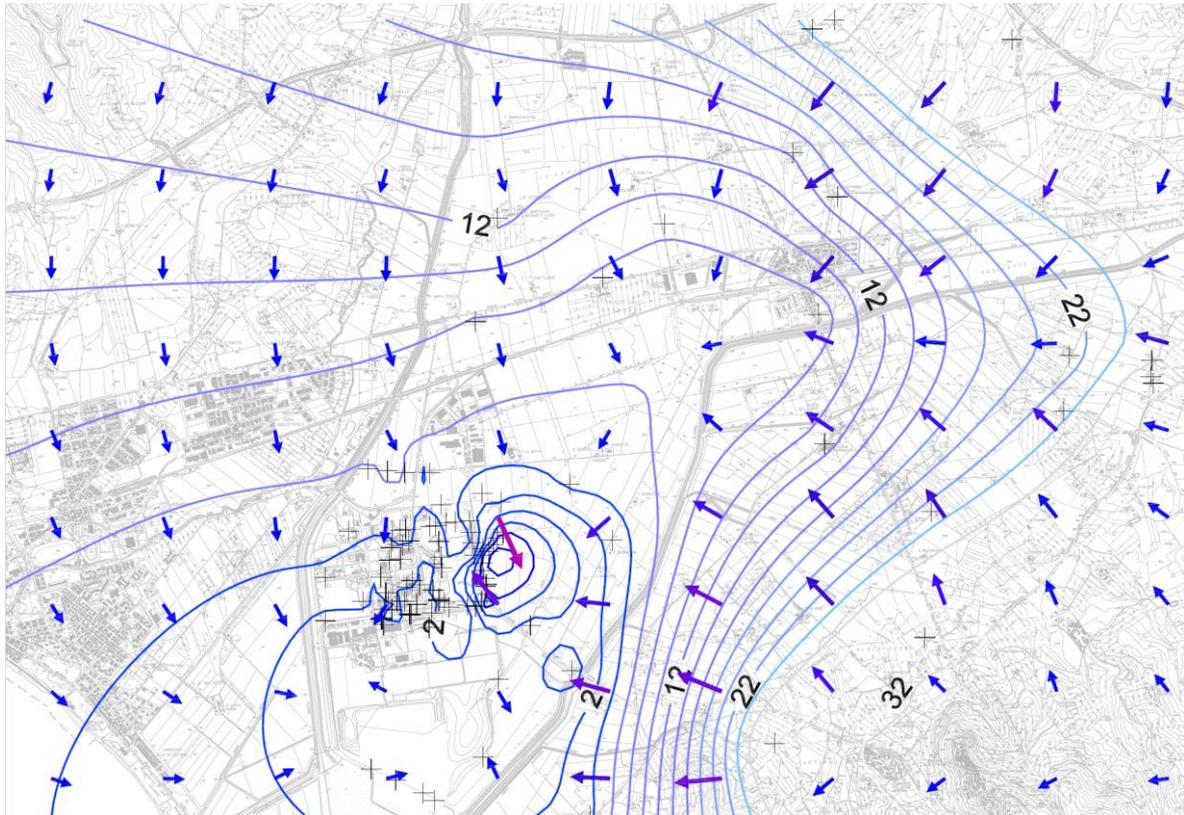


Figura 39: Estratto Tavola 3c: morfologia falda superficiale 1

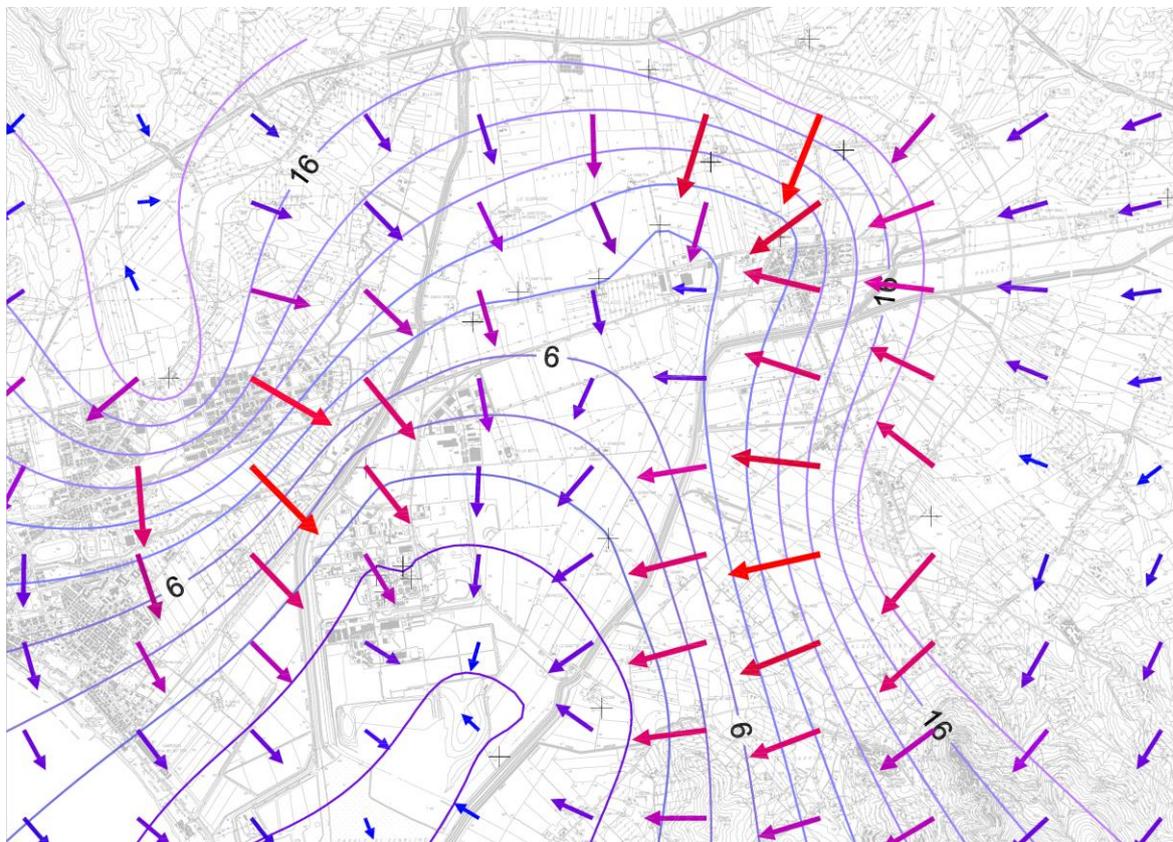


Figura 40: Estratto Tavola 3d: morfologia falda profonda (falda 2)



17. ELABORAZIONE DELLE CARTE DI ISOCONCENTRAZIONE

A seguito della raccolta ed analisi dei dati relativi ai parametri chimici si è provveduto alla costruzione di tavole rappresentative delle curve di isoconcentrazione (stessa concentrazione). Sono state elaborate tavole, per i livelli acquiferi 1a, 1b, falda superficiale (1a+1b) e falda profonda (2), secondo le considerazioni precedentemente fatte sui differenti livelli acquiferi, relative ai parametri traccianti della contaminazione nella Piana di Scarlino, come si può evincere dall'analisi dei dati storici e delle più recenti campagne di indagine condotte.

I parametri traccianti della contaminazione sono risultati essere:

- **Arsenico;**
- **Ferro;**
- **Manganese;**
- **Solfati.**

Per la costruzione delle carte di isoconcentrazione si è cercato di avere una distribuzione la più estesa possibile dei dati analitici relativi ai parametri chimici individuati, questo con lo scopo di ottenere una visione di area vasta e non solo limitata all'area industriale del Casone dove si ha la più elevata numerosità di dati a disposizione. Avendo quest'ultimo come obiettivo prioritario si sono raccolti dati da fonti differenti e da campagne condotte in periodi differenti. Laddove per un punto di monitoraggio (pozzo/piezometro) fossero stati disponibili più valori in periodi (anni o mesi) differenti si è cercato, il più possibile, di rendere i dati confrontabili, prendendo periodi tra loro prossimi. Le analisi utilizzate fanno riferimento a campagne realizzate negli ultimi 8 anni (dal 2005 ad oggi). A scopo chiarificatore si forniscono, per il parametro Arsenico, gli estratti delle Tavole:

- **Tavola 4a:** isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1a;
- **Tavola 4b:** isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1b;
- **Tavola 4c:** isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1.

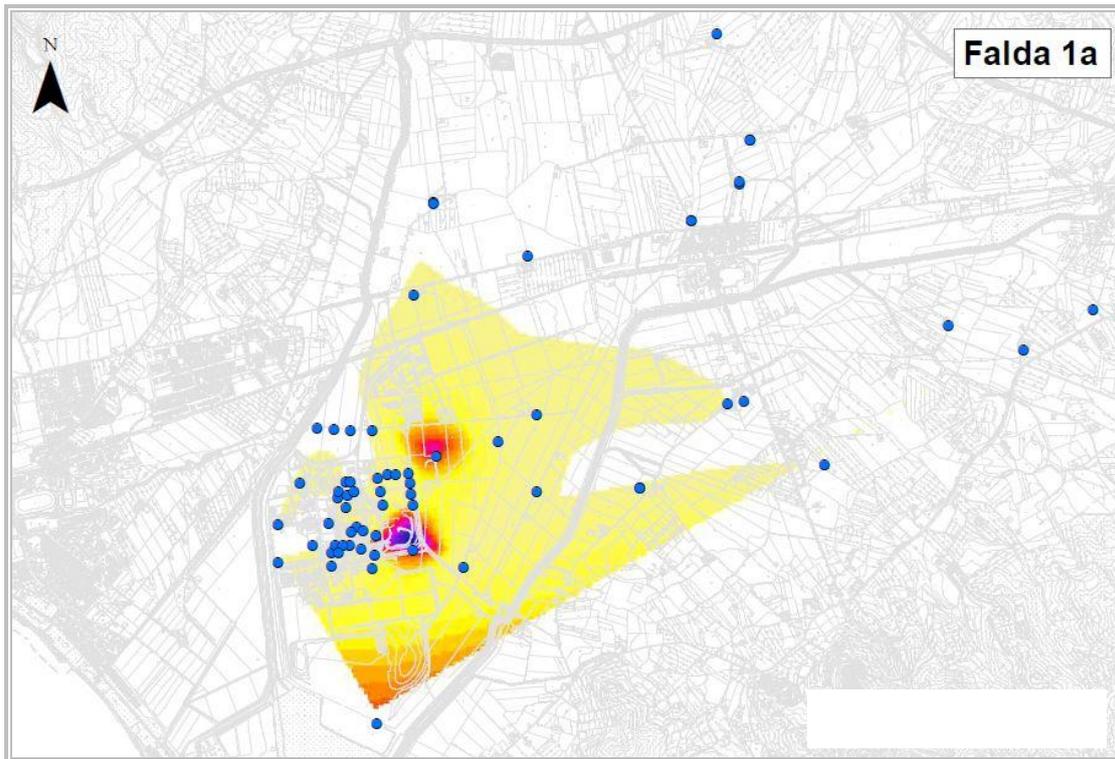


Figura 41: Estratto Tavola 4a: isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1a

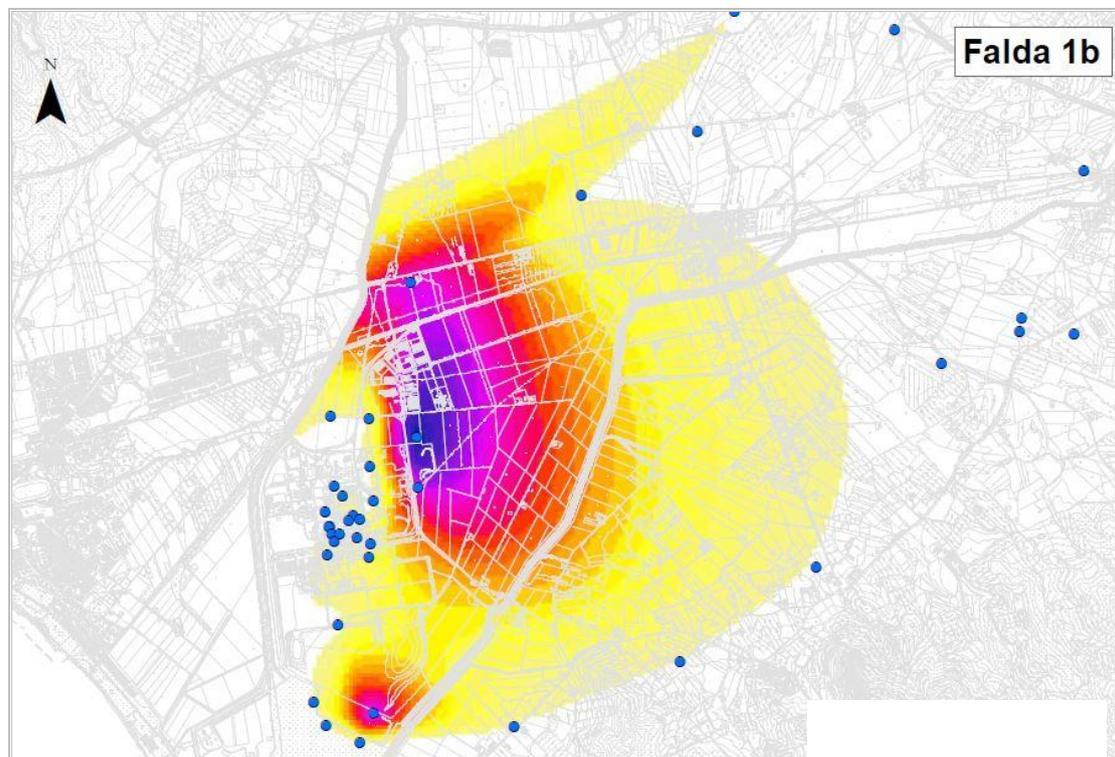


Figura 42: Estratto Tavola 4b: isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1b



Figura 43: Estratto Tavola 4c: isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1

Legenda

● Punti_falda1b	300 - 350	700 - 750
□ < 10	350 - 400	750 - 800
□ 10 - 50	400 - 450	800 - 850
□ 50 - 100	450 - 500	850 - 900
□ 100 - 150	500 - 550	900 - 950
□ 150 - 200	550 - 600	950 - 1.000
□ 200 - 250	600 - 650	1.000 - 1.100
□ 250 - 300	650 - 700	1.100 - 1.200
	> 1200	

In merito allo spot di contaminazione (in partic. Arsenico, cfr. figura soprastante) nella zona a nord dell'area de La Botte, corrispondente alla c.d. rotatoria sulla SP 152 per Scarlino Scalo, si chiarisce che esso non è stato preso in considerazione dal presente progetto su specifica richiesta di ARPAT dip. di Grosseto nella riunione del 17/11/2014: tale ente, a seguito di segnalazione inserita nella rev.1 del presente progetto, si sta attualmente occupando in modo specifico dei monitoraggi delle acque di falda per comprendere la natura di tale anomalia.



Per quanto riguarda le concentrazioni di arsenico in falda 2 si chiarisce che non vi sono punti di monitoraggio con concentrazioni superiori alla rispettiva CSC: per tale motivo non è stata elaborata una tavola di isoconcentrazione.

Si precisa altresì che all'interno del progetto operativo di bonifica dell'ottobre 2013 (rev.0) e la revisione del settembre 2014 (rev.1) era stata fornita una tavola recante le isoconcentrazioni nella quale era presente un solo punto con concentrazioni superiori alle CSC, nel centro dell'area del Casone. Dopo controllo incrociato con i tecnici di Arpat è stato verificato un refuso all'interno del database originario, che recava un valore di 36 microgrammi/litro di arsenico, invece del valore corretto, pari a 3,6 microgrammi/litro (Pz3-2 nel RdP di Scarlino Energia del 14/12/2010). Nel presente database allegato al progetto è stata effettuata la correzione, riportando il dato al valore corretto, pari appunto a 3,6 ug/l (dato conforme alla CSC di riferimento).

Dalla lettura delle carte di isoconcentrazione ottenute è possibile ottenere sia informazioni sulla distribuzione della contaminazione dei parametri traccianti all'interno della Piana di Scarlino che ottenere ulteriori elementi di conferma della corretta suddivisione dei livelli acquiferi ad area vasta.

Confrontando, infatti, le Tavole **Tavola 4c** isoconcentrazioni Arsenico falda superficiale 1 e **Tavola 5** isoconcentrazioni Arsenico falda profonda 2 si evince una sostanziale differenza nei valori della contaminazione. Nella falda superficiale (Falda1) si osservano valori dell'Arsenico, parametro fondamentale della contaminazione della Piana, fino a 100 volte superiori al limite CSC di cui alla tab.2, all.5, parte IV, titolo V del D.Lgs. n. 152/2006 smi, pari a 10 µg/l. Nella falda profonda (Falda2) si osservano valori dell'Arsenico inferiori al limite CSC di cui alla tab.2, all.5, parte IV, titolo V del D.Lgs. n. 152/2006 smi, pari a 10 µg/l. Questi elementi risultano ulteriori discriminanti di suddivisione tra i livelli acquiferi, ad area vasta.

Non sono comunque da escludere, come si evince nel proseguo del documento, punti isolati ad area vasta in cui può essere ipotizzata una interconnessione tra i vari livelli.

Per un'analisi completa di tutti i parametri traccianti della contaminazione nella Piana di Scarlino si rimanda alle Tavole in allegato, dalla cui lettura dettagliata è possibile individuare alcune aree di criticità all'interno della Piana di Scarlino per i parametri traccianti della contaminazione (che, ricordiamo, oltre all'arsenico sono: ferro, manganese, solfati).

Nello stralcio planimetrico della seguente **Figura 44** si evidenziano tali aree di criticità dove i parametri della contaminazione risultano avere concentrazioni superiori.

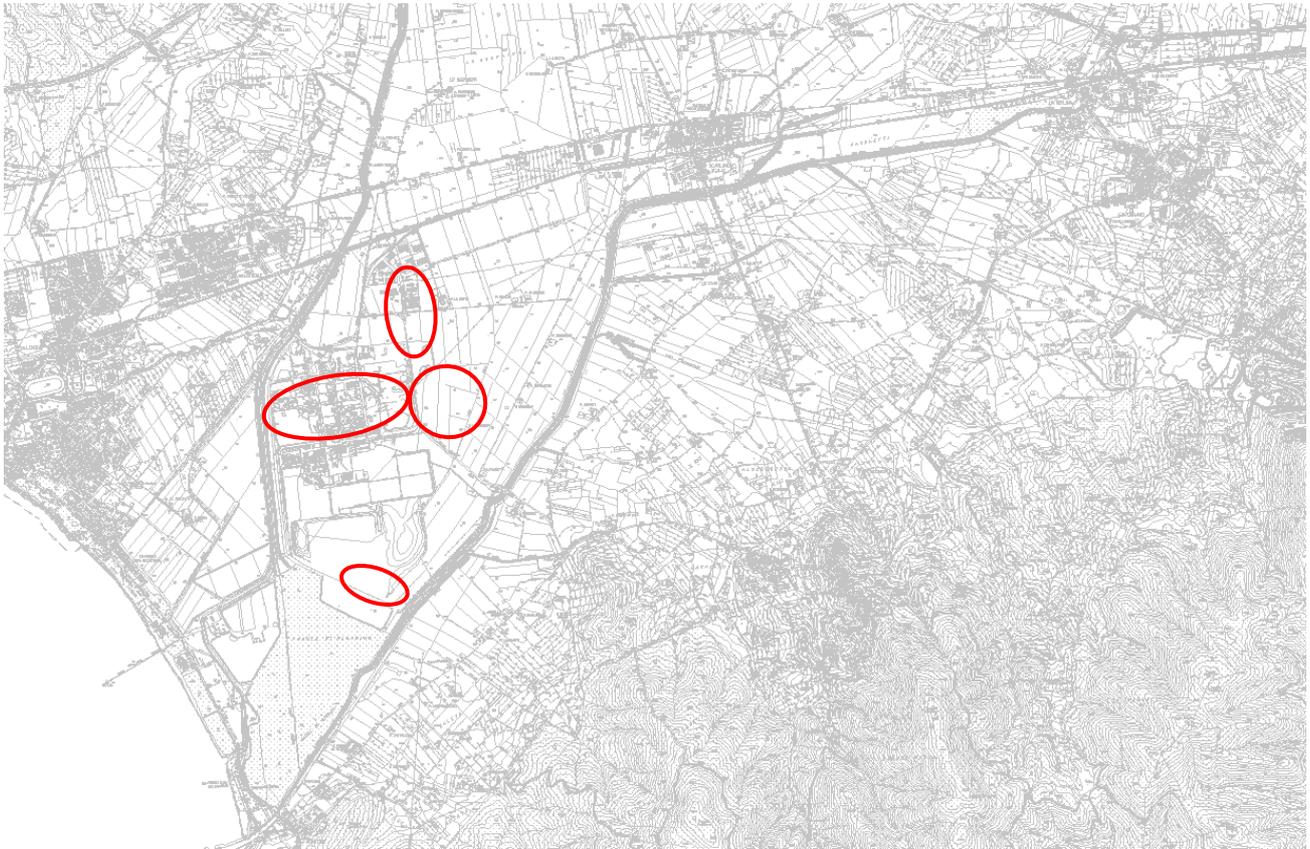


Figura 44. Stralcio planimetrico con indicazione delle zone di maggiore criticità sulla matrice acque sotterranee della falda 1a e falda 1b

L'evidenziazione delle aree di criticità si cui sopra, in termini di estensione e posizione, è stato uno dei criteri che hanno guidato la scelta e la progettazione degli interventi di bonifica presentati nelle sezioni successive.



PARTE VI MODELLAZIONE IDROGEOLOGICA

Al fine di gestire i dati raccolti e sistematizzati all'interno di uno strumento che possa fornire utili informazioni per la comprensione delle condizioni di moto delle falde e dei meccanismi di trasporto implicati, oltre all'utilizzo di un modulo Surfer per la ricostruzione delle superfici piezometriche e all'ausilio del software ArcGIS per la ricostruzione della distribuzione areale dei vari contaminanti all'interno della piana di Scarlino, è stato utilizzato uno specifico software per la modellazione numerica della complessa idrogeologia della piana.

L'utilizzo di un sistema di simulazione del flusso di falda in molti casi risulta essere molto utile per integrare ed elaborare tutti i dati all'interno di un modello generale del sistema falda-acquifero concettualmente coerente e consentire di eseguire eventuali previsioni al variare delle condizioni al contorno.

I modelli numerici possono inoltre rappresentare un'ottima base conoscitiva disponibile per la valutazione di approcci alternativi alla gestione e tutela delle acque sotterranee, mediante una modifica adeguata dell'entità e della distribuzione spaziale degli emungimenti in modo tale da sviluppare uno sfruttamento delle acque sotterranee svolto in maniera sostenibile.

All'interno del presente progetto è stato ricostruito il modello idrogeologico dell'area industriale della Piana del Casone ubicata nella porzione nord occidentale del territorio comunale di Scarlino.

Scopo della modellazione è la ricostruzione del bilancio idrico sotterraneo e della superficie piezometrica dell'area oggetto di interesse. Il modello è stato realizzato come supporto conoscitivo di dettaglio al progetto di messa in sicurezza dell'acquifero esistente nell'area vasta indagata.

La ricostruzione del comportamento idrico sotterraneo tramite l'impiego di un modello numerico è un utile strumento nel processo decisionale che porta alla valutazione dell'effettiva potenzialità della risorsa idrica e che quindi possa prevedere in modo più aderente alla realtà le effettive conseguenze dell'applicazione di un qualsiasi progetto (es. pozzi barriera) di messa in sicurezza dell'acquifero in termini di abbassamento del livello della falda e modifica delle curve isopiezometriche.

Nel caso in oggetto è stato impiegato il codice di calcolo MODFLOW sviluppato dalla USGS su interfaccia GROUNDWATER VISTAS nella versione 4.0.

All'interno dell'ALLEGATO II è presente l'intero studio di modellazione idrogeologica, corredato dalle necessarie carte tematiche ed elaborazioni di dettaglio fondamentali per la definizione degli interventi futuri atti al risanamento ambientale del comparto acque sotterranee per la piana di Scarlino. Si intende pertanto che gli interventi di bonifica nel seguito proposti si sono basati, oltre che sul corpus di studi, indagini e documenti inerenti soprattutto l'idrogeologia e l'idrochimica dell'area, anche sulla modellazione idrogeologica svolta.

Pur rimandando i dettagli dello studio alla lettura dell'ALLEGATO II, di seguito si riportano le conclusioni a cui è giunto il modello di calcolo impostato.



18. CONCLUSIONI DEL MODELLO IDROGEOLOGICO PER LA PIANA DI SCARLINO

La modellazione idrogeologica è sicuramente un metodo più accurato ed affidabile rispetto ai metodi che si basano sull'interpolazione per la determinazione del moto delle acque sotterranee e per il trasporto di sostanze contaminanti. La modellazione, a differenza delle altre metodologie adottabili, consente infatti di considerare le reali caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'acquifero analizzato e soprattutto permette di risolvere il problema tramite la ricerca della soluzione delle equazioni che governano il fenomeno. Un modello si pone quindi in ambito ingegneristico come un valido strumento per il monitoraggio della risorsa idrica sotterranea e per la valutazione di una previsione futura.

Costruire un modello che rappresenti in modo verosimile la realtà è molto difficile perché questa fase della modellazione prevede il trasferimento delle caratteristiche di un sistema complesso in un modello che può essere risolto utilizzando codici numerici. Nel presente lavoro, infatti, le maggiori difficoltà sono state incontrate nella fase di costruzione del modello concettuale ed in particolar modo nella caratterizzazione geologica, idrogeologica e chimica della Piana di Scarlino/Follonica sia perché questa è una zona geologicamente molto complessa (piana costiera con episodi ripetuti di sovralluvionamento da parte di più corsi d'acqua con frequenti interdigitazioni sia verticali che orizzontali ed episodi di ambiente marino e di colmata), sia a causa della presenza discontinua e soprattutto non omogenea di sondaggi e punti con stratigrafia nota nell'ambito dei limiti del Modello che si estende per circa 27 Km² di territorio, sia a causa dell'assenza di una caratterizzazione chimica dei suoli e della presenza di una caratterizzazione chimica delle acque incentrata prevalentemente sull'area industriale del Casone (distribuzione poco rappresentativa del dominio del modello).

Il Modello si è avvalso della disponibilità di circa 85 pozzi all'interno dei propri limiti di cui solo 35 con stratigrafia nota ed ulteriori 107 piezometri con stratigrafia nota.

Esistono comunque dei validi strumenti d'ausilio alla modellazione che consentono di confrontare i risultati ottenuti con misure in situ; possono per esempio essere utilizzati programmi che permettono di calibrare il modello, cioè di ottimizzarlo in modo che i valori simulati siano il più vicini possibile a quelli misurati in campo.

I risultati ottenuti dalla simulazione del moto delle acque sotterranee nel caso della modellazione della Piana di Scarlino/Follonica possono essere considerati soddisfacenti in quanto confermano le valutazioni contenute negli studi utilizzati come fonte di dati. Sebbene il modello multistrato costruito (2 acquiferi sovrapposti separati da un acquitardo posto tra -18 e -20 m dal p.c.) non sia perfettamente calibrato, l'andamento delle isopieze è congruente con quello riportato negli studi suddetti e conferma la direzione prevalente nord-est/sud-ovest della falda superficiale (da circa 12 m s.l.m. a circa 0 m s.l.m.) e che trova ulteriore conferma anche per quella profonda (da circa 9 m s.l.m. a circa 0 s.l.m.).

A differenza delle simulazioni eseguite nelle precedenti versioni di Ottobre 2013 (rev.0) e di Settembre 2014 (rev.1), la presente revisione del modello idrogeologico di flusso ha tenuto in considerazione il



fattore tempo, ovvero è stata eseguita una serie di simulazioni in condizioni transitorie. La condizione transitoria permette di studiare l'evoluzione dei parametri del modello nel tempo e precisamente, in ambito idrogeologico, l'evoluzione dei carichi idraulici e del bilancio idrogeologico. Il modello implementato a supporto della presente revisione progettuale è stato impostato su un arco temporale di 100 anni con i primi 10 anni di simulazione delle condizioni attuali di emungimento e i restanti 90 anni dedicati alla simulazione del moto delle acque sotterranee nelle condizioni di progetto (realizzazione di un sistema di barriere poste nelle aree immediatamente adiacenti al complesso industriale del Casone, ad eccezione di un piccolo tratto posto immediatamente a nord della zona del Padule di Scarlino per un valore complessivo di 37 nuovi cluster aventi pompaggio unitario, a cluster, di 4 l/m che si sommano alla barriera esistente, oltre a n°12 pozzi attestati in falda 1b in accoppiamento alla barriera esistente del GR72).

Le modellazioni precedenti (Settembre 2014) prevedevano un pompaggio a cluster di progetto di circa 2,5 l/m. Nell'attuale revisione (2°) si è passati ad un pompaggio a cluster di progetto di circa 4 l/m. Tale scelta è stata dettata, in particolare, dai risultati dei modelli di trasporto realizzati in questa fase di progettazione, che hanno messo in luce tempi teorici di bonifica (abbattimento delle concentrazioni di arsenico, ferro, manganese e solfati al di sotto dei limiti di legge - CSC di cui alla tabella 2 dell'allegato alla parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006 – tab.8), per un pompaggio a cluster di circa 2,5 l/m, superiori ai 100 anni. Il valore di 4 l/m è risultato essere il valore minimo per ottenere tempi teorici di bonifica contenuti nel range temporale dei 100 anni (in particolare, compresi tra 42 e 79 anni, a seconda del tipo di contaminante), e che al tempo stesso eviti fenomeni di prosciugamento della falda, e limiti al minimo fenomeni di ingressione marina e subsidenza indotta dal pompaggio antropico.

L'effetto barrieramento del pattern di progetto risulta completo nell'arco di circa 10 anni (periodo massimo di raggiungimento dell'equilibrio). L'evoluzione mostra una tendenza all'allargamento dell'effetto barriera esistente soprattutto verso nord e verso sud e subordinatamente verso est e verso ovest. A partire dal 1° anno di emungimento di progetto si assiste già ad un effetto barrieramento paragonabile all'assetto finale di massimo equilibrio. Dal 1° anno al 10° anno, secondo i risultati di modello, il barrieramento si evolverebbe solo come estensione areale e come massima soggiacenza calcolata (differenze quantitative, comunque minimali – incremento relativo di soggiacenza calcolata di circa 1 m) raggiungendo la condizione di equilibrio idrogeologico.

L'implementazione delle barriere di progetto, se da un lato migliorano, da un punto di vista areale, l'efficienza del barrieramento esistente, dall'altro lato comportano un incremento del fenomeno dell'ingressione salina nella Piana di Scarlino con una risalita relativa del cuneo salino di circa 500 m (da 1400 m dalla linea di costa nelle condizioni attuali, a circa 1900 m dalla linea di costa nelle condizioni di progetto). Per risalire a tale valore sono state eseguite simulazioni del trasporto dell'acqua marina in condizioni transitorie impostando come, dato di base la salinità del mare sui valori di 32.000 µg/l.



Nell'attuale revisione del modello idrogeologico, oltre alla simulazione del moto delle acque nelle condizioni transitorie, sono state eseguite simulazioni del flusso dei contaminanti principali rilevati (arsenico, manganese, solfati e ferro) in condizioni transitorie, al fine di verificare l'efficacia chimica del barriera di progetto e al fine di risalire ad un valore ipotetico temporale di completamento della bonifica della falda. A causa della scarsa distribuzione areale dei punti di campionamento delle acque, la simulazione del flusso dei contaminanti è stata eseguita in un intorno del complesso industriale del Casone e precisamente su un'area di circa 5,7 Km².

Preme mettere in evidenza che, a causa dell'assenza di una caratterizzazione chimica a copertura esaustiva dei suoli e di una speciazione e analisi dettagliata dei contaminanti rilevati, il modello presenta un'evidente discrepanza e incertezza di fondo rispetto alle condizioni reali. In particolare il modello di trasporto è basato fondamentalmente su parametri ricavati da letteratura ad eccezione dei valori di concentrazione, del pH e dell'Eh, e non tiene in considerazione in maniera assoluta il fenomeno di lisciviazione.

Tuttavia dallo studio dei risultati della simulazione chimica si è potuto osservare che, a livello puramente teorico, le concentrazioni dei principali contaminanti, potrebbero tornare sotto i livelli limite di legge (tabelle delle CSC di cui alla tabella 2 dell'allegato alla parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006 – vedi tab.8) in un intervallo di tempo compreso fra 42 e 79 anni. Tenendo in considerazione le rilevanti incertezze del modello di trasporto creato, preme ribadire che il sistema reale, allo stato delle conoscenze chimiche del modello, potrebbe sviluppare gli scenari descritti nel capitolo 4 dell'ALLEGATO II, con tempistiche completamente diverse da quelle previste dal modello. Nelle fasi di progetto successive (fase II), ci sarà comunque spazio per un implementazione del modello di trasporto al fine di affinare la calibrazione, attraverso l'inserimento di dati derivanti da monitoraggi previsti dal progetto. Sempre in riferimento alla simulazione di flusso dei contaminanti è possibile confermare ciò che era stato messo già in evidenza nelle simulazione del flusso delle acque sotterranee, ovvero che la barriera riesce a raccogliere completamente le acque gravifiche nella zona industriale del Casone e conseguentemente riesce così a raccogliere in corrispondenza dei cluster di progetto i contaminanti presenti nella falda superficiale.

Nel dettaglio la falda superficiale (modellata fra i -2 m dal piano campagna ai -18 m dal piano campagna) è costituita da livelli acquiferi discontinui caratterizzati da limi sabbiosi e sabbie limose a lenti con rare ghiaie in matrice argillosa di permeabilità medio-bassa. Tali livelli sono spesso interdigitati sia verticalmente che orizzontalmente in maniera da creare a grande scala un acquifero interconnesso, anche se a scala più piccola si può creare su una stessa verticale una situazione di apparente separazione attraverso la presenza di pacchi più o meno spessi di limi argillosi. Gli orizzonti di maggior permeabilità si alternano ad orizzonti acquitardi che consentono comunque una interconnessione tale da determinare complessivamente, sotto l'aspetto idrodinamico, un unico acquifero. A questo proposito si segnala anche che le stesse opere di captazione più vetuste e finalizzate agli usi domestici e non alle bonifiche ambientali, possono costituire vie di interconnessione diretta tra i vari orizzonti dello stesso acquifero. Nel Modello l'acquifero superficiale è stato considerato ricaricato dagli apporti di infiltrazione efficace e dalla ricarica laterale e drenato dallo scarico verso il



mare e dagli emungimento antropici dei pozzi censiti presenti, per i dettagli si rimanda agli specifici capitoli della presente relazione.

I parametri caratteristici inseriti nel Modello per l'acquifero superficiale sono stati i seguenti:

- $S = 7,30 * 10^{-6}$
- $k = 2,03 * 10^{-6} \text{ m/s}$

derivati da prove di pompaggio eseguite appositamente per questo studio.

In fase di input sono stati inseriti anche gli emungimenti attuali conosciuti per un valore complessivo pari a circa 1,1 lt/sec, e gli emungimenti di progetto previsti per un valore complessivo pari a circa 2,9 l/sec. Al fine di simulare le condizioni di progetto è stato impostato un modello di flusso transitorio con un range temporale di 100 anni caratterizzato dai primi 10 anni di simulazione delle condizioni attuali e dai successivi 90 anni di simulazione delle condizioni di progetto. In merito alle condizioni di progetto, si rimanda agli elaborati progettuali, di cui questa nota illustrativo costituisce allegato e agli specifici capitoli della presente relazione.

La simulazione dei carichi idraulici della falda superficiale nelle condizioni di pompaggio attuali (riportato in fig.35) risulta compatibile sia per quote assolute della falda che per andamento generale dei flussi con le ricostruzioni storiche di area vasta disponibili (Carta delle isopiezometriche ricostruita sulla base del monitoraggio piezometrico eseguito nell'anno solare 2013).

La morfologia piezometrica della falda superficiale, indica la presenza di una falda di tipo ellittico (combinazione di 2 tratti di falda cilindrica a depressione parabolica). La falda, dato il basso valore di coefficiente di immagazzinamento, risulta sostanzialmente confinata in accordo con la ricostruzione litostratigrafica degli orizzonti acquiferi costituiti prevalentemente da lenti ed interdigitazioni interne a sedimenti più fini (bacino costiero di colmata – vari episodi di sedimentazione).

Le quote della falda superficiale, nelle condizioni attuali di pompaggio, sono da circa 12 m s.l.m. nella porzione nord e sud-est fino ad un minimo di circa - 5 m s.l.m intorno alla barriera attiva attuale (valore minime che scende a circa -6,2 m s.l.m. nelle condizioni di progetto). La falda mostra comunque quote prossime allo 0 m s.l.m. in quasi tutta l'estremità sud del modello, testimoniando una probabile ingressione del cuneo salino. In merito a ciò è stata eseguita una simulazione di trasporto dell'acqua marina sia nelle condizioni attuali che nelle condizioni di progetto. Nelle condizioni attuali è risultata una risalita del cuneo salino fino a circa 653 m dalla linea di costa (concentrazioni maggiori o uguali a 1000 mg/l). Tale valore è compatibile con i valori di risalita del cuneo salino registrati nelle tavole realizzate a supporto dei Piani Strutturali vigenti dei Comuni di Follonica e di Scarlino. A seguito



dell'accensione delle barriere di progetto, l'ingressione salina subisce un incremento di risalita dalla costa fino ad una distanza di circa 1400 m (+635 m rispetto alle condizioni di pompaggio attuali - per i dettagli si rimanda agli specifici capitoli dell'ALLEGATO II).

Sempre con riferimento alle condizioni di progetto, la simulazione transitoria ha permesso di osservare le possibili evoluzioni dei carichi idraulici e del pattern isopiezometrico nel tempo a partire dall'accensione dei cluster di progetto. In un arco temporale di circa 10 anni si è potuto raggiungere una condizione di completo equilibrio idrogeologico, caratterizzata da una tendenza all'allargamento areale, rispetto alle condizioni attuali, dell'effetto barriera soprattutto verso nord e verso sud e subordinatamente verso est e verso ovest. A partire dal 1° anno di emungimento di progetto si assiste già ad un effetto barriera paragonabile all'assetto finale di massimo equilibrio. Dal 1° anno al 10° anno, secondo i risultati di modello, il barriera si evolverebbe solo come estensione areale e come massima soggiacenza calcolata (differenze quantitative, comunque minimali) raggiungendo la condizione di equilibrio idrogeologico. Per i dettagli si rimanda agli specifici capitoli della presente relazione.

In merito all'abbassamento assoluto dei livelli piezometrici generato dall'emungimento di progetto, dalle condizioni attuali di emungimento (abbassamento massimo circa -5 m s.l.m. in corrispondenza della porzione sud del complesso industriale del Casone) nelle condizioni di progetto si raggiungerebbe un abbassamento assoluto massimo di circa -6,12 m s.l.m. sempre in corrispondenza della porzione sud del complesso industriale del Casone.

Tali evoluzioni, a livello di modellazione, risultano completamente supportate dal sistema idrogeologico in studio, non avendo creato nelle simulazioni realizzate, nessuna condizione di prosciugamento della falda. Preme sottolineare che ciò non significa che nella realtà fisica della Piana di Scarlino non si creino condizioni di assenza di drenaggio dai pozzi di progetto, soprattutto alla luce dell'elevata eterogeneità litologica caratterizzante il layer definito come falda superficiale costituito da lenti sabbiose limose e/o limose sabbiose inserite in una matrice limosa argillosa e/o argillosa limosa.

In merito allo studio del flusso degli inquinanti rilevati nella falda superficiale, è stato impostato un modello di trasporto in condizioni transitorie. A causa della scarsa distribuzione areale dei punti di campionamento, in accordo anche con l'ente di controllo ARPAT, è stato utilizzato un dominio di studio di circa 5,7 Km². Il modello di trasporto sviluppato, tuttavia presenta un gap di fondo rilevante rispetto al sistema reale di partenza. Le simulazioni realizzate non tengono conto in maniera assoluta del fenomeno della lisciviazione dei terreni (contaminati o meno) in quanto non esiste attualmente una caratterizzazione dei terreni che possa fornirci le suddette informazioni. Inoltre, buona parte dei dati di input, ovvero, speciazione dei contaminanti, coefficiente di partizione (Kd) e coefficiente di diffusione sono stati ricavati da letteratura e non da studi specifici sui terreni e sulle acque della Piana di Scarlino. Per i suddetti motivi, i risultati derivanti dalle simulazioni di trasporto dei contaminanti rappresentano delle informazioni puramente teoriche e da verificare durante i monitoraggi.



Al netto di tutto ciò che è stato riportato nel suddetto paragrafo possiamo affermare che, nell'arco temporale compreso fra 42 e 79 anni dall'inizio della fase di progetto, tutte le concentrazioni di contaminanti rilevati, scendono al di sotto dei limiti di legge (tabelle delle CSC di cui alla tabella 2 dell'allegato alla parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006 – vedi tab.8). La differenziazione temporale dipende, sia dal tipo di contaminante preso in considerazione sia dalle concentrazioni da dover smaltire per raggiungere la soglia limite di legge, sia, nel caso dell'arsenico, dal range di coefficiente di partizione (Kd) utilizzato, (preme ribadire che il coefficiente di partizione dipende dalla tipologia e dal chimismo dei terreni oggetto di studio e quindi, per una corretta modellazione vi è la necessità di una caratterizzazione chimica dei terreni in studio).

Preme ricordare che le tempistiche illustrate nella presente relazione, in merito alla bonifica della falda superficiale, sono del tutto teoriche e basate su calcoli matematici del software. Le condizioni reali del flusso di contaminanti del sistema reale potrebbero essere diverse a causa delle incertezze sui parametri chimici utilizzati e soprattutto sulla caratterizzazione geochimica dei terreni oggetto di modellazione in relazione al fenomeno di lisciviazione di strati litologici storicamente interessati dalle frange capillari delle falde che tendono a depositare e/o rimuovere gli inquinanti.

Tuttavia il modello di trasporto dei contaminanti, implementato a supporto della presente revisione del progetto di bonifica della falda superficiale di Scarlino, potrà servire come base di partenza per successive fasi di calibrazione, a seguito dei monitoraggi e degli studi specifici previsti dal progetto.

L'acquifero superficiale è separato da quello profondo da un acquitardo modellato con uno spessore di circa 2 m continui in spessore su tutta l'area del Modello con una permeabilità di 10^{-8} m/s. Il suddetto livello di acquitardo è costituito da depositi limoso argillosi.

La falda profonda (modellata fra – 20 m dal piano campagna e – 50 m dal piano campagna) è costituita da livelli acquiferi discontinui costituiti da sabbie e ghiaie prevalenti alternate a limi sabbiosi e sabbie limose di permeabilità medio-alta. Rispetto all'andamento degli orizzonti acquiferi superficiali questi orizzonti hanno maggiore continuità laterale e verticale interrotti localmente da litologie più fini che originano acquitardi. Trattasi comunque di un vero e proprio acquifero sia a grande scala che a scala più piccola completamente interconnesso e di interesse regionale. A questo proposito si segnala anche che le stesse opere di captazione più vetuste e finalizzate agli usi potabili ed industriali, possono costituire vie di interconnessione diretta tra i vari orizzonti dello stesso acquifero e fra i due acquiferi principali (superficiale e profondo). Nel Modello questo acquifero è stato considerato ricaricato dagli apporti di drenanza dall'acquifero superiore (minima) e dalle ricariche laterali simulate sulla base dei carichi piezometrici conosciuti a seguito delle campagne di misura disponibili e drenato dagli emungimenti.

I parametri caratteristici inseriti nel Modello per l'acquifero profondo sono stati i seguenti:



- $S = 1,25 \cdot 10^{-3}$
- $k = 1,35 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$

derivati da prove di pompaggio eseguite appositamente per questo studio.

In fase di input sono stati inseriti anche gli emungimenti attuali conosciuti per un valore complessivo pari a circa 103 lt/sec.

La simulazione dei carichi idraulici della falda profonda nelle condizioni di pompaggio attuali (riportato in fig.38 di ALLEGATO II) risulta compatibile sia per quote assolute della falda che per andamento generale dei flussi con le ricostruzioni storiche di area vasta disponibili (Carta delle permeabilità del vigente P.S. del Comune di Scarlino).

La morfologia piezometrica della falda profonda, indica la presenza di una falda di tipo cilindrica iperbolica (il gradiente diminuisce in direzione dello scorrimento). La falda, dato il basso valore di coefficiente di immagazzinamento, risulta sostanzialmente confinata in accordo con la ricostruzione litostratigrafica degli orizzonti acquiferi (bacino costiero di colmata – vari episodi di sedimentazione).

Le quote della falda profonda sono comprese da circa 9 m s.l.m. nella porzione nord est fino ad un minimo di – 3 m s.l.m intorno agli sfruttamenti industriali e potabili.

La falda profonda, allo stato attuale delle conoscenze, non risulta interessata dal fenomeno dell'inquinamento da arsenico, manganese, ferro e solfati. Per questo motivo le simulazioni eseguite a supporto della presente revisione del progetto sono state focalizzate principalmente sulla falda superficiale. Preme comunque mettere in evidenza che, sulla base della struttura geologica e idrogeologica ricostruita a supporto del modello (dati di partenza derivanti da stratigrafie associate a pozzi e piezometri realizzati nell'area di studio), a seguito delle fasi di run, è risultato un livello di leakage da falda superficiale a falda profonda minimo, dato che conferma i risultati dei campionamento chimici suddetti.

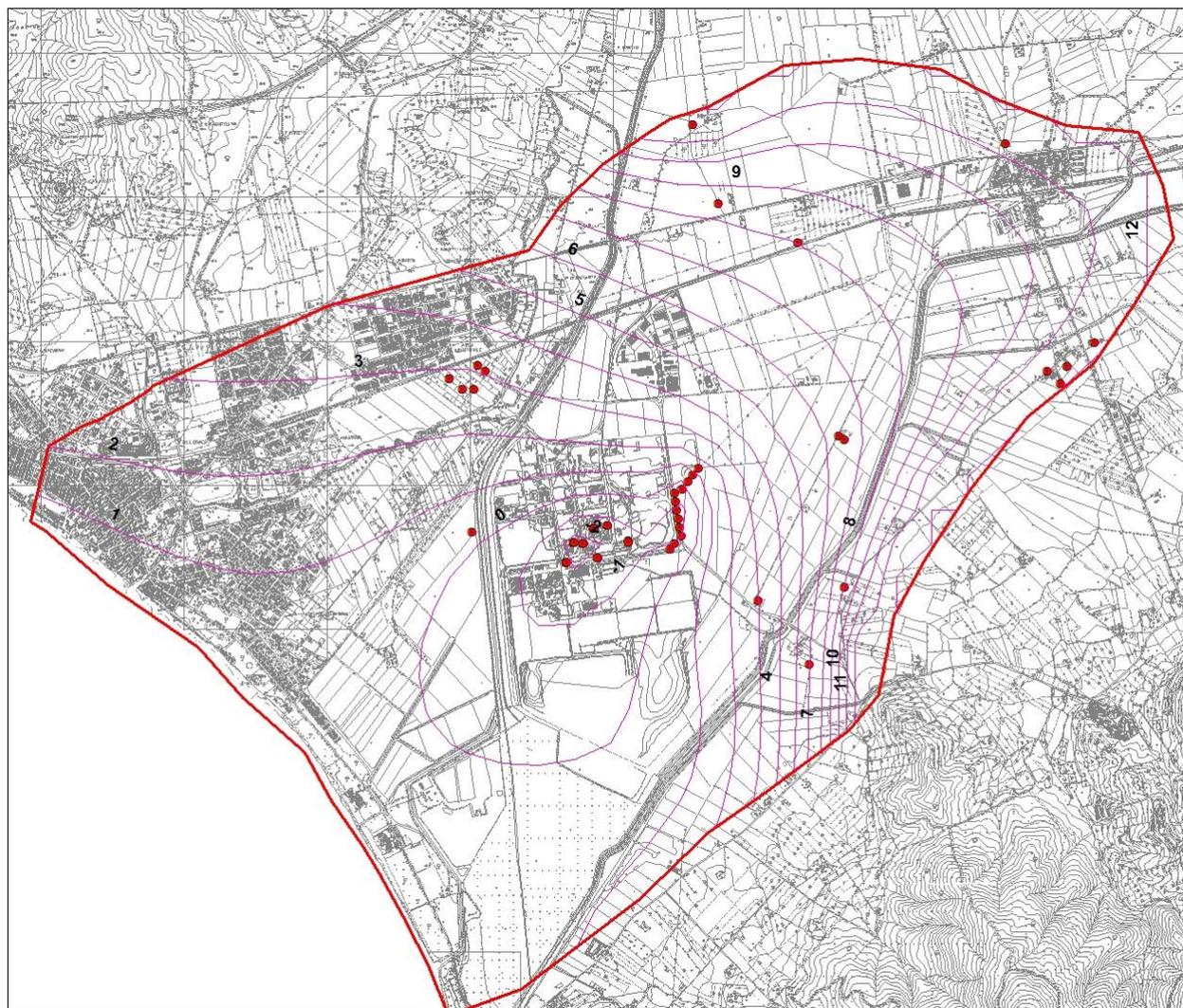


Figura 45. Carta delle isopiezometriche della falda superficiale condizioni attuali a seguito della simulazione del modello in condizioni transitorie (10 anni)



Figura 46. Carta delle isopiezometriche della falda superficiale nelle condizioni di progetto – stato transitorio (1° anno di progetto)

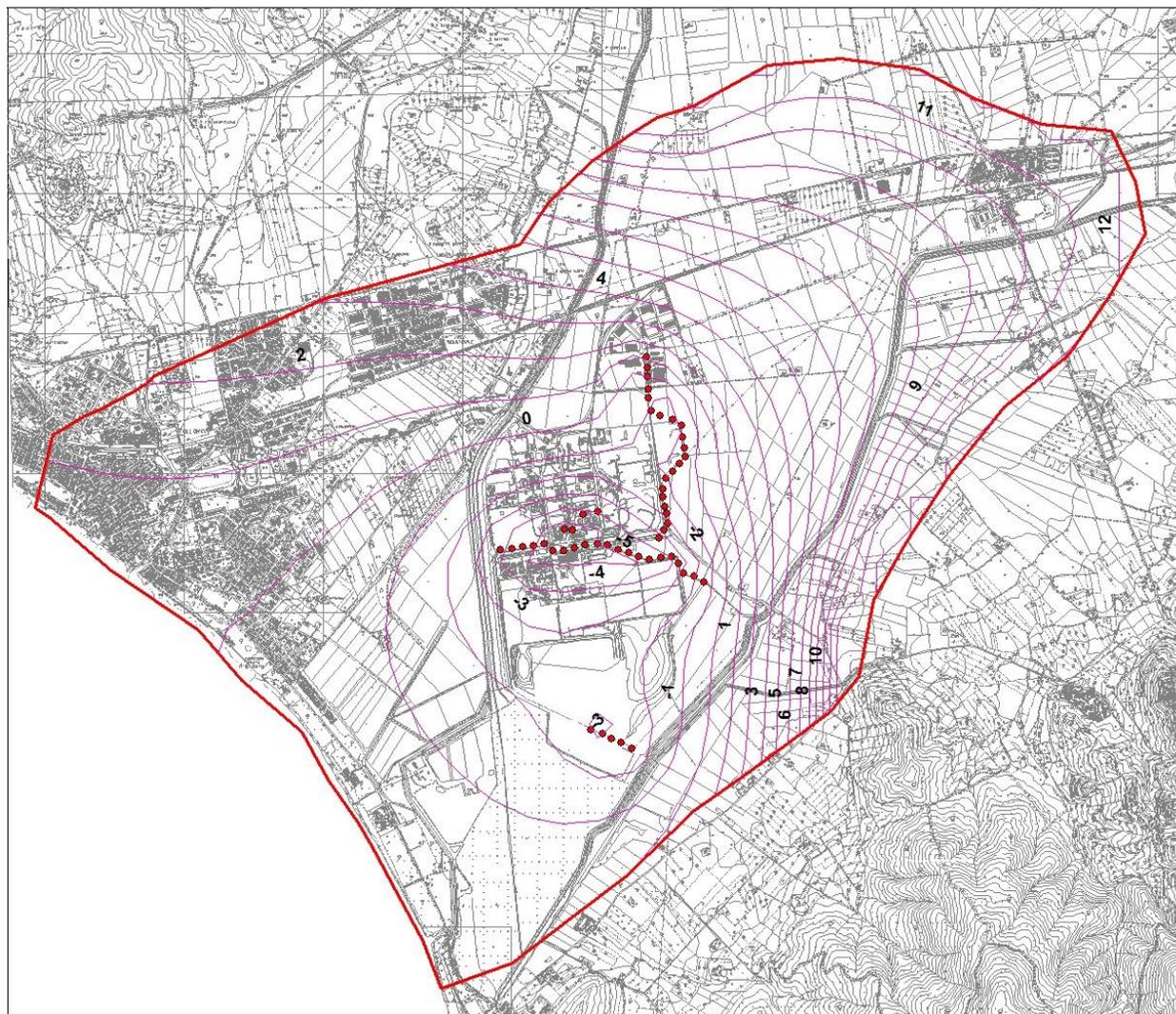


Figura 47. Carta delle isopiezometriche della falda superficiale nelle condizioni di progetto – stato transitorio (10° anno di progetto)



Per quanto riguarda la falda profonda, invece (falda 2), visto il sovrasfruttamento attuale, non sono da prevedersi incrementi di emungimento futuro ed anzi va predisposto un adeguato progetto di monitoraggio della falda profonda mettendo una serie di piezometri profondi con controllo piezometrico continuo e parametri qualitativi delle acque, ed eventualmente alla luce dei risultati del monitoraggio ridurre gli emungimenti in modo da ottenere un riequilibrio della falda.

A completamento del quadro sopra definito, si segnala infine che in recepimento della richiesta di chiarimenti di cui al parere n.11779 del 19/02/2014 del Dipartimento Provinciale ARPAT allegato alla CdS del 29/04/2014, all'interno dell'APPENDICE II al modello idrogeologico (inserito in ALLEGATO II) sono inserite le risposte a quanto richiesto.



PARTE VII SCREENING DI VALUTAZIONE DELLE TECNOLOGIE IMPIANTISTICHE DI TRATTAMENTO ACQUE ESISTENTI SULL'AREA

Per valutare la possibilità di utilizzare impianti esistenti sul territorio ai fini del trattamento delle acque nell'ottica della possibilità di realizzare un sistema di barrieramento idraulico diffuso, sono stati presi in considerazione i seguenti aspetti:

- potenzialità di ciascun impianto in termini di quantità massima e media di trattamento del flusso di acque;
- specifiche tecniche di ciascun impianto in termini di potenzialità di abbattimento dei contaminanti fino a raggiungere gli obiettivi di qualità in relazione al successivo utilizzo delle acque (riutilizzo in ciclo industriale, riutilizzo per fini agricoli o artigianali, scarico in corpo idrico superficiale, re immissione in falda, ecc.);
- valutazioni in merito alla fattibilità di eventuali rewamping degli impianti esistenti al fine di renderli idonei a trattare le acque emunte;
- ubicazione degli impianti sul territorio e valutazioni in merito alla rete di collettamento e redistribuzione delle acque.

Di seguito si riporta nel dettaglio l'analisi relativa ai principali impianti industriali insistenti sull'area in esame.

19. INQUADRAMENTO ATTIVITÀ INDUSTRIALI PRESENTI NELL'AREA

All'interno dell'area industriale di Scarlino sono presenti tre società, proprietarie degli impianti ivi insistenti:

- Gruppo Sol.Mar. S.p.A. – proprietario dell'impianto per la produzione di acido solforico ed oleum, oltre che di un impianto di produzione energia elettrica, Nuova Solmine S.p.A. , dell'impianto per la produzione di prodotti per l'igiene della casa Sol.Bat. e del laboratorio di analisi Sol.Tr.Eco. Bonifiche;
- Scarlino Energia srl – proprietario dell'impianto di produzione energia elettrica da fonti alternative rispetto a quelle fossili, ossia dal recupero di energia da rifiuti;
- Huntsman Tioxide Europe srl – proprietario dell'impianto di produzione di biossido di titanio.

Nel capitolo seguente si riporta la descrizione del ciclo idrico presente negli impianti sopracitati e degli impianti di trattamento liquidi presenti nel sito.



 area Sol.Mar.;  area Scarlino Energia;  area Tioxide;  area Syndial;

Figura 48 : suddivisione dell'area industriale del Casone – Fonte: Google Hearth



19.1 Nuova Solmine S.p.A.

Lo stabilimento Nuova Solmine S.p.A. risulta attualmente in possesso dell'Autorizzazione Integrata Ambientale rilasciata dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare con Decreto Ministeriale DVA-DEC-2010-997 del 28/12/2010. Tale autorizzazione garantisce l'esercizio dell'impianto da un punto di vista ambientale costituendo autorizzazione alle emissioni in atmosfera, agli scarichi idrici e alla gestione dei rifiuti.

Le attività IPPC presenti all'interno dello stabilimento Nuova Solmine risultano essere le seguenti:

- impianti di combustione con potenza calorifica di combustione superiore a 50 MW;
- prodotti chimici inorganici di base quali acidi (acido solforico e oleum).

L'impianto lavora a ciclo continuo su tre turni, 365 giorni l'anno, e produce:

- acido solforico ed oleum dalla combustione dello zolfo;
- acqua demineralizzata;
- vapore, derivante dal raffreddamento dei gas di combustione e dalla caldaia ausiliaria (alimentata a metano), che in parte viene utilizzato per autoconsumo e nella produzione di energia elettrica e in parte viene ceduto allo stabilimento confinante Huntsman Tioxide;
- energia elettrica, sia per autoconsumo che per la vendita.

Le materie prime utilizzate in stabilimento sono lo zolfo e l'acqua; inoltre vengono impiegati metano e prodotti chimici.

Il metano è utilizzato nella caldaia ausiliaria (sino al 2004 bruciava olio combustibile) per la produzione di vapore, funziona a ciclo continuo per permettere la produzione di energia elettrica per la vendita.

I prodotti chimici, eccetto la materia prima zolfo, sono utilizzati quasi esclusivamente per il trattamento delle acque in ingresso all'impianto di produzione acqua demineralizzata.

Nell'immagine seguente si riporta la schematizzazione del ciclo produttivo dell'azienda:

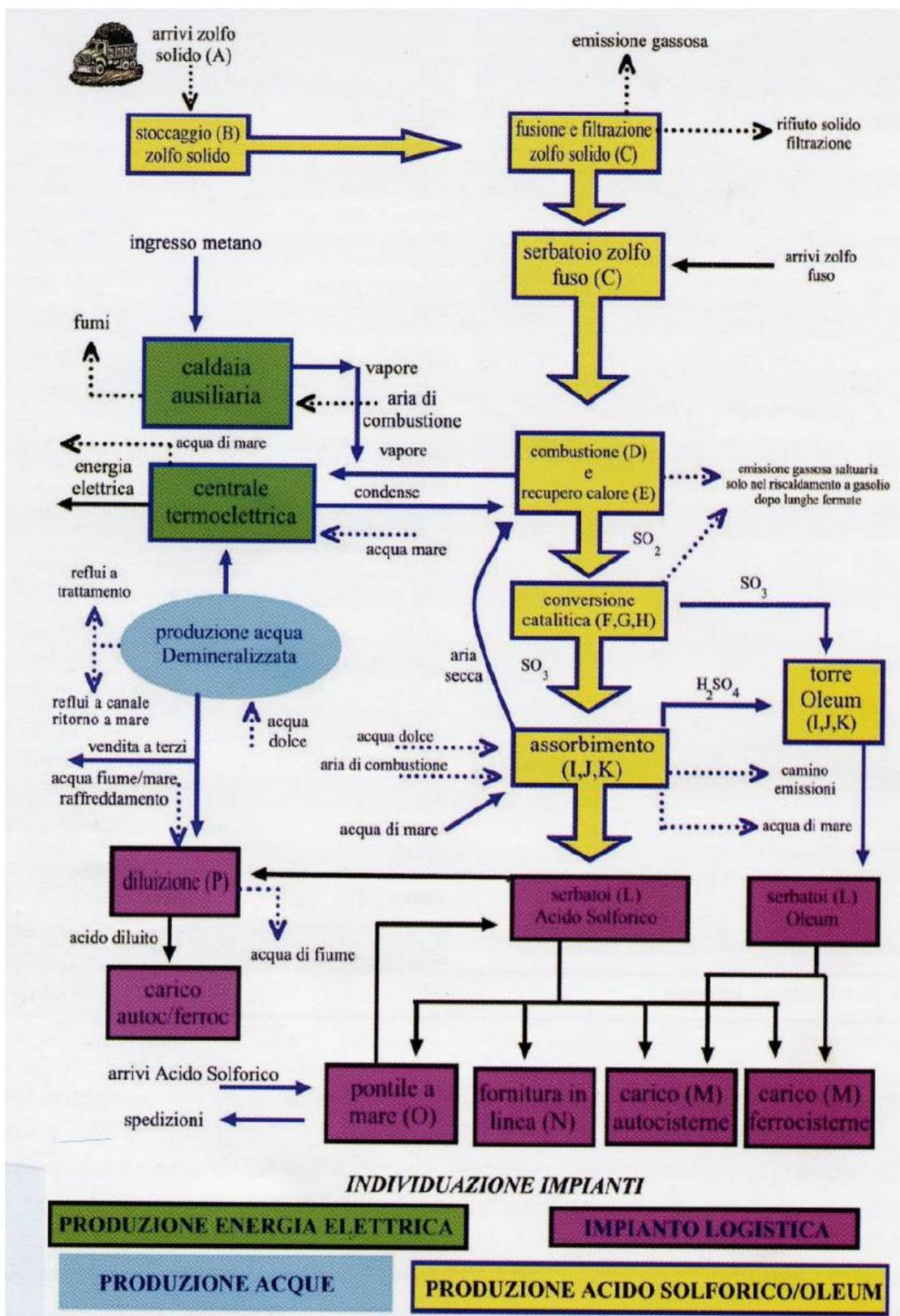


Figura 49. Schema a blocchi – ciclo produttivo Nuova Solmine



Utilizzo di acqua

Il prelievo della risorsa idrica necessaria al funzionamento degli impianti di Nuova Solmine (impianto produzione acido solforico e centrale termoelettrica) viene effettuato da distinte fonti, come di seguito descritte:

1. Acqua di mare: utilizzata per il raffreddamento dell'impianto di produzione di acido solforico e per la condensazione del vapore in uscita dai due turboalternatori per la produzione di energia elettrica; l'opera di presa dell'acqua di mare è regolarmente autorizzata con concessione della Capitaneria di Porto di Livorno n° PAF456 del 23/05/2006.
2. Acqua di pozzo: utilizzata per la produzione di acqua demineralizzata e per diluizione acido solforico nell'impianto di produzione, viene prelevata dalle falde artesiane profonde; il quantitativo prelevato annualmente è registrato da appositi contatori ed il suo emungimento è regolarmente autorizzato della Regione Toscana con D.D. 3893 P.D10537 e D.D. 3894 P.D10503 del 21/09/2006 e con Prat.307 del 20/09/97.
3. Acqua di fiume: utilizzata per la produzione di acqua demineralizzata e per il raffreddamento dell'impianto di diluizione dell'acido solforico. L'emungimento di acqua dal Canale di Valpiana (ex Gora delle Ferriere) è autorizzato con Concessione rep. 1803 prat. 299 emesso dall'Amministrazione Provinciale di Livorno in data 27/11/1974, ed oggi di competenza dell'Amministrazione Provinciale di Grosseto.
4. Acqua dolce da galleria di scolo: la società capta fin dal 1975 per uso industriale le acque sotterranee fuoriuscenti dalla galleria di scolo della Miniera di Gavorrano sita nel Comune di Gavorrano (GR) in località S.Giovanni con un acquedotto privato fino allo stabilimento. E' stata inoltrata in data 29 Settembre 1999 un'istanza per rilascio concessione preferenziale ex.art. 4 R.D. 11/12/1933 n.°1775 e art 1, comma 4, D.P.R. 18/02/1999 n°238. L'utilizzo di tale acqua dolce è autorizzato dalla concessione D.D. 3895 P.D10537 rilasciata dall'Amministrazione Provinciale di Grosseto in data 21/09/2006.

Inoltre lo stabilimento è approvvigionato di acqua potabile mediante acquedotto comunale e, in caso di emergenza idrica, può anche essere approvvigionata di acqua proveniente dalle miniere di proprietà ENI (zone di Gavorrano e Fenice Capanne).

Scarichi idrici

All'interno dell'impianto Nuova Solmine sono presenti differenti punti di scarico; il controllo quali-quantitativo viene fatto periodicamente secondo quanto stabilito nell'autorizzazione AIA in vigore.

I reflui idrici che si formano da:

- refrigerazione impianto di produzione acido solforico (SF1);
- condensazione vapore turbogruppo (SF2);
- fognature per raccolta acqua meteorica (SF5) proveniente da strade e piazzali che non risultano potenzialmente contaminate;
- concentrato da impianto di osmosi inversa (SF4);



- sfiori da canale di adduzione acqua di mare - l'eccesso di acqua in ingresso dal canale di adduzione, mediante stramazzi, viene inviato nel canale di ritorno a mare regolando in tal modo il flusso di acqua verso il bacino di raccolta interno e quindi verso le utenze.

non necessitano di depurazione e vengono inviate singolarmente e direttamente nel "Canale di ritorno a mare".

E' inoltre presente un impianto di trattamento reflui industriali, TAS – Trattamento Acque Superficiali, che permette la gestione delle acque meteoriche dilavanti potenzialmente contaminate, delle acque di processo altrimenti inviate all'impianto off-site di Scarlino Energia oltreché le acque derivanti dalle operazioni di bonifica presso l'area di proprietà della società Syndial S.p.A. E' stata comunque mantenuta la possibilità di inviare all'impianto off-site i reflui indicati in caso di manutenzione straordinaria dell'impianto stesso. Le acque scaricate da tale impianto vengono quindi inviate allo scarico (SF4) dove un pozzetto di ispezione ne permette il controllo qualitativo.

Per quanto infine concerne le acque domestiche (SF3), all'interno dello stabilimento è presente un idoneo impianto di depurazione costituito da un impianto di depurazione biologica del tipo ad aerazione prolungata con riciclo. Nel seguito si riporta la descrizione degli impianti di trattamento in oggetto.

Impianto di trattamento acque reflue industriali

La potenzialità massima dell'impianto di trattamento risulta pari a 83 m³/h. L'impianto è costituito da una vasca di accumulo, una vasca di neutralizzazione, un sedimentatore ed un sistema di filtrazione fanghi; inoltre per i flussi contenenti polverino di zolfo è prevista un'ulteriore vasca di accumulo ed un sistema di filtrazione zolfo.

L'acqua proveniente dalla vasca di accumulo iniziale e dalla vasca di accumulo per acque contenenti polverino di zolfo, viene pompata alla vasca di neutralizzazione; per le acque contenenti polverino di zolfo prima d'immettersi in vasca di neutralizzazione viene eseguita una filtrazione tramite un sistema corredato di cartucce filtranti sovrapponibili con un grado di filtrazione di 53 µm. In vasca di neutralizzazione viene quindi eseguito il dosaggio dei prodotti chimici (idrossido di sodio e acido solforico) per portare il valore di pH ai valori ottimali di flocculazione nel range 8,1-8,8. La vasca di neutralizzazione viene mantenuta in agitazione tramite mixer e sistema di agitazione tramite aria compressa.

L'acqua neutralizzata viene quindi ripresa ed inviata al sedimentatore fino a svuotamento della vasca di neutralizzazione. Nel tratto di tubazione vasca di neutralizzazione - sedimentatore è prevista l'iniezione di cloruro ferrico per ottimizzare la quantità di coagulante nelle acque da trattare. All'arrivo nel sedimentatore è prevista l'iniezione del flocculante (polielettrolita) in modo proporzionale alla portata da trattare, in modo da avere la flocculazione e conseguentemente la sedimentazione dei fanghi. Il trattamento dei fanghi viene eseguito da un sistema filtrante a filtro pressa, in modo da ottenere un fango estratto dopo filtrazione con un contenuto di secco attorno al 30%.

L'acqua chiarificata viene inviata al canale dopo controllo in linea ridondante di pH, torbidità, e conducibilità. Un sistema automatico di valvole ricircola l'acqua trattata nella vasca di accumulo iniziale nel caso in cui i valori fossero fuori-specifica. I tempi di accumulo con ricircolo aperto sono di cinque ore. Nel caso di fuori-specifica si può procedere comunque con il blocco dei sistemi di lavaggio dei filtri con la possibilità di allungare i tempi di ricircolo.



Impianto di trattamento acque reflue domestiche

L'impianto biologico di trattamento dei reflui domestici si compone delle seguenti sezioni:

- pozzetto di sollevamento;
- grigliatura;
- dissabbiatura;
- ossidazione biologica;
- sedimentazione e chiarificazione finale;
- clorazione dell'effluente chiarificato;
- essiccamento dei fanghi.

L'acqua in arrivo all'impianto viene inviata in un pozzetto di raccolta, avente un volume di circa 5 m³, in cui sono situate due pompe sommerse azionate da una serie di galleggianti. All'ingresso del pozzetto è posta una griglia grossolana a cestello estraibile per trattenere i solidi presenti nel liquame. I liquami in arrivo, prima di essere inviati alla successiva fase di trattamento, subiscono una grigliatura fine, effettuata con una griglia a pulizia automatica, azionata ad intervalli di tempo regolati da un timer. In caso di eventuali disservizi, la griglia automatica viene esclusa mediante una paratia ed entra in funzione una griglia manuale posta in parallelo a quella automatica.

Dopo la grigliatura è prevista una dissabbiatura a doppio canale dell'effluente, con by-pass per effettuare la pulizia del canale in esercizio ed assicurare quindi sempre un regolare funzionamento dell'impianto.

L'ossidazione avviene in una vasca al cui interno sono posti due gruppi di ossigenazione del tipo ceramico poroso. L'aria viene alimentata alla vasca mediante 2 soffianti dotate di silenziatori e filtro di aspirazione, aventi ciascuna una portata di 140 m³/h.

La sedimentazione viene effettuata in un manufatto a pianta quadrata con fondo a piramide rovesciata, al cui interno è posto un diffusore in lamiera zincata ed una canaletta di sfioro per la raccolta dell'acqua chiarificata. I fanghi depositati vengono prelevati da una pompa ed inviati al ricircolo fanghi e al sistema di essiccamento fanghi, costituito da una batteria di 8 sacchi filtranti. Il percolato ottenuto viene inviato nuovamente in testa all'impianto per essere trattato.

L'acqua depurata che stramazza dal chiarificatore viene clorata utilizzando ipoclorito di sodio. Al termine del trattamento l'acqua viene inviata alla recapito finale (SF3).



19.2 Scarlino Energia

Lo stabilimento Scarlino Energia srl risulta attualmente in possesso dell'Autorizzazione Integrata Ambientale rilasciata dalla Provincia di Grosseto con Determina Dirigenziale n. 2988 del 24/10/2012. Tale autorizzazione garantisce l'esercizio dell'impianto da un punto di vista ambientale costituendo autorizzazione alle emissioni in atmosfera, agli scarichi idrici e alla gestione dei rifiuti.

Le attività IPPC presenti all'interno dello stabilimento Scarlino Energia risultano essere:

5.2/1.1 – impianto di incenerimento rifiuti/impianto di combustione superiore a 50 MW

5.1/5.3 – impianto eliminazione rifiuti pericolosi e non pericolosi

L'attività principale di Scarlino Energia è costituita dalla produzione di energia elettrica da fonti alternative rispetto a quelle fossili, ossia dal recupero di energia da rifiuti. Un'ulteriore attività riguarda la gestione dell'impianto di trattamento acque reflue.

L'impianto di recupero energetico ha tre linee di combustione; ognuna è costituita da un sistema focolare-caldia per la produzione di vapore che poi viene trasformato in energia elettrica.

All'attività di gestione dell'impianto di produzione di energia si affianca la gestione dell'impianto di trattamento reflui liquidi (TRL) che oltre a chiudere il ciclo dell'impianto con l'attività di depurazione delle acque derivanti dall'abbattimenti dei fumi, è idoneo e svolge anche la funzione di trattamento di effluenti prodotti da terzi.

Nelle immagini seguenti si riporta la schematizzazione del ciclo produttivo dell'azienda.

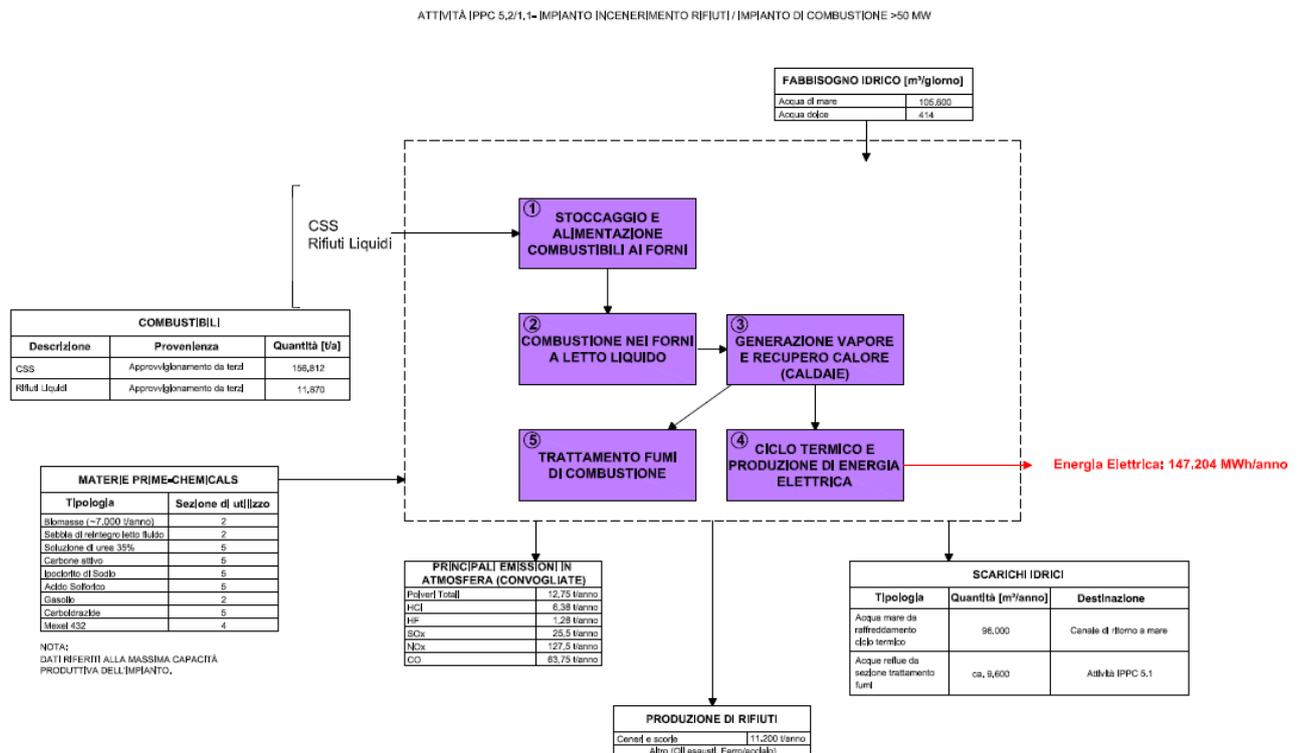


Figura 50. Schema a blocchi – ciclo produttivo Scarlino Energia – impianto di incenerimento



i

ATTIVITÀ IPPC 5.1 e 5.3 – IMPIANTO CHIMICO-FISICO ELIMINAZIONE RIFIUTI (TRL)

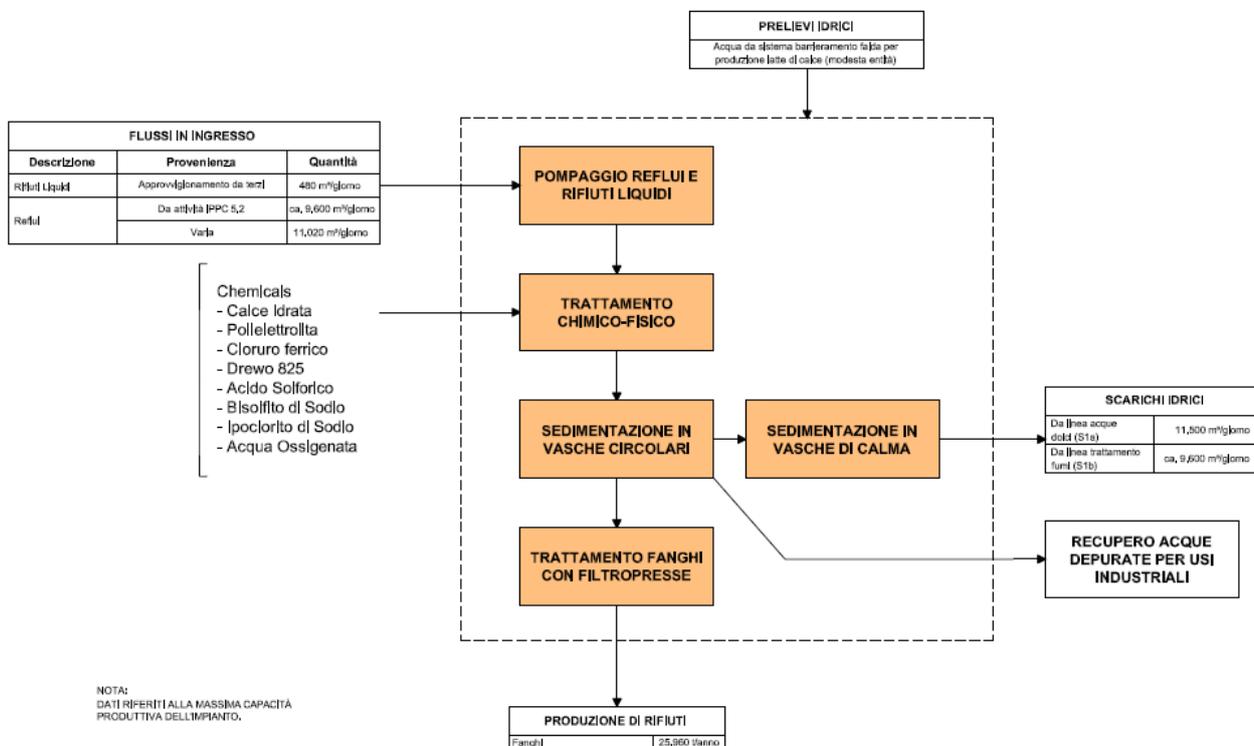


Figura 51. Schema a blocchi – ciclo produttivo Scarlino Energia – trattamento reflui liquidi

Utilizzo di acqua

L'approvvigionamento di acqua per il corretto funzionamento degli impianti viene effettuato principalmente dallo stabilimento Nuova Solmine.

In particolare Nuova Solmine fornisce a Scarlino Energia le seguenti risorse idriche:

- acqua di mare - utilizzata nell'impianto di incenerimento per il circuito di raffreddamento del condensatore, a valle del quale l'acqua viene restituita al circuito di scarico senza alcun trattamento in quanto non viene a contatto con altri fluidi di processo, e per il circuito di lavaggio fumi in torre acida, a valle del quale è previsto il conferimento all'impianto di trattamento acque;
- acqua demineralizzata - utilizzata per il reintegro di acqua alle caldaie;

Ulteriori acqua utilizzate nel ciclo produttivo, derivanti da un riutilizzo interno delle acque, risultano essere le seguenti:

- acqua industriale - fornita dal sistema di recupero delle acque di scarico del TRL, viene utilizzata nella torre di lavaggio alcalina, nel sistema di umidificazione delle ceneri e nella rete lavaggi e manichette. In caso di indisponibilità, tale acqua viene anch'essa prelevata da Nuova Solmine.



- Acqua di barriera – l'acqua prelevata dai pozzi, necessari ad effettuare la barriera idraulica e mantenere la falda ad un livello costante, viene inviata alla preparazione del latte di calce utilizzato poi nell'impianto di trattamento reflui liquidi TRL.

Scarichi idrici

All'interno dell'impianto Scarlino Energia sono presenti differenti punti di scarico; il controllo quali-quantitativo viene fatto periodicamente secondo quanto stabilito nell'autorizzazione AIA in vigore.

Gli scarichi idrici dell'impianto sono rappresentati da:

- acque in uscita dall'impianto TRL, ed in particolar modo da:
 - linea di trattamento acque dolci (S1a), in cui confluiscono anche le acque meteoriche dilavanti ed i rifiuti liquidi conferiti da terzi;
 - linea di trattamento delle correnti liquide risultanti dal processo di abbattimento inquinanti dei fumi di combustione (S1b);
- acqua mare di raffreddamento del ciclo termico (S2).

Per quanto concerne le acque dei servizi civili presenti all'interno dell'impianto, questi vengono inviati al depuratore biologico di proprietà di Nuova Solmine.

Nel seguito si riporta la descrizione dell'impianto di trattamento reflui in oggetto.

Impianto di trattamento reflui

Il sistema di trattamento è costituito da due linee. Una linea è interamente dedicata al processo di depurazione dei reflui del lavaggio dei fumi di combustione, trattati separatamente da tutti gli altri flussi nella linea ad essi dedicata e scaricati nel punto S1b, la seconda linea è invece destinata al trattamento di acque dolci. Inoltre, in ingresso all'impianto TRL sono inviati i rifiuti liquidi autorizzati al trattamento.

La linea dell'impianto TRL, destinata al trattamento delle acque di depurazione fumi di combustione, comprende le seguenti fasi di trattamento:

- pompaggio reflui al comparto chimico-fisico;
- trattamento chimico-fisico suddiviso nelle seguenti quattro sezioni: ingresso reflui da trattare e dosaggio latte di calce idrata; miscelazione con latte di calce (neutralizzazione); dosaggio cloruro ferrico; dosaggio e miscelazione polimero anionico; demetallizzante;
- sedimentazione in vasca di forma circolare a trazione periferica (diametro 33 cm);
- trattamento fanghi con filtropresse a piastre.

Nella sezione di neutralizzazione gli effluenti vengono trattati con calce idrata, aggiunta in quantità stechiometrica definita automaticamente da un sistema di regolazione di pH, programmato al fine di ottenere un refluo allo scarico con pH tra 8 e 9,5.



La torbida ottenuta dopo la neutralizzazione viene inviata al sedimentatore circolare di 33 m di diametro, dove avviene la sedimentazione dei fanghi favorita chimicamente mediante aggiunta di additivi e flocculanti.

I fanghi estratti dal fondo del decantatore vengono inviati ad una stazione di ispessimento costituita da filtropresse. Sono presenti nella stazione due filtropresse, una collegata alla linea fumi ed una collegata alla linea acque dolci. In caso di malfunzionamento di una delle due linee i flussi possono essere invertiti. I fanghi non possono però essere miscelati. Per questo motivo un terzo piazzale per lo stoccaggio è disponibile nella zona ispessimento.

Le acque chiarificate sfiorate dal top del sedimentatore circolare sono convogliate, previo controlli in continuo di temperatura, pH e portata, ad una delle vasche di calma.

L'impianto dedicato al trattamento dei rifiuti liquidi è composto da una sezione di reazione e una di sedimentazione, costituita da due sedimentatori, più il trattamento fanghi tramite filtropresse. La sezione di trattamento è suddivisa in quattro vasche:

- batch da 30 m³;
- batch da 60 m³;
- batch da 90 m³ (collegabile alla quarta vasca);
- vasca per il trattamento in continuo da 90 m³.

La vasca da 30 m³ viene utilizzata per il trattamento dei rifiuti pericolosi non miscelabili con altri e quindi la capacità è stabilita pari a quella di un serbatoio. La vasca da 60 m³ può essere utilizzata sia per il trattamento di rifiuti pericolosi miscelabili (due serbatoi), che per rifiuti non pericolosi non miscelabili (un serbatoio). La vasca da 90 m³ sarà utilizzata per rifiuti non pericolosi miscelabili. Le sue dimensioni sono lasciate invariate rispetto alla struttura esistente in modo da utilizzarla per il trattamento di eventuali flussi in emergenza da Nuova Solmine e/o da miniera di Gavorrano. La struttura delle vasche consente comunque trattamenti di batch di quantitativi che non raggiungono il riempimento delle stesse.

I batch vengono utilizzati per il trattamento dei rifiuti liquidi provenienti dallo stoccaggio sopradescritto. La vasca in continuo viene invece utilizzata per il trattamento delle acque meteoriche dilavanti e per le acque di bonifica Syndial. Tutte e quattro le vasche sono dotate di agitatore e sistema di dosaggio dei reagenti. Le tre vasche batch hanno il fondo conico con scarico valvolato.

I reagenti utilizzabili sono: Calce, Soda caustica: alcalinizzante; Acido solforico: acidificante; Cloruro ferrico: per la precipitazione; Bisolfito di sodio: per il trattamento del cromo esavalente; Ipoclorito di sodio: per il trattamento dei cianuri e ammoniaca; Solfuro di sodio o equivalente: demetallizzante; Polielettrolita: flocculante; Acqua ossigenata: riduzione COD. La sezione di sedimentazione è comune alle quattro vasche.



19.3 Huntsman Tioxide Europe

Lo stabilimento Huntsman Tioxide Europe srl risulta attualmente in possesso dell'Autorizzazione Integrata Ambientale rilasciata dalla Provincia di Grosseto con Determinazione n.773 del 02/04/2012.

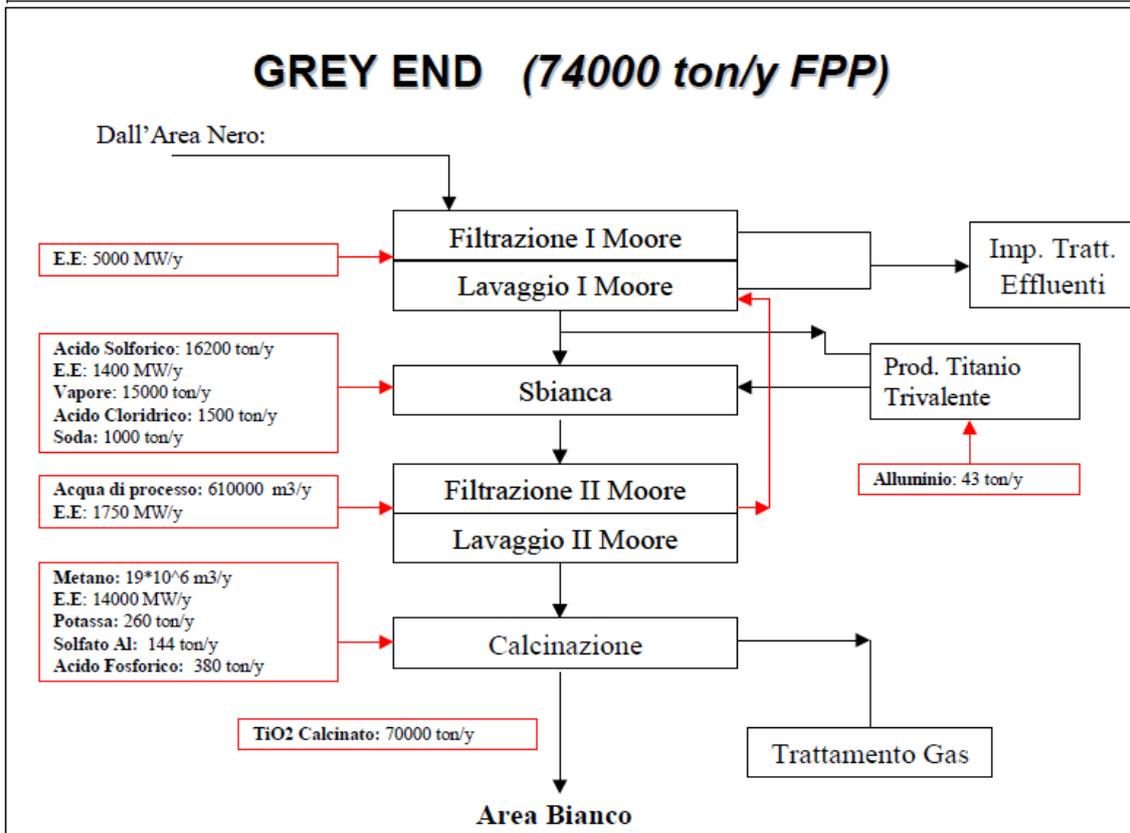
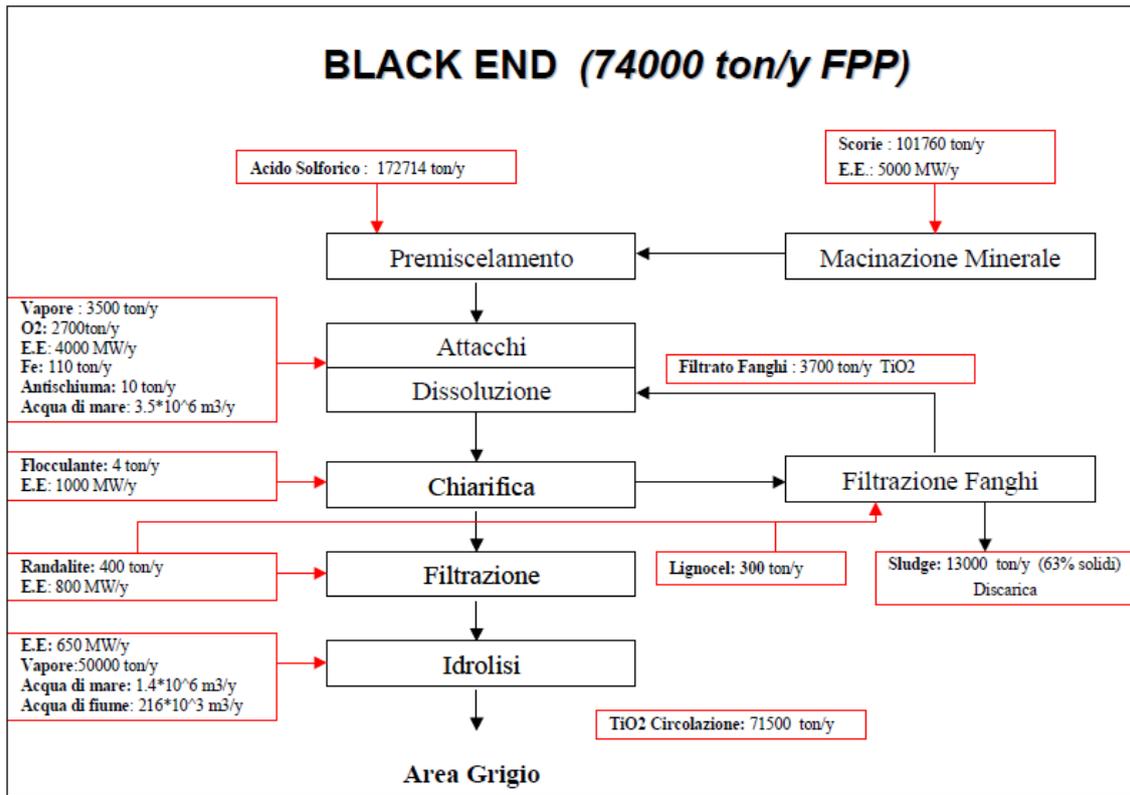
Tale autorizzazione garantisce l'esercizio dell'impianto da un punto di vista ambientale costituendo autorizzazione alle emissioni in atmosfera, agli scarichi idrici e alla gestione dei rifiuti.

Le attività IPPC presenti all'interno dello stabilimento Huntsman Tioxide risultano essere:

- *impianti chimici per la fabbricazione di metalloidi, ossidi metallici o altri composti inorganici, quali carburo di calcio, silicio, carburo di silicio*
- *discariche che ricevono più di 10 tonnellate al giorno o con una capacità totale di oltre 25.000 tonnellate, ad esclusione delle discariche per i rifiuti inerti*

La produzione di biossido di titanio avviene con un processo di produzione in continuo 365 giorni all'anno.

Le descrizioni e gli schemi semplificati che seguono, riassumono il processo di produzione del biossido di titanio ed indicano i flussi principali di materie prime ed energia. L'impianto può essere suddiviso in tre sezioni principali denominate: BLACK END (Area Nero in quanto il colore nero del minerale e quello dominante nelle soluzioni trattate); GREY END (Area Grigio in quanto in questa sezione si passa dal colore nero al colore bianco); WHITE END (Area Bianco in quanto il colore dominante delle soluzioni e dei prodotti finiti e bianco).



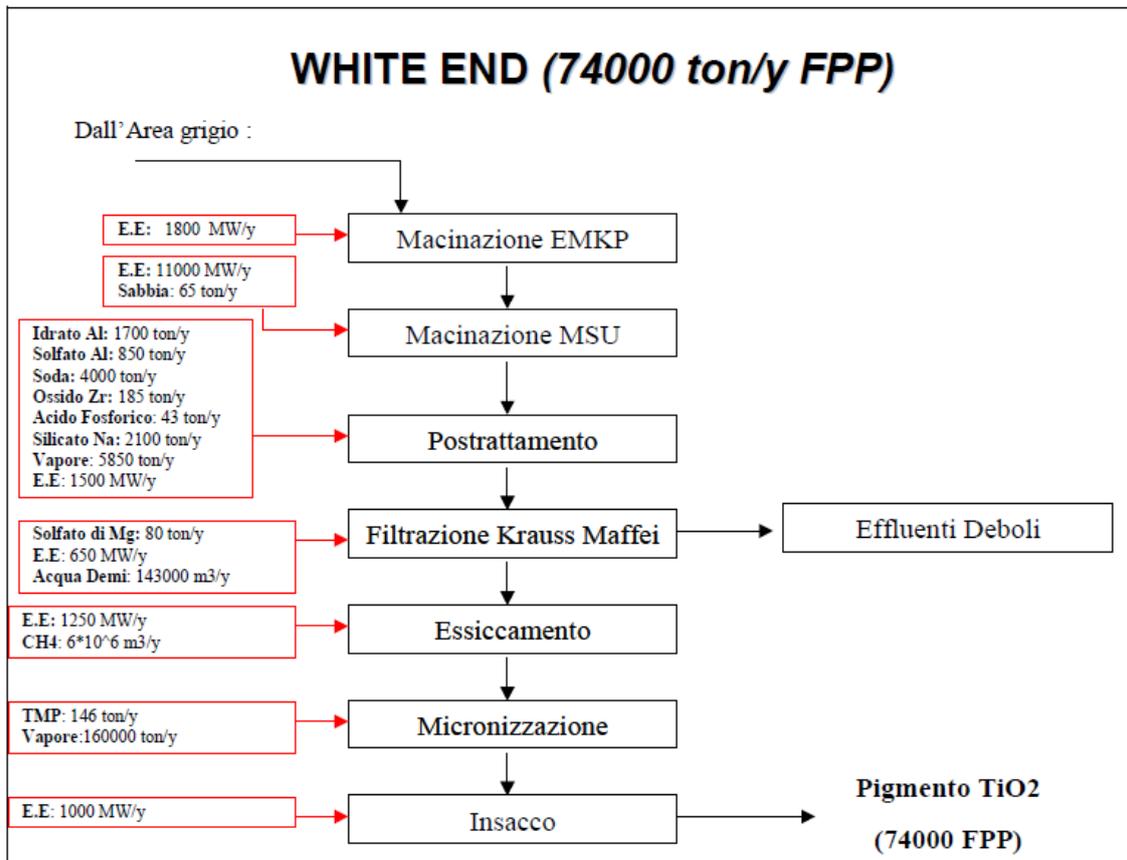


Figura 52. Schema a blocchi – ciclo produttivo Huntsman

Approvvigionamento idrico

L'approvvigionamento di acqua per il corretto funzionamento degli impianti viene effettuato principalmente dallo stabilimento Nuova Solmine.

In particolare Nuova Solmine fornisce a Tioxide le seguenti risorse idriche:

- acqua industriale – derivante da pozzi, corso d'acqua superficiale e mare, viene utilizzata per il raffreddamento degli impianti, il lavaggio filtri, i sistemi di abbattimento, ecc.
- acqua demineralizzata, di processo e di atterramento - utilizzata per varie fasi del processo produttivo;

Un'ulteriore utilizzo d'acqua è rappresentato dall'acqua potabile, proveniente dall'acquedotto pubblico, che viene utilizzata da tutte le utenze civili.

Scarichi idrici

I reflui liquidi che si originano dal processo di produzione si distinguono in "rifiuti leggermente acidi" e "rifiuti fortemente acidi"; entrambe le tipologie di rifiuto liquido necessitano, prima della loro immissione nel corpo recettore, di un adeguato trattamento al fine di eliminare la loro acidità ed i sali metallici in essi disciolti.



Ugualmente, sia le acque piovane, sia le acque nere provenienti dai servizi igienici di stabilimento subiscono idoneo trattamento prima del loro scarico a mare.

L'impianto presenta un unico scarico finale (denominato D) nel corpo ricettore (mare), al quale afferiscono i seguenti tre flussi:

- scarico S1 - reflui industriali; le acque reflue potenzialmente inquinate da sostanze acide e metalli, le acque in uscita dall'impianto di trattamento degli effluenti forti e le acque meteoriche vengono inviate in un impianto di trattamento degli effluenti deboli (wet). Dette acque trattate vengono inviate in un bacino e quindi allo scarico finale;
- scarico S2 - raffreddamento compressori;
- scarico S3 - acque nere civili provenienti dai servizi igienici presenti, trattate in un idoneo impianto biologico.

Nel seguito si riporta la descrizione dell'impianto di trattamento reflui in oggetto.

Impianto di trattamento reflui industriali

I flussi dei rifiuti fortemente acidi vengono inviati ad un apposito impianto di neutralizzazione effluenti, dove subiscono il processo chimico di neutralizzazione, consistente in un progressivo innalzamento del pH della soluzione, in modo tale da eliminare l'acidità, producendo solfato di calcio (gesso rosso), e facendo precipitare i metalli che a bassi valori di pH si trovavano in soluzione.

A questo punto la fase solida e separata da quella liquida per filtrazione e le acque madri di filtrazione, così ottenute, sono inviate all'impianto di trattamento degli effluenti deboli, dove completano la separazione con la fase solida e poi sono scaricate in mare.

L'impianto di trattamento reflui debolmente acidi tratta sia i reflui debolmente acidi propriamente detti, sia le acque provenienti dalla filtrazione dei "Gessi Rossi", avvenuta nell'impianto di trattamento reflui fortemente acidi.

Il processo di neutralizzazione dei reflui leggermente acidi consiste in un trattamento chimico fisico seguito da una sezione di decantazione/chiarificazione.

Nella sezione di neutralizzazione vengono utilizzati due reattivi basici: NaOH e Ca(OH)₂.

La soda caustica e fortemente reattiva in quanto è una base forte e poiché è fisicamente omogenea rispetto all'effluente da trattare viene utilizzata per smorzare il pH. La calce, meno reattiva, viene utilizzata per raggiungere il pH di 8,5 – 9 e per far precipitare una piccola quantità di solfato di calcio, che viene poi inviato all'impianto di trattamento effluenti forti per la sua rimozione. Tali condizioni risultano ottimali per il funzionamento del polielettrolita anionico utilizzato per la flocculazione.

La sezione di flocculazione/decantazione è a sua volta divisa in due parti: la prima in cui viene dosato il flocculante ed il solfato di calcio di reintegro al fine di favorire la nucleazione e crescita dei fiocchi ed una seconda in cui i fiocchi più pesanti, formati nella sezione precedente, precipitano velocemente mentre quelli più leggeri, che tenderebbero a sfiorare con il liquido limpido, impattano contro il riempimento lamellare a nido d'ape e vengono così spinti verso il basso.



Il solfato di calcio, contenente impurezze di altri metalli ossidi metallici, viene ispessito nel fondo del decantatore e poi estratto e disidratato in un'opportuna sezione di presso filtrazione, che si trova presso l'impianto di neutralizzazione e trattamento effluenti forti.

Le acque madri del filtro vengono alimentate all'impianto di neutralizzazione mentre il fango viene messo a discarica.

I reflui debolmente acidi e le acque madri di filtrazione dei reflui fortemente acidi sono scaricati a canale di ritorno a mare, qualora rispettino i limiti stabiliti dalla normativa.

Impianto di trattamento acque reflue domestiche

I reflui civili prodotti nello stabilimento sono convogliati in un apposito impianto di trattamento.

Il depuratore biologico è collocato nella parte più ad est della fabbrica; i reflui da trattare lo raggiungono tramite il collettore di recente costruzione e risulta essere costituito da quattro vasche in serie.

L'impianto si compone essenzialmente di 4 sezioni:

- Vasca di sollevamento che riceve i reflui civili, sollevati alla successiva vasca di equalizzazione per mezzo di due elettropompe sommerse;
- Vasca di equalizzazione interrata che serve a polmonare il refluo da trattare per mantenere il più costante nel tempo sia il carico idraulico che quello di materiale organico. In questa sezione dell'impianto sono montate una soffiante, dotata di 4 diffusori a membrana per una pre-areazione e agitazione, e da una elettropompa sommersa per il trasferimento delle acque da trattare al successivo comparto;
- Vasca di ossidazione e sedimentazione interrata divisa in due parti: la prima è il comparto di ossidazione ed è dotata di una soffiante e 12 diffusori a membrana, la seconda è il comparto di sedimentazione;
- Vasca di raccolta e sollevamento reflui trattati e acque meteoriche.

Le acque trattate sono immesse nel canale di ritorno a mare, tramite condotta dedicata dotata di pozzino di campionamento. Le acque piovane dell'area impianti e discarica di gessi rossi sono raccolte ed inviate all'impianto di trattamento reflui debolmente acidi. Le acque di raffreddamento sono immesse immediatamente nella tubazione di scarico, a valle del punto di campionamento. Esse stesse sono, comunque, campionabili.



PARTE VIII MODELLO CONCETTUALE DEL SITO

Il presente modello concettuale è stato formulato in recepimento della specifica richiesta formulata dal dip. Arpat di Grosseto contenuta nella Conferenza dei Servizi del 29/04/2014 (cfr.: punto 1 pag. 3 del “parere-richiesta integrazioni” di Arpat acquisito all’interno del verbale di CdS del 29/4/2014) e della richiesta da parte della Provincia di Grosseto (punto 1.3 lettera c).

A tal proposito preme chiarire anticipatamente che il presente progetto di bonifica è stato elaborato conformemente a quanto previsto dal disciplinare di incarico. Tale incarico è inerente all’elaborazione della progettazione degli interventi di bonifica per la sola matrice acque di falda, e ha pertanto tenuto conto esclusivamente della condizione di qualità chimico-fisica di tale matrice ambientale così come emerso dalla popolazione di dati idrogeochimici derivati dai vari studi e dalle numerose campagne di indagine svolte sull’area della piana nel corso degli anni.

Fatta questa importante premessa, si passa alla definizione del modello concettuale per il sito.

Il Modello Concettuale del Sito (MCS) ha la finalità generale di individuare le potenziali fonti primarie e secondarie, pregresse e/o ancora in essere della contaminazione, nonché le vie di diffusione della medesima contaminazione verso potenziali bersagli ambientali e umani.

Nel caso in esame, il Modello Concettuale del Sito (MCS) è stato formulato in base alle informazioni storiche disponibili, alle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell’area, al set di dati analitici relativi al comparto acque di falda inserito all’interno del database alla base del presente progetto, nonché soprattutto, per ciò che concerne la matrice suolo e sottosuolo, il “*piano provinciale di bonifica delle aree inquinate*” della Provincia di Grosseto, il “*piano regionale di bonifica delle aree inquinate*” della Regione Toscana, nonché la banca dati SISBON del dip. ARPAT Toscana.

20. POTENZIALI SORGENTI DI CONTAMINAZIONE

Innanzitutto si ricorda che le sorgenti di contaminazione sono differenziate in primarie e secondarie. Le sorgenti primarie sono rappresentate dall’elemento o dagli elementi che sono causa di inquinamento, mentre quelle secondarie dagli elementi soggetti alla contaminazione diretta (come acqua, suolo, aria) che a loro volta possono diventare fattori di trasferimento di inquinanti verso altri comparti ambientali o verso bersagli.

Nel caso specifico, l’analisi qui svolta prende in esame entrambe le tipologie di sorgenti (primarie e secondarie) contemporaneamente, in quanto gran parte delle considerazioni fatte valgono egualmente per entrambe.

L’analisi delle potenziali sorgenti di contaminazione sull’area vasta della piana di Scarlino tiene conto degli strumenti tecnici e programmatici elencati in premessa alla presente parte VII del progetto, che di seguito si elencano:

- piano provinciale di bonifica delle aree inquinate;
- piano regionale di bonifica delle aree inquinate;
- database ARPAT siti con procedimenti di bonifica (SIRA-SISBON).



Analizzando tali strumenti, si coglie subito con evidenza il fatto che l'area vasta della piana di Scarlino, oggetto del presente progetto unitario di bonifica, è stata investigata, dal punto di vista della verifica di una potenziale contaminazione, in maniera localizzata per quanto concerne le fonti primarie di contaminazione e la fonte secondaria suolo/sottosuolo, mentre la matrice ambientale acque sotterranee presenta, sempre in termini di investigazione, un livello di copertura areale più omogenea, uniforme ed esaustiva.

Entrando nel dettaglio, si può facilmente verificare che l'investigazione di suolo e sottosuolo è concentrata principalmente all'interno delle aree industriali (in particolare del Casone), mentre su diverse porzioni dell'area della piana non vi sono dati. D'altra parte per poter formulare un modello concettuale maggiormente dettagliato e preciso di un'area come quella della piana di Scarlino risulterebbe importante aver realizzato una caratterizzazione ad area vasta, in modo sufficientemente omogeneo e il più possibile distribuito.

Tale condizione risulta parzialmente verificata per quanto riguarda la matrice acque sotterranee (cfr. database in allegato, tavole punti controllo acque sotterranee), mentre non risulta verificata per la matrice suolo e sottosuolo (e per le eventuali fonti primarie connesse).

Per tali ragioni è evidente che il modello concettuale presenti un livello di incertezza maggiore dato dal livello di investigazione della matrice suolo e sottosuolo, mentre risulti molto più dettagliato per la matrice acque sotterranee.

Vi è altresì da rimarcare il fatto che la matrice acque sotterranee è una cosiddetta matrice "dinamica", in cui i filetti fluidi sono più o meno interconnessi e maggiormente influenzati tra loro, mentre ciò non può dirsi per la matrice suolo e sottosuolo, che può non presentare necessariamente, proprio per sue caratteristiche intrinseche, un livello di interdipendenza diretta tra zone limitrofe. Ciò sicuramente amplifica e chiarisce il concetto di puntualità di una situazione o di un dato.

Detto questo, passando alla disamina dettagliata delle sorgenti di contaminazione, allo stato attuale delle conoscenze non si può escludere che sull'area della piana di Scarlino siano tuttora presenti fonti di contaminazione primaria, così come non si può escludere presenza di sorgenti secondarie per la matrice suolo e sottosuolo per le aree mai caratterizzate, che costituiscono una quota parte importante rispetto alla superficie totale della piana.

Per quanto riguarda invece i siti in bonifica censiti, lo stato di avanzamento dei vari iter, visionabile dal portale SISBON di Arpat, mostra come la maggioranza di essi sia arrivato a conclusione, con procedimenti o già chiusi (con avvenuta certificazione di bonifica), o con avvenuta messa in sicurezza permanente (MISP) e monitoraggi post-operam, conclusi o in fase conclusiva.

Gli strumenti tecnici e programmatici sopra menzionati permettono di individuare tre grandi gruppi di dati da cui attingere in termini di verifica delle sorgenti di contaminazione che sono riferibili poi ai parametri traccianti della condizione di qualità chimico-fisica della falda, oggetto del presente progetto:

1. la tabella riassuntiva dei siti di bonifica;
2. il censimento dei sottofondi stradali con presenza di sterili di pirite;



3. i database di enti e organi di controllo relativi alla falda (es.: SISBON, dati ASL, etc.).

Per quanto riguarda il terzo punto, il presente progetto contiene il database di tutti i dati relativi al comparto acque sotterranee, revisionato e integrato anche a seguito delle segnalazioni e delle nuove informazioni messe a disposizione da Arpat, ASL e dall'entel gestore Acquedotto del Fiora; pertanto si rimanda alla lettura dei precedenti paragrafi nonché degli allegati al presente progetto per eventuali approfondimenti. In riferimento invece ai soprastanti punti 1 e 2, oltre al rimando alla precedente Figura 19 ("carta salvaguardie Piana di Scarlino"), di seguito riportiamo per completezza lo stralcio della tabella dei siti di bonifica e della mappa della presenza di sottofondi con sterili di pirite:



COMUNE DI SCARLINO - Provincia di Grosseto - Settore 4 Lavori Pubblici e Politiche Ambientali

Progettazione operativa unitaria della bonifica delle acque di falda nella piana di Scarlino

Revisione a seguito della Conferenza dei Servizi del 29/04/2014 e della riunione tecnica tenutasi presso Arpat Toscana il 17/11/2014

Codice Regionale Conditorio	Denominazione	Indirizzo	Comune	Struttura Arpat	Struttura Provinciale	In SIN/SIR	SIN/SIR	Motivo Inserimento	Stato Iter	Stato Iter Testo	In Anagrafe	Attivo Chiuso	Regime Normativo	Fase	Stottofase	Gb Est	Gb Nord	Origine Coordinate Gb Est - Gb Nord
GR-ns-01	Discarica Ceneri di pirite Argine Salciaia-Cassarile	Loc. Salciaia	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	PRB 384/89-C breve	●	IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	SI	ATTIVO	152/06 (Attivato ANTE 152)	CARATTERIZZAZIONE	Piano di caratterizzazione approvato	1644953	4752722	PERIMETRAZIONE
GR-ns-06a	Salciaia Accumulo Ceneri di Pirite -Area Vasca 1 -Accordo Colline Metallifere	Loc. Salciaia	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	Dlgs 152/06 Art.242	●	IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	SI	ATTIVO	471/99	BONIFICA / MISP IN CORSO	Monitoraggio post-operam (pre-collaudato finale)	1645394	4752236	PERIMETRAZIONE
GR-ns-06b	Salciaia Accumulo Ceneri di Pirite -Rilevato stradale -Accordo Colline Metallifere	Loc. Salciaia	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	Dlgs 152/06 Art.242	●	IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	SI	ATTIVO	152/06 (Attivato ANTE 152)	BONIFICA / MISP / MISO IN CORSO	Progetto Operativo presentato da approvare	1645442	4752221	PERIMETRAZIONE
GR057	Cantiere Montecatini	Loc. Scarlino Scalo	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	PRB 384/89-breve	●	IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	SI	ATTIVO	471/99	BONIFICA / MISP IN CORSO	Monitoraggio post-operam (pre-collaudato finale)	1650209	4753955	PERIMETRAZIONE DA VERIFICARE
GR065	Troide	Loc. Il Casone	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	PRB 384/89-escluso	●	IN_ANAGRAFE/ITER_CHIUSO	SI	CHIUSO	ANTE 471/99	CERTIFICAZIONE SITO COMPLETO	SITO COMPLETO: PRB 384/99-Alegato? Siti in sicurezza	1647056	4752893	PERIMETRAZIONE DA VERIFICARE
GR066a	Nuova Solmine - Scarlino - Il Casone	Loc. Il Casone	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	PRB 384/89-breve	●	IN_ANAGRAFE/ITER_CHIUSO	SI	CHIUSO	471/99	CERTIFICAZIONE SITO COMPLETO	SITO COMPLETO: Certificazione di MISP	1646822	4752384	PERIMETRAZIONE DA VERIFICARE
GR066b	Casone - Salciaia - Area Stoccaggio Ceneri di Pirite	Loc. Il Casone	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	PRB 384/89-breve	●	IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	SI	ATTIVO	471/99	CARATTERIZZAZIONE	Piano di caratterizzazione in svolgimento	1647277	4753710	PERIMETRAZIONE DA VERIFICARE
GR072a	Area Solmine (Esclusa Area Ex Pellettizzazione)	Loc. Il Casone	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	PRB 384/89-breve	●	IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	SI	ATTIVO	471/99	MP / INDAGINI PRELIMINARI	Svolgimento misure preventive e indagini preliminari	1646439	4753762	PERIMETRAZIONE DA VERIFICARE
GR072b	Nuova Solmine - Scarlino - San Martino e EX Frantumazione (Esclusa Area Ex Pellettizzazione)	Loc. Il Casone	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	PRB 384/89-breve	●	IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	SI	ATTIVO	471/99	BONIFICA / MISP IN CORSO	Monitoraggio post-operam (pre-collaudato finale)	1647292	4754099	PERIMETRAZIONE DA VERIFICARE
GR089	Portigliori - Terra Rossa	Loc. Terra Rossa	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	PRB 384/89-breve	●	IN_ANAGRAFE/ITER_CHIUSO	SI	CHIUSO	471/99	CERTIFICAZIONE SITO COMPLETO	Certificazione di avvenuta bonifica con misure di sicurezza	1645195	4749031	PERIMETRAZIONE
GR090*	Scarlino Energia (EX Ambiente SpA -EX Syndial)	Loc. Casone	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	DM 471/99 Art.9 c.3 (transitorio)	●	IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	SI	ATTIVO	471/99	CERTIFICAZIONE SUOLO	SUOLO SITO: Certificazione di avvenuta bonifica con misure di sicurezza	1646807	4753859	PERIMETRAZIONE DA VERIFICARE
GR090b*	Syndial Area Vasche (EX Ambiente SpA -EX Syndial) -Accordo Colline Metallifere - Pol Nuova Solmine (Det. n. 159 del 07/03/2014)	-	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	DM 471/99 Art.9 c.3 (transitorio)	●	IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	SI	ATTIVO	471/99	BONIFICA / MISP IN CORSO	Progetto Definitivo presentato da approvare	1646896	4753531	PERIMETRAZIONE
GR-1033	Stabilimento Nuova Solmine s.p.a. Loc. Casone	Loc. Casone	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	Dlgs 152/06 Art.244 c.1	●	NON_IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	NO	ATTIVO	152/06	ATTIVAZIONE ITER	Art.244 c.2 Ordinanza Provinciale: Diffida al responsabile	1646448	4753621	CENTROIDE LOCALIZZAZIONE
GR114*	Canale Solmine	Loc. Casone	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	DM 471/99 Art.7	●	IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	SI	ATTIVO	471/99	ATTIVAZIONE ITER	Art.7 Notifica da parte del responsabile	1646108	4753698	CENTROIDE LOCALIZZAZIONE
GR115*	Privati - Scarlino - Le Chiarine	Loc. Le Chiarine	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	DM 471/99 Art.8	●	IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	SI	ATTIVO	471/99	ATTIVAZIONE ITER	Art.8 c.2 Ordinanza Comunale: Diffida al responsabile	1646359	4750196	CENTROIDE LOCALIZZAZIONE
GR116*	Ditta Promomar SpA -Ceneri di pirite (Pennello Fiumara)	Loc. Puntone	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	DM 471/99 Art.8	●	IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	SI	ATTIVO	471/99	BONIFICA / MISP IN CORSO	Progetto Preliminare approvato	1645848	4749891	PERIMETRAZIONE DA VERIFICARE
GR119*	Societa' Fonte al Cerro srl e Societa' Puntone srl	Fonte al Cerro	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	DM 471/99 Art.8	●	NON_IN_ANAGRAFE/ITER_CHIUSO	NO	CHIUSO	471/99	NON NECESSITA' DI INTERVENTO	Presenza d'atto della non necessità di intervento a seguito dei risultati di caratterizzazione	1646795	4750884	PERIMETRAZIONE DA VERIFICARE
GR141*	Ex deposito agricolo Grossetana Petrolservice (EX AGIPFUEL) Loc. Dell'Arancio Scarlino Scalo	Scarlino Scalo	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	DM 471/99 Art.7	●	IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	SI	ATTIVO	471/99	BONIFICA / MISP IN CORSO	Progetto Definitivo approvato	1649704	4756521	PERIMETRAZIONE
GR162*	Distribuzione carburante SAM S.r.l. Società Autotrasporti Montefelbro	-	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	DM 471/99 Art.7	●	NON_IN_ANAGRAFE/ITER_CHIUSO	NO	CHIUSO	471/99	NON NECESSITA' DI INTERVENTO	Monitoraggio della non necessità di intervento	1648962	4756193	PERIMETRAZIONE
GR167*	Sversamento olio dielettrico trasformatore ENEL Distribuzione - Campo Rotondo	Campo Rotondo	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	Dlgs 152/06 Art.242	●	NON_IN_ANAGRAFE/ITER_CHIUSO	NO	CHIUSO	471/99	NON NECESSITA' DI INTERVENTO	Presenza d'atto della non necessità di intervento a seguito delle misure preventive/misure preventive	1649593	4751677	CENTROIDE COMUNE
GR180*	Alveo fosso recettore pertinenza SP Casone prospiciente Area MarZinc	Loc. La Botte	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	Dlgs 152/06 Art.242	●	NON_IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	NO	ATTIVO	152/06	ANALISI DI RISCHIO	Analisi di rischio presentata da approvare	1647421	4754313	PERIMETRAZIONE
GR186*	Rinvenimento Loppe Scavo Loc. Puntone RTA "Le Ginestre"	Loc. Puntone	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	Dlgs 152/06 Art.242	●	NON_IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	NO	ATTIVO	152/06	MP / INDAGINI PRELIMINARI	Svolgimento misure preventive e indagini preliminari	1649593	4751677	CENTROIDE COMUNE
GR189*	Ditta Promomar SpA -Incendio Cantiere Porto Turistico	-	(GR) SCARLINO	Dip. Grosseto	Prov. di Grosseto	NO	-	DM 471/99 Art.7	●	IN_ANAGRAFE/ITER_ATTIVO	SI	ATTIVO	471/99	BONIFICA / MISP IN CORSO	Progetto Definitivo approvato	1645807	4749650	CENTROIDE LOCALIZZAZIONE

Figura 53. Stralcio della tabella riassuntiva relativa ai siti di bonifica censiti per l'area del comune di Scarlino (cfr.:

<http://sira.arpato.toscana.it/apex/f?p=SISBON:REPORT:2352897462560066>)

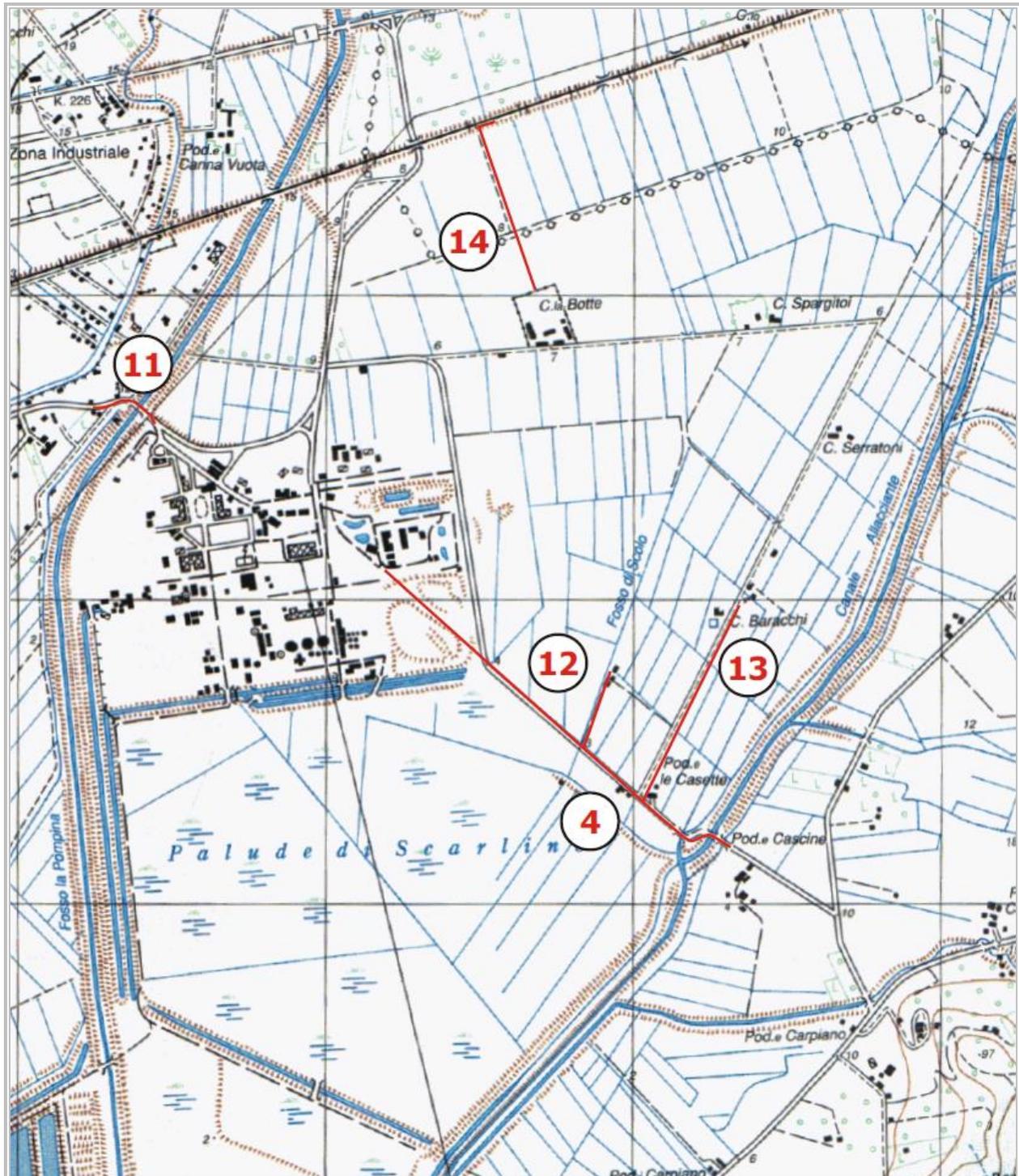


Figura 54. Stralcio tavola sinottica di censimento dei sottofondi stradali con presenza di ceneri di pirite con visualizzazione delle porzioni che insistono sull'area della piana di Scarlino (indicate con il colore rosso e i numeri cerchiati. Cfr.: http://www.provincia.grosseto.it/images/pages/5492/1146823684026_Schede_di_censimento.pdf)

Dalla lettura delle figure soprastanti emerge quanto segue:



- siti di bonifica: come già detto, sulla maggioranza dei siti inseriti nella tabella del SISBON l'iter risulta o concluso, o in fase conclusiva. In particolare, dei 23 siti inseriti, n° 3 risultano con iter chiuso e relativa certificazione, n° 3 con non necessità di intervento, e dei restanti 17 siti, escludendo quelli che per ubicazione non possono avere alcuna pertinenza con la piana di Scarlino e quelli con iter concluso ma non certificato o in monitoraggio post-operam o con suoli certificati, rimangono soltanto n°3 siti su cui l'iter deve ancora concludersi;
- siti con presenza di sterili di pirite: sui siti censiti, dalle informazioni disponibili non sembra esser stato avviato alcun iter di caratterizzazione/bonifica: pertanto, in virtù di tale situazione, si deve considerare attiva la presenza di potenziali fonti primarie di contaminazione, nonché di potenziale fonte secondaria suolo e sottosuolo. Eventuali future attivazioni di iter di bonifica su tali siti potranno far variare, ed eventualmente rendere maggiormente preciso, il presente modello concettuale.

Discorso a parte meritano le acque di falda. Per tale matrice ambientale risulta evidente, dalle numerose campagne analitiche svolte nel corso degli anni, la presenza di superamenti diffusi dei limiti CSC di cui alla tab. 2 All. 5 parte quarta del titolo V del D.Lgs. 152/06 in particolare per arsenico, ferro, manganese e solfati.

Vi è tuttavia da tener conto di come tali analiti, ancorché legati ad apporti di evidente origine antropica, siano presenti nell'area della piana nelle matrici ambientali suolo, sottosuolo e acque di falda anche in virtù delle anomalie naturali già ampiamente segnalate nel corso degli anni nella letteratura di settore, nonché nella documentazione presa a riferimento nel presente progetto (es.: studio Biondi-Donati).

Per tutto quanto sopra detto, incrociando le varie informazioni in possesso, allo stato attuale delle conoscenze non si può escludere la presenza di potenziali fonti di contaminazione primaria, così come non si può escludere la presenza di potenziali sorgenti secondarie per la matrice suolo e sottosuolo: tale condizione di indeterminatezza vale per le aree mai caratterizzate, che costituiscono una porzione importante di superficie della piana di Scarlino.

Per l'area centrale della piana, invece, i siti censiti come "sottofondi stradali con presenza di ceneri di pirite", costituirebbero effettivamente una potenziale sorgente di contaminazione primaria.

Riguardo invece ai siti di bonifica già censiti con iter avviati, gli strumenti tecnico-programmatici in possesso (SISBON, piani provinciale e regionale delle bonifiche) mostrano come i procedimenti di bonifica, in particolare per l'area del Casone, siano conclusi o comunque in fase conclusiva.

L'investigazione e analisi critica della condizione della matrice ambientale suolo e sottosuolo non è però oggetto dell'incarico alla base del presente progetto, il quale, come ampiamente detto, riguarda esclusivamente la matrice acque sotterranee.

Per quanto concerne infine la matrice acque sotterranee, essa è da considerare sorgente secondaria di contaminazione, in particolare per la condizione di non conformità ai limiti normativi di riferimento riscontrata negli acquiferi denominati 1a e 1b per i parametri arsenico, solfati, ferro e manganese.



21. POTENZIALI VIE DI DIFFUSIONE

A seguito della definizione della tipologia delle fonti di contaminazione di un sito, si passa alla valutazione dei possibili percorsi di migrazione della contaminazione stessa ed alle possibili modalità di esposizione dei bersagli alla contaminazione.

Le vie di esposizione sono quelle mediante le quali il potenziale bersaglio entra in contatto con le specie chimiche contaminanti. Le vie di esposizione possono essere dirette, qualora non necessitino di un meccanismo di trasporto e quindi la via di esposizione coincide con la sorgente di contaminazione, o indirette, nel caso in cui il contatto del recettore con la sostanza inquinante avviene a seguito della migrazione dello stesso e quindi avviene ad una distanza dalla sorgente.

Di seguito si riporta lo schema del modello concettuale generico.

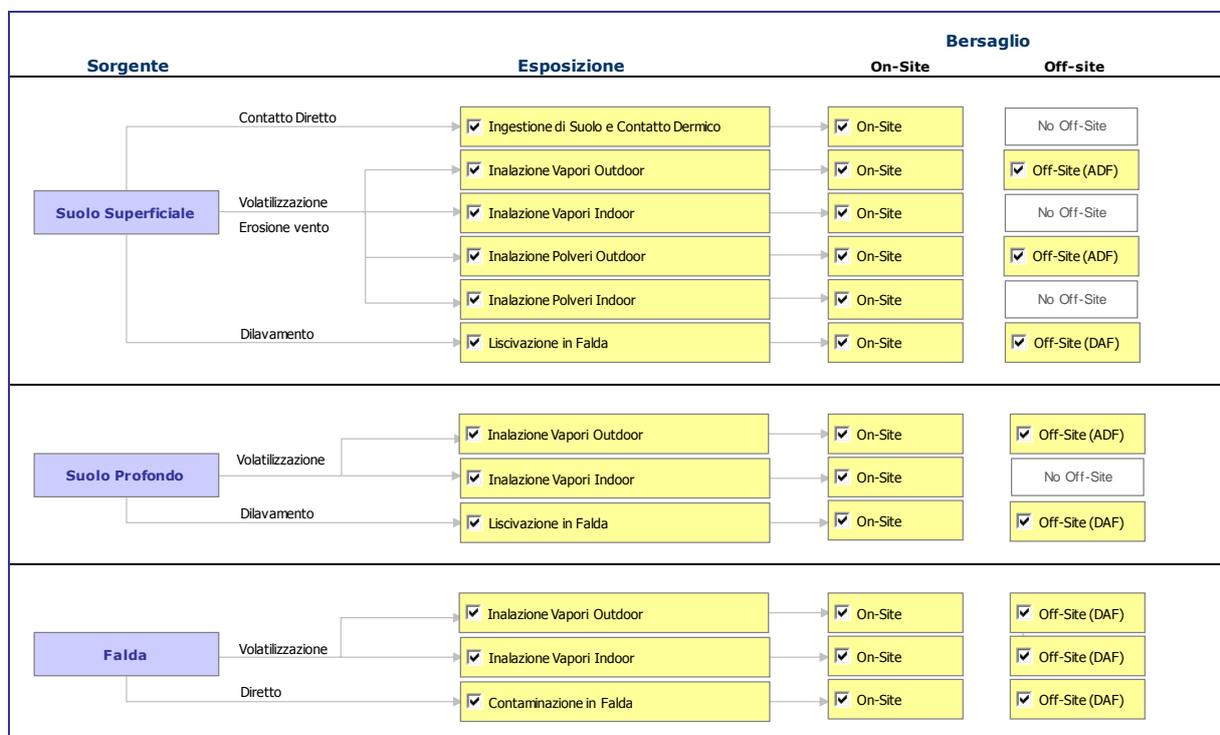


FIGURA 55. SCHEMA TIPO DI MODELLO CONCETTUALE

Di seguito si riporta una sintesi delle vie di migrazione indicando quali queste si ritengono attive o inattive in relazione alle conoscenze attuali.

21.1 Esposizione diretta (ingestione e contatto dermico), aerodispersione delle particelle fini

La via di esposizione diretta alla contaminazione e l'aerodispersione possono risultare attive solo nel caso in cui vi sia una sorgente secondaria nel suolo superficiale in aree caratterizzate dall'assenza di un manto impermeabile superficiale.



Per quanto esposto nel precedente paragrafo, in particolare in relazione all'assenza di una caratterizzazione generale completa ad area vasta, per la piana di Scarlino non è possibile escludere tale via di esposizione; in riferimento poi alle strade censite con presenza di ceneri di pirite sulle quali vi sia assenza di manto di copertura, per esse tale via di esposizione è da considerarsi attiva.

21.2 Volatilizzazione indoor e outdoor

La via di migrazione mediante volatilizzazione di vapori con possibile esposizione attraverso inalazione può risultare attiva per i soli composti dotati di una certa tensione di vapore.

Per le aree già caratterizzate, la cui gran parte risulta, come sopra detto, già bonificata o in fase conclusiva, i traccianti tipici della contaminazione sono composti inorganici, sprovvisti di tensione di vapore. Non potendosi però affermare nulla in merito alle aree non caratterizzate, tale percorso non può essere escluso, pur ritenendolo poco significativo proprio in relazione ai traccianti tipici di contaminazione della piana, che sono tipicamente composti non volatili (arsenico, ferro, manganese e solfati).

Tenendo poi specificamente conto del fatto che l'oggetto del presente progetto di bonifica è la matrice acque di falda, essa risultata contaminata da composti che non posseggono tensione di vapore, per cui si ritiene tale percorso da falda non attivo.

21.3 Dilavamento dei contaminanti

Pur riconoscendo lo stato di elevato avanzamento degli iter di bonifica all'interno attivati nel tempo nell'area della piana (aree produttive del Casone, sulle quali i vari interventi di MISP hanno inibito il percorso di migrazione in oggetto), il percorso di migrazione mediante dilavamento e lisciviazione dei contaminanti non può dirsi completamente inattivo in relazione sia all'assenza di dati di caratterizzazione ad area vasta per la matrice suolo e sottosuolo, sia alla presenza sull'area in oggetto di zone con presenza di sottofondi stradali realizzati con ceneri di pirite.

Ciò è tra l'altro relazionabile proprio alla presenza di superamenti nelle acque di falda direttamente collegabili con tali scarti di lavorazione della pirite, che possono veicolare i composti oggetto del presente studio tramite lisciviazione. A tal proposito si ricorda che una condizione necessaria per massimizzare l'efficacia degli interventi di bonifica sulla falda dovrebbe essere quella di avere inibita completamente tale via di migrazione, in modo tale che essa non dia più alcun tipo di apporto in termini di rilascio di contaminanti verso le acque di sottosuolo.

Si segnala tra l'altro che la permanenza all'interno del sito oggetto del presente progetto di bonifica di porzioni di aree nelle quali vi sia ancora attivo il dilavamento dei contaminanti può avere l'effetto di allungare le tempistiche necessarie per il risanamento delle acque di falda (cfr. successivo par. 26.9 "durata dell'intervento").



21.4 Trasporto di contaminanti disciolti in falda verso bersagli off site

Infine, nel caso in esame, tale via di migrazione risulta chiaramente attiva in quanto è stata accertata la contaminazione della matrice ambientale acque sotterranee.

22. POTENZIALI BERSAGLI

I bersagli della contaminazione vengono generalmente suddivisi in ricettori ambientali e ricettori umani. I ricettori ambientali sono identificati nella flora e nella fauna, quali piante, coltivazioni, acque superficiali e profonde, zone protette o habitat particolari; mentre i ricettori umani si distinguono in residenti e frequentatori presenti nell'area di influenza (bersagli in scenario residenziale) e nei lavoratori presenti sul sito (bersagli in scenario industriale). I bersagli si possono, inoltre, distinguere in base alla loro localizzazione in bersagli on-site, se presenti in corrispondenza della sorgente di contaminazione, e offsite, se localizzati ad una certa distanza dalla stessa.

Nel caso in esame i bersagli ambientali sono da individuare principalmente nei possibili recettori posti a valle idrogeologica della piana e, quindi, nel caso specifico si parla delle acque di falda nella zona compresa tra le padule di Scarlino e il mare, nonché le acque marine. Per quanto riguarda le acque superficiali, si parla specificamente del canale Allacciante e del fiume Pecora: in virtù della morfologia di falda, del loro percorso, delle caratteristiche degli alvei e delle altezze del fondo, non si ritengono bersagli sensibili.

Relativamente ai bersagli umani, si rileva la presenza di bersagli sia in scenario industriale che in scenario privato residenziale che potrebbero venire a contatto con le matrici ambientali per le quali sono stati rilevati superamenti delle CSC, cioè le acque sotterranee. Non si può escludere anche il contatto con eventuali fonti primarie o secondaria suolo/sottosuolo in virtù dell'assenza di una caratterizzazione generale dell'area vasta e della presenza di porzioni di strade con ceneri di pirite.

23. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

A conclusione della formulazione del modello concettuale, si ritiene fondamentale effettuare una serie di considerazioni circa le modalità di elaborazione e presentazione del modello stesso, oltre all'inquadramento del modello all'interno della progettazione degli interventi di bonifica dettagliati nei capitoli successivi.

Il presente progetto unitario di bonifica è generato a partire da un incarico di progettazione che investe esclusivamente il comparto acque sotterranee, e riguarda l'area vasta della piana di Scarlino. In ragione di ciò, esso è stato elaborato tenendo conto dell'estensione del sito (il dominio è pertanto la c.d. "piana di Scarlino"), e la condizione di qualità chimico-fisica delle acque sotterranee comprese in tale dominio, frutto di numerose elaborazioni e diversi interconfronti tra la mole di dati chimici relativi alle acque di falda dell'area della piana.

La finalità del presente progetto unitario di bonifica è stato pertanto, in accordo con i termini di incarico, quello di fornire soluzioni tecniche e operative finalizzate al risanamento ambientale del comparto acque sotterranee e al suo più corretto monitoraggio futuro.



Rimane sottinteso che ogni eventuale futura azione di caratterizzazione ulteriore di porzioni più o meno estese di superfici mai caratterizzate prima nella piana di Scarlino, unita al miglioramento delle conoscenze dello stato qualitativo delle acque di falda mediante la terebrazione di nuovi pozzi di monitoraggio, nonché il completamento totale degli interventi di bonifica ad oggi avviati, potrebbero portare a cambiamenti anche significativi del modello concettuale qui proposto (es.: esclusione di vie di diffusione, eliminazione o aggiunta di sorgenti di contaminazione, etc.).

Ciò, a sua volta, potrebbe avere effetti anche sulla progettazione ed efficacia stessa degli interventi di bonifica di seguito progettati, e proprio in questa ottica è stata proposta una progettazione da effettuare in due fasi: la prima fase finalizzata ad azioni a scala vasta di contenimento della contaminazione, progressivo risanamento delle zone maggiormente contaminate, accelerazione dei processi di rigenerazione della falda e di monitoraggio più capillare dell'area della piana; la seconda fase finalizzata alla eventuale miglior calibratura delle azioni di risanamento e/o a una integrazione/ricalibratura al fine di incrementare e/o ottimizzare gli interventi di cui alla fase I.



PARTE IX PROGETTO DI BONIFICA

La presente sezione costituisce il corpus fondamentale dell'intero elaborato, e fornisce la descrizione dettagliata dei criteri progettuali e operativi adottati al fine di risanare dal punto di vista ambientale il sito in oggetto.

La presente sezione è stata inoltre elaborata tenendo conto delle osservazioni/prescrizioni ricevute in sede di Conferenza dei Servizi del 29/4/2014 e delle riunioni tecniche con svolte con gli enti (in partic.: riunione del 17/11/2014, riunioni gennaio-febbraio 2015 presso ARPAT).

Il seguito del documento affronta preliminarmente le linee essenziali che costituiscono l' "ossatura" del progetto, e che permettono di avere un quadro generale degli interventi previsti, entrando poi successivamente nel dettaglio tecnico e operativo di detti interventi.

Essi sono stati suddivisi in n.2 fasi temporalmente e operativamente distinte, come segue:

- ✓ FASE I: realizzazione di un intervento di bonifica mediante implementazione di un sistema di barriera idraulico così concepito:
 - *falda 1*: realizzazione di n.3 linee fondamentali di barriera idraulico: la prima, che sfrutta in parte quella già esistente e la integra creando una linea che corre indicativamente da Ovest a Est della Piana fino alla zona dei "laghi Tioxide"; la seconda, a valle idrogeologica della prima (zona Padule di Scarlino) di sviluppo minore rispetto alla precedente; la terza, dedicata alla gestione di hot spots (zona nord/la Botte) e all'incremento della resa nella zona centrale della piana, dove insiste l'attuale barriera di Nuova Solmine (barriera di S.Martino – GR72). Realizzazione di una rete di area vasta di monitoraggio delle acque sotterranee (falda 1a e 1b) costituita da piezometri/pozzi già esistenti, integrata con una nuova rete di piezometri, finalizzata alla creazione di un dataset idrogeochimico maggiormente distribuito, omogeneo ed esaustivo;
 - *falda 2*: creazione di una rete piezometrica di monitoraggio che sfrutta gli attuali pozzi/piezometri esistenti e di caratteristiche costruttive idonee, integrata da una serie di nuovi piezometri di monitoraggio; successiva campagna di analisi sulle acque di falda ("punto zero") funzionale ad ottenere un ampio set di dati idrochimici, necessario per poter elaborare, in modo simile a quanto già svolto nel presente progetto, mappe relative allo stato di qualità chimica della falda 2 ad area vasta;
 - *censimento pozzi*: censimento e ispezione pozzi uso irriguo e idropotabile presenti sulla piana, finalizzata all'eventuale cementazione pozzi non idonei (es.: interconnessione falde) e/o ricostruzione di nuovi pozzi con caratteristiche di separazione tra livelli acquiferi.
- ✓ FASE II: eventuali interventi di ottimizzazione/calibrazione/integrazione delle azioni di cui alla fase I, tra cui:
 - realizzazione di nuove campagne di monitoraggio periodico ad hoc della falda 1 e falda 2 funzionali all'ottenimento di maggior dettaglio nelle conoscenze relative a zone specifiche della piana;
 - aggiornamento/calibrazione modello idrogeologico di flusso;



- aggiornamento/calibrazione modello idrogeologico di trasporto;
- progettazione di interventi di risanamento della falda 2;
- incremento della resa del sistema di barrieramento posto in essere nella fase 1;
- progettazione e realizzazione di interventi integrativi di bonifica volti all'accelerazione dei processi di risanamento in essere;
- progettazione e realizzazione di interventi di mitigazione dell'ingressione del cuneo salino.

Tale scelta è parsa la più opportuna in considerazione del fatto che la progettazione per fasi permette un approccio progressivo alla bonifica dell'area in oggetto, tale per cui da un lato pone in atto con relativa rapidità interventi di risanamento ambientale, mentre dall'altro consente un controllo su più piani (verifiche funzionalità barrieramento, monitoraggio andamento contaminazione, etc.) ed eventualmente una calibrazione e/o ottimizzazione nel tempo del sistema progettato.

Vi è inoltre da sottolineare come un intervento ad area vasta, nonostante il set di dati e informazioni in possesso, si porti con sé una serie di incognite (aree con minor popolazione di dati rispetto ad altre, approssimazioni necessarie nella ricostruzione della geologia e idrogeologia dei luoghi, etc.) alcune delle quali possono essere risolte soltanto dopo un periodo di start up e monitoraggio degli interventi proposti.

Il seguito del documento entra nel dettaglio di quanto appena discusso.



24. STRATEGIE E OBIETTIVI DI INTERVENTO SULLE ACQUE SOTTERRANEE

Nella definizione delle strategie e degli obiettivi di intervento sulle acque sotterranee dell'acquifero superficiale e più profondo presenti al di sotto dell'area della piana di Scarlino occorre innanzitutto tenere in considerazione quanto segue:

- L'acquifero superficiale, modellizzato secondo i criteri descritti in precedenza, è un sistema caratterizzato da due livelli differenti, idraulicamente separati tra loro a scala ridotta, ma presumibilmente interconnessi ad area vasta.
- I due layer di cui al punto precedente, denominati *falda 1a* e *falda 1b*, mostrano a scala vasta un andamento del flusso molto simile tra loro.
- Il sistema acquifero superficiale (*falda 1a* e *1b*) risulta caratterizzato da eterogeneità sia dal punto di vista idrogeologico (di cui si è già discusso) che da quello idrochimico: per ciò che concerne il livello di contaminazione, infatti, l'acquifero superficiale presenta superamenti diffusi di alcuni parametri inorganici, con differenti livelli di concentrazione; dal punto di vista idrogeologico, l'acquifero superficiale presenta scarsa potenzialità e permeabilità piuttosto variabili (perlopiù medio-basse) da zona a zona in relazione alle alternanze litologiche.
- Il sistema acquifero profondo (denominato *falda 2*) presenta una maggiore omogeneità rispetto a quello superficiale, principalmente dal punto di vista idrogeologico (si tratta infatti di un sistema acquifero dotato di maggiore permeabilità e potenzialità rispetto a quello superficiale, con una direzione di flusso specifica che ricalca l'andamento del paleovalve). Anche nel sistema acquifero profondo si rilevano anomalie di composti inorganici e metalli.
- Sottoponendo a interconfronto i due sistemi acquiferi falda 1 e falda 2, è immediatamente rilevabile come il sistema maggiormente impattato dalla contaminazione risulti essere il primo, vale a dire quello più superficiale, mentre per quello più profondo lo stato qualitativo, sia per grado che per estensione, risulti migliore;
- Entrando più nel dettaglio dell'acquifero superficiale, incrociando i dati relativi alla contaminazione dei due layer falda 1a e falda 1b è possibile verificare una sostanziale corrispondenza tra le situazioni: tale corrispondenza sembra supportare di fatto la modellazione idrogeologica che, ad area vasta, restituisce un acquifero superficiale costituito, come ampiamente detto, da due livelli localmente separati, ma interconnessi a scala vasta; se non lo fossero, ci si sarebbe dovuti aspettare una non sovrapponibilità, e quindi una netta differenziazione, tra i risultati analitici sul layer 1a rispetto all'1b;
- Su alcune aree della piana sono già in atto da tempo interventi di messa in sicurezza delle acque sotterranee, attivati a seguito delle varie indagini ambientali svolte sui singoli siti di proprietà in relazione al rinvenimento di contaminanti in elevate concentrazioni e quindi di situazioni di potenziale rischio di diffusione della contaminazione.
- Tali interventi di disinquinamento della falda messi in atto sui vari stabilimenti, se da una parte è pur vero che hanno mirato al risanamento dei sistemi acquiferi dai medesimi contaminanti, dall'altra va



comunque sottolineato che sono stati configurati comunque in regime id messa in sicurezza tenendo conto inevitabilmente delle singole aree di proprietà, e non dell'area vasta in cui sono inseriti;

- Le azioni di risanamento della falda attualmente attive sui vari stabilimenti della piana sono costituiti tutti da sistemi di barriera idraulico: essi, pur non essendo collegati tra loro, sono già singolarmente serviti da un sistema di collegamenti elettrici e idraulici, da tubazioni e utilities; come facilmente intuibile, le acque emunte, inoltre, vengono trattate all'interno di sistemi/impianti di trattamento progettati per gestire carichi e tipologie di contaminanti simili tra loro.

Preso atto di quanto sopra, l'intervento da realizzare sull'area della piana relativamente alla matrice ambientale acque sotterranee avrà come scopo principale la bonifica delle acque sotterranee della falda superficiale, per entrambi gli strati denominati 1a e 1b, atto a contenere la diffusione della contaminazione verso le aree esterne e a ridurla progressivamente nel tempo, sia come estensione che come grado.

Per ciò che concerne invece la falda profonda, essa necessita di uno screening idrochimico ad hoc mediante la terebrazione di nuovi piezometri ambientali, al fine di poter effettuare una o più campagne di indagine che garantiscano il raggiungimento di un congruo numero di dati, condizione necessaria per la progettazione di eventuali interventi su tale acquifero.

L'intervento di bonifica avrà duplice funzione: di "contenimento", al fine di impedire la diffusione della contaminazione verso le aree esterne; di "mitigazione e progressiva riduzione" della contaminazione nelle aree sorgenti secondarie di contaminazione, mediante emungimento delle acque con maggior carico inquinante.

24.1 Screening delle principali tecnologie/alternative di bonifica

Tenendo conto di quanto previsto dal Testo Unico Ambientale D.Lgs. 152/06, nonché di quanto espressamente richiesto dal dip. Arpat all'interno del verbale di CdS del 29/4/2014 al punto 12, di seguito viene riportata l'analisi dettagliata dell'applicabilità principali alternative di bonifica applicate al caso specifico in esame. Per fare ciò è stata presa come riferimento la matrice di applicabilità delle tipologie di bonifica elaborata da ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione Ambientale). Tramite tale matrice è stato effettuato uno screening iniziale delle tecnologie di bonifica applicabili in relazione alle tipologie di inquinanti e di matrice ambientale interessata dalla contaminazione.

Di seguito si riporta la matrice di valutazione prodotta da ISPRA.



In ragione di ciò, è stata considerata anche la seguente tabella che comprende anche tempi e costi indicativi di ciascun intervento.

Trattamenti acque sotterranee		Azione sul contaminante	Residui prodotti	Tempi	Costi	Metalli e altri inorganici
Trattamenti biologici in situ	Biorimediazione	Modifica biologica	-	M	M	-
	Attenuazione naturale monitorata	Modifica chimica, fisica, biologica	-	E	B	-
	Fitodepurazione	Modifica biologica	S	E	B	+
Trattamenti chimico-fisici in situ	Air-sparging	Estrazione/Modifica biologica	G	B	B/M	-
	Ossidazione chimica	Modifica chimica		B	M/E	-
	In well air stripping	Estrazione	G	M	M	-
	Dual/Multi phase extraction	Estrazione	G/L	B	M	-
	Barriere permeabili reattive	Modifica chimica/estrazione	S	M/E	M	+
MISP	Barriere fisiche	Confinamento	L	B/M	M/E	++
Trattamenti ex-situ	Pump & treat (trattamenti ex-situ o on site)	Estrazione	L	M/E	M	++

Tabella 28. Matrice di valutazione delle tecnologie di bonifica per acque

TEMPI/COSTI: E = elevato; M = medio; B = basso

CONTAMINANTI: ++ applicabile; + mediamente applicabile; - non applicabile

RESIDUI PRODOTTI: S = solido; L = liquido; G = gassoso

Le tecnologie di bonifica riportate nella precedente matrice di ISPRA sotto la voce "trattamenti ex situ" sono state riunite qui sopra nella voce "pump & treat" in quanto, al di là dello specifico trattamento relativo ai contaminanti presenti in falda, la metodologia di estrazione delle acque di falda può essere considerata la medesima e cioè l'estrazione di acque mediante sistemi di emungimento con pozzi.

Valutando con ulteriore grado di dettaglio tali tecnologie applicabili nell'ottica di possibili ipotesi progettuali alternative, è evidente che nel caso in esame, vale a dire un intervento di bonifica su scala vasta all'interno dell'area della piana di Scarlino, alcune tecnologie si caratterizzano per costi eccessivi non sopportabili, come ad esempio la messa in atto di un sistema di barrieramento fisico che isola le porzioni contaminate dei sistemi acquiferi. Vi sono poi le difficoltà di applicazione dovute a fattori logistico/operativi, come la difficoltà o la limitata possibilità di intervenire in aree produttive in esercizio e/o con spazi limitati, come ad esempio la Pythoremiation, la quale presenta inoltre tempistiche molto elevate). Vi sono infine limitazioni all'applicabilità teorica per condizioni intrinseche del territorio, dal punto di vista idrogeologico e operativo,



come nel caso di una barriera permeabile reattiva, che risulterebbe inadeguata e scarsamente applicabile al caso in esame per mancanza di spazi adeguati uniti ad un non sufficiente gradiente idraulico della falda.

Sintetizzando tutto quanto sopra detto, si osserva come solo tre tecnologie risultano applicabili nel caso in esame, tenendo in considerazione sia i differenti contaminanti presenti sul sito, sia tempi e costi per la realizzazione della bonifica:

1. barriere permeabili reattive
2. barriere fisiche
3. pump & treat

Di esse, quella che presenta l'applicabilità maggiore, come sopra visto, è il **pump&treat**, che è proprio la tecnologia di bonifica progettata nel presente elaborato e sarà, di fatto, mirato al trattamento delle acque sotterranee emunte mediante un sistema di barriera dinamica, la cui configurazione è stata individuata e calibrata tenendo conto di quanto segue:

- le soluzioni già progettate, approvate dagli enti competenti e attualmente attive sui singoli stabilimenti industriali;
- le informazioni storiche e i documenti tecnici relativi all'area vasta della piana di Scarlino, prodotte nel corso degli ultimi anni;
- lo strumento di modellazione idrogeologica con modello di flusso elaborato e discusso nelle sezioni precedenti.

La tecnologia **pump&treat** selezionata per l'intervento viene qui brevemente descritta.

La tecnica denominata *Pump & Treat* è un processo di bonifica on-site, ovvero è un intervento effettuato con trattamento nell'area del sito stesso.

Essa rappresenta, tra le molteplici tecnologie per la bonifica delle falde, uno degli interventi più comuni, e consta nella captazione e nella estrazione dell'acqua di falda contaminata tramite pozzi di presa disposti a valle della sorgente di contaminazione e lungo la direzione di flusso dell'acquifero. Affinché l'intervento risulti efficace è necessario che la depressione del livello freatico creato dal pompaggio coinvolga tutta l'area (pennacchio) di contaminazione, creando uno sbarramento senza soluzione di continuità tra i vari pozzi.

Dopo l'estrazione, l'acqua è sottoposta a trattamenti biologici (contaminanti organici) o processi chimico-fisici quali ad esempio l'aerazione, l'adsorbimento su carbone attivo, la precipitazione, (nel caso di contaminanti inorganici), etc.; trattamenti che avvengono prima dello scarico nel recapito idrico superficiale, della reimmissione nello stesso acquifero di captazione o nell'invio a ciclo produttivo dell'impianto o a smaltimento in conformità con la vigente normativa.

Le esperienze di monitoraggio, su sistemi in scala reale, confermano la riduzione del carico dei contaminanti, seguita da una progressiva diminuzione della velocità di abbattimento delle concentrazioni.



In termini generali, l'adozione di misure di contenimento e rimozione dei contaminanti in falda tramite pozzi presenta i seguenti vantaggi:

- ampia adattabilità alle diverse condizioni geologiche ed idrogeologiche (falde freatiche e confinate, materiali coerenti ed incoerenti, acquiferi omogenei ed eterogenei,), nonché alle possibili forme e caratteristiche del "pennacchio" di acqua contaminato (pozzi di presa allineati ed equidistanti, disposti in quadrato o circonferenza, variamente sparsi, etc.);
- ampia flessibilità operativa, potendo variare, entro opportuni limiti, le portate di estrazione e di reimmissione in funzione delle variazioni delle velocità di flusso dell'acquifero;
- modalità operative ottimali, ai fini della sicurezza degli operatori impegnati nell'attività di bonifica in quanto non vengono effettuate operazioni di scavo.

La tecnologia del *pump&treat*, applicata al caso in esame, risulta inoltre ottimale anche per i seguenti motivi:

- è pienamente compatibile con le tipologie di contaminanti in oggetto;
- è ampiamente modulabile e adattabile anche in corso d'opera in base a eventuali mutate necessità o situazioni imprevedibili future;
- si può eventualmente integrare con altre tecnologie funzionali all'aumento dell'efficacia di risanamento;
- è di non complessa realizzazione;
- può essere efficacemente utilizzata nelle aree in esercizio in quanto non reca danni o interferisce con le attività produttive presenti sulle aree in esame.

Si vuole inoltre porre l'accento sul fatto che l'intervento di *pump&treat* in progetto prevedrà il completo riutilizzo delle acque emunte all'interno, rispettivamente, dei cicli produttivi degli stabilimenti di Nuova Solmine e Scarlino Energia. Tale aspetto è positivo a nostro avviso per i seguenti motivi:

- ✓ rende maggiormente sostenibili i costi dell'intervento di bonifica;
- ✓ non si produce alcuno scarico (in corpo idrico superficiale o fognatura), che avrebbe necessitato di specifica autorizzazione, nonché di monitoraggi e ulteriori oneri;
- ✓ viene rispettato uno dei principi ispiratori del testo unico ambientale (D.Lgs. 152/06) che incoraggia, laddove possibile, il riutilizzo (in questo caso di acque utili poi ai vari cicli produttivi).

Tutto quanto sopra premesso, le strategie e gli obiettivi sopra definiti sono stati nel complesso conseguiti mediante:

- sviluppo di un modello idrogeologico del sito al fine di definire la miglior configurazione dei pozzi di emungimento per ottenere l'effetto di sbarramento idraulico di contenimento;
- definizione del sistema di barriera idraulica che intercetti le acque sotterranee in transito dalle zone critiche;



- progettazione del sistema di collettamento e trattamento delle acque emunte al fine di un riutilizzo delle stesse nel ciclo produttivo;
- progettazione di interventi di monitoraggio della funzionalità della barriera (freatimetria dinamica, modificazione concentrazioni contaminanti nei piezometri di monitoraggio);
- valutazione delle possibili azioni mirate all'eventuale accelerazione della bonifica delle acque di falda mediante interventi in corrispondenza delle aree sorgenti secondarie della contaminazione indotta in falda (es.: iniezione di reagenti in batterie di pozzi a monte barriera idraulica).



25. BONIFICA DEL SITO IN ESAME: LINEE ESSENZIALI

Di seguito viene descritta, in estrema sintesi, la soluzione progettuale proposta per la bonifica del sito in esame.

FASE 1:

Progettazione di un intervento di bonifica mediante un sistema di barrieramento idraulico che tenga conto delle opere ad oggi presenti sul sito e che comprenda:

- 1) una rimodulazione delle attuali barriere presenti sull'acquifero superficiale, realizzate dai singoli impianti produttivi in occasione di ciascun intervento di bonifica, nell'ottica di un unico sistema di barrieramento idraulico del flusso verso valle idrogeologica. In particolare si prevede:
 - a) un primo sbarramento idraulico, costituito dall'attuale barriera esistente messa in atto da Nuova Solmine, integrata con due linee che si dipanano dal pozzo più a valle idrogeologico della barriera attuale, e si sviluppano rispettivamente verso ovest ed est fino ai cosiddetti "laghi Tioxide" – si prevedono n. 21 cluster (ogni cluster è costituito da n.2 pozzi, il primo a 10 metri, il secondo a 18 metri circa) che intercettano, rispettivamente, la falda 1a e 1b
 - b) Il mantenimento in attività, oltre che della barriera di Nuova Solmine, della barriera di Scarlino Energia, per massimizzare l'effetto di richiamo e la gestione delle criticità nella zona centrale del Casone;
 - c) la conseguente disattivazione della barriera idraulica attualmente attiva sull'area Syndial, non più necessaria perché sostituita dal sistema di cui ai punti precedenti;
 - d) La realizzazione di n°12 nuovi pozzi che intercettano la falda 1b, in accoppiamento ai pozzi attualmente attivi nella zona di San Martino (barriera di Nuova Solmine);
 - e) un secondo sbarramento idraulico, di dimensione notevolmente più contenuta, posto a valle idrogeologico del primo, funzionale alla gestione delle criticità localizzate sulla porzione di piana immediatamente a nord della zona delle Padule – si prevedono n. 5 cluster (ogni cluster è costituito da n.2 pozzi, il primo a 10 metri, il secondo a 18 metri circa) che intercettano, rispettivamente, la falda 1a e 1b
 - f) un terzo sistema di emungimento idraulico, con funzione di gestione degli hot spots riscontrati in area Nord/La Botte – si prevedono n. 3 cluster in zona centrale de La Botte + n° 8 cluster di collegamento tra la zona nord e la barriera GR72 - S.Martino di Nuova Solmine; come già detto, ogni cluster è costituito da n.2 pozzi, il primo a 10 metri, il secondo a 18 metri circa, che intercettano, rispettivamente, la falda 1a e 1b
- 2) creazione di una rete piezometrica di monitoraggio che sfrutta gli attuali pozzi/piezometri esistenti e di caratteristiche costruttive idonee, integrata da una serie di nuovi piezometri di monitoraggio; successiva campagna di analisi sulle acque di falda ("punto zero") funzionale ad ottenere un ampio set di dati idrochimici. Tali azioni sono mirate a poter elaborare, in modo simile a quanto già svolto nel presente progetto, mappe relative allo stato di qualità chimica della falda ad area vasta e a poter comprendere,



con maggior dettaglio, lo stato di qualità del comparto acque sotterranee, soprattutto per quanto concerne la cosiddetta falda 2, sui cui attualmente non si dispone di un ampio set di punti;

- 3) censimento di dettaglio di tutti i pozzi presenti nella piana utilizzati a scopo industriale ed irriguo;
- 4) esecuzione di video ispezione di tutti i pozzi di cui sopra per i quali non risultano note le caratteristiche costruttive (e pertanto potrebbero risultare veicoli della contaminazione dai livelli acquiferi superficiali verso quelli profondi);
- 5) individuazione e chiusura mineraria dei pozzi con caratteristiche costruttive non idonee (es.: pozzi con interconnessione tra le falde) e per i quali è stata in passato emessa Ordinanza Sindacale di arresto dei pompaggi (in quanto potrebbero costituire veicoli della contaminazione dai livelli acquiferi superficiali verso quelli profondi);
- 6) realizzazione di nuovi pozzi con criteri che permettano la separazione certa dei differenti livelli acquiferi intercettati.

FASE 2:

Da realizzarsi conseguentemente alla fase 1 mediante azioni a medio/lungo termine che comprendono le seguenti attività:

- a) in base ai risultati delle nuove campagne di monitoraggio idrochimico di cui alla precedente fase 1.2, eventuale progettazione di interventi di risanamento della falda 2;
- b) in base ai risultati delle nuove campagne di monitoraggio idrochimico di cui alla precedente fase 1.2, eventuale incremento della resa del sistema di barrieramento posto in essere nella fase 1;
- c) in base ai risultati delle nuove campagne di monitoraggio idrochimico di cui alla precedente fase 1.2, progettazione e realizzazione di interventi integrativi di bonifica volti all'accelerazione dei processi di risanamento in essere.
- d) aggiornamento/calibrazione modello idrogeologico di flusso;
- e) aggiornamento/calibrazione modello idrogeologico di trasporto;
- f) progettazione e realizzazione di interventi di mitigazione dell'ingressione del cuneo salino.

La soluzione progettuale individuata prevede il trattamento delle acque, emunte dai sistemi di barrieramento, in impianti già esistenti e presenti in loco al fine di utilizzarle nei cicli produttivi; in particolare sono stati individuati come idonei allo scopo gli impianti di Nuova Solmine e Scarlino Energia.

Tale modalità gestionale consente il raggiungimento degli scopi del presente progetto ottimizzando al tempo stesso le risorse e minimizzando gli impatti sull'ambiente, ed è al tempo stesso in accordo con i nuovi dettami del D.Lgs. 152/06, in particolare l'art. 243 così come sostituito dall'art. 41, comma 1, legge n. 98 del 2013 (cfr. paragrafo 19.9.3).



Preme infine nuovamente richiamare il fatto che questa scelta progettuale è stata individuata, come più sopra argomentato, quale migliore soluzione applicabile allo specifico caso in esame tenendo conto degli aspetti tecnici, operativi ed economici. Si sottolinea a tal proposito che, poiché l'intervento di bonifica si pone l'obiettivo del risanamento delle acque sotterranee dell'intera area vasta della piana di Scarlino, resta inteso che non necessariamente i soggetti in possesso degli impianti esistenti per il trattamento delle acque emunte debbano essere individuati quali unici gestori e manutentori del sistema di bonifica di un intero territorio che vede coinvolti diversi soggetti pubblici e privati.

Lo scopo del presente progetto di bonifica è infatti quello di fornire una soluzione tecnicamente e operativamente applicabile, nonché economicamente sostenibile, finalizzata al risanamento ambientale delle acque di falda della piana di Scarlino, prescindendo inevitabilmente dagli aspetti più prettamente giuridico-organizzativi relativi alla realizzazione e alla gestione dell'opera, che potranno essere oggetto di valutazione solo ad avvenuta approvazione dell'intervento di bonifica da parte degli enti competenti.

La normativa vigente consente infatti diverse soluzioni per la gestione di un intervento di bonifica ad area vasta quale quello proposto (es. soggetto gestore unico, società mista pubblico-privato, società consortile, etc.).

Il seguito della sezione entra nei dettagli di quanto qui sopra sintetizzato.



26. FASE I: INTERVENTO DI BONIFICA DELLA FALDA

Il presente capitolo contiene la descrizione delle attività finalizzate alla bonifica della matrice acque sotterranee del sito in oggetto, suddivise in base alla tipologia e ordinate cronologicamente, al fine di permettere una facile lettura e comprensione.

26.1 Presenza di vincoli fisici

In relazione all'ubicazione del sito nel contesto dell'area in cui è inserito, non sono individuabili vincoli fisici ostativi o comunque tali da poter costituire dei discriminanti per la realizzazione dell'intervento progettato.

Va tuttavia evidenziato che l'intervento si pone come obiettivo, tra gli altri, lo sbarramento idraulico nella zona ovest e centrale del Casone e delle padule di Scarlino; di fatto in queste zone i due canali Pecora ed Allacciante frapresentano intrinsecamente due limiti/confini fisici.

Va inoltre detto, come linea di approccio generale, che le ubicazioni dei pozzi di emungimento e di monitoraggio sono state valutate sovrapponendo cartografie, foto aeree e conoscenze pratiche attuali e che, in ragione di ciò, all'atto pratico del posizionamento su detti punti, potrebbero evidenziarsi limitazioni fisiche non preventivate (es.: presenza di piante ad alto fusto, fossi di guardia, vicinanza con plinti di linee elettriche, marciapiedi, etc.).

Nell'eventualità in cui si verificassero tali situazioni, si valuterà caso per caso la possibilità di spostare il punto di ubicazione pozzo/piezometro nella posizione utile più prossima al punto originale tale per cui possa essere effettivamente portata a compimento la realizzazione di detto pozzo/piezometro e rispettati comunque i criteri progettuali (interdistanze pozzi, possibilità di collegamento con linea di adduzione, etc.).

Infine, nel caso di situazioni straordinarie non preventivabili, esse dovranno essere valutate separatamente tenendo comunque conto delle finalità progettuali.

26.2 Cantierizzazione e attività preliminari

Preliminarmente alla descrizione di dettaglio delle attività finalizzate bonifica del sito in esame si riportano nei seguenti sottoparagrafi le attività preliminari previste per l'allestimento del cantiere.

26.2.1 Decespugliamento delle aree

In considerazione delle attività di progetto previste, si procederà, previo rilascio delle eventuali autorizzazioni del caso, al decespugliamento delle porzioni deputate al passaggio mezzi e alla costruzione del sistema di barrieramento laddove effettivamente necessario, al fine di consentirne la piena fruibilità sia da parte dei macchinari funzionali alla realizzazione delle opere previste da progetto, che del personale di cantiere.

L'ubicazione delle opere, come detto, è stata valutata anche considerando l'accessibilità ai luoghi e, pertanto, in prima approssimazione è possibile escludere la presenza di particolari impedimenti che necessitino interventi di sfalcio massivo. Tuttavia si segnala il fatto che alcune zone potrebbero necessitare di sfalcio ad hoc, come ad esempio la zona di ubicazione del fronte barriera ubicato più a sud, a monte della zona della Padule.



Per tali porzioni si procederà allo sfalcio, avendo cura di minimizzare la zona di intervento allo stretto indispensabile, ma tale da consentire le operazioni di cantiere in modo agevole.

Si chiarisce che sia per il sistema di barrieramento che per i piezometri di monitoraggio dovrà essere garantita nel tempo la piena fruibilità, per le attività di monitoraggio ambientale, ispezione, controllo e manutenzione delle varie parti/componenti.

26.2.2 Perimetrazione delle aree di lavoro

Preventivamente alle attività di bonifica saranno predisposte le opere necessarie alla delimitazione dell'area di intervento.

In prossimità delle aree di accesso carrabile sarà apposta apposita segnaletica con funzione di interdizione all'accesso al cantiere a personale non autorizzato.

Sarà poi predisposta la delimitazione dell'area di cantiere a mezzo di idonea recinzione, visibile e strutturalmente stabile, in maniera tale da impedire l'accesso volontario ai non addetti ai lavori.

Si ritiene opportuno utilizzare una recinzione temporanea che dia garanzia, in termini di stabilità strutturale. Tale recinzione sarà del tipo **modulare in alluminio, di altezza 2,00 mt**, dotata di elementi tubolari di sostegno porta recinzione con basi pesanti in cemento e di saette per aumentare la resistenza al vento. La giunzione degli elementi tubolari sarà effettuata mediante elementi metallici.

Si provvederà, tra l'altro, allo sbarramento mediante cancello o sbarra degli accessi dalle piste carrabili, ed inoltre saranno posti in opera cartelli di divieto di accesso, adeguatamente disposti affinché chiunque si avvicini sia adeguatamente informato che l'area è interessata da operazioni di cantiere con esposizione a rischi diversi e che di conseguenza l'accesso è inibito.

In base alle indicazioni contenute all'interno dell'ALLEGATO IV (a cui si rimanda per i necessari approfondimenti) relativamente al perimetro di cantiere, si stima l'utilizzo di circa 20 mt di recinzione per ciascun area tecnica e 150 m per l'area logistica principale.

Di seguito si riporta uno stralcio di immagine presente all'interno dell'ALLEGATO IV che mostra l'ubicazione dell'area di cantiere principale:



Figura 56. Stralcio planimetrico con ubicazione area logistica principale (area baracche, stoccaggi materiale, etc.)

26.2.3 Accessibilità al cantiere

L'accesso alle aree deputate alla costruzione del barrieramento idraulico avverrà nel modo seguente:

- barriera zona Padule: accesso tramite strada carrozzabile che, dipartendosi dall'angolo a sud-ovest della proprietà Nuova Solmine, corre da nord a sud a lato del fiume Pecora per circa 900 metri, dopodiché si dirige verso est in direzione Padule;
- barriera area Casone – porzione ovest e centrale: l'accesso avviene dall'interno della proprietà Nuova Solmine e, per alcuni pozzi, attraverso la via d'accesso all'ingresso piazzale Tioxide verso la zona "laghi Tioxide";
- barriera area Casone - GR72: l'accesso avviene direttamente dalla Strada Provinciale n.135 Vetta;
- barriera zona nord/La Botte: l'accesso per i n.3 cluster in zona centrale de La Botte, avviene da viale Enrico Giani; per i cluster a valle de La Botte l'accesso avviene dalla Strada Provinciale n.135 Vetta, tramite stradello sterrato.

All'area principale si giungerà mediante la SP 135 del Casone.



26.2.4 Viabilità di cantiere

All'interno dell'area di cantiere, in virtù dell'omogeneità morfologica del piano di calpestio e delle attuali vie di accesso, non si ritiene di effettuare una regolarizzazione del fondo, almeno non in modo sistematico.

I mezzi potranno spostarsi senza particolari impedimenti, pertanto è da ritenersi superfluo l'allestimento specifico di piste.

Le macchine operatrici dovranno adottare tutte le accortezze in fase manovra, al fine di evitare modificazioni morfologiche evidenti al piano di calpestio e danneggiamenti al eventuali piante o manufatti ivi presenti.

Si chiarisce però che, qualora risultasse necessario, potrà prevedersi la stesura di un fondo di materiale idoneo al fine di facilitare il passaggio dei mezzi all'interno delle aree di lavorazione.

26.3 Dismissione della barriera idraulica attiva in area Syndial

L'implementazione del nuovo barrieramento idraulico di progetto renderà non più necessario il mantenimento dell'attuale sistema di barrieramento MISE attivo sull'area Syndial (ora proprietà Nuova Solmine).

Pertanto tale barriera, che consta in totale di n. 6 pozzi (3 coppie), sarà disattivata al momento dell'entrata in funzione del nuovo sistema.

26.4 Realizzazione del sistema di pozzi-barriera

L'intervento di bonifica della falda prevede l'intercettazione del fronte di falda sui due livelli acquiferi denominati *falda 1a* e *falda 1b* mediante un sistema di pozzi-cluster.

Ciascun cluster è costituito da n.2 pozzi, posti a breve distanza l'uno dall'altro, che intercettano selettivamente i due orizzonti acquiferi, evitando l'interconnessione tra i due livelli.

Le linee di sbarramento idraulico sono state ubicate tenendo conto dei seguenti fattori:

- distribuzione della contaminazione all'interno dell'area vasta: le barriere consentono l'intercettazione della contaminazione, impediscono la loro dispersione verso potenziali bersagli sensibili e si pongono come obiettivo la riduzione progressiva della contaminazione presente, in particolar modo sulle aree più critiche;
- accessibilità dei luoghi: le aree deputate alla costruzione della barriera sono facilmente raggiungibili attraverso la rete stradale e di servizio alle varie aree di stabilimento;
- opportunità di collegamento con utilities varie;
- minimizzazione delle possibili interferenze con le attività produttive;
- minimizzazione degli impatti su aree esterne a quelle industriali.

All'interno della TAVOLA 6 si riporta l'ubicazione del sistema di barrieramento idraulico costituito dalle serie di pozzi-cluster, mentre di seguito se ne riporta comunque lo stralcio planimetrico:

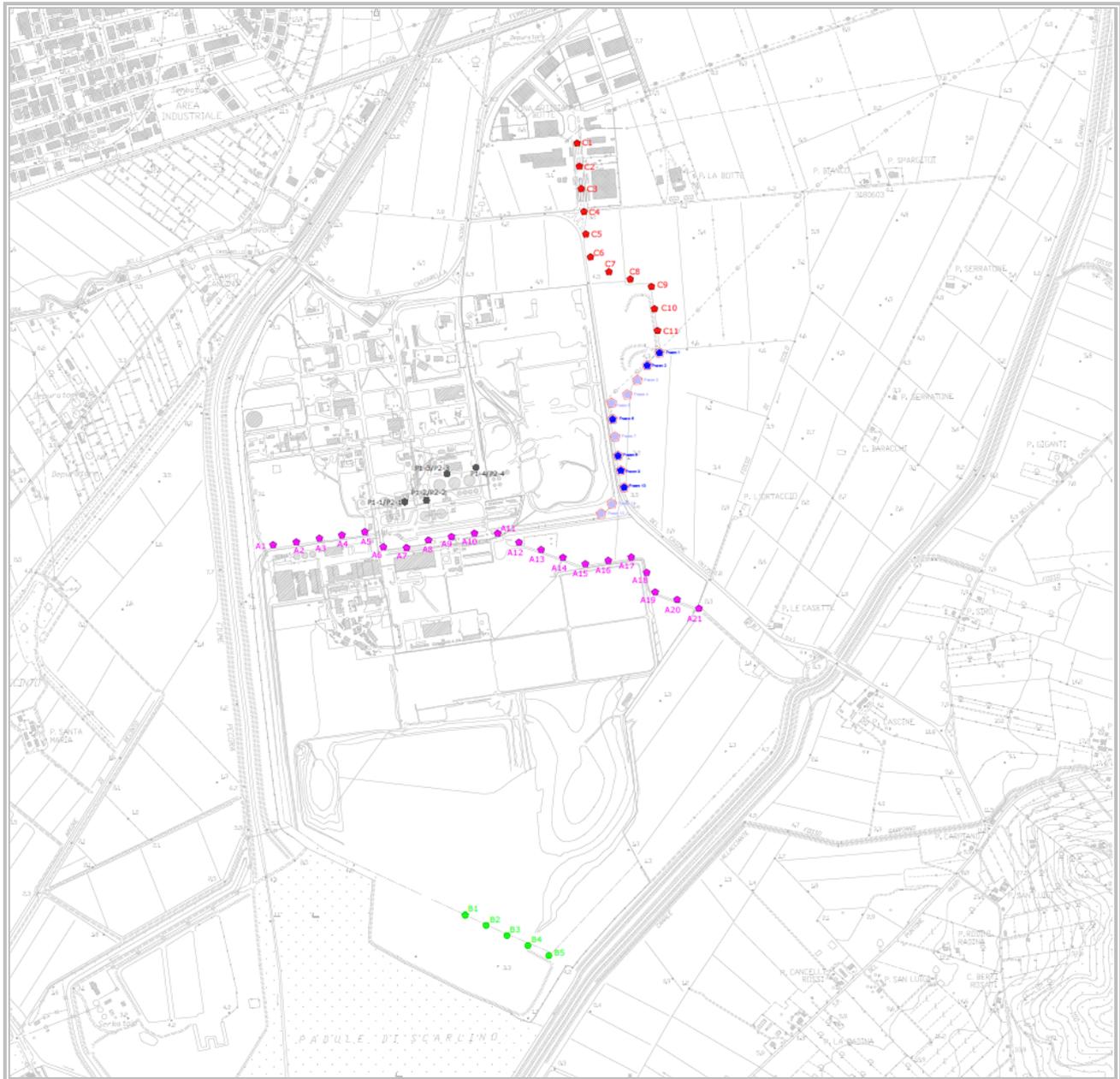


Figura 57. Stralcio planimetrico con ubicazione barriera idraulica: in rosso la nuova linea di progetto in zona La Botte/S.Martino; in azzurro/blu e nero i pozzi delle barriera esistenti mantenuti (in azzurro i pozzi improduttivi, in blu quelli produttivi N.Solmine, in nero i pozzi Scarlino Energia); in verde la nuova linea in zona Padule; in magenta la nuova linea in zona Casone. Ad ogni punto (ad esclusione della linea esistente, in azzurro/blu) corrisponde n.1 cluster, costituito da n.2 pozzi accoppiati

Complessivamente sono stati pertanto previsti n.37 cluster, corrispondenti a n.74 pozzi barriera, oltre a n. 12 pozzi-barriera per la falda 1b accoppiati alla barriera esistente in zona S.Martino.

In totale, quindi, n.37 nuovi pozzi sono deputati all'intercettazione dell'acquifero denominato *falda 1a*, n.49 nuovi pozzi deputati all'intercettazione dell'acquifero denominato *falda 1b*. Oltre ad essi rimangono attive le



barriere di Nuova Solmine di S.Martino (n.12 pozzi in falda 1a) e di Scarlino Energia (n. 4 coppie di pozzi, 4 in falda 1a e 4 in falda 1b).

Dal punto di vista spaziale, si possono idealmente individuare 4 macrozone distinte:

1. la prima, in zona Padule di Scarlino, costituita da n. 5 cluster, deputata alla gestione della contaminazione rilevata immediatamente a monte della barriera stessa (e, quindi, a valle dell'area stabilimenti)
2. la seconda, nella parte meridionale dell'area industriale del Casone di Scarlino, costituita da n. 21 cluster, deputata alla gestione della contaminazione nella zona produttiva del Casone
3. la terza, nella cosiddetta zona di S.Martino, posta immediatamente ad est dei GR66 e GR72, costituita da n. 12 nuovi pozzi singoli, intercettanti la falda 1b, da accoppiare ai 12 già esistenti e in attività (in ottemperanza a specifica prescrizione formulata dagli enti competenti)
4. la quarta, a nord del Casone, nella centrale e meridionale dell'area artigianale de La Botte, costituita da n.11 cluster (n.3 in area centrale La Botte e n. 8 di "raccordo" tra la barriera di S.Martino e la zona della Botte), con finalità di gestione degli hot spots ivi riscontrati, di incremento della resa nella zona di S.Martino.

La linea di cui al punto 2 sopra descritta ha lo scopo creare uno sbarramento tra la porzione della piana su cui insistono le principali attività industriali e la parte sud (zona costiera). La linea di cui al punto 1 ha soprattutto funzione di protezione nei confronti dell'area delle Padule. La linea di cui al punto 3 ha lo scopo di richiamare e gestire la contaminazione nella zona più centrale della piana, in cui convergono le curve isofreatiche e che costituisce l'area di maggior criticità in termini di concentrazione di contaminanti. Infine, la quarta linea ha carattere di gestione localizzata degli hot spots rilevati nella zona de La Botte e immediatamente a valle della stessa, con azione di richiamo e concentrazione verso il centro della piana.

In merito allo spot di contaminazione (in partic. Arsenico) nella zona a nord dell'area de La Botte, corrispondente alla c.d. rotatoria sulla SP 152 per Scarlino Scalo, si chiarisce che esso non è stato preso in considerazione dal presente progetto su specifica richiesta di ARPAT dip. di Grosseto nella riunione del 17/11/2014: tale ente, a seguito di segnalazione inserita nella rev.1 del presente progetto, si sta attualmente occupando in modo specifico dei monitoraggi delle acque di falda per comprendere la natura di tale anomalia.

26.4.1 Caratteristiche costruttive pozzi-cluster

Come già accennato, ognuno dei pozzi-cluster dovrà intercettare esclusivamente il rispettivo livello acquifero di riferimento. Il pozzo del cluster dedicato all'intercettazione del livello più superficiale, indicativamente previsto entro i 5 e gli 8 metri dal piano di campagna (falda 1a) verrà fenestrato al fine di intercettare completamente ed esclusivamente tale livello, isolando la restante parte del foro.



Allo stesso modo, il pozzo del cluster dedicato all'intercettazione del livello immediatamente sottostante, indicativamente previsto tra i 13 e i 16 metri dal piano di campagna (falda 1b) verrà fenestrato esclusivamente su tale tratto, ed escluderà completamente il tratto soprastante, al fine di non interconnettere i due livelli acquiferi.

Lo scopo fondamentale dei pozzi cluster è pertanto quello di mantenere isolati idraulicamente i due livelli acquiferi l'uno dall'altro, creando così due linee separate di gestione delle acque pompate da ognuno di tali livelli.

Di seguito si riporta un disegno dello schema realizzativo di un cluster:

POZZI BARRIERA - ALLESTIMENTO CLUSTER

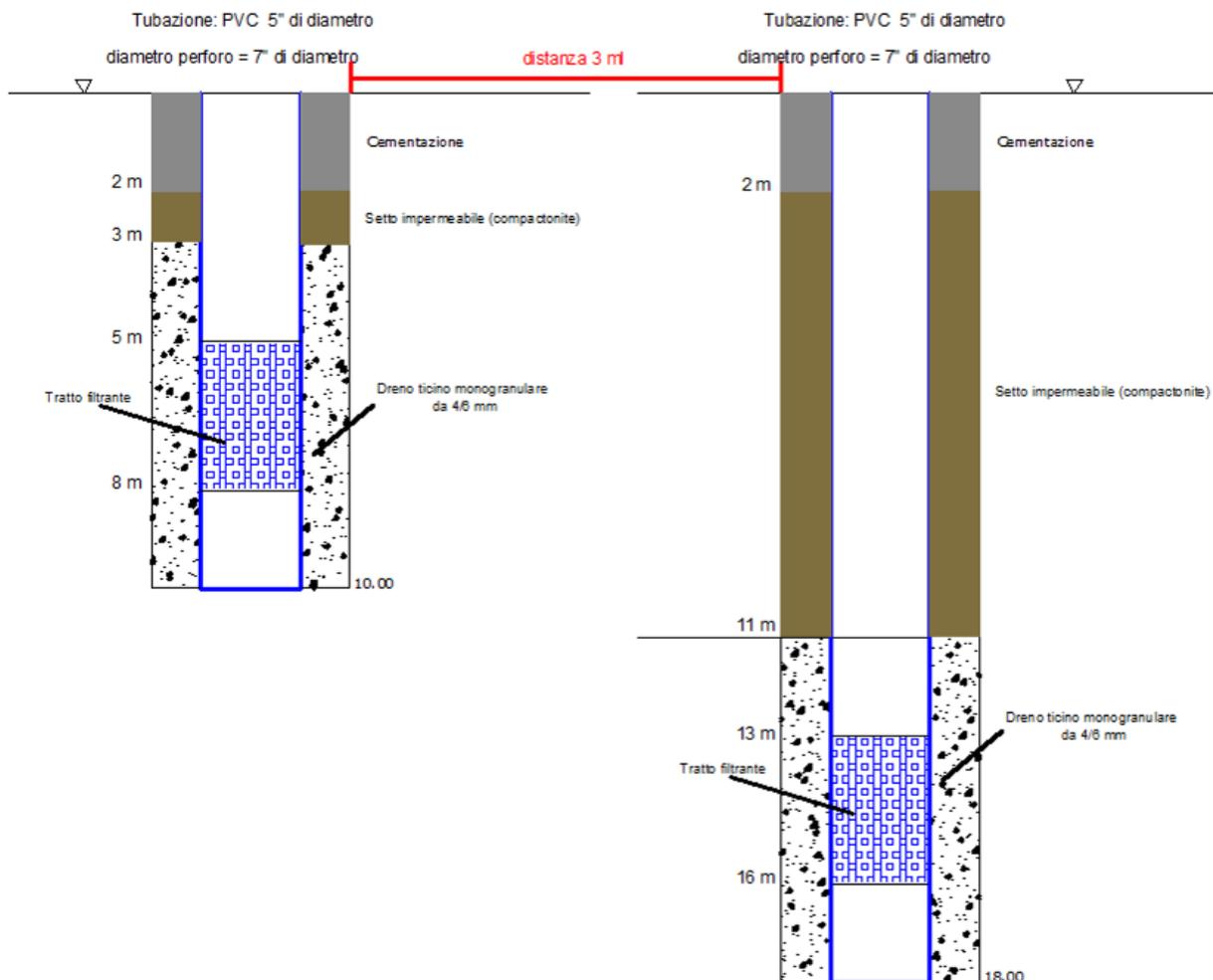


Figura 58. Schema realizzativo di un cluster (a sx il pozzo più superficiale, a dx quello più profondo)



L'installazione del tubo piezometrico, per ognuno dei pozzi, avverrà in seguito dell'esecuzione del foro di sondaggio da realizzarsi a carotaggio continuo a secco in modalità ambientale, al fine di poter visionare direttamente la stratigrafia e capire il corretto posizionamento dello spesso del livello acquifero da intercettare. Il diametro del perforo dovrà essere pari ad almeno 7" (178 mm), mentre sarà inserita una colonna di tubi in PVC in spezzoni filettati di diametro pari a 5" (127 mm), giuntando i diversi spezzoni a bocca foro.

L'allestimento dei pozzi proseguirà attraverso il riempimento dell'intercapedine perforo-tubazione in corrispondenza dei tratti filtrati (cfr. figura soprastante) con materiale di drenaggio costituito da ghiaietto calibrato siliceo di diametro 4/6 mm sfilando progressivamente le aste di rivestimento. La sommità del dreno giungerà fino a 2 mt sopra la sommità del tratto filtrante.

Al di sopra di esso, l'intercapedine sarà riempita immettendo dapprima compactonite per la formazione del setto impermeabile, con funzione di separazione tra il dreno e la cementazione superiore. Infine, negli ultimi 2 metri fino ad arrivare a piano di campagna (intervallo 0 – 2 m da p.c.), l'intercapedine sarà sigillata immettendo miscela cementizia (boiacca) dalla superficie ed avendo cura di compattare con aste rigide la miscela prodotta. La compattazione della miscela sarà effettuata almeno ogni metro lineare di intercapedine riempita. La cementazione di ogni pozzo sarà portata a termine in una unica fase, per evitare la formazione di superfici di discontinuità.

A protezione della bocca pozzo, a seconda delle zone di posizionamento, si prevederà il posizionamento di un chiusino carrabile dotato di aperture per il posizionamento della tubazione in arrivo dalla pompa, da collegare al collettore della linea, nonché i relativi collegamenti elettrici e le sonde di livello. Il codice identificativo del pozzo sarà riportato in maniera visibile ed indelebile sul pozzetto di protezione al fine di renderlo individuabile.

Qualora fosse necessario, si potrà prevedere in fase di campo di portare l'altezza dei chiusini in cls fuori terra, anche in modo da rendere visibile il pozzo stesso, o di prevedere la protezione del bocca pozzo con un chiusino fuori terra del tipo "a fungo".

Risulterà fondamentale evitare che la vegetazione, in alcune zone (come quella delle Padule, o nella zona più ad ovest) e soprattutto in certi periodi dell'anno, ricopra i pozzi o renda comunque difficile il loro raggiungimento, ispezione e manutenzione. Per tale motivo essi dovranno essere adeguatamente resi visibili, prevedendo eventualmente, come accennato in precedenza, sfalci mirati della vegetazione infestante (es.: canne o rovi).

A seguito dell'installazione di cui sopra, sarà verificata l'assenza di ostruzioni o impedimenti al passaggio degli strumenti, inserendo per tutta la lunghezza del singolo pozzo strumenti testimone di dimensioni comparabili agli strumenti da utilizzare in seguito per il campionamento delle acque e l'installazione della strumentazione (pompe, sonde di livello). Infine, al termine della verifica di funzionalità di ciascun pozzo, sarà predisposta la fase di sviluppo finalizzata alla rimozione del pannello di materiali fini che si creano intorno al foro a seguito delle attività di perforazione, aumentare la permeabilità locale dell'acquifero ed ottenere una migliore portata specifica. Lo sviluppo dei pozzi sarà effettuato almeno dopo 48 ore dalla messa in opera delle cementazioni per consentire l'adeguato indurimento delle stesse e utilizzando una portata di emungimento elevata per un periodo prolungato.



26.4.2 Caratteristiche costruttive pozzi falda 1b in accoppiamento ai pozzi barriera GR72:

I pozzi barriera da realizzare in accoppiamento a quelli già presenti sulla zona di San Martino – GR72 avranno le medesime caratteristiche costruttive descritte nel paragrafo precedente relativamente al pozzo barriera più profondo, intercettante appunto la falda 1b (18 metri).

Di seguito se ne riporta per comodità lo schema:

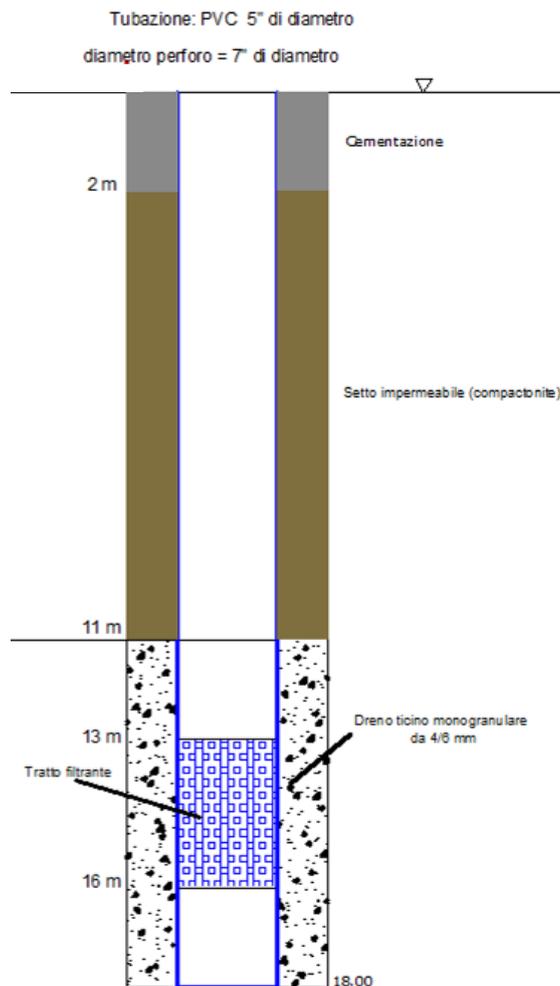


Figura 59. Schema realizzativo dei pozzi falda 1b da realizzare in accoppiamento a quelli già esistenti in zona GR72 – San Martino

26.5 **Sistema di sollevamento**

Ogni pozzo costituente il cluster verrà dotato di pompa di sollevamento, le acque emunte saranno collegate ai due rispettivi sistemi di trattamento (impianto di Scarlino Energia e impianto di Nuova Solmine) mediante una doppia linea, che terrà separate le acque provenienti dalla falda 1a da quelle della falda 1b.



In base ai risultati forniti dal modello idrogeologico, per ottenere un adeguato effetto di sbarramento sulla falda 1 (falda 1a+falda 1b) si dovrà prevedere una **portata di pompaggio da ogni singolo cluster pari a 4 l/min**, così distribuita:

- 1,5 l/min per il pozzo più superficiale (10 m)
- 2,5 l/min per il pozzo più profondo (18 m)

In base a tali dati, la portata totale estratta dalla falda 1 (falda 1a+falda 1b) tramite la barriera di nuova costruzione sarà pari a circa **178 l/min**, (pari a **2,97 l/sec**), così distribuita:

- 55,5 l/min totali per la falda 1a
- 122,5 l/min totali per la falda 1b

L'impianto di sollevamento sarà pertanto costituito da n. 86 elettropompe totali (37 per i pozzi più superficiali, 49 per i profondi), in conformità con quanto già descritto nei capitoli precedenti.

Le acque emunte verranno inviate ai rispettivi impianti di trattamento di Nuova Solmine e Scarlino Energia secondo i flussi seguenti:

- a) a impianto di Nuova Solmine - 32 cluster + 12 pozzi falda 1b, per un totale (falda 1a+1b) di 158 l/min così distribuiti:
 - portata totale acque falda 1a pari a circa 48 l/min
 - portata totale acque falda 1b pari a circa 110 l/min
- b) a impianto di Scarlino Energia - n.5 cluster per un totale (falda 1a+1b) di 20 l/min così distribuiti:
 - portata totale acque falda 1a pari a circa 7.5 l/min
 - portata totale acque falda 1b pari a circa 12,5 l/min

All'impianto di Nuova Solmine continuerà a giungere anche, così come avviene attualmente, il flusso della barriera attuale di S.Martino (n.12 pozzi di falda 1a), mentre all'impianto di Scarlino energia continuerà ad arrivare il flusso proveniente dalla attuale barriera, costituita da n.4 cluster di pozzi su falda 1a e 1b.

26.5.1 Dimensionamento e caratteristiche tecniche elettropompe sommerse

Il dimensionamento effettuato per la conseguente scelta delle più idonee pompe elettrosommerse è stato eseguito attraverso i seguenti step:

- progettazione linee di collegamento tra sistemi di sollevamento e impianto di trattamento;
- calcolo delle distanze dei vari tratti;



- calcolo del salto di altezza dH massimo da superare nel tratto tra punto di presa (profondità massima immersione pompa) e punto di arrivo (trasporto su rack sopra terra e arrivo a impianto di trattamento);
- calcolo delle perdite di carico distribuite.

Per il calcolo dettagliato si rimanda al paragrafo seguente, mentre di seguito si riporta la formula di calcolo della potenza necessaria per ogni singola pompa utilizzata nel caso più sfavorevole (punto più lontano dall'impianto di trattamento, pozzo di profondità pari a 18 metri, altezza del rack di 5 metri sopra il piano di campagna):

$$P = \frac{\rho g * Q * \Delta H}{1000 * \eta} \text{ in KW}$$

Dove:

g è l'accelerazione gravitazionale;

ρ è la densità dell'acqua;

Q è la portata in mc/s

ΔH è il salto di quota complessivo in m (comprese le perdite di carico distribuite, trascurate le perdite di carico concentrate) - [NB: per il calcolo delle perdite di carico distribuite si veda paragrafo successivo.]

η è il rendimento della pompa

Utilizzando la formula sopra espressa si ottiene, per ciascuna pompa:

Q	H	p.carico	η
[mc/s]	[m]	[m]	-
8,33E-05	23	8,44	0,8
potenza in KW			0,032

Tabella 29. calcolo potenza minima necessaria della elettropompa in KW nel caso più sfavorevole

In base al calcolo appena svolto, in corrispondenza di ciascun pozzo-barriera sarà installata una pompa sommersa da 4 pollici con alimentazione trifase a 400 V, adatta per essere inserita nei pozzi barriera progettati. Ogni elettropompa sarà dotata di motore del tipo Franklin di potenza pari a 0,55 KW, per garantire ampia flessibilità di utilizzo, unita alla robustezza e durabilità.

Ognuna delle pompe è stata scelta, a favore di sicurezza, per garantire una prevalenza pari a circa 70 m con una portata ipotetica di pompaggio di 5 l/min (tale dato è a favore di sicurezza, in quanto dai calcoli del



modello idrogeologico, la portata totale da ciascun cluster dovrà essere, come sopra detto, pari a circa 4 l/min, dei quali 1,5 l/min per il pozzo più superficiale e 2,5 l/min per quello più profondo).

Di seguito si riportano le caratteristiche sintetiche principali:

- Elettropompe sommerse Pedrollo tipo 4SR1/13-18
- motore trifase (400 V), kw 0,55;
- portata massima: 1 mc/h;
- prevalenza: 70 metri (a portata di 5 l/min);
- attacco idraulico: 1' (pollice);
- materiale: acciaio inox AISI 304;
- valvola di ritegno: acciaio inox AISI 304
- giranti: in Lexan (polycarbonato), resistente alle alte temperature e all'abrasione.
- Tubazioni di mandata delle pompe: PE 100 DN 32 PN 16.

26.5.2 Quadri elettrici e di comando

Ogni pompa verrà comandata da un quadro elettrico, installato in prossimità del pozzo, al quale saranno collegate le sonde di livello, poste all'interno del pozzo stesso. Queste consentono la marcia e l'arresto delle pompe rispettivamente per livello massimo e livello minimo. Il quadro elettrico è, inoltre, dotato di dispositivo *inverter*, che permette la regolazione della portata della pompa attraverso la regolazione della frequenza della corrente di alimentazione. In questo modo si evita il problema dell'intasamento della tubazione di mandata dovuta alla chiusura eccessiva della valvola manuale di regolazione della portata. Si ha, inoltre una minor usura delle giranti della pompa perché la velocità di rotazione è inferiore. Con questo tipo di pompe, infatti, si calcola che per ottenere una portata di 4 litri/minuto la pompa dovrà lavorare a circa 30 Hz che corrispondono a una velocità del motore di circa 1700 giri/minuto, anziché 2800 giri/minuto con il normale funzionamento.

Di seguito si riportano invece le caratteristiche del quadro elettrico:

- quadro elettrico Minivar completo di inverter ABB per la regolazione della frequenza di esercizio.
- contenitore a tenuta stagna con sportello d'apertura, grado di protezione IP 65;
- controllo di livello;
- inverter;
- interruttore generale a comando manuale;
- tastiera fronte quadro per impostazione frequenza di lavoro;
- contattori, teleruttori;
- protettori con relais termici compensati;
- fusibili di protezione del circuito di comando;
- trasformatore per telecomandi in bassa tensione;
- morsetti di ammaraggio e pressacavi



- segnalatori ottici di funzionamento e selettori per interventi manuali indipendenti dagli automatismi;
- circuiti in bassa tensione per gruppi di comando e segnalazione, funzionante a 24 V.

Inoltre, su ogni testa pozzo sarà installato:

- valvola regolazione della portata di emungimento;
- rubinetto di campionamento;
- contalitri e misuratore di portata.

26.5.3 Effetto del barrieramento idraulico sulla falda superficiale

Di seguito si riporta uno stralcio riepilogativo in cui viene visualizzato l'effetto del sistema di barrieramento idraulico nella falda superficiale della piana:



Figura 60. Ricostruzione dell'andamento di falda in condizioni di progetto (barrieramento attivo – 10° anno): è chiaramente visibile l'effetto dovuto al nuovo sistema di barrieramento idraulico.



26.6 Dimensionamento e realizzazione rete di collegamento con il sistema di trattamento acque

Le linee di pozzi barriera realizzate secondo i criteri sopra descritti invieranno le acque emunte ad ognuno dei n.2 impianti di trattamento summenzionati mediante una rete di collegamento costituita da n.2 linee di adduzione separate e indipendenti tra loro:

- a) linea acque provenienti dai pozzi più superficiali (falda 1a)
- b) linea acque provenienti dai pozzi più profondi (falda 1b)

Ad ognuno degli impianti di trattamento (Nuova Solmine e Scarlino Energia) giungeranno pertanto n.2 tubazioni.

Tale suddivisione consente un'eventuale gestione separata dei flussi, sia dal punto di vista del controllo (punti di presa campione), sia da quello relativo alle portate di pompaggio (si potrà, a seconda delle evenienze future, agire sulle portate di una linea senza influenzare l'altra, e viceversa).

Di seguito si riporta la progettazione logistica della rete e il conseguente dimensionamento della stessa.

26.6.1 Progettazione della rete di collegamento

La tipologia e i percorsi della rete di collegamento sono stati pensati tenendo conto di quanto segue:

- minimizzazione delle possibili interferenze con le attività produttive e gli impianti presenti nella piana;
- scelta dello sviluppo lineare totale di minore lunghezza, compatibilmente coi vincoli presenti sull'area;
- utilizzo, laddove possibile, di rack e/o tracce esistenti;
- utilizzo di percorsi lungo direttrici già esistenti, facilmente raggiungibili;
- minimizzazione del numero di tubazioni, e quindi dell'ingombro totale in sezione.

Tenendo in debito conto i criteri qui esposti, la rete è stata realizzata secondo la seguente suddivisione:

- ramo nord (rosso): costituito da 2 tubazioni, una per le acque della falda 1a e una per quelle della falda 1b, raccoglie le acque dei n.11 cluster in zona Nord/La Botte + i 12 pozzi di falda 1b di S.Martino, si dirige in direzione nord-sud verso l'esistente barriera di S.Martino Nuova Solmine) e corre affiancata alle tubazioni della stessa fino al ramo finale (zona centrale del Casone) - lunghezza totale circa 2530 m;
- ramo sud (verde): costituito anch'esso da 2 tubazioni, una per le acque della falda 1a e una per quelle della falda 1b, raccoglie le acque dei n.5 cluster in zona Padule, si dirige in direzione nord-ovest verso il fiume Pecora, vi corre accanto fino all'attraversamento del canale di ritorno a mare, lo oltrepassa, dopodiché si dirige con direzione ovest-est per giungere infine all'impianto di Scarlino Energia - lunghezza totale circa 2600 m;



- ramo centrale (magenta): costituito anch'esso da 2 tubazioni, una per le acque della falda 1a e una per quelle della falda 1b, prende origine dal cluster posto più ad est, accanto ai cosiddetti "laghi Tioxide", e si porta verso la zona centrale del Casone con direzione Ovest-Nord-Ovest (ONO); raggiunge poi, passando accanto alla tubazione dell'esistente barriera S.Martino, il punto di raccordo con il ramo nord (rosso), dopodiché si immette nella tubazione di raccolta finale (viola) - lunghezza totale circa 1700 m;
- ramo di raccolta finale (viola): costituito anch'esso da 2 tubazioni, una per le acque della falda 1a e una per quelle della falda 1b, riceve le acque provenienti dai rami centrale/est (magenta) e ramo nord (rosso) e li trasporta, correndo parallelamente alla tubazione esistente della barriera S.Martino, direttamente all'impianto di trattamento di Nuova Solmine - lunghezza circa 350 m.

Nella TAVOLA 7 si riporta lo schema della rete qui descritta.

Per comodità, di seguito invece si riporta stralcio della tavola con la visualizzazione delle linee:

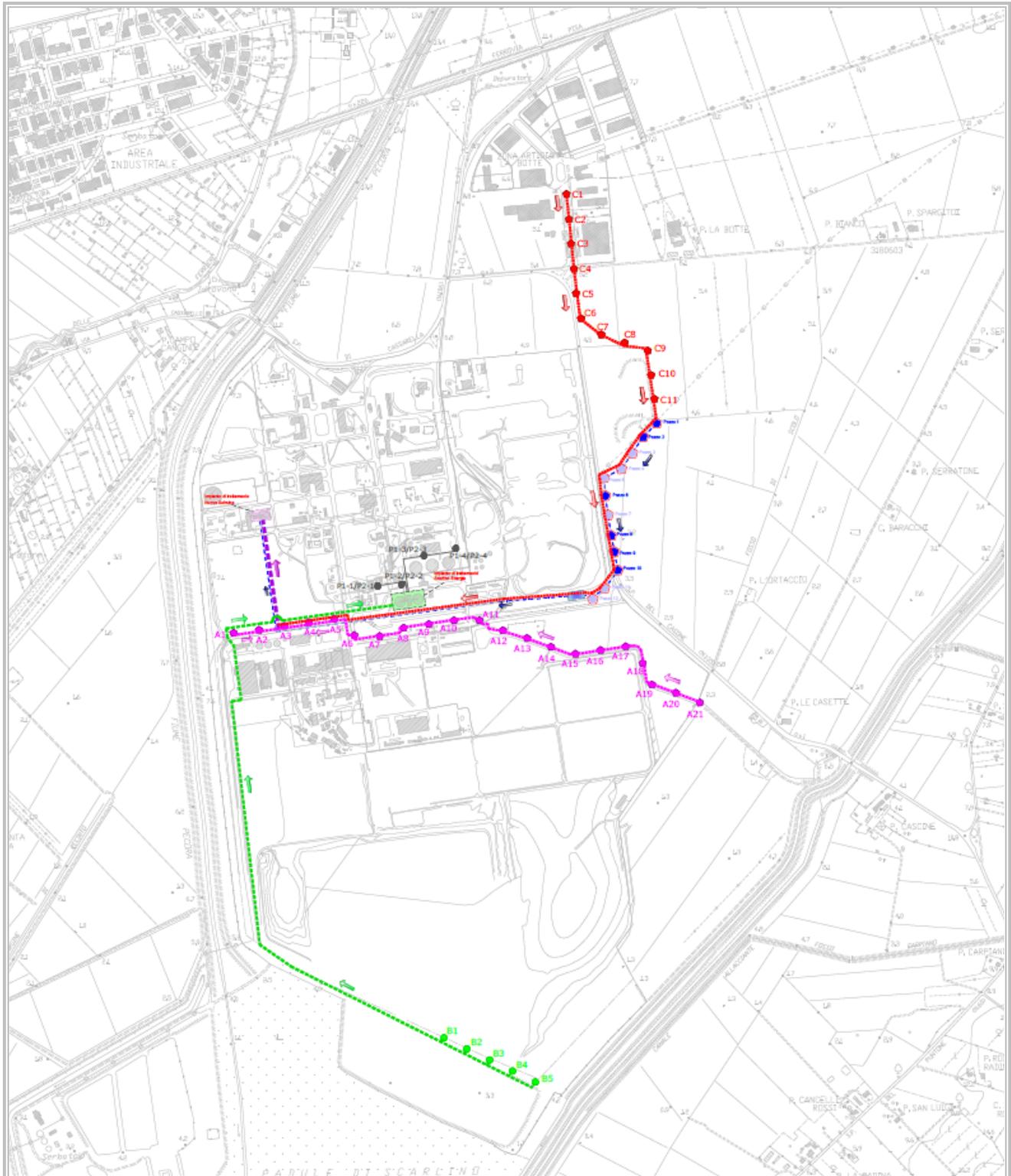


Figura 61. stralcio planimetrico della rete di raccolta acque emunte. In rosso il ramo nord, che raccoglie le acque provenienti da La Botte e corre accanto alla linea esistente (barriera S.Martino di Nuova Solmine); in verde il ramo che raccoglie le acque della barriera in zona Padule (sud) e raggiunge l'impianto di Scarlino Energia; in magenta il ramo centrale+ramo est (cfr. TAVOLA 7)



Riassumendo, come visibile nella figura soprastante e in TAVOLA 7, le acque della linea verde sono giungeranno direttamente all'impianto di Scarlino Energia, mentre quelle provenienti dalle linee magenta e rossa (oltre naturalmente all'esistente linea blu della barriera di S.Martino) giungeranno all'impianto di Nuova Solmine.

26.6.2 Dimensionamento delle tubazioni

Il dimensionamento del sistema di tubazioni è stato realizzato utilizzando la nota formula di Hazen-Williams, che permette di ottenere le perdite di carico distribuite per condotte in pressione:

$$J = \frac{10.675 Q^{1.852}}{C^{1.852} D^{4.8704}}$$

Dove:

J sono le perdite di carico;

C è il coefficiente di scabrezza, pari a 150 per le condotte in PE/PVC;

Q è la portata

D è il diametro della tubazione

Per il caso in esame si è ipotizzata una portata per la singola pompa pari a 5 l/min (sovradimensionamento a favore di sicurezza, applicando poi nel calcolo la lunghezza massima del ramo in esame (anch'esso a favore di sicurezza). Tramite tabelle comparative (fonte: www.oppo.it) basate sulla formula succitata, in base alla portata calcolata per singolo ramo, sono state trovate le perdite di carico in metri per chilometro, e quindi le perdite distribuite totali per ogni tratto, compreso il ramo finale.

Di seguito si riporta il calcolo svolto (in grassetto i diametri scelti):



linea superficiale (pozzi 10 m, falda 1a)			linea profonda (pozzi 18 m, falda 1b)		
pompe linea sud (verde)	[n°]	5	pompe linea sud (verde)	[n°]	5
lunghezza tubazione	[m]	2550	lunghezza tubazione	[m]	2550
portata singolo pozzo	[l/min]	5	portata singolo pozzo	[l/min]	5
portata totale	[l/sec]	0.417	portata totale	[l/sec]	0.417
Tubazione DN 63	[m]	3.65 (p. di carico)	Tubazione DN 63	[m]	3.65 (p. di carico)
tubazione DN 75	[m]	1.53 (p. di carico)	tubazione DN 75	[m]	1.53 (p. di carico)
pompe linea centrale (magenta)	[n°]	21	pompe linea centrale (magenta)	[n°]	21
lunghezza tubazione	[m]	1684	lunghezza tubazione	[m]	1684
portata singolo pozzo	[l/min]	5	portata singolo pozzo	[l/min]	5
portata totale	[l/sec]	1.750	portata totale	[l/sec]	1.750
tubazione DN 75	[m]	19.94 (p. di carico)	tubazione DN 75	[m]	19.94 (p. di carico)
tubazione DN 90	[m]	8.25 (p. di carico)	tubazione DN 90	[m]	8.25 (p. di carico)
pompe linea nord (rossa)	[n°]	11	pompe linea nord (rossa)	[n°]	23
lunghezza tubazione	[m]	2532	lunghezza tubazione	[m]	2532
portata singolo pozzo	[l/min]	5	portata singolo pozzo	[l/min]	5
portata totale	[l/sec]	0.917	portata totale	[l/sec]	1.917
tubazione DN 90	[m]	8.20 (p. di carico)	tubazione DN 90	[m]	17.37 (p. di carico)
tubazione DN 110	[m]	3.09 (p. di carico)	tubazione DN 110	[m]	6.53 (p. di carico)
tratto finale N.Solmine (viola)			tratto finale N.Solmine (viola)		
lunghezza tubazione	[m]	350	lunghezza tubazione	[m]	350
portata totale	[l/min]	160	portata totale	[l/min]	220
portata totale	[l/sec]	2.667	portata totale	[l/sec]	3.667
tubazione DN 90	[m]	3.20 (p. di carico)	tubazione DN 90	[m]	5.09 (p. di carico)
tubazione DN 110	[m]	1.20 (p. di carico)	tubazione DN 110	[m]	1.91 (p. di carico)

Tabella 30. calcolo diametro tubazioni e relative perdite di carico distribuite

Tale dimensionamento ha inoltre permesso di poter effettuare il calcolo della potenza di ogni singola pompa (cfr. paragrafo dimensionamento elettropompe), verificando come le tipologie di elettropompe selezionate soddisfino ampiamente i criteri progettuali, garantendo prevalenze dell'ordine dei 70 metri con portate di circa 5 l/min.



26.7 Start up dell'impianto di sollevamento

L'impianto di sollevamento entrerà in funzione a regime previa esecuzione di una serie di prove di funzionamento:

- i. prove di funzionamento delle singole stazioni di pompaggio: pompa, quadro elettrico, sonde di livello, etc.;
- ii. prove di funzionamento delle singole linee di pompaggio: linea ovest, linea centrale ed est, suddivise per falda 1a e falda 1b;
- iii. prove portate/abbassamenti in una serie di pozzi scelti e verifica di eventuali difformità nelle produttività dei singoli pozzi;
- iv. test di interferenza su pozzi scelti: per verificare i coni di depressione, dovranno essere predisposte prove di pompaggio su alcuni pozzi scelti, rappresentativi dei vari rami della barriera, della durata di 24 ore ciascuno, utilizzando piezometri esistenti adiacenti a quelli in pompaggio, utilizzati come piezometri-spia; tali prove serviranno per una eventuale taratura di precisione dei singoli emungimenti, nel caso siano riscontrate in campo consistenti difformità di condizioni litostratigrafiche o idrogeologiche rispetto alla condizione standard di progetto. In merito a ciò si rimanda all'approfondimento discusso nel seguente paragrafo 26.7.1.

Al termine della fase di start-up e di tuning, potrà essere dato avvio a regime del sistema.

26.7.1 Verifica ed eventuale calibrazione di dettaglio delle singole portate di pompaggio dei pozzi-barriera

I flussi di acque di falda provenienti dai singoli pozzi del sistema di barrieramento di progetto sono stati dimensionati in base alle prove di pompaggio effettuate su pozzi afferenti alle zone dove sorgeranno le barriere, e successivamente verificati mediante simulazione in condizioni di progetto da parte del modello idrogeologico a supporto della presente progettazione.

Tuttavia, data la scala ad area vasta dell'intervento progettato, si è ben coscienti del fatto che in fase realizzativa e di esercizio della barriera potrebbero riscontrarsi singolarità altrimenti non verificabili né tantomeno prevedibili, legate a possibili variazioni localizzate di litologia, rinvenimento o variazioni di spessore di orizzonti poco permeabili, rinvenimento lenti più permeabili, etc., che potrebbero portare a conseguenti variazioni localizzate della produttività di uno o più pozzi.

Tale eventualità è da considerarsi pertanto come possibile, ed è tra l'altro parzialmente riscontrabile se si guarda all'andamento delle portate di pompaggio dei singoli pozzi dell'attuale barriera del GR72 – San Martino sulla quale, come già evidenziato, vi sono alcune differenze di produttività tra pozzi limitrofi.

Tenendo conto di questa possibilità concreta, in fase di start up e tuning si prevede, come sommariamente descritto al precedente paragrafo al punto iv, una taratura specifica per ogni singolo punto di pompaggio.

Essa prevedrà, attraverso prove di emungimento a gradini di portata crescenti, la ricerca specifica della portata ottimale di ogni singolo pozzo.



Nel caso in cui si verificheranno discrepanze importanti rispetto ai valori medi di pompaggio di progetto (ricordiamo: 1,5 l/min per la falda 1a, 2,5 l/min per la falda 1b su ogni singolo pozzo), dovranno essere messe in atto una serie di azioni e verifiche ulteriori (che costituiranno comunque la fase di tuning dell'impianto), tra le quali quelle ritenute più importanti, che si riportano qui di seguito:

- nuova verifica di campo dei raggi di influenza tra pozzi limitrofi in tali punti;
- eventuale riprocessamento del modello idrogeologico in condizioni di progetto;
- (eventualità poco probabile ma comunque possibile) eventuale integrazione di uno o più nuovi pozzi in punti intermedi a pozzi con raggi esigui, al fine di garantire un fronte di richiamo senza soluzione di continuità.

26.8 *Trattamento e riutilizzo delle acque emunte*

Le acque emunte dal sistema di pozzi-barriera saranno convogliate mediante la rete di adduzione sopra descritta all'interno di n.2 stazioni di trattamento nel modo seguente:

- ramo nord (rosso) + ramo centrale ed est (magenta): impianto Nuova Solmine
- ramo sud (verde): impianto Scarlino Energia

Come già sommariamente descritto in precedenza, è stato effettuato uno screening preliminare per valutare l'opportunità di realizzare un impianto di trattamento ad hoc oppure di avvalersi di impianti già esistenti in loco, utili allo scopo.

Tale screening ha valutato le seguenti necessità:

- utilizzare un impianto con caratteristiche e funzionalità compatibili con i contaminanti in gioco (risanamento acque da contaminanti inorganici in particolare);
- minimizzare i costi generali di trattamento;
- riutilizzare se possibile le acque nel sistema di trattamento stesso;
- minimizzare l'impatto generale dell'intervento.

Oltre ai fattori sopra citati, è stato inoltre tenuto in debito conto quanto recentemente introdotto dall'art. 243 del D.Lgs. 152/06 (così come sost. dall'art. 41, comma 1, legge n. 98 del 2013).

Per tutto quanto appena argomentato, **si è optato per convogliare la parte maggioritaria delle acque della barriera di progetto all'impianto di trattamento acque per la produzione dell'acqua demineralizzata di Nuova Solmine, e la restante parte alla produzione del latte di calce all'impianto di trattamento di Scarlino Energia.**

In particolare, come più sopra riportato, i flussi ai due impianti saranno i seguenti:

- a) a impianto di Nuova Solmine: 32 cluster + 12 pozzi falda 1b, per un totale (falda 1a+1b) di 158 l/min
- b) a impianto di Scarlino Energia: n.5 cluster - portata totale (falda 1a+1b) pari a circa 20 l/min



La ripartizione dei flussi è stata effettuata tenendo conto delle rispettive disponibilità/possibilità, nonché di quanto descritto all'interno delle autorizzazioni integrate ambientali AIA. Più specificamente, la portata che verrà convogliata nell'impianto di Scarlino Energia risulta quantitativamente comparabile con quella dell'attuale MISE, mentre una quota parte maggioritaria delle acque emunte dal sistema di barrieramento (pozzi-cluster area Casone e La Botte) giungerà all'impianto di Nuova Solmine.

Tale scelta è apparsa la migliore in forza dei seguenti aspetti:

- ✓ non necessita la costruzione di un nuovo impianto ad hoc;
- ✓ gli impianti in oggetto hanno una capacità tale da poter accettare senza alcuna problematica particolare le portate in arrivo dalla barriera idraulica qui descritta (compatibilità dei volumi in gioco)
- ✓ i contaminanti delle acque provenienti dalla barriera sono pienamente compatibili con le caratteristiche tecniche di abbattimento degli impianti (compatibilità abbattimento contaminanti in gioco)
- ✓ non vengono prodotti nuovi scarichi ad hoc (riutilizzo completo acque nel ciclo produttivo), con evidenti benefici e semplificazioni

Nel paragrafo seguente viene fornita una descrizione tecnica degli impianti di trattamento di Nuova Solmine e di Scarlino Energia.

26.8.1 Impianto di Nuova Solmine: trattamento acque per la produzione di acqua demineralizzata

Nello stabilimento della Nuova Solmine è installato un impianto per la produzione di acqua demineralizzata utilizzata sia direttamente da Nuova Solmine, per la produzione di vapore e per la produzione di un particolare acido diluito nell'impianto solforico, che da terzi quali la Società Syndial S.p.A., lo Stabilimento Tioxide e lo Stabilimento SolBat.

La produzione di acqua demineralizzata risulta attività accessoria alla produzione di vapore di recupero e quindi alla alimentazione della centrale termoelettrica.

L'impianto in oggetto è in grado di produrre anche un'acqua di categoria inferiore, chiamata *acqua di processo*, ceduta, insieme alla precedente, allo stabilimento confinante Huntsman Tioxide.

L'impianto è progettato per produrre in continuo 280 mc/h di acqua deionizzata e 100 mc/h di acqua demineralizzata, che viene stoccata in due serbatoi metallici (capacità 300 e 900 mc). Bisogna inoltre ricordare il potenziamento dell'impianto di osmosi inversa, attuato a fine 2005, che ha incrementato di 20 mc/h la potenzialità di trattamento per ognuna delle due linee, migliorando la qualità dell'acqua alimentata alle linee di deionizzazione, incrementandone la durata delle resine prima di necessitare della rigenerazione.

L'impianto è attualmente alimentato sia con acqua di fiume proveniente dal Canale di Valpiana (identificato anche come Gora delle Ferriere) che con acqua di pozzo.

Il processo di demineralizzazione può essere schematizzato attraverso le seguenti fasi:



- Decantazione
- Filtrazione
- Pretrattamento osmosi e osmosi inversa
- Deionizzazione
- Demineralizzazione

Di seguito si riporta una descrizione delle fasi precedentemente menzionate.

Decantazione

La fase iniziale di decantazione si differenzia a seconda della provenienza dell'acqua alimentata all'impianto.

L'acqua proveniente dal canale viene addizionata di ipoclorito di sodio in un apposito condizionatore a pale (un ex chiarificatore non più utilizzato per tale scopo).

I motivi del dosaggio dell'ipoclorito di sodio sono:

- creare un ambiente ossidante necessario alla destabilizzazione dei colloidali presenti nell'acqua da trattare;
- creare un ambiente ossidante necessario all'attivazione della pirolusite presente nel successivo stadio di deferrizzazione e demanganizzazione;
- effettuare un controllo della carica batterica presente nell'acqua da trattare;
- saturare una parte della domanda chimica di ossigeno dovuta alle sostanze organiche ed inorganiche presenti nell'acqua.

L'acqua viene poi inviata, per gravità, alla successiva fase di filtrazione, costituita da filtro Monoscur e quindi alla vasca "acqua filtrata" da cui con idonee pompe verrà alimentata alla fase di vero e proprio pretrattamento per l'Osmosi.

L'acqua proveniente dalla linea a pozzi viene addizionata, in linea, di ipoclorito di sodio, quindi dopo il passaggio in un filtro a pirolusite è inviata in un idoneo serbatoio di contatto (in modo da fornire all'ipoclorito il tempo necessario per la sua azione) e quindi alla successiva fase di filtrazione a carbone, per rimuovere il cloro in eccesso.

Filtrazione

Nella fase di filtrazione in oggetto sono installate, in serie, tre unità di filtrazione costituite, rispettivamente, da:

- filtri alla pirolusite e quarzite;
- filtri a carbone attivo;
- filtri a cartucce.

Nei filtri alla pirolusite (la pirolusite è costituita da biossido di manganese praticamente puro) avviene l'ossidazione del ferro e manganese con formazione dei rispettivi ossidi insolubili che vengono così trattenuti



dal letto filtrante in quarzite assieme a tutte le impurezze, compresi i colloidali, con l'aiuto di un coadiuvante di filtrazione, additivato in linea.

La rimozione degli ossidi formati avviene, oltre che per mezzo del letto filtrante, anche durante le operazioni di controlavaggio effettuato con il concentrato dell'osmosi inversa, stoccato in apposito serbatoio e opportunamente clorato.

Dai filtri alla pirolusite l'acqua viene inviata ai filtri a carbone attivo che hanno la funzione di rimuovere quantitativamente l'eccesso di cloro presente nell'acqua e parte delle sostanze organiche. Successivamente l'acqua è inviata ai filtri a cartucce che hanno la funzione di evitare che solidi di dimensioni superiori ai 5 µm, provenienti accidentalmente dal pretrattamento, raggiungano le membrane di osmosi. L'acqua in uscita dall'ultima unità di filtrazione viene addizionata di acido solforico per il controllo dell'alcalinità dell'acqua e quindi per diminuire la capacità di formare carbonati poco solubili, e di un antiscalant per il controllo dei sali dei metalli alcalino terrosi e della silice.

Pretrattamento osmosi e Osmosi inversa

In uscita dai filtri a cartucce l'acqua viene pompata ai vessels contenenti le membrane per l'osmosi inversa. Da essa si ottengono due correnti acquose: il permeato, acqua povera in ioni, ed il concentrato, che contiene la quasi totalità degli ioni contenuti nell'acqua alimentata. Il permeato viene successivamente inviato ad un serbatoio di stoccaggio e da qui, per mezzo di idonee pompe, alla successiva fase di deionizzazione.

Deionizzazione

Il processo di deionizzazione consiste nell'eliminazione di tutti gli ioni presenti nell'acqua tramite l'utilizzazione simultanea di resine cationiche acide e di resine anioniche basiche. Le due resine vengono rigenerate rispettivamente con acido solforico e soda caustica. L'acqua in uscita dall'unità di deionizzazione viene inviata alla successiva fase di demineralizzazione.

Demineralizzazione

La fase di demineralizzazione in oggetto è indispensabile quando l'acqua deve essere lavorata in caldaia a pressioni elevate. Il processo in oggetto, costituito da una linea a due stadi costituita rispettivamente da una resina cationica forte e da una resina anionica forte, permette di eliminare completamente tutti i sali rimasti, la silice presente e la CO₂. Le due resine vengono rigenerate con soda caustica ed acido solforico. L'acqua in uscita dall'impianto di demineralizzazione viene stoccata in opportuni serbatoi e approvvigionata a terzi e utilizzata per autoconsumo. In tabella seguente si riportano i dati relativi ai flussi di materia in ingresso ed in uscita, nel corso del 2006, nell'impianto di produzione di acqua demineralizzata.

Impianto Acqua Demineralizzazione (TK)	
Ingresso	
Acque	
Acqua di fiume (t)	1.834.442
Acqua di pozzo (t)	776.742
Acqua di recupero (t)	-



Impianto Acqua Demineralizzazione (TK)	
Ingresso	
Acqua di miniera (t)	0
Prodotti chimici	
Carbonato di sodio (t)	-
Polielettrolita (t)	0.5
Soda caustica (t)	163
Calce (t)	-
Acido solforico (t)	80
Antiscalant (t)	12
Coadiuvante filtrazione (t)	1.5
Ipoclorito di sodio (t)	140
Resine scambiatrici (t)	0
Carbone antrafit (t)	20
Sabbia di quarzo (t)	40
Uscita	
Acqua demi per stabilimento (t)	373.512
Acqua demi per terzi (t)	100.502
Acqua si processo per terzi (t)	1.167.583
Concentrato osmosi a stab. confinante con acqua di gora (t)	0
Di recupero a terzi per utilizzo (raffreddamenti) (t)	60.000
Di recupero a Raffreddamenti compressori Nuova Solmine (t)	294.000

Tabella 31. Dati in entrata e uscita Impianto Acqua Demineralizzata – anno 2006

Caratteristiche del concentrato

Il concentrato prodotto dall'impianto nello stadio di osmosi inversa è un'acqua ricca in ioni in quanto contiene quelli presenti nell'acqua grezza in ingresso al pretrattamento. Esso sarà inviato ad un serbatoio di stoccaggio ed è utilizzato per effettuare i lavaggi dei filtri a carbone e dei filtri alla piro-sulite presenti nelle tre linee di trattamento.

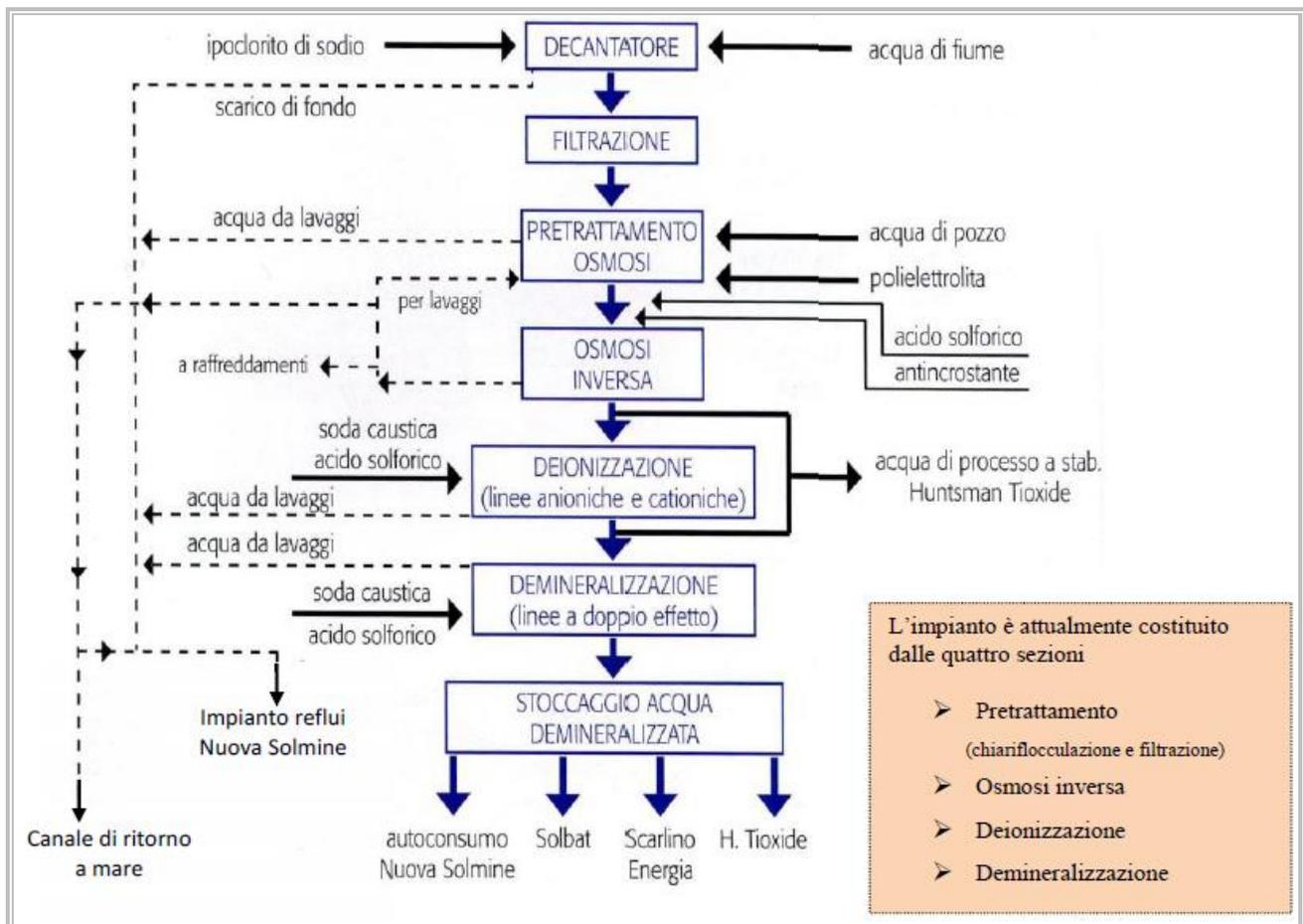


Figura 62. Schema Impianto Acqua Demineralizzata

integrazioni AIA anno 2010

La portata prodotta alla capacità massima dall'impianto di osmosi inversa risulta pari a 100 m³/h.

Infatti considerando i dati di targa dell'impianto risulta che, a fronte di un ingresso di acqua all'impianto pari a 340 m³/h, vengono prodotti 240 m³/h di acqua osmotizzata inviata quindi all'impianto.



Figura 63. impianto di osmosi inversa Nuova Solmine

Per gli approfondimenti relativi a portate e tenori di analiti trattati dall'impianto in recepimento delle prescrizioni di cui alla CdS del 29/04/2014 si rimanda alla PARTE I del presente progetto, in particolare al punto 1.2.

26.8.2 Impianto di trattamento dei rifiuti liquidi (TRL) di Scarlino Energia: modulo per la produzione di latte di calce

Nello stabilimento di Scarlino Energia è installato l'impianto di trattamento rifiuti liquidi (TRL). Tale impianto prevede, in uno dei suoi stadi primari, l'utilizzo del latte di calce quale additivo funzionale al controllo/correzione del pH.

Le acque di falda emunte dalla porzione di barriera idraulica costituita dalla batteria dei n°5 cluster posti in zona Padule di Scarlino verranno impiegate all'interno di tale stadio, per la produzione del latte di calce.

Per gli approfondimenti relativi a portate e tenori di analiti trattati dall'impianto in recepimento delle prescrizioni di cui alla CdS del 29/04/2014 si rimanda alla PARTE I del presente progetto, in particolare al punto 1.3.

Qui di seguito riportiamo invece la descrizione del funzionamento dell'impianto così come contenuto nella relazione tecnica dell'AIA dell'anno 2012.



L'impianto di trattamento dei rifiuti liquidi (*fonte: relazione tecnica AIA 2012*) è composto da una sezione di reazione e una di sedimentazione, costituita da due sedimentatori, più il trattamento fanghi tramite filtropresse. La sezione di trattamento è suddivisa in quattro vasche:

- batch da 30 m³;
- batch da 60 m³;
- batch da 90 m³ (collegabile alla quarta vasca);
- vasca per il trattamento in continuo da 90 m³.

La vasca da 30 m³ viene utilizzata per il trattamento dei rifiuti pericolosi non miscelabili con altri e quindi la capacità è stabilita pari a quella di un serbatoio.

La vasca da 60 m³ può essere utilizzata sia per il trattamento di rifiuti pericolosi miscelabili (due serbatoi), che per rifiuti non pericolosi non miscelabili (un serbatoio).

La vasca da 90 m³ sarà utilizzata per rifiuti non pericolosi miscelabili. Le sue dimensioni sono lasciate invariate rispetto alla struttura esistente in modo da utilizzarla per il trattamento di eventuali flussi in emergenza da Nuova Solmine e/o da miniera di Gavorrano.

La struttura delle vasche consente comunque trattamenti di batch di quantitativi che non raggiungono il riempimento delle stesse.

I batch vengono utilizzati per il trattamento dei rifiuti liquidi provenienti dallo stoccaggio sopradescritto. La vasca in continuo viene invece utilizzata per il trattamento delle acque meteoriche dilavanti e per le acque di bonifica Syndial.

Tutte e quattro le vasche sono dotate di agitatore e sistema di dosaggio dei reagenti. Le tre vasche batch hanno il fondo conico con scarico valvolato.

I reagenti utilizzabili sono:

- Calce, soda caustica: alcalinizzante
- Acido solforico: acidificante
- Cloruro ferrico: per la precipitazione
- Bisolfito di sodio: per il trattamento del cromo esavalente
- Ipoclorito di sodio: per il trattamento dei cianuri e ammoniaca
- Solfuro di sodio o equivalente: demettallizzante
- Polielettrolita: flocculante
- Acqua ossigenata: riduzione COD

La sezione di sedimentazione è comune alle quattro vasche.



Stoccaggio reagenti

La calce viene preparata in un sistema dedicato costituito da quattro silos di stoccaggio della calce, e vasche di miscelazione con acqua (di barriera idraulica). Il polielettrolita e il cloruro ferrico vengono stoccati nei sistemi esistenti.

Gli altri reagenti sono stoccati in fusti da 1 m³ inseriti ciascuno all'interno di un bacino di contenimento di dimensioni adeguate in materiale plastico resistente all'attacco chimico. La zona di stoccaggio è ubicata al di sotto di uno dei sedimentatori.

Dosaggio reagenti

Vengono dosati i reagenti nell'ordine e nelle quantità stabilite, utilizzando anche le strumentazioni in continuo per verificare l'avanzamento della reazione (es. pH-metri).

L'omogeneità è garantita dalla presenza dell'agitatore.

In funzione delle caratteristiche dei rifiuti, vengono individuati, attraverso prove di laboratorio, i quantitativi e le sequenze delle diverse tipologie di reagenti da dosare nelle vasche batch. Quindi, quando il rifiuto liquido viene caricato, la "ricetta" di trattamento è già nota.

Controllo del trattamento

Secondo i tempi definiti dalle prove di laboratorio, un campione rappresentativo viene prelevato ed analizzato in laboratorio per verificare l'effettivo abbattimento (analisi sul filtrato). Se i risultati sono conformi si procede all'invio al sedimentatore. Se invece il trattamento non è completo si può ripetere il trattamento oppure inviare l'acqua trattata ma non conforme al serbatoio di emergenza situato nel parco serbatoi.

Scarico batch

Ognuno dei tre scarichi valvolati è collegato ad un collettore, il quale è a sua volta connesso ad una pompa. La pompa preleva lo scarico della vasca agitata e lo invia al sedimentatore, passando attraverso una piccola vasca dove viene aggiunto il polielettrolita. Le stesse pompe possono inviare l'acqua trattata al serbatoio di emergenza. Nel caso una delle pompe sia fuori uso, un sistema di valvole poste nei collettori consente di utilizzare le altre pompe confinanti.

Continuo

La quarta vasca viene utilizzata in continuo per il trattamento delle acque meteoriche dilavanti e le acque della bonifica di Syndial quando richiesto. È caratterizzata da un setto che la divide a metà, lasciando in fondo un passaggio. Questa geometria assicura una omogeneizzazione con i reagenti tale da garantire il completo trattamento. Il sistema comprende la possibilità di dosare calce, soda caustica, demetallizzante e cloruro ferrico. Lo scarico entra direttamente nella vasca di aggiunta del polielettrolita da dove viene poi inviato al sedimentatore.



Misto

In caso di necessità la terza vasca batch da 90 m³ può essere collegata alla vasca in continuo attraverso una valvola. Questo consente di trattare in continuo i flussi provenienti dalla miniera di Gavorrano e da Nuova Solmine, ora interrotti.

Assetti di marcia

Ci sono quindi due possibili assetti di marcia:

- Normale: 3 vasche batch + 1 vasca in continuo per il trattamento delle acque meteoriche dilavanti e acqua di bonifica Syndial quando richiesto;
- Emergenza: 2 vasche batch + 2 vasche funzionanti in continuo per il trattamento delle acque meteoriche dilavanti, acque di bonifica Syndial e flussi da Nuova Solmine e miniera di Gavorrano quando richiesto.

Sedimentazione

La sezione di sedimentazione è costituita da un primo sedimentatore circolare di 33 metri di diametro, e da un secondo sedimentatore longitudinale, denominato vasca di calma, di 74 metri di lunghezza.

Scarico al canale

L'acqua depurata sfiora dal sedimentatore longitudinale direttamente nel canale di ritorno al mare, di cui la vasca di calma rappresenta l'inizio. Lo sfioro può essere intercettato per l'uso in impianto in sostituzione dell'acqua dolce industriale all'uscita del primo sedimentatore.

Ispessimento dei fanghi

I fanghi estratti dal fondo del decantatore acque dolci vengono inviati ad una stazione di ispessimento costituita da filtropresse. Sono presenti nella stazione due filtropresse, una collegata alla linea fumi ed una collegata alla linea acque dolci. In caso di malfunzionamento di una delle due linee i flussi possono essere invertiti. I fanghi non possono però essere miscelati. Per questo motivo un terzo piazzale per lo stoccaggio è disponibile nella zona ispessimento.

Riutilizzo

Una parte delle acque trattate viene riutilizzata in impianto, al fine di limitare i consumi di acqua: allo scopo è presente un apposito sistema di derivazione e stoccaggio.



Sistema di Recupero delle Acque

Nell'impianto Scarlino Energia è attivo dal Dicembre 2010 un sistema di recupero delle acque in uscita dall'impianto di trattamento, di qualità tale da permetterne il riutilizzo in varie sezioni del Termovalorizzatore. Il sistema prevede il convogliamento dell'acqua dolce depurata in uscita dal decantatore Ovest (linea acque dolci) dell'impianto di trattamento verso uno stoccaggio, da cui avviene l'alimentazione della rete acqua industriale; in particolare:

- il prelievo dell'acqua dolce depurata è assicurato per gravità dalla tubazione di stramazzo posta sul lato Sud del decantatore Ovest, ad un'altezza di circa 5 m sul piano campagna. Da tale punto parte la condotta di adduzione al serbatoio, che confluisce in un collettore di acciaio posto prima dell'area di stoccaggio;
- lo stoccaggio avviene in 2 serbatoi verticali a fondo piano, con diametro di circa 4 m ed altezza circa 6.3 m, per un volume utile di riempimento di circa 120 m³;
- per la movimentazione dell'acqua di recupero sono installate 3 pompe verticali multistadio, che garantiscono una portata variabile da 0 a 200 m³/ora ed una pressione minima di esercizio di 5 bar: tali prestazioni consentono la corretta alimentazione del sistema acqua industriale, a cui viene confluita l'acqua di recupero tramite una linea DN150 in acciaio.

26.8.3 Riutilizzo delle acque nel ciclo produttivo

Come già anticipato, le acque emunte dai sistemi di barrieramento idraulico progettati sono interamente riutilizzate all'interno del ciclo industriale dei due stabilimenti di Nuova Solmine e Scarlino Energia.

Pertanto la bonifica delle acque di falda della piana non genererà scarichi ad hoc, abbracciando di fatto uno degli scopi del presente progetto, nonché uno dei principi ispiratori del Testo Unico Ambientale D.Lgs. 152/06, che predilige, laddove possibile, il riutilizzo delle acque e, quindi, la minimizzazione dell'impatto sull'ambiente (nessuno punto di scarico) con conseguente ottimizzazione di costi e risorse.

Preme sottolineare ancora che tale scelta progettuale è inoltre pienamente in linea con gli ultimi aggiornamenti normativi: in particolare si fa riferimento all'art. 243 del D.Lgs. 152/06 (come sostituito dall'art. 41, comma 1, legge n. 98 del 2013) che, in particolare al comma 1 specifica quanto segue:

“[...] in caso di emungimento e trattamento delle acque sotterranee deve essere valutata la possibilità tecnica di utilizzazione delle acque emunte nei cicli produttivi in esercizio nel sito, in conformità alle finalità generali e agli obiettivi di conservazione e risparmio delle risorse idriche stabiliti nella parte terza.”

26.8.4 Gestione delle emergenze

L'impianto di demineralizzazione di Nuova Solmine è costituito da n.2 linee parallele. Ciò garantisce che, nel caso di eventuali guasti o fermi impianto per manutenzione/controllo, non debba essere interrotto



l'approvvigionamento delle acque in ingresso e, di conseguenza, non debba essere interrotto anche il funzionamento del sistema di emungimento dalla nuova barriera idraulica.

Nella remota eventualità in cui entrambe le linee dell'impianto subiscano un guasto o un fermo non prevedibile, per evitare soluzioni di continuità nel trattamento, sarà comunque sempre possibile convogliare le acque della barriera nell'impianto di trattamento rifiuti liquidi (TRL) di Scarlino Energia, in grado anch'esso di poter gestire portate e carichi inquinanti delle acque provenienti dalla barriera idraulica di progetto.

Per ciò che concerne invece l'impianto di trattamento di Scarlino Energia (in cui, ricordiamo, verranno convogliate, per la produzione del latte di calce, le acque della barriera idraulica della zona sud delle Padule), anch'esso, così come quello di Nuova Solmine, è fornito di n.2 linee parallele indipendenti, che garantiscono la gestione delle acque in ingresso senza soluzione di continuità anche in caso di eventuali guasti o fermi impianto per controlli e/o manutenzioni.

26.9 Durata dell'intervento

L'intervento di bonifica mediante utilizzo della tecnologia di *pump&treat* solitamente, se non accompagnato da studi idrochimici di dettaglio (es. studi di decadimento con prove pilota in laboratorio e di campo), **non consente una stima se non del tutto indicativa delle possibili tempistiche di risanamento** del comparto acque sotterranee.

Tale stima è inoltre fortemente dipendente dall'estensione del dominio di controllo del tenore di analiti nelle acque di falda, nonché dalle diverse tipologie e quantitativi dei contaminanti e, non ultimo, dal livello di complessità dell'idrogeologia sito-specifica.

Per queste ragioni risulta oltremodo difficoltoso stimare una tempistica congrua e precisa relativa alla possibile durata dell'intervento in progetto.

Si segnala, a tal proposito, che **alcuni studi ad area vasta presi a riferimento** nel presente elaborato hanno stimato **un tempo di rigenerazione completa** del comparto acque sotterranee per la zona della piana di Scarlino pari a **15 anni**. Tale dato risulta congruo, come ordine di grandezza, alle tempistiche dei classici interventi di barrieramento idraulico per aree di medie dimensioni **ma, d'altra parte, non può tenere conto di una serie di fattori quali, ad esempio, eventuali apporti ancora attivi dovuti a lisciviazione da un comparto ambientale all'altro (in partic.: suolo/sottosuolo → falda).**

Pertanto, in accordo con quanto discusso e richiesto espressamente in fase di riunioni tecniche con gli Arpat, a seguito delle nuove elaborazioni e modifiche/integrazioni al modello idrogeologico, sono stati svolti una serie di calcoli e simulazioni tenendo conto delle caratteristiche idrogeologiche della falda superficiale prese a riferimento per la modellazione idrogeologica definitiva della Piana di Scarlino.

Tali calcoli hanno tenuto conto di quanto segue:

- caratteristiche idrogeologiche sito-specifiche (stratigrafie, prove di portata, dati geologici e geotecnici storici, pubblicazioni);
- situazione di contaminazione dell'area della piana allo stato attuale, così come elaborato nel presente progetto sulla base di tutti i dati storici riportati nel database in ALLEGATO X;



- modello idrogeologico dell'area della piana a flussi imposti e a regime transitorio di cui all'ALLEGATO II.

Tali calcoli, per il cui sviluppo completo si rimanda all'ALLEGATO II – Appendice II, hanno permesso di individuare un valore approssimativo comunque rappresentativo dei tempi di rigenerazione della suddetta falda, effettuando la sommatoria dei contributi di ricarica della falda superficiale (falda 1a + 1b), dati dal contributo verticale (infiltrazione efficace) e dal contributo laterale (prendendo a riferimento il lato ovest della piana, che presenta, in termini di contributo orizzontale, il “peso” maggiore).

Il valore stimato, ancorché, come detto, affetto da inevitabile approssimazione, ha restituito un valore pari a circa 22 anni, confermando di fatto l'ordine di grandezza del valore stimato dagli studi succitati (pari 15 anni).

Oltre alle considerazioni sopra esposte, a seguito delle richieste mosse dai tecnici di Arpat nel corso delle ultime riunioni tecniche svolte, è stato predisposto un primo modello di trasporto dei contaminanti per l'area della piana.

Tale modello, presente all'interno dell'ALLEGATO II, è stato richiesto al fine di poter verificare quanto segue:

- stima di massima dell'efficacia del sistema di emungimento di progetto allo scorrere del tempo;
- previsione dell'andamento nel tempo delle isoconcentrazioni;
- stima di massima delle tempistiche di bonifica delle acque di falda.

Rimandando all'ALLEGATO II per la lettura dettagliata della costruzione del modello, dei parametri di input e dei risultati, di seguito ne vengono sintetizzati i contenuti.

La prima evidenza, che risalta confrontando le carte delle isoconcentrazioni di progetto rispetto a quelle rappresentative delle concentrazioni nelle condizioni di emungimento attuale, è l'espansione areale dei picchi di concentrazione, evidenza dell'entrata in funzione dei cluster di progetto (l'area di barrieramento di progetto ha un'estensione areale maggiore rispetto alle condizioni attuali, e quindi i contaminanti tendono a disporsi lungo la barriera).

Allo scorrere del tempo, per tutti i contaminanti esaminati, si verifica una progressiva diminuzione a partire dalle porzioni più esterne della piana verso il centro dell'area del Casone. Già dopo 10 anni dall'entrata in funzione della barriera è possibile notare una diffusa diminuzione del tenore dei contaminanti, i cui valori più elevati tendono a disporsi a ridosso delle barriere. Dopo circa una trentina d'anni si vede come (cfr. arsenico) i valori di concentrazione siano al di sotto delle CSC su gran parte dell'area della piana, mentre valori ancora al di sopra delle CSC siano presenti in corrispondenza delle zone di emungimento.

Il modello restituisce la completa decontaminazione dell'area in tempi entro i 100 anni.

Di seguito, per semplicità, si riporta soltanto lo stato di progetto in due step temporali successivi relativamente all'arsenico, da cui è possibile verificare quanto detto:



Figura 64. Carta delle isoconcentrazioni dell'arsenico della falda superficiale nelle condizioni di progetto– stato transitorio (in alto 38° anno di simulazione – 28° anno in condizioni di progetto, in basso 81° anno di simulazione – 71° anno in condizioni di progetto - unità di misura ug/l)



Nell'arco temporale compreso fra 42 e 79 anni dall'inizio della fase di progetto, tutte le concentrazioni di contaminanti rilevati scendono al di sotto dei limiti di legge (tabelle delle CSC di cui alla tabella 2 dell'allegato alla parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006). La differenziazione temporale dipende sia dal tipo di contaminante preso in considerazione sia dalle concentrazioni da dover smaltire per raggiungere la soglia limite di legge.

Nel dettaglio, per quanto riguarda l'**arsenico**, dopo un lasso di tempo teorico di circa 28 anni, il contaminante viene raccolto tutto intorno ai centri di pompaggio delle barriere di progetto e vi è una lieve diminuzione delle concentrazioni. Superati i 28 anni, il contaminante, da un punto di vista puramente teorico, inizia a diminuire sia in termini di estensione areale, sia soprattutto in termini di concentrazioni di massima. Raggiunti i 71 anni di pompaggio si assiste al completo abbattimento delle concentrazioni al sotto dei limiti di legge (10 ug/l - valore limite CSC di cui alla tabella 2 dell'allegato alla parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/2006).

Gli step qui descritti si ripetono con tempistiche differenti anche per gli altri contaminanti (ferro, solfati e manganese), confermando quello che già era stato descritto nel capitolo 3 dell'ALLEGATO II, in merito all'efficienza delle barriere di progetto a livello di simulazione matematica, ovvero che da punto di vista teorico, da valutare in sito durante le fasi di costruzione, di collaudo e di successiva messa a regime delle barriere in oggetto, il pattern del cluster di progetto riesce ad impedire ai contaminanti presenti nella falda superficiale, di diffondersi liberamente nella Piana di Scarlino e da un punto di vista teorico a scala di modello riesce ad abbatte le concentrazioni con le tempistiche illustrate qui di seguito:

- Manganese:
 - 64 anni di pompaggio
- Ferro:
 - 79 anni di pompaggio
- Solfati:
 - 42 anni di pompaggio

Preme ricordare che le **tempistiche qui illustrate sono del tutto teoriche**, basate su calcoli matematici del software. Le condizioni reali del flusso di contaminanti del sistema reale potrebbero essere diverse a causa delle incertezze sui parametri chimici utilizzati e soprattutto sulla caratterizzazione geochimica dei terreni oggetto di modellazione in relazione al fenomeno di lisciviazione di strati litologici storicamente interessati dalle frange capillari delle falde che tendono a depositare e/o rimuovere gli inquinanti.

Tuttavia il modello di trasporto dei contaminanti, implementato a supporto della presente revisione del progetto di bonifica della falda superficiale di Scarlino, potrà servire come base di partenza per successive fasi di calibrazione, a seguito dei monitoraggi e degli studi specifici previsti dal progetto.

A conclusione della disamina di cui sopra, resta inteso comunque che rivestiranno fondamentale importanza le fasi di controllo e monitoraggio, tramite le quali sarà possibile verificare l'andamento dell'intervento allo scorrere del tempo, in termini di efficacia e, sulla base di questi, la durata dell'intervento potrà subire modifiche.



Si ricorda infine, con non minore grado di importanza rispetto a quanto finora discusso, quanto argomentato all'interno del modello concettuale del sito in relazione al percorso di migrazione tramite dilavamento dei contaminanti (cfr. par. 21.3 "dilavamento dei contaminanti"): in presenza di aree sulle quali non è possibile escludere fenomeni di lisciviazione dei contaminanti oggetto del presente lavoro (es. strade con presenza di ceneri di pirite, siti mai caratterizzati), va tenuto in considerazione che esse possono portare a un rallentamento del processo di decontaminazione dei livelli acquiferi 1a e 1b (in particolare il livello 1a, che è quello naturalmente più sensibile e meno protetto al fenomeno della lisciviazione), con influenze inevitabilmente non quantificabili.

Va da sé che le tempistiche di risanamento del comparto acque sotterranee sopra indicate riguarderebbero una situazione in cui il percorso di migrazione dei contaminanti per lisciviazione da suolo a falda sia completamente inibito. Poiché dalle conoscenze attuali non è possibile escludere tale percorso, è chiaro che quel tempo stimato per il risanamento dei layer acquiferi contaminati è meramente indicativo, non può essere preso come riferimento univoco ma andrà via via riverificato nel tempo a seguito di eventuali aggiornamenti dei vari iter tecnico-amministrativi in corso e di futura attivazione.

26.10 Obiettivi di bonifica

Per quanto concerne invece gli obiettivi di bonifica, è necessario un ragionamento più specifico.

Va innanzitutto detto che, in accordo con il D.Lgs. 152/06 così come modificato dal D.Lgs. 4/2008, per gli obiettivi di bonifica della falda si guarda usualmente al rispetto delle CSC specifiche per ogni contaminante, in assenza di studi di settore relativi a possibili valori di fondo naturale.

Così come ribadito all'interno degli studi specifici svolti per l'area della piana di Scarlino, l'area vasta entro cui si inserisce il presente progetto si caratterizza per una serie di anomalie idrochimiche che interessano proprio i contaminanti oggetto di bonifica, vale a dire Arsenico, Ferro, Manganese e Solfati.

Tali anomalie sono ascrivibili a cause e processi naturali entro un certo range di concentrazioni abbastanza ampio, mentre oltre certi limiti e picchi (come nel caso specifico del tenore di Arsenico nei piezometri della falda superficiale dell'area del Casone, ad esempio) si può configurare invece un apporto (ancorché passato) dovuto alle attività antropiche svolte nei luoghi in esame (cfr. studio Donati-Biondi).

Vale la pena ancora riferirsi al parametro Arsenico, per sottolineare come, a fronte di una concentrazione massima ammissibile nelle acque di falda pari a 10 µg/l (CSC da Tab. 2 Allegato V alla Parte Quarta del Titolo V del D.Lgs. 152/06), si riscontrino tenori superiori (circa 4-5 volte superiori alla CSC stabilita dal D.Lgs. 152/06) anche in punti non a stretto contatto con le aree su cui insistono le attività industriali.

A tal proposito si cita direttamente lo studio Donati-Biondi "Studio dei traccianti della contaminazione delle acque di falda della Piana di Scarlino":

"Gli studi prodotti nel periodo 2003-2008 da UNI-FI/ARPAT sulla Piana di Scarlino, hanno confermato la presenza di una marcata anomalia di arsenico nei terreni e nelle acque. Per quanto riguarda i suoli, tali indagini hanno portato all'innalzamento dei valori soglia di concentrazione oltre i quali un sito è considerato contaminato (CSC), applicando lo strumento legislativo del valore di fondo (VF) e fissando in 100 mg/kg il valore di fondo naturale (background geogenico) e in 200 mg/kg il valore di fondo (baseline geogenico più



antropogenico). Tali limiti sono stati ottenuti per la porzione di territorio compresa fra il Fiume Pecora, il canale Allacciante e la strada Scarlino Scalo-Cura Nuova, estrapolando le variazioni areali già individuate da ARPAT (nota Arpat nprot.105674).

Per quanto riguarda le acque, gli studi condotti da UNIFI/ARPAT (SCARLINO II ADDENDUM e SCARLINO III) indicano un valore di fondo (anche se di fatto non assunto come tale) per l'arsenico pari alla concentrazione di 45 µg/l."

Lo stesso studio Donati—Biondi sopra menzionato fornisce dei cosiddetti "valori guida" per i contaminanti di interesse all'interno della piana (in particolare per la porzione denominata "perimetro") i quali, pur non essendo considerabili, a detta loro, come obiettivi di bonifica, hanno carattere di valori di riferimento, appunto. Tra essi menzioniamo in particolare, a titolo di confronto, il valore guida pari a 80 µg/l sulla falda superficiale per il parametro Arsenico (valore di 8 volte superiore al limite CSC).

Si ritiene importante sottolineare che tale studio rimanda a eventuali valori di fondo a cui riferirsi, una volta individuati.

Tenendo conto delle considerazioni fatte, nonché degli studi pregressi svolti e dei dati presi a riferimento, si riterrebbe pertanto plausibile uno scenario futuro in cui l'intervento di bonifica delle acque raggiunga valori del tutto confrontabili con i tenori naturali riscontrati ad area vasta (e non riconducibili all'effetto della pressione antropica).

A valle di tutte le considerazioni fatte nel presente paragrafo, nel gennaio 2014 è stato rilasciato dal dip. Prov.le Arpat di Grosseto lo studio dei valori di fondo delle acque sotterranee della piana, denominato "definizione dei valori di fondo per alcuni parametri delle acque sotterranee dei siti di bonifica della pianura di Scarlino, Grosseto (2003-2012)".

In ottemperanza all'indicazione ricevuta nel verbale di CdS da parte di Arpat (punto 11 pag. 5 del verbale Arpat) e alle indicazioni ricevute dagli enti stessi nel corso delle riunioni tecniche di agosto/settembre 2014, i valori guida da assumere come nuovi obiettivi di bonifica sono i cosiddetti Valori di Fondo Naturale (VFN) contenuti in tale studio, che di seguito vengono riportati:

PARAMETRO	VALORE DI FONDO NATURALE (VFN)	U.M.
Arsenico	10 (CSC)	µg/l
Ferro	460	µg/l
Manganese	177	µg/l
Solfati	250 (CSC)	mg/l

Tabella 32. Tabella dei valori di fondo naturale per gli analiti traccianti della contaminazione nell'area della piana di Scarlino (fonte "definizione dei valori di fondo per alcuni parametri delle acque sotterranee dei siti di bonifica della pianura di Scarlino, Grosseto (2003-2012)")



Indipendentemente dalla tempistica prevista per l'intervento (cfr. paragrafo precedente), la bonifica dovrà tendere al raggiungimento dei valori di concentrazione dei traccianti della contaminazione di cui alla tabella soprastante.

26.11 Possibili fenomeni di subsidenza

In recepimento della specifica richiesta mossa dal dip. ARPAT di Grosseto in sede di riunione del 17/11/2014, è stata svolta un'analisi dei possibili fenomeni di subsidenza indotta dalle azioni di pompaggio nell'area della piana.

Tale studio è presente all'interno dell'ALLEGATO II – APPENDICE III al presente progetto, per cui ad esso si rimanda per gli approfondimenti.

Di seguito si riportano comunque le sintesi dei risultati ottenuti dalle verifiche mediante modello

L'analisi dei cedimenti totali indotti è stata effettuata considerando la variazione di carico indotta nell'acquifero nel passaggio dalla situazione attuale alla situazione prevista con la configurazione di progetto della nuova barriera.

A tal fine è stata ricavata la distribuzione degli abbassamenti indotti in falda e, attraverso il modello sviluppato, è stata calcolata la distribuzione dei cedimenti indotti avendo assunto per il modulo edometrico il valore corrispondente alla mediana della distribuzione pari a 80 kg/cm^2 .

Il risultato del calcolo è stato quindi riportato sulla topografia per evidenziare la localizzazione degli abbassamenti indotti. L'analisi dei risultati mostra un cedimento totale massimo di 11,2 cm ed un **valore medio di 2,3 cm**.



Figura 65 - Distribuzione dei cedimenti totali (cm)

Dalla carta soprastante si può constatare che il cedimento massimo restituito dal modello si verifica in corrispondenza dei pozzi della barriera. All'interno dell'area industriale i cedimenti sono compresi tra 4 e 11 cm.

26.12 Integrazione della rete piezometrica esistente con piezometri di nuova realizzazione

Al fine di integrare la rete piezometrica esistente nell'area della piana di Scarlino, verranno realizzati una serie di piezometri utili ai seguenti fini:

- creare una griglia più razionalmente distribuita dal punto di vista spaziale, in quanto attualmente vi sono zone con presenza fitta di punti di monitoraggio, seguite da altre in cui la distribuzione è insufficiente o troppo distanziata, creando eccessive soluzioni di continuità, con conseguenti distorsioni della griglia di dati (grid);



- uniformare i dati chimici e freaticometrici attuali, evitando eccessive difformità nel numero di punti totali per ogni livello acquifero (es.: attualmente i punti di monitoraggio per la falda superficiale sono molto maggiori di quelli nella falda profonda);
- indagare aree e zone con carenza o assenza di dati.

Di seguito si riportano numero, ubicazione, modalità costruttive dei piezometri di nuova realizzazione.

26.12.1 Quantità e ubicazione dei piezometri

Le necessità sopra esposte hanno portato alla proposta di realizzazione di:

- i. n. 11 nuovi piezometri, intercettanti esclusivamente la falda superficiale 1a, realizzati indicativamente alla profondità di 10 metri da p.c.;
- ii. n. 14 nuovi piezometri, intercettanti esclusivamente la falda superficiale 1b, realizzati indicativamente alla profondità di 18 metri da p.c.;
- iii. n. 17 nuovi piezometri, intercettanti esclusivamente la falda profonda (falda 2), realizzati indicativamente alla profondità di 30 metri da p.c.

Pertanto verranno realizzati un totale di n. 42 piezometri.

L'ubicazione di detti piezometri è stata inserita in TAVOLA 8. Laddove possibile, è stato previsto di affiancare i piezometri di nuova realizzazione ad integrazione di quelli esistenti, in modo tale da creare dei cluster di 3 piezometri affiancati. Nei punti totalmente sprovvisti di piezometri su cui sono stati posizionati n° 3 punti di monitoraggio per falda 1a, 1b e 2, si intende che essi siano posti in opera con modalità cluster (1 cluster di 3 piezometri), in modo tale da facilitare anche le attività di prelievo dei campioni, migliorando la tempistica esecutiva dei campionamenti.

Tale criterio permetterà la verifica diretta delle eventuali differenze nel tenore di analiti tra i differenti livelli acquiferi indagati.

26.12.2 Modalità esecutive dei piezometri

I piezometri verranno realizzati mediante sonda di perforazione a carotaggio continuo a secco (diametro 101 mm), ossia senza circolazione di fluidi nelle aste di perforazione per evitare l'innescare di fenomeni di diffusione dell'eventuale inquinamento per dilavamento e/o percolazione.

Tale metodologia dovrà permettere la valutazione degli orizzonti stratigrafici sede dell'acquifero specifico da intercettare e, di conseguenza, quali livelli o zona isolare. Ciò in quanto i piezometri dovranno essere selettivamente fenestrati, evitando l'interconnessione tra livelli acquiferi differenti: i piezometri di falda 1a



dovranno intercettare esclusivamente il loro rispettivo acquifero, così come quelli relativi alla falda 1b e alla falda 2.

Le carote prelevate verranno alloggiare in cassette catalogatrici di materiale plastico atossico dotate di separatori interni su cui apporre, in maniera chiara ed indelebile, le informazioni relative a: (a) ubicazione del sito, (b) numero del sondaggio, (c) profondità dell'intervallo di carota contenuto nella cassetta. Le carote disposte nelle cassette catalogatrici verranno fotografate e per esse realizzato un log stratigrafico.

Una volta eseguiti i sondaggi si procederà ad installare una colonna di tubi in PVC atossica in spezzoni filettati da 1,5 m/cad, di diametro pari a 3 pollici, giuntando i diversi spezzoni a bocca foro.

L'attività di condizionamento del piezometro avverrà riempiendo l'intercapedine perforo tubazione in corrispondenza dei tratti filtranti con materiale di drenaggio costituito da ghiaia silicea calibrata di diametro 4/6 mm. Tale operazione si svolgerà sfilando progressivamente le aste di rivestimento. La sommità del dreno arriverà fino a circa 0,50 m sopra la sommità del tratto filtrante.

La costruzione dell'intercapedine verrà realizzata immettendo, dapprima, argilla bentonitica in pellets per uno spessore di 0,50 metri al di sopra del materiale drenante con funzione di separazione tra il dreno e la cementazione superiore. In corrispondenza del tratto di tubo cieco fino ad arrivare al piano di campagna, l'intercapedine sarà sigillata immettendo miscela cementizia (boiaccia) dalla superficie, portando a termine le operazioni in un'unica fase per evitare la formazione di superfici di discontinuità.

Il tubo di rivestimento verrà provvisto di tappo non lubrificato a vite. A seguito dell'installazione, sarà effettuata la verifica di assenze di ostruzioni o comunque di impedimenti al passaggio degli strumenti, inserendo per tutta la lunghezza del piezometro strumenti testimone di dimensioni comparabili agli strumenti da utilizzare in seguito per il campionamento delle acque.

Al termine della verifica di funzionalità verrà predisposta la fase di sviluppo del piezometro nell'intento di rimuovere il pannello di materiali fini che vengono a crearsi intorno al foro a seguito delle attività di perforazione, aumentare la permeabilità locale dell'acquifero ed ottenere una migliore portata specifica. Lo sviluppo dei piezometri sarà effettuato non prima di 48 ore dalla messa in opera delle cementazioni per consentire l'adeguato indurimento delle stesse.

26.13 Piano dei monitoraggi e dei controlli

Nel presente paragrafo si riportano i monitoraggi e i controlli previsti a seguito dell'avvio del sistema di bonifica sopra descritto.

Il piano dei monitoraggi comprende le verifiche previste per i 15 anni successivi all'attivazione del sistema di bonifica al fine di valutare gli effetti indotti dalla implementazione del barrieramento idraulico per falda. Sono infatti previsti monitoraggi chimici delle acque e monitoraggi freaticometrici.

Oltre a ciò, nel presente capitolo, si riportano anche i controlli previsti ai fini del corretto funzionamento dell'intero sistema di bonifica delle acque di falda.



26.13.1 Attività di controllo e manutenzione ordinaria

Per un corretto funzionamento dell'impianto è necessario effettuare periodicamente le seguenti operazioni di controllo e manutenzione:

- controllo delle portate delle pompe;
- regolazione delle portate;
- misura del livello della falda;
- controllo regolare funzionamento delle pompe;
- rilevamento del quantitativo di acqua trattata o prelevata;
- campionamento e analisi di controllo;
- campionamento e analisi acque in ingresso all'unità di trattamento;
- verifica dell'efficienza dei comandi elettrici e delle protezioni, interruttori magnetotermici e differenziali;
- verifica delle tenute idrauliche dell'impianto e del collettore di collegamento delle pompe installate nei pozzi barriera;

Dovrà essere predisposto un registro dei controlli in cui saranno riportate le operazioni effettuate e tutte le informazioni necessarie alla corretta gestione dell'impianto.

CONTROLLI IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO E UNITÀ DI TRATTAMENTO

Ogni pompa situata nei pozzi barriera deve essere regolata con la portata indicata. Una volta impostati i valori delle portate di progetto, occorre, periodicamente, controllare il regolare funzionamento di ogni pompa verificando la portata attraverso il conta litri posto sulla tubazione di mandata di ciascun pozzo.

I controlli da effettuare sugli impianti di trattamento acque sono quelli usuali già adottati sugli impianti esistenti.

26.13.2 monitoraggi sulle acque di falda

In relazione alle necessità di controllo periodico del chimismo e della freatimetria delle acque della zona della piana di Scarlino, di seguito si riporta una proposta di punti di monitoraggio, di parametri analitici da ricercare e di periodicità dei campionamenti.

Si propongono pertanto le seguenti attività da svolgere per il monitoraggio dell'efficienza ed efficacia del sistema di barrieramento:

- ANTE OPERAM, su rete piezometrica estesa (cfr. par. successivi e TAVOLA 8): n.1 campagna freatimetrica e di prelievo di campioni dalla ed avvio a determinazioni analitiche di laboratorio;
- IN CORSO D'OPERA, su rete piezometrica di controllo (cfr. par. successivi e TAVOLA 8):



- Esecuzione del rilievo freaticometrico a cadenza trimestrale;
 - Prelievo di campioni di acque sotterranee ed avvio a determinazioni analitiche di laboratorio a cadenza trimestrale;
 - Prelievo di n.1 campione di acque in ingresso proveniente dal sistema di barrieramento idraulico relativo alla falda 1a, a cadenza mensile per ognuno dei n.2 impianti (Nuova Solmine e Scarlino Energia);
 - Prelievo di n.1 campione di acque in ingresso proveniente dal sistema di barrieramento idraulico relativo alla falda b a cadenza mensile per ognuno dei n.2 impianti (Nuova Solmine e Scarlino Energia);
 - su rete piezometrica estesa (cfr. par. successivi e TAVOLA 8): campagna freaticometrica e di prelievo di campioni dalla ed avvio a determinazioni analitiche di laboratorio a cadenza annuale;
- Elaborazione di report semestrali con la sintesi delle attività svolte.

Secondo tale metodologia, verranno sempre effettuate:

- a cadenza mensile, il controllo chimico delle acque della barriera;
- a cadenza trimestrale il controllo freaticometrico e chimico di punti di controllo ordinario sulla piana di Scarlino;
- a cadenza annuale un controllo freaticometrico e chimico più approfondito su un numero più esteso di piezometri della piana.

Tali controlli verranno effettuati con la periodicità sopra descritta per i primi 5 anni di monitoraggi.

Al termine di ogni semestre verrà redatto un report contenente i risultati delle campagne di monitoraggio svolte, per un totale di n°10 report, corrispondenti ai 5 anni di monitoraggio.

Al termine del quinto anno di monitoraggi verrà redatto n°1 report conclusivo del quinquennio, contenente gli esiti analitici ottenuti nei 5 anni di monitoraggi, comprensivo di carte tematiche, relativi interconfronti e analisi dell'andamento dei trend di contaminazione.

In base ai risultati ottenuti, saranno pianificati cadenza e numerosità dei monitoraggi relativi ai successivi 10 anni ed eventuali ulteriori azioni.

PUNTI DI MONITORAGGIO CHIMICO E FREATICOMETRICO RETE PIEZOMETRICA

In base alla periodicità dei campionamenti sopra definita di seguito si riporta la suddivisione relativa ai piezometri di monitoraggio ordinario ed esteso:

1. rete di monitoraggio ordinario (trimestrale):
 - **Falda 1a:** 18 piezometri
 - **Falda 1b:** 18 piezometri



- **Falda 2:** 15 piezometri
2. rete di monitoraggio esteso (annuale):
- **Falda 1a:** 35 piezometri
 - **Falda 1b:** 33 piezometri
 - **Falda 2:** 27 piezometri
3. monitoraggio barrieramento idraulico (mensile):
- **Falda 1a:** 1 punto di presa prima dell'ingresso all'impianto di trattamento di Nuova Solmine
 - **Falda 1b:** 1 punto di presa prima dell'ingresso all'impianto di trattamento di Nuova Solmine
 - **Falda 1a:** 1 punto di presa prima dell'ingresso all'impianto di trattamento di Scarlino Energia
 - **Falda 1b:** 1 punto di presa prima dell'ingresso all'impianto di trattamento di Scarlino Energia

Per l'individuazione in planimetria dei piezometri di monitoraggio si rimanda alla TAVOLA 8, mentre per le loro coordinate e caratteristiche si rimanda all'ALLEGATO X (allegato informatico).

PARAMETRI DI MONITORAGGIO PROPOSTI

Nel presente paragrafo si riporta il set analitico previsto per i futuri monitoraggi in relazione ai parametri traccianti della contaminazione.

PARAMETRO	METODO	U.M.
pH	APAT CNR IRSA 2060 Man 29 2003	-
Temperatura	APAT CNR IRSA 2100 Man 29 2003	°C
Conducibilità	APAT CNR IRSA 2030 Man 29 2003	mS/cm
Potenziale Red-Ox	ASTM D1498 - 08	mV
Arsenico	EPA 6020A 2007	µg/l
Ferro	EPA 6020A 2007	µg/l
Manganese	EPA 6020A 2007	µg/l
Solfati	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	mg/l
Cloruri	APAT CNR IRSA 4020 Man 29 2003	mS/cm

Tabella 33. Tabella parametri di monitoraggio da ricercare delle acque di falda

I parametri proposti saranno ricercati nelle campagne succitate per i primi 5 anni di monitoraggio a partire dall'avvio della barriera. Successivamente potranno essere valutate eventuali modifiche di tali parametri.



Previamente alle operazioni di campionamento, da ognuno dei punti dovrà essere effettuato il rilevamento freaticometrico, finalizzato a valutare nel dettaglio l'area di cattura della barriera ed arricchire il set di dati a disposizione.

Al fine di ottenere dati significativi e non influenzati da possibili eventi meteorologici, il rilievo piezometrico sarà effettuato in un arco di tempo minimo (2-3 giorni) in modo da poter risultare rappresentativo della reale morfologia dei livelli acquiferi di interesse.

Tutte le misure di livello eseguite saranno riferite al bocca pozzo e saranno riportate su di un'apposita scheda con le eventuali annotazioni.

I rilievi effettuati verranno poi elaborati mediante il calcolo delle quote assolute dei livelli piezometrici in metri sul livello medio del mare, al fine della ricostruzione della morfologia piezometrica degli acquiferi di interesse.

PROTOCOLLO DI MONITORAGGIO DELL'INGRESSIONE DEL CUNEO SALINO

Come anticipato all'interno della sezione I di progetto (cfr. risposta a punto 1.7 sezione I, pag. 30), il presente paragrafo propone un protocollo finalizzato alla verifica periodica dell'eventuale ingressione del cuneo salino nelle acque di falda della piana. Ciò anche in relazione ai risultati ottenuti dalle elaborazioni del modello di trasporto relativamente alla condizione di intrusione salina (cfr. ALLEGATO II).

Attualmente, per la misura e la classificazione delle acque in base alla salinità, si utilizza la cosiddetta *Practical Salinity Scale – PSS-78* (Scala della Salinità Pratica) e adottata dal UNESCO/ICES/SCOR/IAPSO Joint Panel on Oceanographic Tables and Standards nel 1980.

La salinità pratica viene indicata con il simbolo **S** ed è definita in termini di rapporto tra la conducibilità elettrica del campione di acqua in esame alla temperatura di 15°C alla pressione di una atmosfera standard e la conducibilità elettrica di una soluzione di Cloruro di Potassio (KCl), nella quale la massa del KCl è pari a $32,4356 \times 10^{-3}$, nelle medesime condizioni di temperatura e pressione.

Come anticipato, il procedimento per il calcolo della salinità pratica si realizza attraverso il rapporto tra le conducibilità (K_t) del campione in esame e quella della soluzione di riferimento, misurate alla temperatura t :

$$K_t = \frac{K_t \text{ campione}}{K_t \text{ soluzione di riferimento}}$$

Il calcolo si svolge poi attraverso l'applicazione di una serie di formule empiriche che consentono quindi di ottenere un valore adimensionale della salinità pratica.

Di seguito si riporta tale procedimento, tratto dal *IRSA-CNR – Metodi Analitici per le Acque - Capitolo 2070*:

$$S = a_0 + a_1 K_t^{0.5} + a_2 K_t^1 + a_3 K_t^{1.5} + a_4 K_t^2 + a_5 K_t^{2.5} + \Delta S$$

Dove ΔS è dato dalle seguente equazione:



$$\Delta S = (b_0 + b_1 K_t^{0.5} + b_2 K_t^1 + b_3 K_t^{1.5} + b_4 K_t^2 + b_5 K_t^{2.5}) \cdot f(t)$$

Dove:

$$f(t) = \frac{(t - 15)}{[(1 + 0.0162(t - 15))]}$$

Se la misura viene effettuata alla temperatura di 15°C il termine ΔS risulta nullo.

Le costanti hanno i seguenti valori:

$$a_0 = 0.0080$$

$$a_1 = -0.1692$$

$$a_2 = 25.3851$$

$$a_3 = 14.0941$$

$$a_4 = -7.0261$$

$$a_5 = 2.7081$$

$$b_0 = 0.0005$$

$$b_1 = -0.0056$$

$$b_2 = -0.0066$$

$$b_3 = -0.0375$$

$$b_4 = 0.0636$$

$$b_5 = -0.0144$$

In oceanografia, la salinità (o alinità, termine che indica la salinità in oceanografia) viene solitamente espressa in **ppt** (sigla inglese per "parti per mille"); al contrario, in chimica analitica si usa esprimere la salinità in **mg/l** o **ppm** (parti per milione). Nel 1978 gli esperti in materia uniformarono l'utilizzo dell'unità di misura introducendo il **psu** (Practical Salinity Units) come unità di misura della salinità **S**, corrispondente al rapporto tra la conduttività di un campione di acqua di mare e quella di una soluzione standard di KCl formata da 32,4356 grammi di sale disciolti in 1 kg di soluzione a 15°C. I rapporti sono adimensionali e 35 psu equivalgono a 35 grammi di sale per litro di soluzione.

In base al valore di S ottenuto con il procedimento sopra riportato, è possibile effettuare una classificazione delle acque così come riportato nella tabella seguente:



Tabella 34 - classificazione acque in base alla salinità

SALINITÀ			
ACQUA DOLCE	ACQUA SALMASTRA	ACQUA SALATA	SALAMOIA
< 500 PPM	500-30 000 PPM	30 000-50 000 PPM	> 50 000 PPM
<0.5 PSU	0.5-30 PSU	30-50 PSU	> 50 PSU

Nel presente progetto è stato previsto di effettuare monitoraggi trimestrali su piezometri di nuova costruzione, quota parte dei quali è stata ubicata studiando una configurazione tale da poter individuare l'andamento spazio-temporale di un eventuale ingressione salina nella piana.

Si riporta di seguito uno stralcio della TAVOLA 8-A, dove sono riportati i punti di monitoraggio individuati sui quali controllare la salinità. I punti totali individuati sono n°9. Ogni punto è caratterizzato da una serie di tre piezometri che vanno ad intercettare rispettivamente la falda 1a (in verde), falda 1b (in rosso) e falda 2 (in azzurro). E' stata stabilita come area da indagare una fascia di larghezza pari a circa 1500 m a partire dalla linea di costa e parallela alla stessa, dove sono stati distribuiti in maniera omogenea i gruppi di tre piezometri. Tali piezometri nella figura seguente sono stati indicati in giallo.

Ulteriori tre gruppi di piezometri sono stati scelti su una fascia più interna, compresa tra 2000 e 3000 m dalla linea di costa, come ulteriore zona di controllo per la tutela dei vari livelli acquiferi dall'ingressione del cuneo salino (vengono evidenziati in violetto nello stralcio sotto riportato).

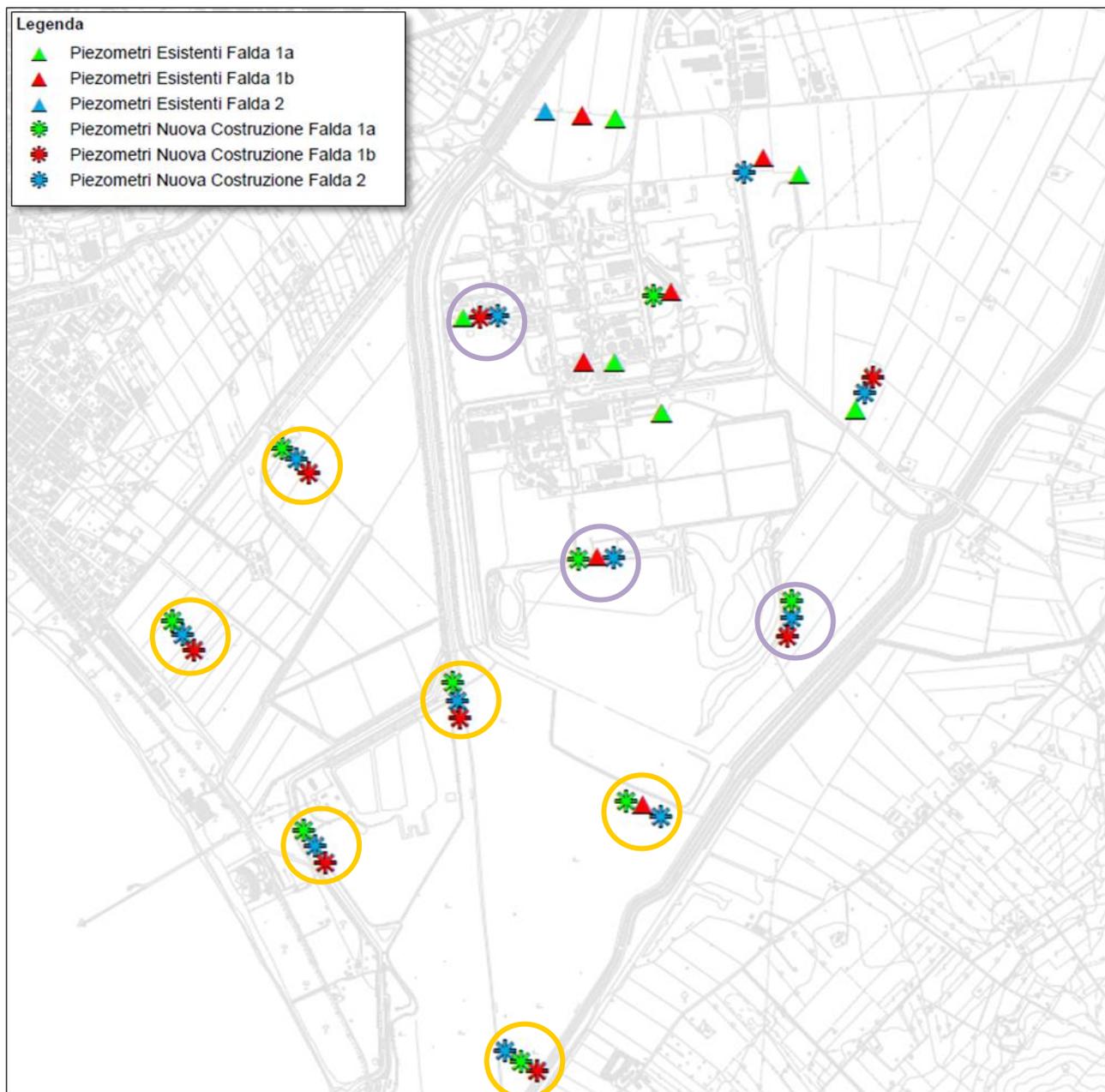


Figura 66 - stralcio della planimetria con l'indicazione dei punti di monitoraggio dell'ingressione del cuneo salino: come visibile dalla carta, ogni tripletta è costituita da n°1 piezometro per la falda 1a, n° 1 per la falda 1b e n° 1 per la falda 2.

I parametri che verranno trimestralmente monitorati ai fini del controllo della salinità e quindi del cuneo salino, sono i medesimi descritti nel paragrafo precedente, che per comodità di seguito riportiamo:

- Conducibilità;
- Temperatura;
- pH;
- potenziale Red-Ox.



Oltre a questi parametri, è previsto l'ulteriore monitoraggio dei seguenti analiti, utili alla determinazione della salinità e alla verifica dell'influenza di elementi naturalmente presenti nell'area:

- Cloruri;
- Solfati.

Sulle n° 9 triplette di piezometri di cui sopra sarà quindi determinato il parametro **salinità**, la cui metodica analitica è riportata nella tabella seguente:

Tabella 35. Metodica analitica per la misura della salinità, con cadenza trimestrale, sui punti individuati alla figura 58.

PARAMETRO	METODO	U.M.
Salinità (da calcolo)	APAT CNR IRSA 2070 Man 29 2003	psu

I monitoraggi di cui sopra verranno avviati prima della messa in funzione delle barriere idrauliche, in modo tale da avere dei termini di confronto tra i dati ante-operam e le serie di dati prelevati in corso d'opera. Preme comunque sottolineare che, vista la complessità del sistema idrogeologico dell'area della piana, non è attualmente possibile stimare se ed in che termini le barriere idrauliche potranno influire sul fenomeno dell'ingressione salina in falda prima che queste vengano messe in esercizio.

Per tale ragione risulterà di fondamentale importanza l'esecuzione periodica dei monitoraggi qui proposti.

Detto ciò, tenuto conto dei valori di salinità di cui alla tabella soprastante (tabella 4), al fine di stabilire un criterio per la stima dell'eventuale avanzamento del cuneo salino vista l'attuale assenza di valori ante-operam, si propone il protocollo operativo seguente:

1. esecuzione di n°2 campagne ANTE OPERAM a cadenza trimestrale di monitoraggio delle triplette di pozzi sopra indicate (cfr. figura soprastante, nonché TAVOLA 8); tali campagne avranno il compito di fissare il cosiddetto "punto zero", e dovranno essere svolte preferibilmente in due trimestri contigui, differenti tra loro per condizioni di ricarica e prelievi (es.: trimestre luglio-agosto-settembre, e trimestre ottobre-novembre-dicembre);
2. calcolo dei valori di salinità per le falde 1a, 1b e 2 per le n.2 campagne di cui al punto precedente;
3. avvio del sistema di barrieramento idraulico;
4. imposizione di un valore soglia di attenzione, corrispondente a un incremento puntuale pari al 50% dei valori riscontrati nei singoli pozzi di monitoraggio nella fase ANTE OPERAM (es.: se nell'ante operam si è riscontrata una salinità nel pozzo X pari a 0,5 psu, il valore soglia di attenzione è fissato in 0,75 psu);
5. costruzione di una tabella che riporta i valori soglia per singolo pozzo;



6. avvio dei monitoraggi in corso d'opera (comprensivi dei previsti monitoraggi della salinità);
7. all'eventuale riscontro del superamento delle rispettive soglie su uno o più punti, avvio di una verifica di dettaglio sulle depressioni indotte dai pozzi barriera, eventuali campagne ad hoc per la verifica della salinità su punti scelti, controllo dell'eventuale ulteriore aumento del tenore di salinità;
8. nel caso in cui si verificano tutte le condizioni di cui al punto precedente, successiva elaborazione e messa in atto di azioni correttive (ad es.: rimodulazione portate di pompaggio da pozzi barriera).

REPORT DEI MONITORAGGI

Con cadenza semestrale saranno elaborati e consegnati agli enti di controllo appositi report di sintesi delle attività di monitoraggio svolte.

Tali report conterranno almeno la seguente documentazione:

- Descrizione delle attività di campionamento effettuate;
- Tabelle di sintesi dei dati chimici e freaticometrici;
- Elaborazione dei dati freaticometrici e restituzione di mappe freaticometriche;
- Elaborazione di trend dei parametri chimici significativi mediante grafici;
- Elaborazione di mappe di isoconcentrazione dei parametri chimici significativi.

26.14 Gestione dei rifiuti prodotti dalle attività di cantiere

Il materiale di risulta dalle attività realizzazione delle opere di bonifica sarà stoccato all'interno dell'area di cantiere (individuata in ALLEGATO IV) e sottoposto a caratterizzazione per accertarne le modalità gestionali prima dell'avvio del rifiuto ad impianto, come prescritto dalle vigenti norme in materia.

In particolare si prevede la caratterizzazione e lo smaltimento di:

- acque di spurgo dai pozzi di nuova costruzione
- materiali terrigeni di risulta dalle perforazioni
- cassette catalogatrici

Questi saranno gestiti secondo le modalità di seguito descritte.

26.14.1 Materiali terrigeni di risulta dalle operazioni di perforazione

Questi potranno essere gestiti – in relazione ai risultati delle risultanze analitiche di seguito dettagliate – come rifiuti speciali non pericolosi o pericolosi codificabili come 17.05.04 (terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 170503) o come 17.05.03* (terra e rocce, contenenti sostanze pericolose). Le carote, inizialmente stoccate all'interno di apposite cassette catalogatrici, così come eventuali altri materiali terrigeni di risulta dalle perforazioni, saranno trasferite in big bags stoccati nell'area di deposito centrale (cfr. Figura



37) e, da qui, si provvederà ad effettuare un campione medio composito da sottoporre alle determinazioni analitiche seguenti:

- caratterizzazione del rifiuto ai sensi del D.Lgs. 152/06;
- verifica dell'ammissibilità in discarica ai sensi del DM 27/9/2010.

In relazione alle determinazioni analitiche i rifiuti saranno avviati – accompagnati da FIR – ad impianto per lo smaltimento dei rifiuti ai sensi delle norme vigenti.

In relazione a una ipotetica produzione stimata in base al numero, diametro e profondità dei piezometri/pozzi, si prevede la formazione di n.1 campione medio della totalità dei materiali prodotti.

26.14.2 Acque di spurgo dai pozzi e piezometri ambientali

Queste saranno gestite – in relazione ai risultati delle analisi – come rifiuti speciali non pericolosi o pericolosi codificabili come 19.13.08 (rifiuti liquidi acquosi e concentrati acquosi prodotti dalle operazioni di risanamento delle acque di falda, non pericolose) o come 19.13.07* (rifiuti solidi prodotti dalle operazioni di bonifica dei terreni, contenenti sostanze pericolose).

Le acque di spurgo saranno raccolte in bulk della capienza massima di 1 mc e stoccate nella rispettiva area dedicata all'interno del cantiere, dopodiché si provvederà ad effettuare un campione medio composito da sottoporre alle determinazioni analitiche seguenti:

- caratterizzazione del rifiuto ai sensi del D.Lgs. 152/06;
- verifica dell'ammissibilità in discarica ai sensi del DM 27/9/2010.

A seguito dell'ottenimento delle risultanze analitiche di laboratorio, le acque verranno avviate a conferimento presso l'impianto di trattamento di Scarlino Energia.

L'impianto di Scarlino Energia risulta infatti autorizzato a ricevere sia il codice CER 19.13.07* che il codice 19.13.08 (aut. Det. Dir. N° 2988 del 24/10/2012).

26.14.3 Casette catalogatrici

Queste potranno essere gestite – in relazione ai risultati delle risultanze analitiche di seguito dettagliate – come rifiuti speciali non pericolosi o pericolosi codificabili come 17.02.03 (plastica) o 17.02.04* (vetro, plastica e legno contenenti sostanze pericolose o da esse contaminati), a seguito delle seguenti determinazioni di laboratorio:

- caratterizzazione del rifiuto ai sensi del D.Lgs. 152/06;
- verifica dell'ammissibilità in discarica ai sensi del DM 27/9/2010.

In relazione alle determinazioni analitiche i rifiuti saranno avviati – accompagnati da FIR – ad impianto per lo smaltimento dei rifiuti ai sensi delle norme vigenti.



26.15 Accortezze in fase di cantiere

In considerazione dell'ubicazione del sito, delle sue caratteristiche specifiche, del contesto ambientale entro cui è inserito, si sottolinea che dovrà essere posta particolare cura nella minimizzazione dell'impatto ambientale generato dalle attività di cantiere.

In particolare, dovrà essere posta cura nei seguenti aspetti:

- ✓ minimizzazione/limitazione dei rumori;
- ✓ controllo polveri (ad es. mediante l'aspersione manuale con getti d'acqua dei mezzi in ingresso e uscita dal cantiere o durante le operazioni movimentazione residui di perforazione, qualora le condizioni meteorologiche lo rendessero necessario);
- ✓ attenzione nelle manovre in prossimità degli alberi ad alto fusto e/o di tralicci/pali, al fine di evitarne possibili urti e conseguenti danneggiamenti;
- ✓ controllo delle interferenze: verifica della compatibilità nella conduzione del cantiere con le attività industriali e/o agricole.

26.16 Logistica degli interventi

Nel presente paragrafo vengono fornite le indicazioni necessarie alla modalità di esecuzione delle attività in termini di personale, mezzi d'opera e relative produttività; approvvigionamento e gestione dei materiali in ingresso al cantiere e dei materiali di riutilizzo nonché sistemi di contenimento di polveri e rumore.

26.16.1 Personale e mezzi d'opera

Per lo svolgimento delle attività descritte nel presente progetto verranno utilizzati i mezzi d'opera e il personale specializzato di seguito elencato:

- mini-escavatore gommato;
- sonde per costruzione pozzi
- personale addetto alla conduzione e gestione dei mezzi;
- personale specializzato a terra per la costruzione pozzi, manutenzione del cantiere e realizzazione collegamenti idraulici ed elettrici

26.16.2 Approvvigionamento e gestione materiali in ingresso

Per la realizzazione degli interventi previsti saranno necessari i seguenti materiali:

- tubazioni in PVC (pozzi);
- tubazioni in PE (rete collegamento);
- valvolame, contaltri, rubinetti di presa e raccordi vari;
- materiale elettrico vario (quadri, cavi, sonde, etc.)
- elettropompe sommerse



26.16.3 Produttività

Data la modesta entità delle lavorazioni (costruzione barriera idraulica, sistema di collegamento e nuovi piezometri di controllo) si rimanda alla stima delle tempistiche lavorative riportata in ALLEGATO VIII.

Secondo una prima stima di massima, si considera per la realizzazione dell'intero intervento un tempo necessario di circa 6 mesi lavorativi, a meno di imprevisti geologici che potranno eventualmente essere riscontrati in fase di perforazione, e che dovranno essere valutati caso per caso.

26.16.4 Sistemi di contenimento delle emissioni: rumore, polvere

Anche se la natura stessa delle lavorazioni si presume possa determinare una produzione irrisoria di polveri, durante le lavorazioni sarà comunque posta attenzione al contenimento delle eventuali particelle aerodisperse.

Per la matrice ambientale rumore non si ritiene necessario predisporre particolari interventi mitigatori volti a limitare le normali emissioni sonore dei mezzi d'opera, anche se la stessa D.L. potrà eventualmente richiedere all'impresa una valutazione previsionale di impatto acustico redatta da tecnico qualificato grazie alla quale sarà possibile individuare la necessità o meno di una richiesta di deroga per il superamento dei valori di immissione di rumore nell'ambiente circostante.



26.17 Ulteriori interventi di prevenzione/protezione da attuare nell'area della Piana di Scarlino

Il presente paragrafo raggruppa le ulteriori azioni da intraprendere contestualmente alla realizzazione dell'intervento di bonifica vero e proprio (messa in opera del sistema di barrieramento idraulico). Tali interventi sono tecnicamente e progettualmente separati rispetto alla costruzione del sistema di barrieramento idraulico e sua relativa rete di monitoraggio ma, come d'altra parte richiesto proprio dagli enti di controllo in sede di Conferenza dei Servizi del 29/4/2014, dovranno essere attuati parallelamente ai lavori di costruzione di detto barrieramento, in modo tale da poter intervenire direttamente per la gestione delle criticità riscontrate sull'area della piana contemporaneamente su più fronti.

Entrando nello specifico, di seguito si riportano tali attività, considerate di prevenzione e protezione sia del comparto acque sotterranee che dei bersagli ambientali e umani ivi presenti:

1. chiusura mineraria pozzi loc. La Botte;
2. censimento di dettaglio dei pozzi della piana a scopo industriale ed irriguo;
3. esecuzione di video ispezione dei pozzi con assenza di caratteristiche costruttive
4. chiusura pozzi con caratteristiche non idonee;
5. ricostruzione pozzi con nuovi criteri di idoneità.

Si chiarisce che le attività qui elencate sono da eseguire cronologicamente dalla prima alla quinta, in quanto legate una all'altra.

Quota parte di tali attività, proprio poiché sono legate cronologicamente una all'altra, non possono essere effettivamente quantificate in questa fase, ma si potrà calcolarne l'effettivo "peso" soltanto dopo la realizzazione del primo degli interventi qui di seguito descritti.

Di seguito si passa all'esame dettagliato di quanto sopra elencato.

26.17.1 Chiusura mineraria pozzi loc. La Botte

Già oggetto in passato di ordinanza che obbligava all'interruzione dei pompaggi, su tali pozzi, ubicati all'interno dell'area produttiva denominata La Botte, sarà effettuata la chiusura mineraria al fine di evitare il protrarsi di condizioni che potrebbero aver portato al contatto tra livelli acquiferi separati, con conseguenti possibili fenomeni di *cross-contamination*.

26.17.2 Censimento di dettaglio di tutti i pozzi presenti nella piana utilizzati a scopo industriale ed irriguo

Il censimento di dettaglio permetterà di avere un quadro completo relativo ai pozzi presenti nella piana, in modo tale da poter realizzare gli interventi delle fasi successive.

L'attività dovrà prevedere una parte di ricerca e collezione di tutti i dati storici reperibili, seguita da una serie di attività di campo, tra cui:



- rilievi fotografici;
- posizionamento pozzi censiti su base cartografica e/o ortofotocarta, se non segnalati;
- collezione eventuali caratteristiche costruttive, analisi svolte, notizie e dati relativi ad essi;
- prima integrazione del database di cui alla fase I;
- segnalazione numero e portata dei pozzi in pompaggio.

I risultati ottenuti da tale censimento saranno di fondamentale importanza sia per comprendere l'eventuale presenza e importanza del fenomeno della cross-contamination, che per avere un quadro più completo delle portate effettivamente estratte.

26.17.3 Esecuzione di video ispezione pozzi

Tale attività verrà effettuata sulla scorta delle informazioni, reperite nella fase precedentemente descritta, sui pozzi di cui non risultano note le caratteristiche costruttive. Questo poiché potrebbero risultare veicoli della contaminazione dai livelli acquiferi superficiali verso quelli profondi. Una volta realizzata la soprastante attività di censimento, la video ispezione sarà mirata a raccogliere tutti i dati utili possibili relativi alle caratteristiche costruttive di quelli senza informazioni pregresse. Ciò sarà di fondamentale importanza sia per l'integrazione di questi all'interno del database realizzato con il presente progetto, sia per lo sviluppo delle attività successive.

26.17.4 Individuazione e chiusura mineraria dei pozzi con caratteristiche costruttive non idonee

Una volta individuati i pozzi con caratteristiche non idonee (es.: pozzi con interconnessione tra le falde mediante fenestrature non selettive realizzate in passato), e quelli per i quali è stata in passato emessa Ordinanza Sindacale di arresto dei pompaggi, dovrà esserne predisposta e portata a termine la loro chiusura mineraria, al fine di evitare il perpetrarsi nel tempo di possibili criticità, tra cui il fatto principale per cui potrebbero costituire veicoli della contaminazione dai livelli acquiferi superficiali verso quelli profondi.

Tale attività risulterà fondamentale al fine di arrestare gli eventuali processi di *cross-contamination*, e potrà verosimilmente costituire una miglioria dell'intervento di bonifica.

26.17.5 Realizzazione di nuovi pozzi con criteri che permettano la separazione certa dei differenti livelli acquiferi intercettati

Nel caso in cui la chiusura mineraria dei pozzi di cui sopra crei una situazione di criticità (es. chiusura di un pozzo necessario per l'irrigazione agricola), al fine di evitare di procurare un danno alle attività che sfruttavano tali pozzi (es. attività agricole o industriali), ne saranno realizzati di nuovi, in sostituzione di quelli appena chiusi, adottando criteri stringenti che garantiscano la separazione dei livelli acquiferi.



27. FASE II: LINEE GENERALI

Il presente capitolo propone una serie attività, cronologicamente conseguenti agli interventi descritti nei capitoli precedenti (fase I) da realizzarsi nel medio-lungo periodo, mirate al miglioramento delle condizioni idrogeochimiche delle acque della piana di Scarlino.

Tali attività dovranno essere oggetto di un ulteriore step progettuale di dettaglio (es.: "progetto operativo di bonifica - fase II"), che potrebbe essere realizzato sia parallelamente alla realizzazione delle attività di cui alla fase I, oppure potrebbe avvalersi proprio dei dati e dei monitoraggi messi in opera in tale prima fase per poter calibrare meglio gli interventi in progetto.

Rimandando qualsiasi dettaglio allo sviluppo futuro di tale fase progettuale, di seguito si fornisce comunque una sintesi delle azioni a medio/lungo termine che appare importante intraprendere.

27.1 Aggiornamento/calibrazione dei modelli di flusso e trasporto

Tenendo conto dei risultati delle nuove campagne di monitoraggio della falda (ante operam e in corso d'opera) potranno essere aggiornati e calibrati sia il modello idrogeologico di flusso che, soprattutto, il modello di trasporto.

Ciò potrà incrementare sia la precisione dei suddetti modelli, e quindi permettere la comprensione con maggior grado di dettaglio degli effetti dei pompaggi in termini di depressioni indotte e di evoluzione della contaminazione nell'area della piana di Scarlino.

27.2 Realizzazione di eventuali interventi di accelerazione dei processi di bonifica della falda – eventuale rimodulazione degli interventi di bonifica

In base ai risultati delle nuove campagne di monitoraggio idrochimico, potranno eventualmente essere progettati i seguenti interventi:

- risanamento della falda 2 (se verificata la necessità) mediante azioni correttive e/o implementazione di tecnologie ad hoc (es.: sistema di pump&treat mirato alla sola falda 2, eventualmente localizzato in punti critici);
- integrazione della barriera di cui alla fase I (mediante nuovi pozzi, collettati alla barriera esistente);
- incremento della resa del sistema di pump&treat posto in essere nella fase I, mediante l'aggiunta di nuovi stadi all'unità di trattamento, o incremento delle portate di pompaggio, o redistribuzione entro la rete in essere;
- accelerazione dei processi di bonifica mediante l'implementazione di una o più tecnologie a supporto di quella in opera, come ad esempio l'individuazione e l'utilizzo di una rete di pozzi (esistenti o da realizzare ad hoc) di iniezione di composti acceleratori dei processi di degradazione dei contaminanti in falda. Tali processi potranno essere previamente oggetto di prove e test pilota sia di laboratorio che direttamente su campo a scala ridotta.



27.3 Ulteriore eventuale gestione dell'ingressione del cuneo salino

In relazione ai dati ricavati in fase I, si potranno prevedere azioni mitigatrici o con effetto di regressione del cuneo salino, sia sulla falda 1 che sulla 2. Tali azioni potrebbero, in prima istanza configurarsi come una o più delle seguenti:

- realizzazione di una barriera di reimmissione acque trattate in falda, a valle idrogeologica delle opere di captazione;
- riduzione delle portate di pompaggio dei pozzi ad uso industriale e/o irriguo;
- rimodulazione delle portate dei pozzi in pompaggio, inclusi quelli della barriera di nuova realizzazione.

La scelta relativa alla eventuale messa in opera di tali azioni dovrà comunque essere valutata almeno a valle del primo anno di monitoraggio delle acque sotterranee, in modo tale da poterle calibrare azioni in modo più preciso e mirato in rapporto ai risultati ottenuti nel corso dei monitoraggi stessi, che potrebbero comunque mostrare risultati che necessitino azioni più complesse, sia dal punto di vista progettuale che operativo. In tale ottica è stata pensata la presente progettazione per fasi che, come detto, consente la modulazione in corso d'opera degli interventi volti al risanamento del comparto acque sotterranee e, in questo caso specifico, il controllo dell'eventuale ingressione del cuneo salino.



BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- Studi Arpat di Grosseto (2001);
- Studio Tiezzi dell'Università di Siena commissionato dal Comune di Scarlino (2002);
- G. Tanelli et al. – “Studio della dispersione dell'Arsenico nella piana di Scarlino (GR)” – Convenzione Regione Toscana - ARPAT – UNIFI/DST (2003);
- G. Tanelli et al. – “Approfondimento dello studio inerente la diffusione dell'arsenico nel bacino del Fiume Pecora e zone limitrofe” – Convenzione Regione Toscana - ARPAT – UNIFI/DST (2005);
- Barazzuoli, Bianchi, Nocchi, Rigati, Salleolini – “Studio idrogeologico della pianura costiera di Follonica-Scarlino (Toscana meridionale)” – Quaderni di Geologia Applicata 13.1-2 (2006);
- G.Sbrilli, G. Giannerini, A.Biondi – “Proposta di indagine delle falde sotterranee nell'area del Casone di Scarlino” – ARPAT (2007);
- G. Tanelli et al. – “Caratterizzazione geoambientale degli acquiferi e dei sedimenti neogenici nella Piana di Scarlino” – Convenzione Regione Toscana - ARPAT – UNIFI/DST (2008);
- E. Bacci, S. Caneschi – Sito GR72 – San Martino, Linee di indirizzo per la bonifica dell'Arsenico presente nell'acquifero di media profondità – ARPAT (2009);
- A. Donati, A. Biondi – “Studio dei traccianti della contaminazione delle acque di falda della Piana di Scarlino - Relazione Conclusiva” (aprile 2011);
- D. Giannerini, S. Menichetti, G. Sbrilli – “Definizione dei Valori di Fondo per alcuni parametri nelle Acque Sotterranee dei Siti in Bonifica della Pianura di Scarlino, Grosseto (2003-21012)” (Gennaio 2014);
- Piano Provinciale di bonifica delle aree inquinate della Provincia di Grosseto (2006);
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale, Provincia di Grosseto (2010);
- Portale SIRA/SISBON – ARPAT (<http://sira.arpato.toscana.it/>)
- Statistical analysis of groundwater monitoring data at RCRA facilities - Unified Guidance - EPA marzo 2009