

# PERMESSO DI RICERCA DI RISORSE GEOTERMICHE FINALIZZATO ALLA SPERIMENTAZIONE DI UN IMPIANTO PILOTA DENOMINATO "LUCIGNANO"

COMUNE DI RADICONDOLI – PROVINCIA DI SIENA

PROPONENTE:

Lucignano Pilot Project S.r.l



## PROGETTO DEFINITIVO

NUMERO ELABORATO:

**LCG-RP01-V00**

TITOLO:

**RELAZIONE DI PROGETTO**

DATA:

Luglio 2015

PROGETTISTI:

**RENEWEM S.r.l**

Via Norvegia n° 68 - 56021 Cascina (PI) - ITALIA

UFFICI:

Lucignano Pilot Project srl  
Via Norvegia n° 68 - 56021 Cascina (PI) - ITALIA  
tel. 0039 050 6205317 fax. 0039 050 0987814

### REVISIONE

DATA		NOTE	
REV.1			
REV.2			
REV.3			



# **PERMESSO DI RICERCA DI RISORSE GEOTERMICHE FINALIZZATO ALLA SPERIMENTAZIONE DI UN IMPIANTO PILOTA DENOMINATO “LUCIGNANO”**

COMUNE DI RADICONOLI – PROVINCIA DI SIENA

**PROCEDURA DI VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE**

## **RELAZIONE DI PROGETTO**

**RENEWEM S.R.L.**

*Direzione e coordinamento:*

Dott. S. Paloni

*Gruppo di lavoro:*

Dott. W. Luperini

Dott. F. Martini

Dott.ssa N. Pasqualoni

Dott. N. Sannino

## SOMMARIO

<b>PREMESSA .....</b>	<b>1</b>
<b>1 IL PROGETTO PILOTA “LUCIGNANO” .....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 AREA DEL PERMESSO DI RICERCA .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 CARATTERISTICHE DEL TERRITORIO INTERESSATO DAL PROGETTO .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 CARATTERISTICHE GEOTERMICHE DELL’AREA .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3.1 Modello concettuale del serbatoio .....</b>	<b>10</b>
<b>1.4 MOTIVAZIONI E FATTIBILITÀ DEL PROGETTO .....</b>	<b>11</b>
<b>1.5 ARCHITETTURA DI PROGETTO .....</b>	<b>14</b>
<b>1.6 ATTIVITÀ DI SPERIMENTAZIONE.....</b>	<b>14</b>
<b>1.7 REQUISITI E VINCOLI.....</b>	<b>15</b>
<b>1.8 LAYOUT DI PROGETTO .....</b>	<b>16</b>
<b>1.9 FASI OPERATIVE.....</b>	<b>16</b>
<b>1.10 PROSPEZIONI DI DETTAGLIO .....</b>	<b>17</b>
<b>1.10.1 Rilievo sismico a riflessione 2D.....</b>	<b>18</b>
<b>1.10.2 Rilievo magnetotellurico.....</b>	<b>20</b>
<b>2 OPERE IN PROGETTO.....</b>	<b>24</b>
<b>2.1 CENTRALE GEOTERMoeLETTRICA .....</b>	<b>24</b>
<b>2.1.1 Tecnologia e parametri di progetto .....</b>	<b>24</b>
<b>2.1.2 Caratteristiche dell’impianto .....</b>	<b>26</b>
<b>2.1.3 Sistemi ausiliari.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1.4 Ubicazione e dimensioni dell’impianto .....</b>	<b>30</b>
2.1.4.1 Ubicazione dell’impianto.....	30
2.1.4.2 Dimensioni dell’impianto.....	33
<b>2.1.5 Test, sperimentazione ed esercizio dell’impianto.....</b>	<b>35</b>
<b>2.2 POLO DI PRODUZIONE E DI REINIEZIONE.....</b>	<b>35</b>
<b>2.2.1 Criteri di ubicazione .....</b>	<b>35</b>
<b>2.2.2 Stato di progetto.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2.3 Polo di produzione .....</b>	<b>39</b>
<b>2.2.4 Polo di reiniezione.....</b>	<b>43</b>
<b>2.3 RETE DI TRASPORTO DEI FLUIDI.....</b>	<b>46</b>
<b>2.3.1 Caratteristiche tecniche .....</b>	<b>48</b>
<b>2.4 ELETTRDOTTO.....</b>	<b>49</b>

<b>2.5</b>	<b>ATTIVITÀ DI SPERIMENTAZIONE.....</b>	<b>51</b>
2.5.1	<i>Scelta dei fluidi di lavoro.....</i>	<i>51</i>
2.5.2	<i>Ottimizzazione del rendimento termico .....</i>	<i>52</i>
2.5.3	<i>Ottimizzazione del circuito produzione-reiniezione.....</i>	<i>52</i>
2.5.4	<i>Ottimizzazione dei parametri progettuali dell'impianto.....</i>	<i>53</i>
<b>3</b>	<b>REALIZZAZIONE DELLE OPERE .....</b>	<b>54</b>
<b>3.1</b>	<b>CANTIERIZZAZIONE CENTRALE GEOTERMoeLETTRICA.....</b>	<b>54</b>
3.1.1	<i>Preparazione dell'area.....</i>	<i>54</i>
3.1.2	<i>Allestimento cantiere edile .....</i>	<i>55</i>
3.1.3	<i>Lavorazioni di cantiere .....</i>	<i>55</i>
3.1.4	<i>Materiali e macchinari utilizzati.....</i>	<i>55</i>
3.1.5	<i>Servizi generali.....</i>	<i>57</i>
3.1.6	<i>Movimentazione terra .....</i>	<i>58</i>
3.1.7	<i>Massicciata del piazzale.....</i>	<i>59</i>
3.1.8	<i>Opere in cemento armato .....</i>	<i>60</i>
3.1.9	<i>Aree impermeabilizzate.....</i>	<i>61</i>
3.1.10	<i>Sistema di regimazione idrica.....</i>	<i>61</i>
3.1.10.1	<i>Vasca di prima pioggia .....</i>	<i>63</i>
3.1.11	<i>Recinzione piazzale.....</i>	<i>64</i>
3.1.12	<i>Sottoservizi .....</i>	<i>64</i>
3.1.13	<i>Interventi sulla viabilità.....</i>	<i>64</i>
3.1.14	<i>Trasporto e montaggio dell'impianto ORC.....</i>	<i>65</i>
<b>3.2</b>	<b>CANTIERIZZAZIONE POLO DI PRODUZIONE .....</b>	<b>65</b>
3.2.1	<i>Programma dei lavori par la postazione di perforazione LUCIGNANO 1.....</i>	<i>65</i>
3.2.2	<i>Cantierizzazione.....</i>	<i>66</i>
3.2.2.1	<i>Preparazione dell'area della piazzola di perforazione.....</i>	<i>66</i>
3.2.2.1.1	<i>Allestimento cantiere edile.....</i>	<i>67</i>
3.2.2.1.1.1	<i>Lavorazioni di cantiere .....</i>	<i>67</i>
3.2.2.1.1.2	<i>Materiali e macchinari utilizzati .....</i>	<i>68</i>
3.2.2.1.1.3	<i>Servizi generali .....</i>	<i>70</i>
3.2.2.2	<i>Movimentazione terra .....</i>	<i>70</i>
3.2.2.3	<i>Massicciata piazzale di perforazione .....</i>	<i>71</i>
3.2.2.4	<i>Opere in cemento armato .....</i>	<i>72</i>
3.2.2.5	<i>Aree impermeabilizzate.....</i>	<i>75</i>

3.2.2.6	Sistema di regimazione idrica.....	75
3.2.2.7	Recinzione piazzale.....	77
3.2.2.8	Sottoservizi.....	78
<b>3.2.3</b>	<b><i>Interventi sulla viabilità .....</i></b>	<b>78</b>
<b>3.3</b>	<b>CANTIERIZZAZIONE POLO DI REINIEZIONE.....</b>	<b>80</b>
<b>3.3.1</b>	<b><i>Programma dei lavori par la postazione di perforazione LUCIGNANO 2.....</i></b>	<b>80</b>
<b>3.3.2</b>	<b><i>Cantierizzazione.....</i></b>	<b>81</b>
3.3.2.1	Preparazione dell'area della piazzola di perforazione.....	81
3.3.2.1.1	Allestimento cantiere edile.....	82
3.3.2.1.1.1	Lavorazioni di cantiere .....	82
3.3.2.1.1.2	Materiali e macchinari utilizzati .....	82
3.3.2.1.1.3	Servizi generali .....	84
3.3.2.2	Movimentazione terra .....	85
3.3.2.3	Massicciata piazzale di perforazione .....	86
3.3.2.4	Opere in cemento armato .....	87
3.3.2.5	Aree impermeabilizzate.....	89
3.3.2.6	Sistema di regimazione idrica.....	90
3.3.2.7	Recinzione piazzale.....	92
3.3.2.8	Sottoservizi.....	92
<b>3.3.3</b>	<b><i>Interventi sulla viabilità .....</i></b>	<b>93</b>
<b>3.4</b>	<b>CANTIERIZZAZIONE RETE DI TRASPORTO DEI FLUIDI .....</b>	<b>94</b>
<b>3.4.1</b>	<b><i>Preparazione delle aree di lavoro.....</i></b>	<b>95</b>
3.4.1.1	Allestimento cantiere edile.....	95
3.4.1.2	Lavorazioni di cantiere.....	96
3.4.1.3	Materiali e macchinari utilizzati .....	97
3.4.1.4	Servizi generali .....	98
3.4.1.5	Movimentazione terra .....	99
3.4.1.6	Opere civili.....	99
<b>3.4.2</b>	<b><i>Montaggio delle linee.....</i></b>	<b>100</b>
<b>3.4.3</b>	<b><i>Interventi sulla viabilità .....</i></b>	<b>100</b>
<b>3.5</b>	<b>PERFORAZIONE DEI POZZI .....</b>	<b>101</b>
<b>3.5.1</b>	<b><i>Postazione di perforazione Lucignano 1 .....</i></b>	<b>101</b>
<b>3.5.2</b>	<b><i>Postazione di perforazione Lucignano 2 .....</i></b>	<b>103</b>
<b>3.5.3</b>	<b><i>Attività e tecnologie di perforazione.....</i></b>	<b>104</b>
<b>3.5.4</b>	<b><i>Le attività di perforazione.....</i></b>	<b>104</b>

<b>3.5.5</b>	<b><i>Tecnologie di perforazione.....</i></b>	<b>105</b>
3.5.5.1	Impianto di perforazione .....	105
3.5.5.2	Fluidi di perforazione .....	108
3.5.5.3	Casing.....	110
3.5.5.4	Testa pozzo.....	110
<b>3.5.6</b>	<b><i>Sistemi di sicurezza .....</i></b>	<b>111</b>
3.5.6.1	Blow Out Preventers (BOP) .....	111
3.5.6.2	Sistema di rilevazione di gas.....	112
3.5.6.3	Tecniche di tubaggio e protezione delle falde idriche.....	113
<b>3.5.7</b>	<b><i>L'impianto di perforazione utilizzato: Caratteristiche e layout.....</i></b>	<b>114</b>
<b>3.5.8</b>	<b><i>Programma di perforazione.....</i></b>	<b>117</b>
3.5.8.1	Obiettivi minerari .....	117
3.5.8.2	Profilo stratigrafico e tecnico .....	118
3.5.8.3	Misure in pozzo .....	122
3.5.8.4	Carotaggi.....	122
3.5.8.5	Campionamento cuttings .....	122
3.5.8.6	Fluidi di formazione .....	122
3.5.8.7	Controllo delle manifestazioni.....	122
3.5.8.8	Logs e test in pozzo .....	122
3.5.8.8.1	Logs per la cementazione/casing .....	122
3.5.8.8.2	Logs geofisici.....	123
3.5.8.8.3	Logs geologici .....	123
3.5.8.8.4	Misure di temperatura e pressione .....	123
3.5.8.8.5	Sismica While-Drilling SWD.....	124
3.5.8.8.6	WSP .....	126
3.5.8.8.7	Well testing e acidificazione.....	126
<b>3.5.9</b>	<b><i>Cronoprogramma di perforazione .....</i></b>	<b>127</b>
<b>3.5.10</b>	<b><i>Prove sul serbatoio geotermico .....</i></b>	<b>130</b>
3.5.10.1	Prove di iniettività.....	131
3.5.10.2	Prove di produzione di breve durata .....	131
3.5.10.3	Prove di produzione di lunga durata .....	132
3.5.10.4	Modalità di esecuzione delle prove di produzione: impianto mobile di prova .....	133
<b>3.5.11</b>	<b><i>Trasporto e montaggio/smontaggio dell'impianto di perforazione .....</i></b>	<b>136</b>
<b>3.5.12</b>	<b><i>Attività conclusive delle perforazioni .....</i></b>	<b>137</b>
3.5.12.1	Pozzi produttivi .....	137

3.5.12.1.1	Sistemazione della postazione .....	138
3.5.12.2	Pozzi sterili .....	138
<b>3.5.13</b>	<b><i>Gestione rifiuti</i></b> .....	<b>139</b>
3.5.13.1.1	Preparazione della postazione di perforazione .....	141
3.5.13.1.2	Fase di perforazione .....	141
<b>3.6</b>	<b>TERRE E ROCCE DA SCAVO</b> .....	<b>143</b>
<b>4</b>	<b>FATTORI DI IMPATTO E TECNICHE DI PREVENZIONE</b> .....	<b>146</b>
<b>4.1</b>	<b>CENTRALE GEOTERMoeLETTRICA</b> .....	<b>146</b>
<b>4.1.1</b>	<b><i>Uso di risorse</i></b> .....	<b>146</b>
4.1.1.1	Suolo e sottosuolo.....	146
4.1.1.2	Materiali inerti e calcestruzzo.....	147
4.1.1.3	Consumo e approvvigionamento idrico .....	147
4.1.1.4	Consumo e approvvigionamento di altre materie prime.....	148
<b>4.1.2</b>	<b><i>Emissioni in atmosfera</i></b> .....	<b>148</b>
4.1.2.1	Fase di cantiere.....	148
4.1.2.2	Fase di esercizio .....	149
<b>4.1.3</b>	<b><i>Interazione con le acque superficiali e sotterranee</i></b> .....	<b>149</b>
4.1.3.1	Fase di cantiere.....	149
4.1.3.2	Fase di esercizio .....	150
4.1.3.2.1	Scarichi di origine civile.....	150
4.1.3.2.2	Interazione con le acque meteoriche .....	150
4.1.3.2.3	Interferenze con le falde superficiali da parte del fluido geotermico .....	150
<b>4.1.4</b>	<b><i>Produzione di rifiuti e residui</i></b> .....	<b>151</b>
4.1.4.1	Fase di cantiere.....	151
4.1.4.2	Fase di esercizio .....	151
<b>4.1.5</b>	<b><i>Emissioni sonore</i></b> .....	<b>151</b>
4.1.5.1	Fase di cantiere.....	152
4.1.5.2	Fase di esercizio .....	152
<b>4.1.6</b>	<b><i>Analisi degli eventi accidentali</i></b> .....	<b>153</b>
4.1.6.1	Fase di cantiere.....	153
4.1.6.2	Fase di esercizio .....	154
<b>4.1.7</b>	<b><i>Gestione rifiuti</i></b> .....	<b>154</b>
4.1.7.1	Preparazione del piazzale .....	154
4.1.7.2	Fase di esercizio della centrale geotermoelettrica .....	155
<b>4.2</b>	<b>POSTAZIONE DI PERFORAZIONE LUCIGNANO 1</b> .....	<b>155</b>

<b>4.2.1</b>	<b><i>Usò di risorse</i></b> .....	<b>155</b>
4.2.1.1.1	Suolo e sottosuolo.....	155
4.2.1.1.2	Materiali inerti e calcestruzzo.....	156
4.2.1.1.3	Consumo e approvvigionamento idrico.....	156
4.2.1.1.4	Consumo e approvvigionamento di altre materie prime.....	157
<b>4.2.2</b>	<b><i>Emissioni in atmosfera</i></b> .....	<b>159</b>
4.2.2.1	Fase di cantiere.....	159
4.2.2.2	Fase di perforazione .....	159
4.2.2.2.1	Emissioni dei motori diesel necessari al funzionamento dell'impianto di perforazione .....	159
4.2.2.2.2	Emissioni dovute al traffico dei mezzi che riforniscono l'impianto .....	160
4.2.2.2.3	Eventuale fuoriuscita di fluidi dal pozzo .....	160
4.2.2.2.4	Fuoriuscita di gas dal pozzo durante le prove di produzione.....	162
4.2.2.3	Fase di esercizio .....	162
<b>4.2.3</b>	<b><i>Interazione con le acque superficiali e sotterranee</i></b> .....	<b>163</b>
4.2.3.1	Fase di cantiere.....	163
4.2.3.2	Fase di perforazione .....	163
4.2.3.2.1	Scarichi di origine civile.....	163
4.2.3.2.2	Interazione con le acque meteoriche .....	163
4.2.3.2.3	Interferenze con le falde superficiali da parte del fluido geotermico o del fango di perforazione .....	164
4.2.3.2.4	Interazione con le acque superficiali e sotterranee durante la prova di produzione. 164	
4.2.3.3	Fase di esercizio .....	165
<b>4.2.4</b>	<b><i>Produzione di rifiuti e di residui di lavorazione</i></b> .....	<b>165</b>
4.2.4.1	Fase di cantiere.....	165
4.2.4.2	Fase di perforazione .....	165
4.2.4.3	Fase di esercizio .....	166
<b>4.2.5</b>	<b><i>Emissioni sonore</i></b> .....	<b>166</b>
4.2.5.1	Fase di cantiere.....	166
4.2.5.2	Fase di perforazione .....	166
4.2.5.3	Fase di esercizio .....	167
<b>4.2.6</b>	<b><i>Analisi degli eventi accidentali</i></b> .....	<b>167</b>
4.2.6.1	Fase di cantiere.....	167
4.2.6.2	Fase di perforazione .....	168
4.2.6.3	Fase di esercizio .....	169

<b>4.3</b>	<b>POSTAZIONE DI PERFORAZIONE LUCIGNANO 2 .....</b>	<b>169</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Usa di risorse .....</b>	<b>169</b>
4.3.1.1	Suolo e sottosuolo.....	169
4.3.1.2	Materiali inerti e calcestruzzo.....	170
4.3.1.3	Consumo e approvvigionamento idrico .....	170
4.3.1.4	Consumo e approvvigionamento di altre materie prime.....	171
<b>4.3.2</b>	<b>Emissioni in atmosfera.....</b>	<b>172</b>
4.3.2.1	Fase di cantiere.....	172
4.3.2.2	Fase di perforazione .....	172
4.3.2.2.1	Emissioni dei motori diesel necessari al funzionamento dell'impianto di perforazione .....	172
4.3.2.2.2	Emissioni dovute al traffico dei mezzi che riforniscono l'impianto .....	173
4.3.2.2.3	Eventuale fuoriuscita di fluidi dal pozzo .....	173
4.3.2.2.4	Fuoriuscita di gas dal pozzo durante le prove di produzione.....	174
4.3.2.3	Fase di esercizio .....	175
<b>4.3.3</b>	<b>Interazione con le acque superficiali e sotterranee.....</b>	<b>175</b>
4.3.3.1	Fase di cantiere.....	175
4.3.3.2	Fase di perforazione .....	176
4.3.3.2.1	Scarichi di origine civile.....	176
4.3.3.2.2	Interazione con le acque meteoriche .....	177
4.3.3.2.3	Interferenze con le falde superficiali da parte del fluido geotermico o del fango di perforazione .....	177
4.3.3.2.4	Interazione con le acque superficiali e sotterranee durante la prova di produzione. 178	
4.3.3.3	Fase di esercizio .....	178
<b>4.3.4</b>	<b>Produzione di rifiuti e di residui di lavorazione.....</b>	<b>178</b>
4.3.4.1	Fase di cantiere.....	178
4.3.4.2	Fase di perforazione .....	178
4.3.4.3	Fase di esercizio .....	179
<b>4.3.5</b>	<b>Emissioni sonore.....</b>	<b>179</b>
4.3.5.1	Fase di cantiere.....	179
4.3.5.2	Fase di perforazione .....	179
4.3.5.3	Fase di esercizio .....	180
<b>4.3.6</b>	<b>Analisi degli eventi accidentali.....</b>	<b>180</b>
4.3.6.1	Fase di cantiere.....	180
4.3.6.2	Fase di perforazione .....	181

4.3.6.3	Fase di esercizio .....	182
<b>4.4</b>	<b>RETE DI TRASPORTO DEI FLUIDI.....</b>	<b>182</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Usa di risorse .....</b>	<b>182</b>
4.4.1.1	Suolo e sottosuolo.....	182
4.4.1.2	Materiali inerti e calcestruzzo.....	183
4.4.1.3	Consumo e approvvigionamento idrico .....	183
4.4.1.4	Consumo e approvvigionamento di altre materie prime.....	183
<b>4.4.2</b>	<b>Emissioni in atmosfera.....</b>	<b>184</b>
4.4.2.1	Fase di cantiere.....	184
4.4.2.2	Fase di esercizio .....	184
<b>4.4.3</b>	<b>Interazione con le acque superficiali e sotterranee.....</b>	<b>184</b>
4.4.3.1	Fase di cantiere.....	184
4.4.3.2	Fase di esercizio .....	185
<b>4.4.4</b>	<b>Produzione di rifiuti e di residui di lavorazione.....</b>	<b>185</b>
4.4.4.1	Fase di cantiere.....	185
4.4.4.2	Fase di esercizio .....	185
<b>4.4.5</b>	<b>Emissioni sonore.....</b>	<b>185</b>
4.4.5.1	Fase di cantiere.....	185
4.4.5.2	Fase di esercizio .....	186
<b>4.4.6</b>	<b>Analisi degli eventi accidentali.....</b>	<b>186</b>
4.4.6.1	Fase di cantiere.....	186
4.4.6.2	Fase di esercizio .....	187
<b>5</b>	<b>DISMISSIONE DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>188</b>
<b>6</b>	<b>MONITORAGGIO .....</b>	<b>188</b>

## **PREMESSA**

Il progetto "LUCIGNANO" è finalizzato all'utilizzo delle risorse geotermiche presenti in un'area della Toscana centro-meridionale, ubicata a sud del centro abitato di Radicondoli (SI), attraverso la preventiva sperimentazione, così come previsto dal D.Lgs 11 febbraio 2010, n.22 e s.m.i., di un impianto pilota con reiniezione del fluido geotermico nelle stesse formazioni di provenienza, con emissioni nulle e con potenza nominale installata non superiore a 5 MWe.

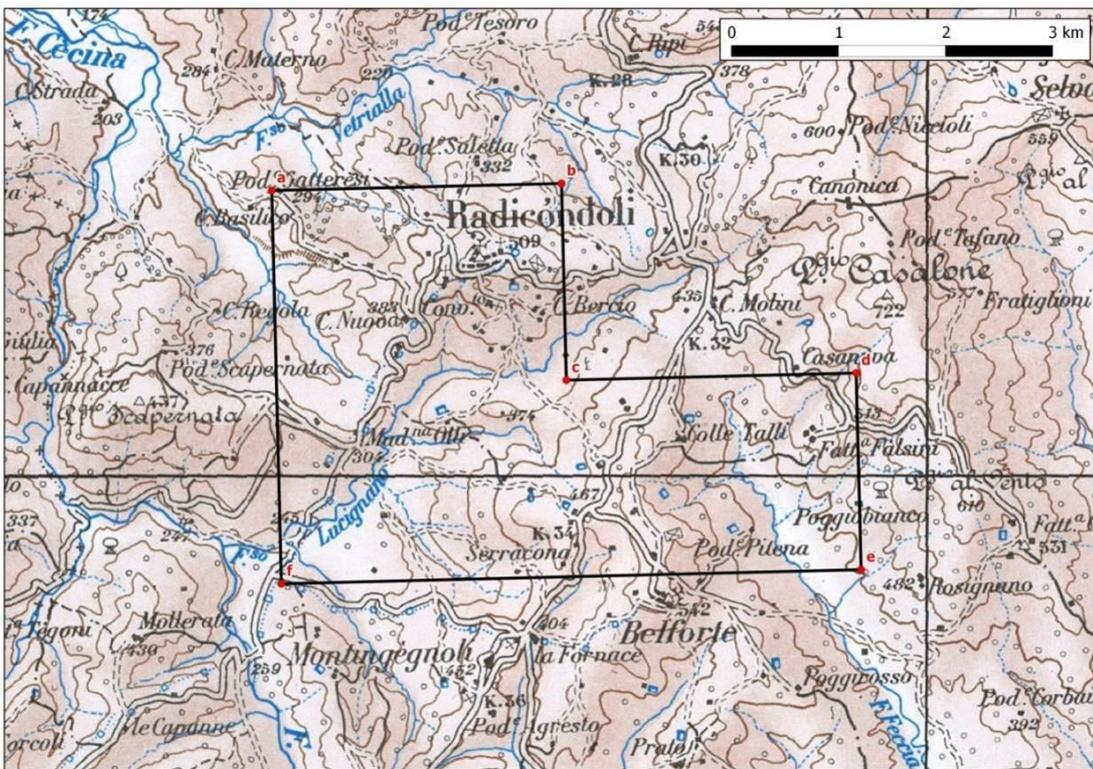
Al fine del raggiungimento di tale obiettivo in data 24/8/2011 la Società Lucignano Pilot Project S.r.l (LPP srl) ha richiesto al Ministero dello sviluppo economico (Dipartimento per l'Energia - Direzione generale per le risorse minerarie ed energetiche - Ufficio nazionale minerario per gli idrocarburi e le georisorse) un "permesso di ricerca di risorse geotermiche finalizzato alla sperimentazione di impianti pilota" denominato "LUCIGNANO", ricadente nel Comune di Radicondoli, Provincia di Siena. In data 3/8/2012 il Ministero ha comunicato la conclusione con esito favorevole della procedura di valutazione da parte della Commissione per gli idrocarburi e le risorse minerarie (CIRM), consentendo l'avvio della successiva fase di valutazione ambientale del progetto.

# 1 IL PROGETTO PILOTA “LUCIGNANO”

Nella presente sezione vengono sinteticamente descritti i punti principali del progetto “LUCIGNANO”. Per gli aspetti di dettaglio si rimanda invece ai capitoli successivi.

## 1.1 AREA DEL PERMESSO DI RICERCA

L’area del permesso di ricerca LUCIGNANO all’interno della quale è previsto lo sviluppo del progetto è quella indicata in Figura 1-1. Essa ricade interamente all’interno del Comune di Radicondoli (PI), ha un’estensione pari a 14.76 km<sup>2</sup> ed è stata individuata in conformità con le disposizioni di cui all’art.9 del D.P.R. 27/05/1991 n. 395. Le coordinate dei vertici *a-b-c-d-d-e-f* sono riportate in Tabella 1-1.



2

Figura 1-1. Area del permesso di ricerca di risorse geotermiche finalizzato alla sperimentazione di impianti pilota denominato LUCIGNANO. Le coordinate dei vertici sono riportate in Tabella 1-1.

Vertice	Latitudine N	Longitudine W
a	43°16'00"	-1°26'00"
b	43°16'00"	-1°24'00"
c	43°15'00"	-1°24'00"
d	43°15'00"	-1°22'00"
e	43°14'00"	-1°22'00"
f	43°14'00"	-1°26'00"

Tabella 1-1. Coordinate dei vertici dell’area del permesso di ricerca di Figura 1-1 (Sistema di riferimento Monte Mario)

All'interno dell'area di Figura 1-1 sono stati individuati il sito per la realizzazione dell'impianto pilota e quelli dei pozzi di produzione e reiniezione ad esso associati, nonché le aree interessate dai tracciati delle condotte di trasporto del fluido geotermico da e verso l'impianto stesso (LCG-TAV01-V00).

Per quanto riguarda le relazioni con altre attività finalizzate allo sfruttamento della risorsa geotermica locale si osserva che il permesso di ricerca "LUCIGNANO" confina con la seguente area:

- Concessione di coltivazione ENEL denominata "Travale" (a sud, lungo il tratto *e-f*)
- Permesso di ricerca "Mensano" (a nord e ad est, lungo i tratti *f-a*, *a-b*, *b-c*, *c-d*);

## 1.2 CARATTERISTICHE DEL TERRITORIO INTERESSATO DAL PROGETTO

Il progetto si inserisce nell'ambito di paesaggio della Val di Cecina compreso tra la costa tirrenica e i rilievi delle colline metallifere.

Il territorio è caratterizzato da una complessa variabilità di forme dovuta alla contrapposizione dei paesaggi costieri con quelli dei bacini neogenici fino ad arrivare a quelli collinari dell'entroterra.

La costa è caratterizzata da una morfologia piuttosto regolare dominata da dune e cordoni ancora oggi bene conservati alle spalle dei quali sono tuttora ben visibili, nonostante le bonifiche, alcune depressioni retrodunali come il Padule di Bolgheri a cui sono associate anche aree umide e boschi retrodunali. Il paesaggio è contraddistinto da una matrice agricola a seminativi e coltivazioni orticole frammiste ad una urbanizzazione di tipo diffuso e/o concentrato in grandi centri urbani.

Il passaggio dal paesaggio costiero a quello collinare è testimoniato da una fascia caratterizzata dalla presenza di terrazzi di alta pianura che si raccordano al margine delle colline dove invece dominano estesi apparati di conoide che si estendono sui due lati della Valle del Cecina fino a arrivare a Bibbona, per proseguire poi fino a Bolgheri.

La morfologia delle aree collinari che si trovano al margine della costa rispecchia la natura geologica delle unità che le costituiscono con versanti ripidi sulle unità Liguri e della Falda Toscana, più morbidi in corrispondenza dei depositi plio-quadernari. Queste zone sono dominate da un paesaggio agro-silvo-pastorale sviluppato in corrispondenza del Fiume Cecina e da una rete idrografica minore. Ampie aree boscate si alternano a complessi agricoli tradizionali ed estensivi posti sulle tipiche formazioni a calanchi.

Gli eventi tettonici che hanno contraddistinto l'evoluzione geologica della Toscana Meridionale hanno portato alla formazione dei rilievi principali di questo ambito che vede nella Dorsale medio Toscana a nord di Volterra, nella dorsale peritirrenica compresa tra Chianni, Castellina e Montecatini Val di Cecina, e nelle Colline Metallifere a

sud, le principali evidenze. Si è avuto quindi la formazione di una seconda serie di colline con versanti ripidi e una morfologia molto articolata.

Il Fiume Cecina è il corso d'acqua principale che attraversa questo ambito dividendo le Colline Metallifere dalle balze argillose dell'area Volterrana. Il Fiume costituisce un ecosistema complesso contraddistinto da habitat ripariali arbustivi e arborei e specie vegetali e animali di notevole interesse ambientale.

Il paesaggio sebbene presenti ancora oggi una elevata naturalità, contemporaneamente mostra aspetti legati alla attività umana che ne hanno modificato in parte l'originario andamento come le aree minerarie a salgemma presso Saline di Volterra, quelle estrattive lungo il fiume Cecina e quelle legate all'industria geotermica delle Colline Metallifere.

### 1.3 CARATTERISTICHE GEOTERMICHE DELL'AREA

La fattibilità del progetto è basata sulla presenza, già accertata nell'area indicata, di risorse geotermiche qualitativamente idonee ad uno sfruttamento energetico di interesse economico, trovandosi l'area in esame al margine est dell'area geotermica tradizionale di Larderello-Travale. Per questa zona sono disponibili diversi dati di superficie e di sottosuolo, che hanno consentito di definire un modello concettuale sufficientemente attendibile del serbatoio geotermico.

Di seguito si riporta una sintesi dei dati disponibili che hanno portato alla formulazione di un modello del campo geotermico, per una descrizione di dettaglio si rimanda all'Allegato LCG-RP01-A01-V00-“Relazione tecnico-mineraria”.

4

L'area di studio ricade all'interno del Bacino di Radicondoli, uno dei principali bacini sedimentari medio-tardo-Miocenici della Toscana meridionale. Questo bacino, delimitato ad oriente dal *Middle Tuscan Range* ed ad occidente dalle Colline Metallifere, consiste in una depressione tettonica orientata NNW-SSE lunga circa 60 Km e larga 14-18 Km. Il Bacino di Radicondoli è una depressione strutturale con una forma concava verso l'alto come documentato dai dati dei sondaggi e dalle linee di sismica a riflessione. Questa depressione è stata colmata da sedimenti Miocenici affioranti principalmente nel settore meridionale del bacino e sepolti dai sedimenti Pliocenici del Bacino di Volterra a Nord e dai sedimenti Pliocenici e Villafranchiani a Sud. Nell'area del Permesso di Ricerca affiorano, oltre ai sedimenti Miocenici e Pliocenici, le unità relative al Dominio Ligure ed in particolare la Formazione di Monteverdi Marittimo. I dati stratigrafici profondi permettono la ricostruzione dei rapporti tra le unità tettono-stratigrafiche costituenti il substrato del Bacino di Radicondoli. Da questi dati emerge che le Liguridi appaiono tettonicamente assottigliate mentre la Falda Toscana ed il gruppo del Verrucano risultano lateralmente discontinui. Questo assetto è derivato dall'attività di faglie dirette mediotardo-Mioceniche correlate al susseguirsi di due eventi estensionali. Il primo ha prodotto la segmentazione laterale delle Liguridi e della Falda Toscana mentre il Gruppo del Verrucano è stato interessato da faglie dirette soltanto durante la seconda fase

deformativa. A questi eventi si è sovrainposta, nel Pliocene inferiore e medio, una tettonica estensionale che ha portato alla formazione di bacini caratterizzati da una sedimentazione sin-tettonica (Brogi e Liotta, 2008).

L'assetto geologico-strutturale derivabile dalla cartografia geologica disponibile per l'area mostra la presenza delle unità del Dominio Ligure e di quelle Neogeniche che costituiscono la copertura del sistema geotermico garantendo l'isolamento termico e idraulico del serbatoio. Al di sotto di queste unità sono presenti i calcari dolomitici della Falda Toscana e le unità del basamento metamorfico che costituiscono il serbatoio geotermico di Larderello-Travale (Figura 1-2 e Figura 1-3).

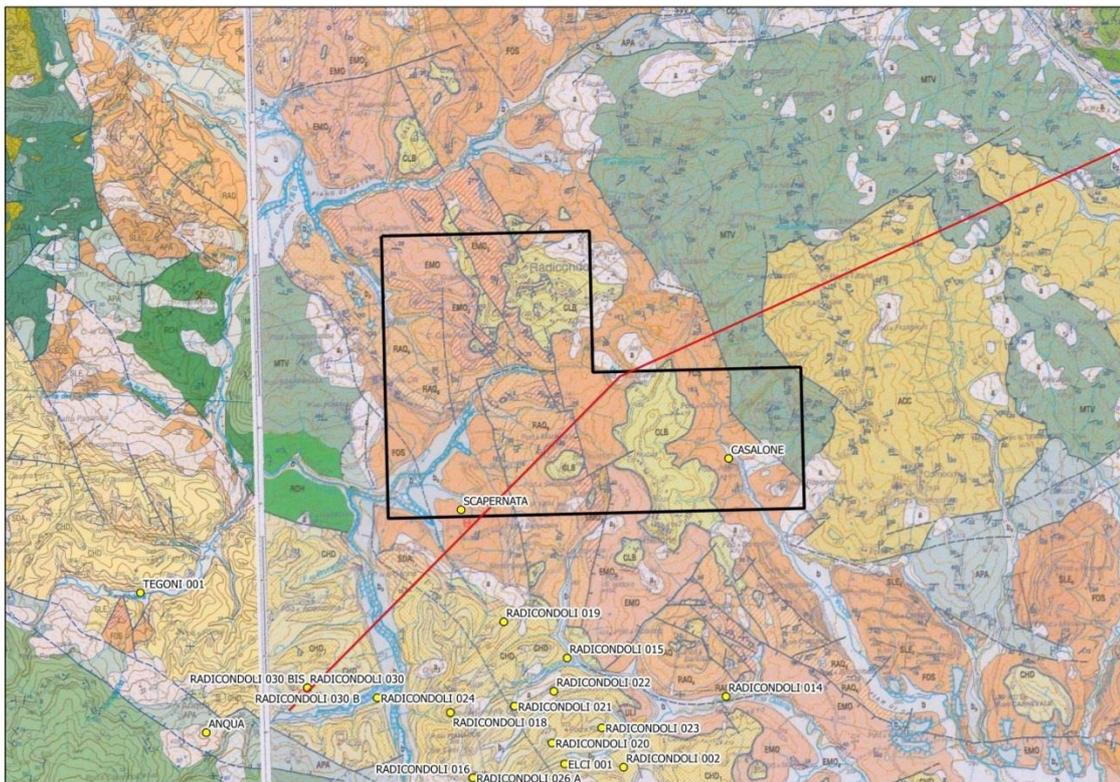


Figura 1-2. Dettaglio sulla zona in esame, del Foglio 295-Pomarance della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (Lazzarotto A. coord., 2002). Sono mostrate inoltre le ubicazioni dei pozzi (Banca dati Nazionale Geotermica) e della sezione geologica di Figura 1-4.

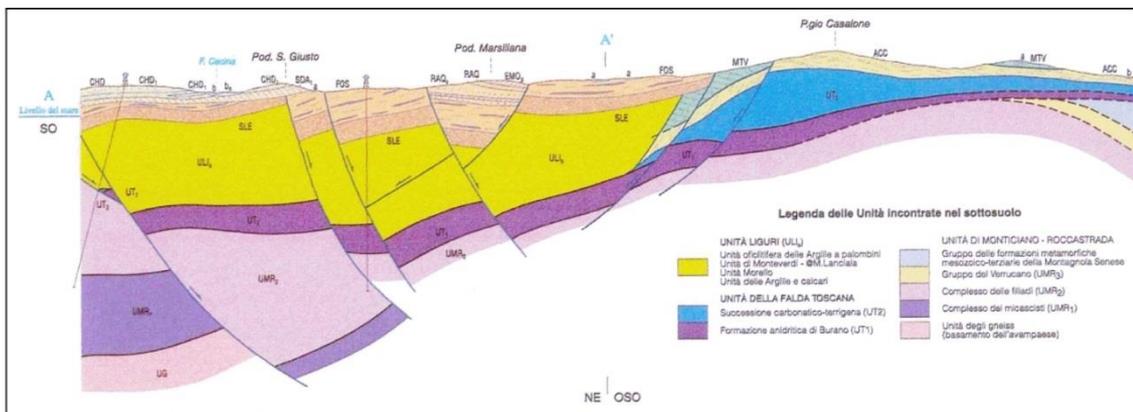


Figura 1-3. Sezione geologica a direzione est-ovest della zona di Radicondoli (dal Foglio 296 Siena della carta geologica d'Italia in scala 1:50.000). La traccia della sezione è mostrata in Figura 1-2.

Nell'area in esame e nelle aree circostanti sono presenti 7 pozzi geotermici dai quali sono state ricavate utili informazioni sull'assetto geologico e geotermico del sottosuolo (Figura 1-4).

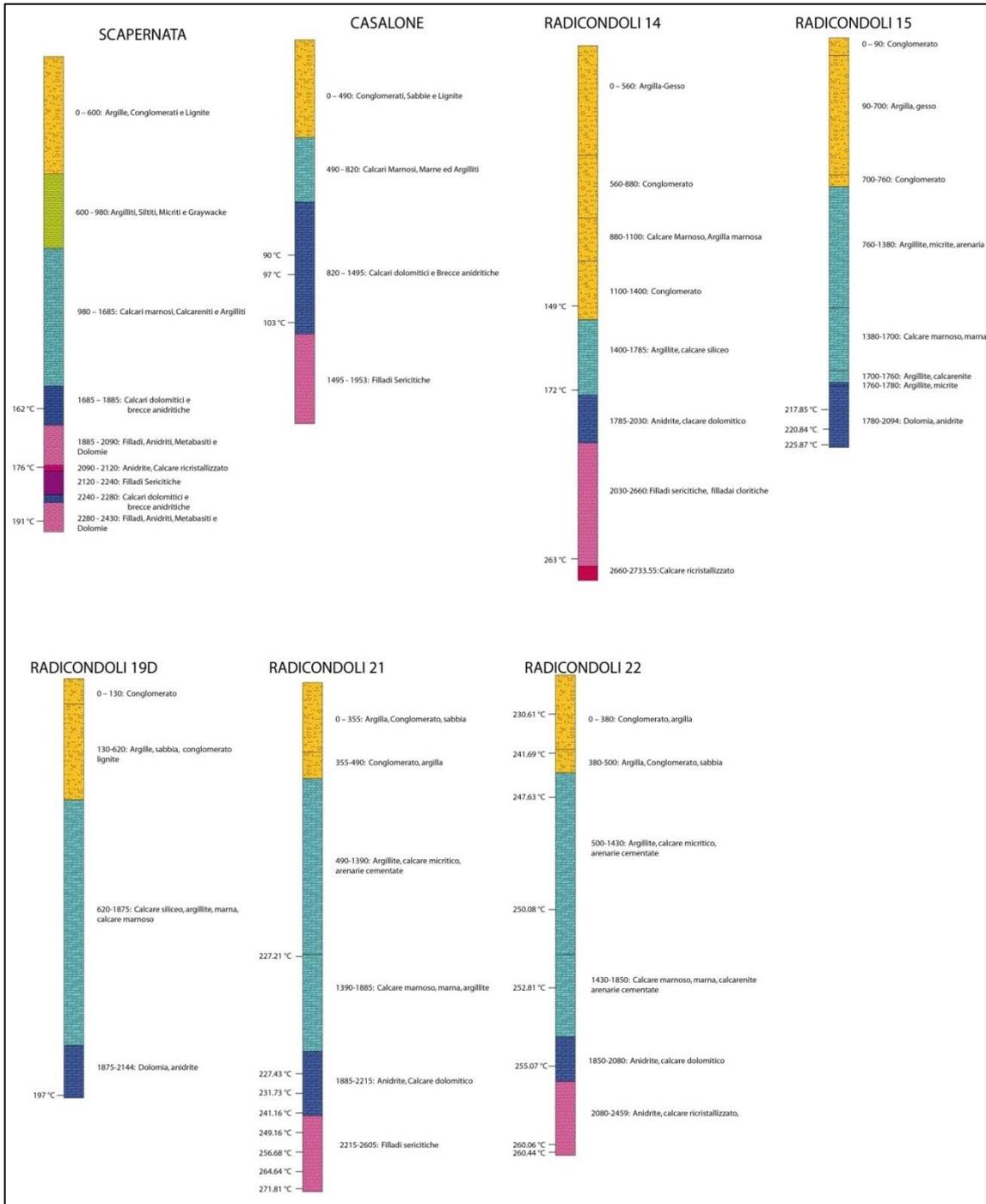


Figura 1-4. Stratigrafia dei pozzi perforati da ENEL (Inventario delle Risorse Geotermiche Nazionali, UNMIG), presenti nell'area del Permesso di Ricerca e nelle zone limitrofe. Le ubicazioni sono mostrate in Figura 1-2.

Le maggiori informazioni si hanno dai pozzi Scapernata e Casalone ubicati all'interno dell'area di studio. Il pozzo "Scapernata" incontra il Calcare Cavernoso ad una profondità di 1685 m dal p.c. per uno spessore di 200 m. Procedendo verso est, come visibile anche

dalla sezione geologica di Figura 1-3, il tetto del serbatoio si rinviene a profondità inferiori. La stratigrafia del pozzo “Casalone” infatti evidenzia la presenza del Calcare Cavernoso ad una profondità di 820 m dal p.c. per uno spessore di oltre 650 m. I pozzi Radicondoli 14, 15, 19D, 21 e 22, ubicati poco più di un chilometro a sud dell’area del permesso, ricadono all’interno del bacino di Radicondoli e permettono quindi una accurata ricostruzione dell’assetto geologico del sottosuolo. Questi pozzi incontrano il top del serbatoio a profondità comprese tra i 1700 ed i 1900 m evidenziando la continuità della struttura tra la parte meridionale e quella settentrionale.

Utile informazioni sull’assetto geologico derivano dai dati gravimetrici disponibili per l’area. In particolare la carta delle anomalie gravimetriche (Figura 1-5, Cartografia Gravimetrica Digitale d’Italia alla scala 1:250.000, ISPRA, ENI, OGS, 2009), a scala regionale, evidenzia la presenza di un alto strutturale nella parte sud-occidentale dell’area, caratterizzato da un minimo gravimetrico interpretabile con la presenza di corpi intrusivi. Procedendo verso NE, in corrispondenza dell’area del permesso, si ha un aumento nei valori dell’anomalia gravimetrica corrispondente all’approfondimento delle strutture carbonatiche mesozoiche ed all’ispessimento dei depositi neogenici all’interno del bacino. I valori dell’anomalia gravimetrica aumentano ulteriormente nella parte nord-orientale del permesso, contestualmente ad una situazione di alto strutturale ben evidenziata anche dalle stratigrafie dei pozzi.

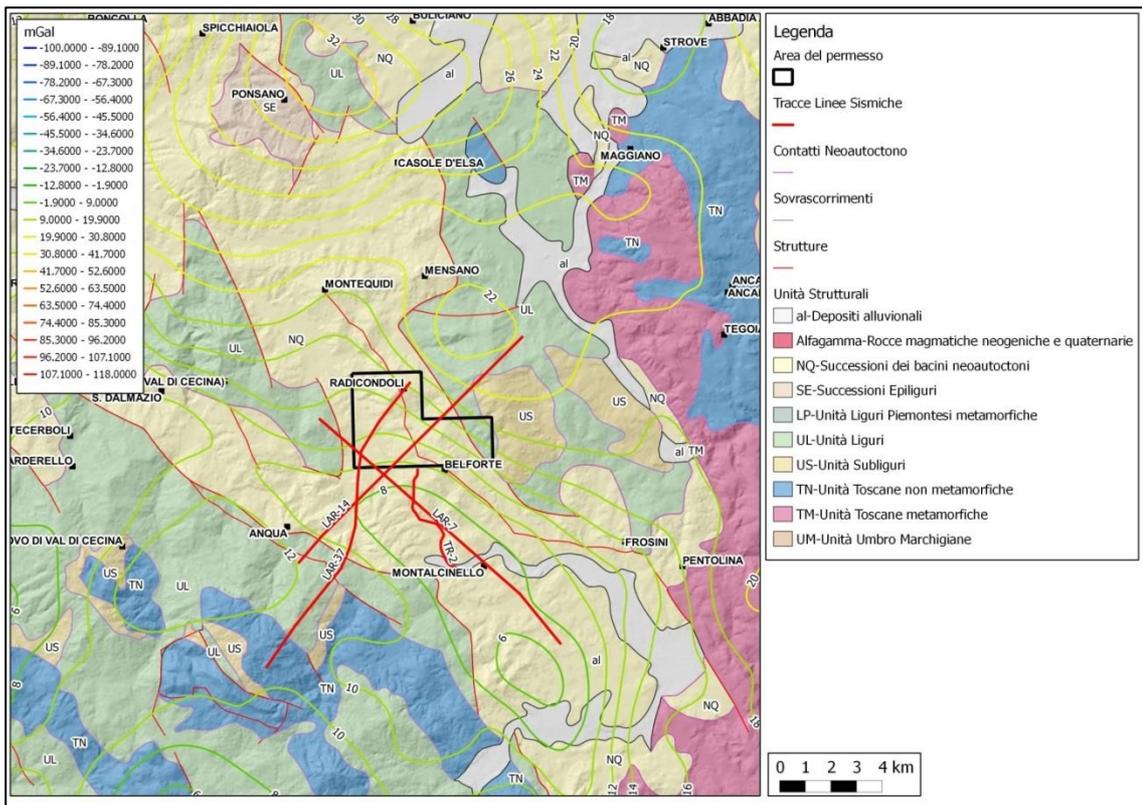


Figura 1-5. Carta dell’anomalia di bouguer (Dettaglio della Carta gravimetrica d’Italia 1:250.000, ISPRA). Vengono inoltre riportate le tracce delle linee sismiche presenti nell’area del Permesso (Fiordelisi et al., 2005; Bertini et al., 2005; Batini e Nicolich, 1984; Batini e Nicolich, 1985).

Importanti informazioni sull'assetto geologico strutturale dell'area derivano dai rilievi sismici effettuati da ENEL nel corso dell'esplorazione dell'area di Travale–Radicondoli. In particolare nell'area ricadono le linee sismiche LAR-7, LAR-37, LAR-14 ed ai margini la linea TR-2 (Figura 1-5).

L'esame delle linee sismiche mostra abbastanza distintamente l'assetto strutturale del permesso. In particolare si distinguono: il riempimento clastico dei bacini estensionali neogenici e le unità tettoniche Mesozoico-Terziarie, sovrapposte ed impilate in seguito ad una tettonica polifasica (Fiordelisi et al., 2005) (Figura 1-6 e Figura 1-7).

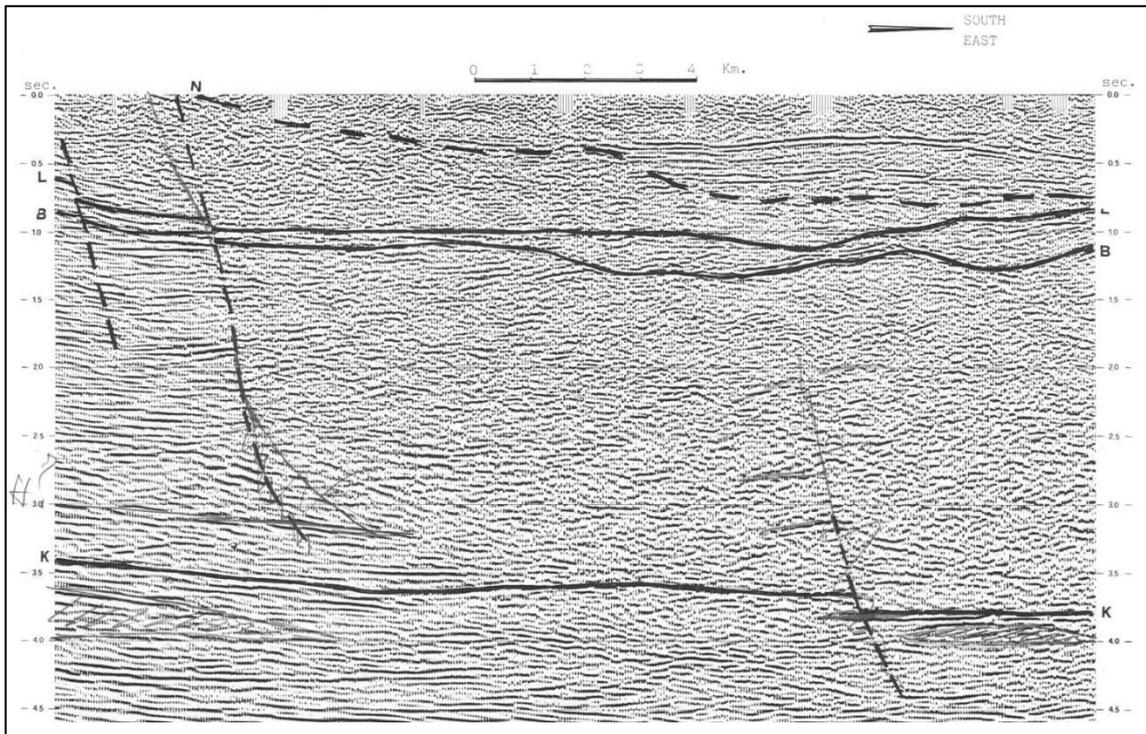


Figura 1-6 Linea LAR7 migrata interpretata (Batini e Nicolich, 1984).

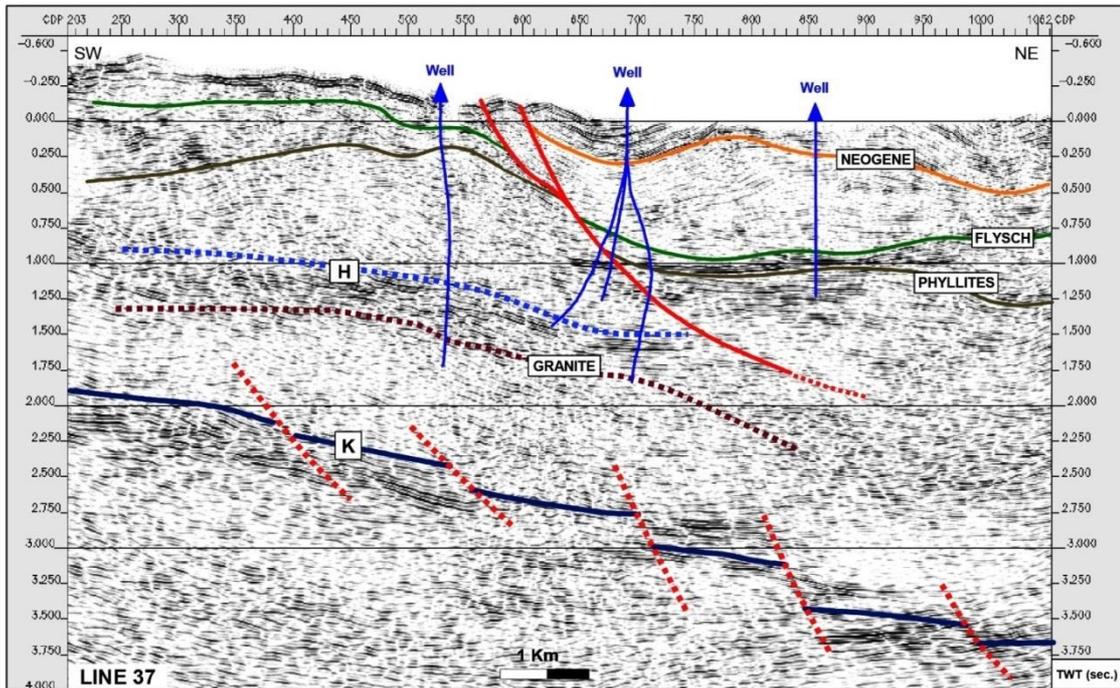


Figura 1-7. Linea LAR37 riprocessata, migrata e interpretata con l'ausilio di alcuni pozzi (Fiordelisi et al., 2005).

L'area interessata dal progetto non presenta manifestazioni idrotermali superficiali significative. Anche se nell'area è presente una importante sorgente termale presso i bagni delle Galleraie a sud, mentre attività fumarolica con manifestazioni che sfiorano i 100°C è presente nell'area di Travale a sud del presente permesso. Tuttavia le composizioni chimiche attese per i fluidi geotermici possono essere estrapolate dalle analisi disponibili sui fluidi idrotermali captati in alcuni pozzi geotermici dell'area. Le composizioni previste per questi fluidi hanno una TDS di circa 2000 mg/l ed un pH=7,00-7,10, inoltre in queste acque sono presenti abbondanti anioni cloruro con quantità importanti anche di anione bicarbonato e solfato. Per quanto riguarda i cationi, il sodio ed il calcio sono i più abbondanti. Sulla base dei diagrammi riportati di seguito, queste acque possono essere classificate clorurato-solfato alcaline (sodiche).

9

La composizione chimica dei fluidi idrotermali considerata rappresentativa di quelle attese in questo progetto sono riportate nella Tabella 1-2.

Analisi chimiche rappresentative dei fluidi attesi

Campione	pH	TDS (mg/l)	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Li <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SiO <sub>2</sub>	B	CO <sub>2</sub> wt.%
1	7.10	2061	322	59	161	34.5	0.98	2.07	550	281	<ld	490	150	5	5.1

<ld = minore del limite di detezione

Tabella 1-2. Analisi chimiche rappresentative dei fluidi attesi.

Altre informazioni riguardo alla presenza di fluidi geotermici nell'area in esame derivano dalla elaborazione di dati esistenti relativi all'inventario geotermico nazionale del Ministero dell'Industria (UNMIG). Sono state utilizzate le carte tematiche relative a: la profondità del tetto del serbatoio geotermico regionale, l'andamento del flusso di calore e le isoterme al tetto del serbatoio geotermico.

La carta relativa alla profondità del tetto del serbatoio (Calcere Cavernoso), per l'area in esame, mette in evidenza che il top del serbatoio geotermico dovrebbe trovarsi ad una profondità compresa tra -1200 e -1600 metri sul livello del mare. L'area è inoltre caratterizzata da valori del flusso di calore relativamente elevati che oscillano tra i 100 e i 150 mW/m<sup>2</sup>. Le isoterme al tetto del serbatoio nell'area in esame mostrano valori di temperatura superiori ai 150°C. Quest'ultimo dato è ulteriormente confermato dalla temperature di circa 160°C rinvenuta nel pozzo "Scapernata".

### **1.3.1 Modello concettuale del serbatoio**

In conclusione dal modello geologico derivato fino ad ora appaiono chiari i seguenti punti:

- lo spessore del serbatoio geotermico si prevede che possa arrivare ad oltre 2000 m;
- nella sua estensione complessiva il serbatoio presenta almeno 4 orizzonti produttivi;
- le ubicazioni proposte, il cui pozzo di riferimento è lo Scapernata, sono posizionati nel bacino di Radicondoli in cui il top del serbatoio geotermico si colloca ad una profondità di circa 1600 m e presenta una temperatura attesa di circa 160 °C. La temperatura degli orizzonti produttivi si prevede essere un po' più alta andando in profondità;
- su tutta l'area di interesse è presente una buona copertura costituita dalle unità liguridi s.l. e dai depositi neogenici con spessori di circa 1600 m;
- l'orientazione delle strutture mostra una continuità del serbatoio muovendosi verso SSE come testimoniato dalle linee sismiche LAR7 e LAR37 e dai pozzi Radicondol 14, 15, 19D, 21 e 22. Questo garantisce la reiniezione dei fluidi nelle stesse formazioni di provenienza come previsto nella definizione di progetto pilota e come necessario per la sostenibilità nel tempo della risorsa;
- le composizioni chimiche attese possono essere estrapolate dalle analisi disponibili sui fluidi idrotermali captati in alcuni pozzi geotermici dell'area. Le composizioni previste per questi fluidi hanno una TDS di circa 2000 mg/l ed un pH = 7,00-7,10, inoltre in queste acque sono presenti abbondanti anioni cloruro con quantità importanti anche di anione bicarbonato e solfato.

10

Tutti gli elementi oggi disponibili dimostrano dunque l'esistenza, nell'area di interesse, di un campo geotermico di interesse economico, caratterizzato da:

- presenza di un'anomalia termica di alto livello;
- presenza di serbatoi geotermici, con caratteristiche di permeabilità e temperature positive;
- presenza di formazioni di copertura con idonee caratteristiche di impermeabilità in grado di contenere efficacemente i fluidi geotermici.

## 1.4 MOTIVAZIONI E FATTIBILITÀ DEL PROGETTO

Il progetto si trova ubicato al margine est del campo geotermico di Larderello-Travale che è coltivato da ENEL e del quale sono ben conosciute le potenzialità dal punto di vista della produzione di energia elettrica. Inoltre i due pozzi geotermici ubicati all'interno dell'area di progetto hanno confermato la presenza nel sottosuolo di caratteristiche compatibili con un campo geotermico economicamente sfruttabile.

Tutte le informazioni disponibili sono state utilizzate per elaborare un modello geotermico del sottosuolo che ha ragionevolmente evidenziato la presenza di risorse appartenenti al sistema geotermico ad elevato flusso di calore di Larderello-Travale, con temperature dell'ordine di 180-250°C, qualitativamente idonee ad uno sfruttamento energetico di interesse economico.

I dati e il modello del campo geotermico elaborato ha permesso anche una valutazione sul potenziale termico presente nell'area di progetto. A base di progetto sono stati assunti i seguenti parametri del fluido geotermico, derivati dalle indagini e dai dati disponibili:

- Temperatura a boccapozzo: ~ 180 °C;
- portata del fluido geotermico da singolo pozzo: 60 t/h;
- salinità: ~ 2 g/l.

Per il dimensionamento del volume del serbatoio è stata considerata l'intera estensione del permesso di ricerca, mentre per lo spessore del serbatoio si è ritenuto opportuno, in via cautelativa, considerare solo i livelli produttivi.

11

Questi parametri sono stati utilizzati per il calcolo del potenziale termico (Tabella 1-3) nell'area del permesso utilizzando il metodo volumetrico (Muffler e Cataldi, 1978).

$$E=(E_R+E_W)*r$$

$$E=\{(1-\Phi)*V*C_R*\rho_R*(T-T_0)+\Phi*V*C_W*\rho_W*(T-T_0)\}*r$$

Per il calcolo della potenza installabile sono stati infine presi in considerazione un periodo di tempo di 30 anni ed un fattore di conversione per la produzione di energia elettrica del 10%. Il metodo restituisce una potenza installabile di 24 MWe, compatibile quindi con la realizzazione di un impianto da 5 MWe, obiettivo del presente progetto, e con un futuro ampliamento del campo.

PARAMETRO	VALORE	Unità
Area Reservoir	14	km <sup>2</sup>
Thickness Reservoir	1000	m
Volume (V)	14.0	km <sup>3</sup>
Porosity ( $\varphi$ )	0.02	
Density of Reservoir Rock ( $\rho_R$ )	2400	kg/m <sup>3</sup>
Heat Capacity of Reservoir Rock ( $C_R$ )	0.8372	kJ/kg °K
Density of Geofluid ( $\rho_w$ )	6.395	kg/m <sup>3</sup>
Heat Capacity of Geofluid ( $C_w$ )	1.995.61	kJ/kg °K
Geofluid Temperature (T)	190	°C
Reinjection temperature ( $T_0$ )	70	°C
Recovery Factor (r)	0.05	

Tabella 1-3. Parametri utilizzati per il calcolo del potenziale geotermico.

A queste valutazioni si sono aggiunte quelle relative alla tipologia dell'impianto da utilizzarsi per la produzione di energia elettrica che, secondo quanto evidenziato dai più recenti studi sullo sfruttamento delle risorse geotermiche, è stato scelto del tipo a ciclo binario ORC (Organic Rankine Cycle). Tale categoria di impianti è infatti caratterizzata da un significativo vantaggio termodinamico in termini di produzione di energia elettrica da fluidi nonché da un minore impatto ambientale, dovuto alla possibilità di utilizzare il calore del fluido geotermico senza alcun contatto con l'esterno, così come anche richiesto dal D.Lgs 22/2010 per la sperimentazione di impianti pilota.

12

Per anni la classificazione delle risorse geotermiche in base alla loro entalpia è stata utilizzata anche per definire gli ambiti di applicazione del teleriscaldamento (<90°C), dei cicli binari (90°C<T<150°C) e della geotermia tradizionale a flash (>150°C). Con l'evoluzione della tecnologia questa associazione non può più essere considerata univoca in quanto si è ampliato notevolmente il campo di temperatura dei cicli binari con impianti in grado di produrre energia da fluidi anche ad alta entalpia pur mantenendo il ciclo chiuso e la reiniezione totale. La LPP Srl a questo proposito fa parte della Rete Geotermica, attraverso la sua controllante Renewem Srl,, una rete di imprese di cui fanno parte molti degli operatori attualmente titolari di permessi di ricerca in Toscana nonché soggetti industriali della filiera geotermica. La Rete ha sottoscritto con la Regione Toscana un protocollo d'intesa in cui si impegna a favorire l'impiego di tecnologie innovative per ridurre al massimo l'impatto ambientale fra cui i processi di conversione dell'energia geotermica a zero emissioni e a reiniezione totale.

Tale categoria di impianti, oltre ad essere caratterizzata da un significativo vantaggio termodinamico in termini di produzione di energia elettrica da fluidi non interessanti dal punto di vista dei tradizionali impianti geotermoelettrici, è caratterizzata da un impatto ambientale quasi nullo, dovuto alla possibilità di utilizzare il calore del fluido geotermico senza alcun contatto con l'esterno, così come anche richiesto dal D.Lgs 22/2010 per la sperimentazione di impianti pilota.

In un impianto a ciclo binario un fluido organico effettua un ciclo termodinamico di tipo Rankine, prelevando calore dal geofluido attraverso uno scambiatore, vaporizzando ed espandendosi in turbina, per poi ricondensarsi (utilizzando acqua o aria) e ricominciare il ciclo. Ne segue che il fluido geotermico viene utilizzato solo per lo scambio termico con il fluido organico (detto anche “di lavoro”, oppure “intermedio” o “secondario”), per poi essere direttamente reiniettato nel serbatoio, previa adozione di opportuni accorgimenti volti ad evitare, o comunque limitare, il fenomeno dello “*scaling*”. I fluidi geotermici infatti hanno per natura un elevato contenuto in sali e in CO<sub>2</sub> disciolti, la cui solubilità è funzione di pressione e temperatura. L’abbassamento di questi parametri porta ad una diminuzione della solubilità e quindi alla deposizione di sali. Questo processo (*scaling*), nel caso in cui avvenga all’interno del sistema pozzi-centrale, può portare alla progressiva occlusione delle tubature di adduzione dei fluidi, dei pozzi e dello scambiatore di calore, con una conseguente diminuzione nelle prestazioni del sistema fino alla completa inefficienza.

La reiniezione garantisce la rinnovabilità e la sostenibilità della risorsa, mentre l’assenza di contatto tra il fluido geotermico e le parti in movimento dell’impianto ne assicurano una vita utile più lunga (i cicli binari hanno bisogno di manutenzione meno frequente dei tradizionali cicli di potenza a vapore acqueo).

La scelta di un impianto binario a ciclo chiuso si inserisce pertanto alla perfezione all’interno della categoria degli impianti pilota. Oltre a rientrare nelle prescrizioni previste dal D.Lgs 22/2010, così come modificato dal D.Lgs 28/2011, cioè l’assenza di emissioni in atmosfera e la reiniezione totale, ed oltre ad avere numerosi aspetti sperimentali, sia riguardanti le procedure di accertamento della risorsa che le soluzioni impiantistiche, il progetto Lucignano rientra nella definizione di impianto Pilota anche nel suo concetto di impianto dimostrativo (Direttiva Direttoriale 1 luglio 2011). La realizzazione di un impianto di questo tipo infatti potrebbe di fatto dimostrare che la tecnologia utilizzata è realizzabile anche in un contesto complesso come quello italiano ed anche utilizzando fluidi fino ad oggi sfruttati con centrali tradizionali a maggiore impatto ambientale.

Come per tutti gli impianti geotermoelettrici anche in questo caso il progetto prevede la perforazione di pozzi di produzione e di reiniezione del fluido geotermico. La scelta della localizzazione dei pozzi è stata effettuata tenendo presenti, oltre ai criteri di tipo ambientale e territoriale descritti più avanti, i due fattori vincolanti qui di seguito indicati:

- la risorsa geotermica va mantenuta il più possibile inalterata anche a valle del suo sfruttamento. Ciò comporta la necessità di ottimizzare il sistema produzione/reiniezione e in particolare di posizionare i pozzi ad una distanza minima reciproca. La distanza di 2850 m tra il pozzo LCG1B e il pozzo LCG2A (i più vicini tra i pozzi previsti), invece dei 1500 m ritenuti in generale sufficienti ad evitare interferenze termiche, è stata stimata

tenendo in considerazione il maggior salto termico tra temperature di serbatoio e di reiniezione;

- secondo quanto disposto dal D.P.R. 395/1991, le attività di perforazione devono essere tali da garantire in ogni caso la non interferenza dei pozzi con le aree adiacenti al permesso di ricerca e destinate anch'esse ad attività di ricerca, ovvero alla coltivazione di risorse geotermiche. Allo scopo, il D.P.R. 395/1991 dispone che nessuna perforazione possa avere luogo a distanza inferiore a 500 m dal confine di un permesso di ricerca, intendendo con ciò che tale vincolo riguarda anche il fondo pozzo di eventuali pozzi deviati, salvo deroghe autorizzate dall'Ingegnere capo della Sezione competente.

## 1.5 ARCHITETTURA DI PROGETTO

Dal punto di vista architetture il progetto "LUCIGNANO" si compone dei seguenti elementi principali (descritti in dettaglio nelle sezioni dedicate del presente elaborato):

- 1) Impianto geotermoelettrico sperimentale ORC a ciclo binario di potenza nominale installata pari a 5 MWe (LCG-TAV05-V00);
- 2) 3 pozzi di produzione del fluido geotermico (realizzati in corrispondenza di 1 piazzola di perforazione)(LCG-TAV06-V00);
- 3) 2 pozzi di reiniezione del fluido geotermico (realizzati in corrispondenza di 1 piazzola di perforazione)(LCG-TAV06-V00);
- 4) Condotte di trasporto del fluido geotermico tra l'impianto e i pozzi, di diametro nominale di 500 mm per la produzione e di 200 mm per la reiniezione (LCG-TAV10a-V00 e LCG-TAV10b-V00);
- 5) Elettrodotto per la cessione dell'energia elettrica prodotta (LCG-RP01-A03-V00).

14

Completano il layout, con riferimento alla centrale:

- Sottosistemi ausiliari;
- Sistemi di controllo;
- Infrastrutture di servizio;
- Uffici, servizi e aree tecniche.

## 1.6 ATTIVITÀ DI SPERIMENTAZIONE

Le scelte progettuali e le verifiche indicate nel paragrafo 1.4 costituiscono la base di fattibilità del progetto "LUCIGNANO" tuttavia, ai fini della sua concreta attuazione, si rende necessario procedere anche e soprattutto ad un insieme di attività sperimentali, volte ad identificare le scelte tecniche, tecnologiche e gestionali e la configurazione di impianto idonee all'ottenimento di un rendimento compatibile con la possibilità di un successivo sfruttamento della risorsa su un arco temporale di circa 30 anni.

Tali attività includono, pur nella fattibilità di base già accertata per quanto riguarda la presenza della risorsa geotermica, una fase di sperimentazione estesa sia all'approfondimento di dettaglio sulla risorsa stessa, sia alla valutazione operativa delle scelte impiantistiche (tra cui, in particolare, quella del fluido intermedio, nonché le caratteristiche dei sistemi di scambio termico).

Più in particolare gli aspetti che verranno affrontati in fase di sperimentazione riguarderanno:

- 1) la scelta dei fluidi di lavoro;
- 2) l'ottimizzazione del rendimento termico;
- 3) l'elaborazione di una corretta strategia di reiniezione;
- 4) l'ottimizzazione dei parametri progettuali dell'impianto.

Farà parte del progetto, inoltre, lo sviluppo e la sperimentazione del sistema mobile per le prove di produzione di cui è già detto in precedenza.

## **1.7 REQUISITI E VINCOLI**

Il progetto LUCIGNANO è stato sviluppato in modo tale da ottenere il miglior compromesso tra esigenze di tipo minerario, tecnico e ambientale, tenuto conto che i principali vincoli, ad eccezione di quanto sopra indicato in termini di fattibilità, sono essenzialmente legati alla localizzazione dei componenti del progetto.

Per quanto riguarda l'ubicazione dei pozzi (elemento di partenza per tutti gli sviluppi progettuali), la scelta, come visto, è stata effettuata in base a criteri strettamente connessi alle caratteristiche del serbatoio geotermico, nonché alla necessità di evitare interferenze reciproche in termini di possibile alterazione della risorsa.

Ulteriori criteri relativi alla localizzazione dei pozzi hanno riguardato, nell'ambito delle aree compatibili con i vincoli suddetti, la logistica e i potenziali impatti ambientali (tenuto conto, comunque, che l'area di progetto non è interessata da vincoli espressi di tutela ambientale): da un lato, infatti, la necessità di garantire adeguati spazi per l'attività di perforazione ha reso necessario valutare siti caratterizzati da una buona accessibilità e da morfologia tale da non richiedere importanti opere di sbancamento/riporto, dall'altra si è tenuto conto sia della vicinanza con ricettori sensibili (soprattutto, per la fase di perforazione), sia dei tracciati delle pipeline necessari per raggiungere i pozzi stessi, e dei conseguenti possibili vincoli e impatti di tipo paesaggistico e idraulico.

Per quanto riguarda la centrale, i criteri scelti per l'ubicazione sono stati principalmente strutturali, logistici e ambientali, tenuto conto che il posizionamento non interferisce (e viceversa) con le caratteristiche e l'ubicazione dei pozzi, ad eccezione dell'esigenza di ottimizzazione del layout complessivo, che ha suggerito di ubicare la centrale il più possibile nelle vicinanze del polo di produzione.

In particolare, è stata anzitutto presa in considerazione la necessità di evitare, per quanto possibile, zone caratterizzate da potenziali criticità di tipo geotecnico, geomorfologico e idraulico, nonché l'esigenza di garantire una adeguata accessibilità senza interferire con possibili ricettori, compatibilmente con l'impatto della centrale stessa sul paesaggio locale. In aggiunta, si è tenuto conto, come per i pozzi, della necessità di limitare il più possibile gli impatti legati al tracciato delle pipeline.

In merito al tracciato della rete di trasporto dei fluidi oltre ai criteri sopra elencati e validi anche per queste opere, si è cercato di evitare il più possibile di interferire con infrastrutture già presenti.

## 1.8 LAYOUT DI PROGETTO

Sulla base dei parametri espressi nel paragrafo precedente è stato sviluppato il layout di progetto della Figura 1-8 (LCG-TAV01-V00). Con il layout proposto è stato possibile, tra l'altro, limitare a 4284 metri la lunghezza totale del tracciato delle tubazioni.

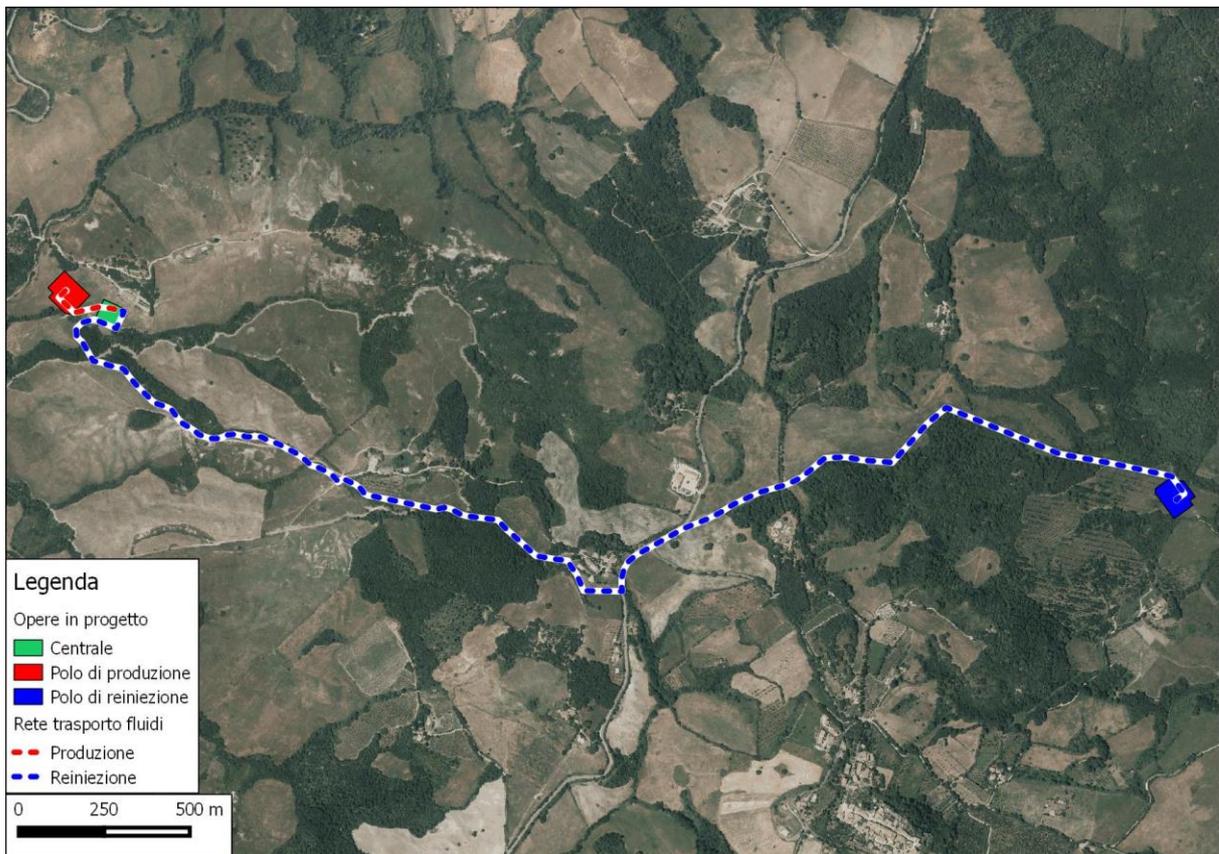


Figura 1-8. Layout di progetto.

## 1.9 FASI OPERATIVE

Le attività del progetto "LUCIGNANO" si articoleranno come segue:

- Esecuzione delle prospezioni di dettaglio;
- Perforazione dei pozzi di produzione ed esecuzione delle relative prove di produzione con impianto mobile sperimentale;

- C. Perforazione dei pozzi di reiniezione ed esecuzione delle relative prove di produzione con impianto mobile sperimentale;
- D. Realizzazione dell'impianto pilota geotermoelettrico;
- E. Realizzazione della rete di trasporto dei fluidi geotermici;
- F. Realizzazione dell'elettrodotto;
- G. Messa in esercizio dell'impianto pilota e sperimentazione delle scelte tecniche e gestionali finalizzate ad individuare la configurazione definitiva e i parametri operativi per l'eventuale fase di sfruttamento successiva (quest'ultima, non inclusa nel progetto).

Per i dettagli delle fasi A-F sopra indicate si rimanda ai relativi capitoli ed elaborati di cui alla presente relazione di progetto, mentre, per quanto riguarda la fase G, la definizione di dettaglio delle attività di sperimentazione (prospezioni escluse) potrà essere effettuata solo nell'ambito (e/o a valle) della fase B.

Per un'analisi più dettagliata delle tempistiche previste per le varie fasi del progetto si rimanda al cronoprogramma riportato nell'allegato LCG-RP01-A07-V00. Si prevede che l'impianto possa essere pronto ad iniziare la sperimentazione dopo circa 2 anni dall'ottenimento delle autorizzazioni. Nel cronoprogramma sono evidenziate in rosso le fasi sperimentali del Progetto. Si osserva infine che le fasi sopra elencate non rispondono ad un criterio di mera sequenzialità, sia perché, sulla base degli esiti delle singole attività, saranno possibili aggiustamenti del programma dei lavori, sia perché alcune delle attività (ad esempio, la D, la E e la F) potranno essere sviluppate parzialmente in parallelo.

17

## 1.10 PROSPEZIONI DI DETTAGLIO

La prima attività della fase operativa del progetto prevede l'esecuzione di alcune indagini di superficie integrative al fine di migliorare e ottimizzare il modello concettuale del campo geotermico. L'esecuzione di queste prospezioni ed in particolare del rilievo sismico a riflessione permetterà di migliorare la conoscenza della geometria e del volume del serbatoio, ricostruire i rapporti esistenti con le unità di copertura, individuare le principali lineazioni strutturali, lo stato di fratturazione e le vie di circolazione preferenziale dei fluidi geotermici. Tutte queste nuove informazioni permetteranno inoltre di ottimizzare il circuito di produzione-reiniezione (Paragrafo 2.5.3).

L'insieme delle prospezioni sarà quindi volto all'acquisizione dei dati necessari a massimizzare il rendimento energetico del sistema produttivo, minimizzare l'estrazione di fluido, ottimizzare la resa termica della conversione e contribuire alla realizzazione di un modello numerico che descriva a livello computazionale il serbatoio considerato.

Le attività previste in questa fase del programma di lavoro sono:

- Rilievo sismico a riflessione 2D: ha come obiettivo la ricostruzione di estremo dettaglio della geometria del serbatoio geotermico. Queste

prospezioni sono fondamentali per l'ottimizzazione dell'uso della risorsa geotermica attraverso le simulazioni numeriche relative al sistema di produzione (pozzi produttori-reiniettori). La sismica a riflessione ed eventualmente altri tipi di prospezioni (metodi di potenziale ed elettromagnetici) forniranno al geologo la parametrizzazione da realizzare con modellistica 3D del serbatoio.

- ***Rilievo Magnetotellurico:*** La prospezione magnetotellurica (MT) consente di determinare le variazioni di conducibilità elettrica delle varie formazioni geologiche presenti nel sottosuolo a profondità variabili tra poche decine di metri a diversi chilometri di profondità. La metodologia di indagine si basa sulla misura del campo elettrico indotto nel terreno dalle variazioni naturali del campo magnetico terrestre. Il metodo permette di discriminare volumi nel sottosuolo caratterizzati da valori alti di conducibilità elettrica che, nel caso di prospezioni a carattere geotermico, possono essere associati alla presenza di fluidi geotermici in profondità. L'acquisizione verrà effettuata su 28 stazioni.

### ***1.10.1 Rilievo sismico a riflessione 2D***

La prospezione sismica a riflessione consiste nell'immissione nel terreno di onde elastiche generate artificialmente in superficie per mezzo di sorgenti vibranti montate su appositi automezzi (es. Vibroseis, Figura 1-9) o mediante l'esplosione di piccole cariche collocate in pozzetti opportunamente perforati a profondità inferiori ai 10 m.

18



Figura 1-9. Vibroseis in fase di esecuzione del rilievo sismico.

Le onde elastiche, che si propagano sotto forma di onde sismiche, vengono riflesse dalle discontinuità presenti nel sottosuolo e rilevate da appositi sensori (geofoni); i segnali sismici vengono poi inviati dai geofoni ad un sistema di acquisizione. I dati acquisiti vengono successivamente trasmessi a centri di calcolo specializzati nell'elaborazione dei

segnali sismici per ottenere sezioni nelle quali le varie discontinuità sismiche vengono poi interpretate per correlarle alle varie discontinuità lito-stratigrafiche. Sorgenti e ricevitori possono essere disposti sul terreno secondo vari 'disegni', a seconda se l'importanza sia posta su alcuni parametri di acquisizione piuttosto che altri. Queste disposizioni sono denominate geometrie e molto spesso sono influenzate anche dalle caratteristiche morfologiche del terreno.

Un'acquisizione sismica 2D con sorgente non esplosiva consiste in uno o più Vibroseis che energizzano immettendo *sweep* nel terreno tramite una piastra vibrante accoppiata con il suolo. Non lontano dalle sorgenti sono posizionati gli stendimenti (*array*) di geofoni, il cui compito è quello di registrare i dati. Un vantaggio di questa sorgente rispetto all'esplosivo è costituito dalle caratteristiche (durata e frequenza) dello *sweep*, in quanto impostati dall'operatore. Lo svantaggio è che la piastra, durante la vibrazione, si può disaccoppiare con il terreno creando uno sfasamento e complicando in parte la fase di elaborazione.

Nel caso del progetto Lucignano si è optato per l'acquisizione 2D dei dati tramite Vibroseis. Ciò permette di ridurre gli impatti relativi all'esecuzione delle operazioni di energizzazione in quanto questi mezzi possono agevolmente percorrere le normali strade presenti all'interno del permesso di ricerca o attraversare campi, senza dover utilizzare esplosivo.

In totale sono state programmate 4 linee sismiche e due spezzate, da collegare rispettivamente al km 1,85 e 5,19 della linea sismica RD-15-03.

19

In Tabella 1-4 e Figura 1-10 sono riportati la lunghezza e le tracce delle linee sismiche previste. La posizione e l'orientazione delle linee sismiche sono state stabilite sulla base dell'ubicazione dei pozzi, in modo tale che le linee non si discostino troppo dall'area di perforazione, e sulla base della conformazione geologica presente, in modo tale che le linee sismiche siano il più possibile ortogonali e parallele alle strutture geologiche. Per avere una visione pseudo 3D dell'area di indagine e per una più accurata interpretazione delle stesse, si è fatto in modo che le linee si intersecassero tra loro, formando una maglia.

La lunghezza delle linee, per un totale di 36,88 km, è stata stabilita considerando le problematiche legate al processing e all'interpretazione di linee troppo corte: effetti di bordo e geometrie delle strutture geologiche non ricostruibili per mancanza di una visione regionale.

La durata dell'acquisizione è limitata a circa due settimane, salvo complicazioni logistiche, valutabili però solo durante la fase di *scouting* che precede quella di acquisizione.

Linea Sismica	Lunghezza (Km)
RD-15-01	8,23
RD-15-02	9,17
RD-15-03	6,71
RD-15-03d	3,81
RD-15-03bis	3,14
RD-15-04	5,82

Tabella 1-4. Lunghezza delle linee sismiche programmate.

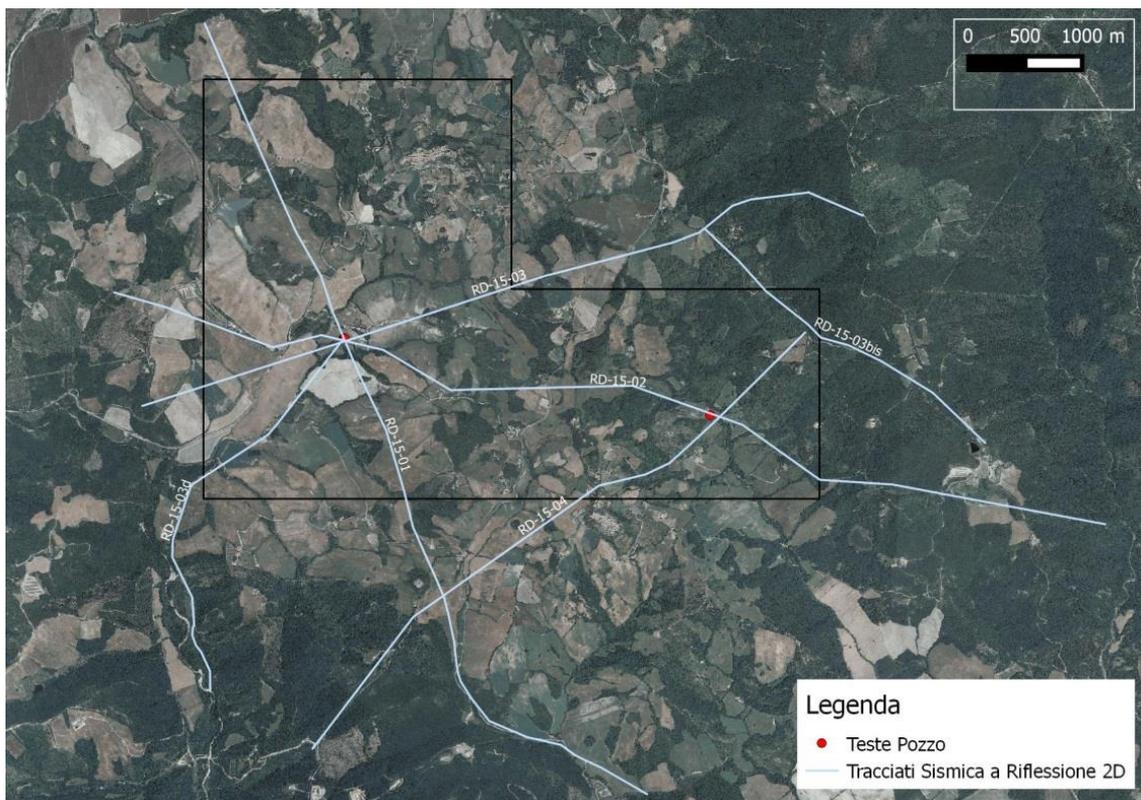


Figura 1-10. Ubicazione dei tracciati delle linee sismiche da acquisire tramite vibroseis.

### 1.10.2 Rilievo magnetotellurico

La prospezione magnetotellurica (MT) consente di determinare le variazioni di resistività elettrica delle varie formazioni geologiche presenti nel sottosuolo a profondità variabili tra poche decine di metri a parecchie decine di chilometri di profondità. La metodologia di indagine è ad impatto nullo in quanto si basa sulla misura del campo elettrico indotto nel terreno dalle variazioni naturali del campo magnetico terrestre. Il metodo permette di discriminare, oltre ai limiti litostratigrafici profondi, i volumi nel sottosuolo caratterizzati da bassi valori di resistività elettrica che, nel caso di prospezioni a carattere geotermico, possono essere associati alla presenza di fluidi geotermici in profondità. La resistività elettrica è infatti un parametro fisico che dipende da diversi fattori, quali la porosità, la permeabilità, la temperatura e la salinità del fluido geotermico. Nelle rocce porose saturate la resistività della roccia è proporzionale a quella del fluido presente nei pori ed è inversamente proporzionale alla porosità.

L'acquisizione MT si realizza tramite un reticolo di stazioni, ciascuna delle quali misura le tre componenti del campo magnetico  $H_x$ ,  $H_y$  e  $H_z$  e le due componenti orizzontali del campo elettrico  $E_x$  e  $E_y$ . La componente verticale del campo elettrico non viene generalmente presa in considerazione in quanto non aggiunge informazioni in un mezzo stratificato. Ciascuna stazione è quindi costituita da tre magnetometri e due dipoli elettrici, il tutto collegato alla strumentazione di registrazione dati (Figura 1-11).

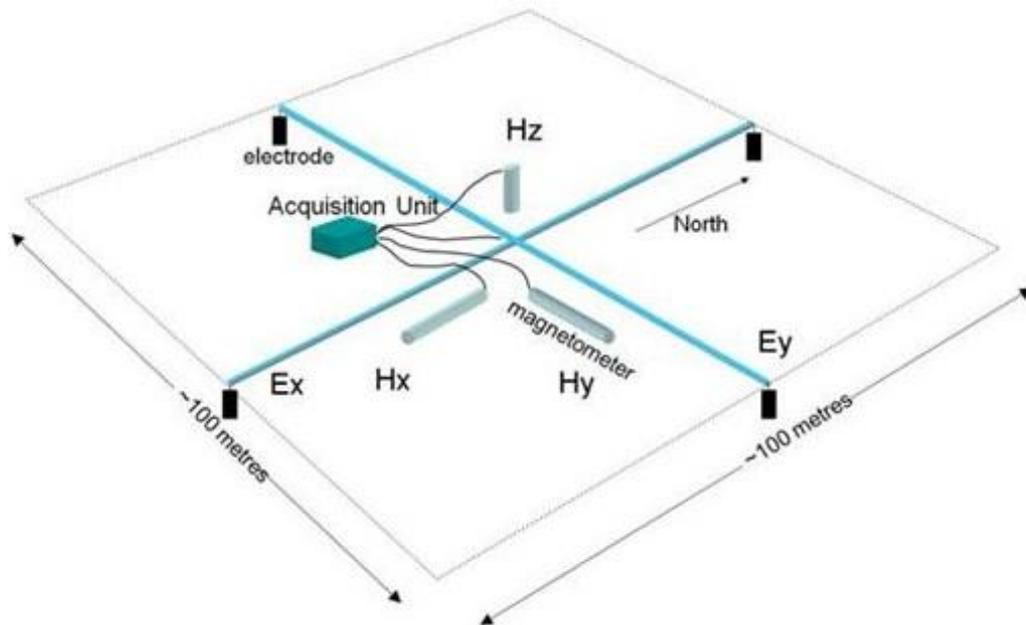


Figura 1-11. Layout di acquisizione di una stazione MT.

I due dipoli, della lunghezza di ~100-200 m, sono posizionati ortogonali tra loro e gli elettrodi sono parzialmente interrati in buche di pochi centimetri di profondità. La maggiore lunghezza dei dipoli permette l'acquisizione di frequenze minori, ma ciò porterebbe alla generazione di rumore a causa di perdite lungo i cavi o dal moto dei cavi stessi sotto l'effetto del vento. Per questo motivo la lunghezza degli elettrodi sarà definita successivamente ad alcune misure di prova.

Per quanto riguarda i magnetometri, sono anch'essi posizionati in modo ortogonale tra di loro, lungo le direzioni x, y, e z, per acquisire le tre componenti del campo magnetico. Anche i sensori magnetici sono soggetti a rumore, che generalmente aumenta al diminuire della frequenza, che è causato dalle vibrazioni del suolo dovute a microsismi naturali, presenza di radici e vegetazione folta, vento etc.. Al fine di ridurre il rumore, anche i magnetometri vengono interrati in delle piccole buche nel terreno, se possibile a debita distanza dalle radici degli alberi.

Nonostante tutti gli accorgimenti del caso, è quasi impossibile evitare il rumore di fondo o indotto, soprattutto in aree antropizzate o con ricca vegetazione. Per questo motivo oltre al reticolo di stazioni MT viene utilizzata una o più stazioni di riferimento remote, cioè distanti rispetto all'area di indagine, al fine di ridurre in modo significativo e sistematico gli errori nella stima dell'impedenza. Nel caso in cui sia presente solamente

rumore random, è sufficiente posizionare i magnetometri di riferimento a poche decine di metri, ma la distanza delle stazioni remote può arrivare a centinaia di chilometri.

L'acquisizione MT per il permesso Lucignano verrà effettuata su 28 stazioni, all'incirca omogeneamente distribuite nella porzione meridionale del permesso, dove sono ubicati i pozzi di produzione e di reiniezione e dove non sono presenti grandi problematiche logistiche (Figura 1-12). Le stazioni sono distanziate le une dalle altre di circa 1000 m, lungo allineamenti orientati SO-NE all'incirca ortogonali alle strutture.

Nella porzione settentrionale del permesso, invece, sono presenti due linee di alta tensione ed un polo antropizzato, che rappresentano fonte di rumore ai fini dell'acquisizione magnetotellurica. Nonostante il rumore delle linee elettriche sia generalmente confinato ad abbastanza precise alte frequenze, si è mantenuta una distanza di sicurezza dai cavi di circa 700 m. Per questi motivi la porzione settentrionale del permesso ha una densità di stazioni leggermente inferiore rispetto alla porzione meridionale; si è cercato però di mantenere una distanza tra le stazioni di circa 1000 m lungo gli allineamenti.

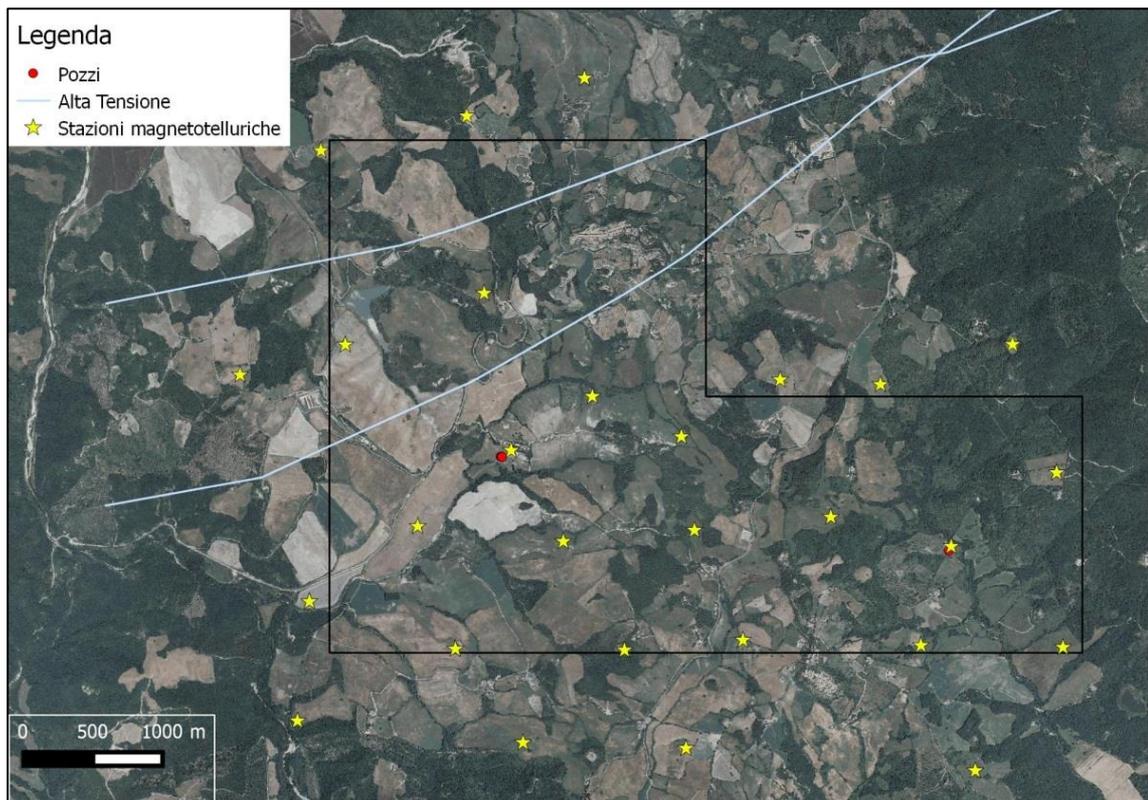


Figura 1-12. Ubicazione delle stazioni di acquisizione MT.

Nonostante tutti gli accorgimenti del caso, è sempre possibile l'introduzione di rumore di fondo all'interno dei dati acquisiti. Per ovviare a questo problema sarà fissata 1 stazione di riferimento remota, la cui distanza dall'area di indagine dipenderà dall'origine e dalla distribuzione spaziale del rumore coerente.



Per quanto riguarda la durata dell'acquisizione, sarà definita sulla base della logistica e della rumorosità dei siti di sondaggio, anche se si svolgerà prevalentemente in orario notturno per ridurre al meno almeno il rumore antropico.

## 2 OPERE IN PROGETTO

### 2.1 CENTRALE GEOTERMoeLETTRICA

La centrale geotermoelettrica sperimentale del progetto pilota “LUCIGNANO” consente, come indicato nel capitolo introduttivo, un efficace sfruttamento della risorsa energetica presente nell’area di progetto. Soprattutto per questo motivo, il relativo processo termodinamico è particolarmente sensibile alle variazioni di temperatura, pressione, portata, salinità, contenuto in gas incondensabili ecc. del fluido geotermico.

Nell’Allegato LCG-RP01-A01-V00-“Relazione tecnico-mineraria” è illustrato nelle sue linee essenziali un modello geologico che, sulla base dei dati disponibili, ha permesso di stimare con buona approssimazione i suddetti parametri per la risorsa geotermica nell’area di progetto, nonché di ricostruire la geometria del serbatoio.

Va ribadito, tuttavia, che la progettazione della centrale non può comunque prescindere dagli esiti delle prove che saranno di volta in volta condotte sui pozzi, così come delineate nel paragrafo 3.5.10., e che pertanto l’assetto finale dell’impianto si andrà completando in corso di esecuzione dei lavori e di esecuzione delle prove. Ciò, naturalmente, non significa che la base progettuale di riferimento potrà essere definita solo in un secondo momento, ma piuttosto che il dimensionamento finale di alcune parti dell’impianto, nonché le condizioni operative di esercizio, saranno da affinare sulla base dei dati e delle risultanze delle attività condotte in situ utilizzando i pozzi da realizzare.

24

#### 2.1.1 *Tecnologia e parametri di progetto*

L’impianto sperimentale è basato su una tecnologia a ciclo binario (Organic Rankine Cycles, ORC), attualmente in forte crescita nel settore della produzione di energia elettrica a partire da fonti termiche a temperatura medio-bassa (correnti calde e cascami termici).

Nel settore delle fonti rinnovabili la tecnologia ORC è impiegata soprattutto in impianti alimentati a biomasse, oltre che in impianti geotermici. In particolare, le temperature di interesse per le applicazioni nella geotermia oscillano tra 90 °C e 200 °C, consentendo, in questo range, una più versatile utilizzazione di fluidi non interessanti dal punto di vista dei tradizionali impianti geotermoelettrici (a vapore secco, a flash o comunque ad espansione diretta), purché caratterizzati da un contenuto energetico ed exergetico non trascurabile. Tuttavia gli impianti ORC più moderni riescono a utilizzare fluidi geotermici con temperature anche superiori ai 250 °C, consentendo una utilizzazione più sostenibile dei fluidi rispetto ai tradizionali impianti geotermoelettrici (a vapore secco, a flash o comunque ad espansione diretta).

In un impianto ORC un fluido organico (criogenico, refrigerante o di altro tipo, ma bassobollente rispetto all’acqua) effettua un ciclo termodinamico di tipo Rankine (o con surriscaldamento del vapore). Particolare importanza assume, in tale ciclo, lo scambio termico tra il fluido geotermico estratto e il fluido organico, in quanto dal rendimento di

tale scambio dipende il corretto funzionamento (ed anche la stessa sostenibilità economica) dell'intero impianto.

Ne segue che il processo di scambio termico, nonché la scelta finale del fluido organico, devono essere oggetto di una approfondita sperimentazione preventiva e di una ottimizzazione da cui dipende il buon esito dell'intera iniziativa. A sua volta, tutto questo risulta strettamente legato alle caratteristiche specifiche della risorsa geotermica, e quindi all'andamento delle attività di sperimentazione condotte sui pozzi. In Figura 2-1 si riporta un grafico T-s (temperatura-entropia specifica) di alcuni fluidi di lavoro utilizzati nei cicli ORC, con l'avvertenza che si tratta di informazioni di tipo indicativo, dovendosi comunque procedere, nei singoli casi, alla caratterizzazione dei geofluidi e alla sperimentazione di cui sopra.

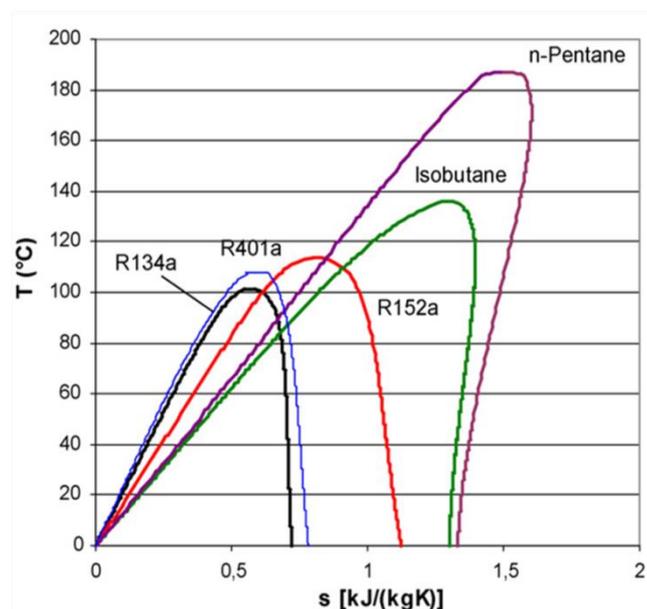


Figura 2-1. Grafico T-s (temperatura-entropia specifica) di alcuni fluidi di lavoro utilizzati nei cicli ORC.

Ulteriori elementi fondamentali ai fini della corretta progettazione dell'impianto geotermico sono i contenuti del fluido geotermico in sali disciolti ed in gas incondensabili: infatti, nella sperimentazione del circuito idraulico è necessario impedire variazioni di pressione nel circuito chiuso del geofluido che possono indurre essoluzione di  $CO_2$ , con conseguente precipitazione di minerali. Questo viene impedito progettando adeguatamente i *casing* dei pozzi di produzione/reiniezione e le pompe di prelievo e reiniezione; a sua volta, tale progettazione è inevitabilmente influenzata dalla composizione chimica esatta del geofluido, che sarà disponibile, come detto, solo al momento delle prove di produzione, per poi estendersi all'intera fase di sperimentazione dell'impianto pilota.

Un ulteriore parametro da considerare nella progettazione dell'impianto sono le condizioni climatiche in cui si trova a lavorare. Sulla base dei dati meteorologici disponibili per l'area di lavoro, per la progettazione delle prestazioni dell'impianto, sono stati adottati i valori di Tabella 2-1.

Parametro	Valore
Quota	284 m slm
Temperatura ambiente di riferimento	18 °C
Umidità relativa	60%

Tabella 2-1. Condizioni ambientali utilizzate per la progettazione dell'impianto.

### 2.1.2 Caratteristiche dell'impianto

Le componenti principali dell'impianto pilota sono (Figura 2-2):

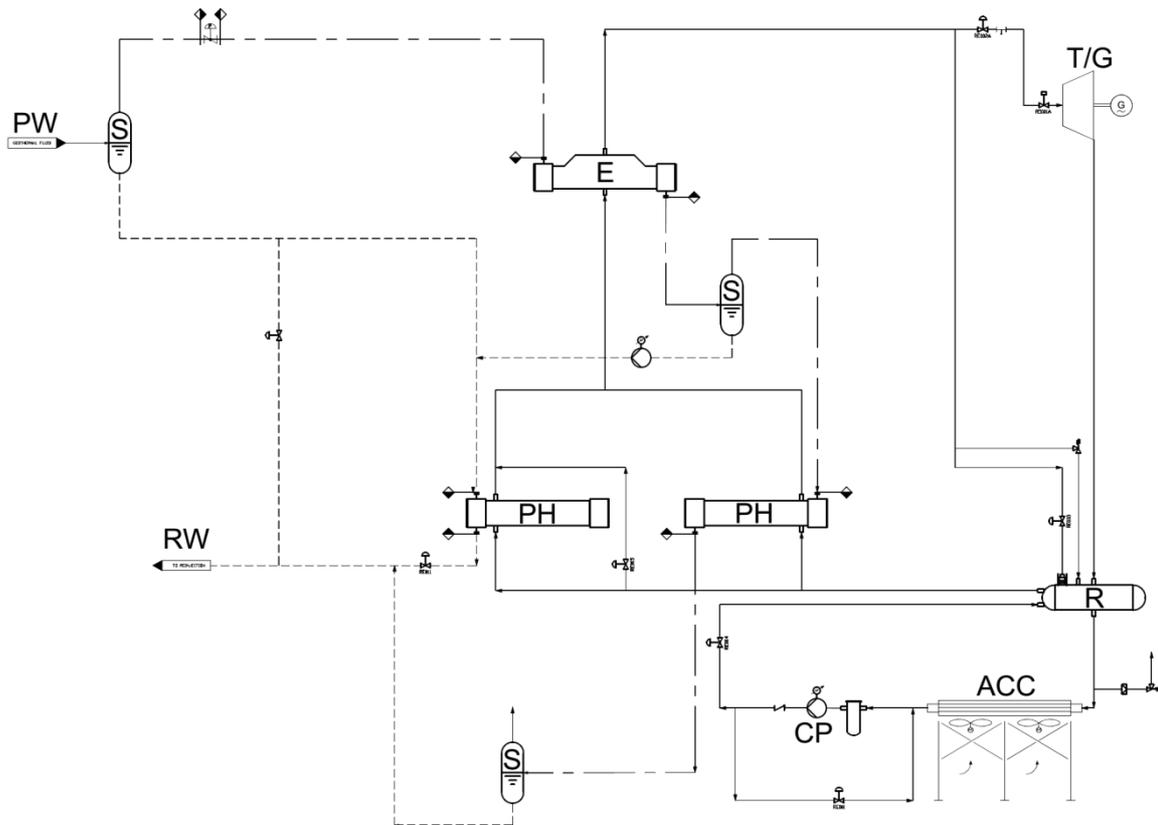


Figura 2-2. PFD dell'impianto geotermoelettrico.

#### Scambiatore di calore-evaporatore (E)

Lo scambiatore di calore permette lo scambio termico tra il fluido geotermico e il fluido intermedio, trasferendo a quest'ultimo l'energia necessaria per alimentare l'impianto ORC (il fluido secondario vaporizza e viene quindi avviato alla turbina, espandendo e generando potenza meccanica). Lo scambiatore è costituito da una sezione di scambio costituita da due preriscaldatori (PH) e da un evaporatore (E), eventualmente, una sezione di surriscaldamento del vapore.

L'evaporatore così come il preriscaldatore sono realizzati in acciaio al carbonio, e consistono in un sistema costituito da un guscio esterno generalmente di forma cilindrica contenente un fascio di tubi all'interno dei quali scorre il fluido geotermico.

Scopo del preriscaldatore è il recupero di parte del calore del fluido espanso in uscita dalla turbina. Infatti all'interno del PH il fluido di lavoro è preriscaldato prima del suo ingresso nello scambiatore principale dal fluido geotermico in uscita dall'evaporatore.

### **Sistema turbina-generatore (T/G)**

Il Sistema turbina-generatore trasforma l'energia potenziale termodinamica del fluido secondario che proviene dall'evaporatore primario in lavoro meccanico. La turbina sarà ad asse orizzontale di potenza nominale (gross) pari a 6,73 MW.

### **Condensatore (ACC)**

Al fine di riportare il vapore espanso alla condizione di liquido saturo (al livello di pressione più basso del ciclo termodinamico) l'impianto è dotato di uno scambiatore di calore ad aria. Si tratta di un *array* di ventilatori (*air-cooler*) ad asse verticale, montati su una cassa d'aria costruita in acciaio galvanizzato. In corrispondenza della cassa d'aria sono disposti i fasci tubieri in acciaio al carbonio, entro cui viene fatto circolare il fluido di lavoro, prima sotto forma di vapore, poi nuovamente di liquido, a valle della condensazione. Il movimento dell'aria mossa dai ventilatori permette di estrarre il calore dal fluido di lavoro contenuto nei fasci tubieri permettendone la condensazione.

E' da notare che il numero di air-cooler è fortemente vincolato dal salto termico, il quale, a sua volta, dipende dalle caratteristiche del fluido geotermico. Al momento, sulla base dei dati disponibili, si prevede di installare 16 unità, ma tale numero potrà variare in fase di progettazione esecutiva, una volta completate le sperimentazioni sui pozzi. Gli air-cooler vanno inoltre opportunamente dimensionati, in modo da garantire lo smaltimento dell'energia termica proveniente dalla condensazione del fluido di lavoro anche in condizioni esterne sfavorevoli (temperature esterne estive particolarmente alte).

### **Pompa di circolazione (CP)**

L'impianto è dotato di una pompa di circolazione che ripristina il livello superiore di pressione per il riavvio del ciclo. Con la CP è possibile riportare il valore della pressione del fluido organico dal suo valore minimo all'uscita del condensatore a quello massimo del ciclo corrispondente alla pressione di evaporazione.

In fase di progettazione esecutiva, inoltre, e una volta noti i parametri di dettaglio relativi ai fluidi geotermici, verrà valutata la possibilità di introdurre anche uno scambiatore interno (R), rigenerativo, che recuperi parte del calore del fluido espanso in uscita dalla turbina e preriscaldi il condensato prima dell'ingresso nel pre-riscaldatore.

Nella Tabella 2-2 si riportano le caratteristiche principali dell'impianto ORC.

CARATTERISTICHE TECNICHE	
Tipo turbina	a vapore multistadio 1500 rpm
Tipo raffreddamento	aria
Generatore	Sincrono (11 kV – 50Hz)
Pompe di servizio	Centrifughe multistadio
ALIMENTAZIONE	
Tipo	Scambio termico
Temperatura del fluido geotermico	180 °C
Pressione del fluido geotermico	65 bar a
Temperatura del fluido geotermico alla reiniezione	60-70 °C
Portata del fluido geotermico dal singolo pozzo	60 t/h
Portata del fluido geotermico totale	180 t/h
Salinità del fluido geotermico	2.0 g/l
Contenuto in gas non condensabili	10% (HGT)
PRESTAZIONI	
Potenza lorda	6.73 MW
Autoconsumi (potenza dissipata): pompe di produzione, ausiliari ciclo ORC (pompa di circolazione fluido organico, sistema di raffreddamento condensatore), sistema di reiniezione	1.73 MWe
Potenza elettrica netta	5 MWe
Ore di funzionamento annuo previste a regime	8.000
Producibilità nominale annua (al termine della fase di sperimentazione)	40.000.000 KWh/a
DIMENSIONI	
Condensatore	59.50 m x 18 m x 13 m(h)
Impianto	35 m x 27 m x 6 m(h)
PARAMETRI (D.M. Infrastrutture 14/01/2008, circolare 02/02/2009 n° 617/C.S.LL.PP.)	
Vita nominale in anni (VN)	≥50anni
Classe d'uso (CU)	II
Coefficiente d'uso (CU)	1
Periodo di riferimento (VR)	≥50

Tabella 2-2. Caratteristiche tecniche dell'impianto ORC e parametri progettuali ai sensi del DM n° 1401 del 14/01/2008.

### 2.1.3 Sistemi ausiliari

La configurazione impiantistica della centrale geotermoelettrica è piuttosto semplice e non necessita di sistemi ausiliari di particolare rilevanza. In particolare, sono presenti:

- Sistema di regolazione e controllo;
- Sistema antincendio;
- Quadri elettrici per la consegna dell'energia alla rete.

Il layout del piazzale della centrale prevede inoltre la presenza di un edificio (LCG-TAV05-V00) che contiene:

- Quadri controllo macchine;
- Locale tecnico;
- Quadri elettrici;
- Locale ENEL;
- Locale misure;
- Locali accessori;
- Locale del trasformatore.

I Quadri di controllo macchine consentono il controllo del funzionamento dell'impianto sia in remoto che da parte degli operatori presenti sul posto.

Il locale tecnico serve a contenere tutti gli utensili necessari per la manutenzione ordinaria nonché la caldaia. I Locali accessori sono adibiti alla permanenza degli operatori sul posto e comprendono quindi la camera da letto e il bagno.

29

Per quanto riguarda i quadri elettrici il layout prevede i seguenti elementi:

- Misure;
- Protezione gasasce;
- Risalita sbarre;
- Protezione del Trasformatore;
- Servizi ausiliari;
- Montante di macchina;
- Centro stella;
- Batteria;
- Quadro gestione;
- Interruttore generale.

I locali misure ed ENEL, infine, servono a monitorare la quantità di energia prodotta rispettivamente dall'operatore e da ENEL. Il locale ENEL infatti presenta un accesso separato rispetto agli altri locali.

## **Sistema di regolazione e controllo**

In fase di esercizio la centrale sarà pressoché integralmente automatizzata e dotata quindi di un sistema di controllo remoto progettato in modo da garantire il funzionamento in sicurezza anche senza la necessità di un presidio tecnico permanente. Tale sistema consentirà di visualizzare a distanza le informazioni sul corretto funzionamento dell'impianto e di operare in modo interattivo in caso di necessità.

Ad ogni modo è prevista la presenza presso l'impianto di quattro persone suddivise in turni di otto ore ciascuna opportunamente preparate ed addestrate alla gestione di eventuali malfunzionamenti.

## **Sistemi antincendio**

Come da normativa, l'impianto sarà dotato di un sistema antincendio, con una rete alimentata da un serbatoio posizionato vicino all'impianto (LCG-TAV05-V00). La progettazione, l'installazione e l'esercizio degli impianti idrici destinati all'alimentazione di idranti e naspì antincendio saranno conformi a quanto indicato dalla norma UNI 10779.

All'interno dei locali chiusi sarà inoltre prevista la presenza di un numero adeguato di estintori a polvere in conformità con la normativa vigente.

### ***2.1.4 Ubicazione e dimensioni dell'impianto***

#### ***2.1.4.1 Ubicazione dell'impianto***

Ferma restando la necessità di garantire la maggior vicinanza possibile dei pozzi all'obiettivo minerario (basata sulle considerazioni di carattere geologico illustrate nell'Allegato LCG-RP01-A01-V00-“Relazione tecnico-mineraria”), i principali requisiti considerati in fase di individuazione delle scelte di localizzazione della centrale sono stati i seguenti:

- la necessità di evitare aree soggette a vincolo, sia dal punto di vista della tutela ambientale, sia dal punto di vista della interferenza con zone a rischio idrogeologico e idraulico;
- la massimizzazione (compatibilmente con gli altri vincoli) della distanza da zone abitate e da aree di pregio, in modo tale da limitare al minimo il numero di ricettori che possano subire gli effetti degli impatti legati alle emissioni e alle conseguenze di eventi incidentali, ancorché del tutto remoti;
- la necessità di garantire il miglior inserimento paesaggistico, compatibilmente con i vicoli sopra indicati;
- la minimizzazione del suolo occupato, per limitare il più possibile la sottrazione di terreni agricoli di pregio alle attuali attività di coltivazione;
- la necessità di prevedere adeguati sistemi di regimazione e di convogliamento delle acque meteoriche e di ruscellamento, e di tecniche

di realizzazione dei fossi di guardia, allo scopo di mantenere il più possibile inalterato il regime preesistente e al tempo stesso garantire che eventuali sversamenti accidentali di sostanze inquinanti non possano interferire con il suolo e la falda;

- la minimizzazione degli impatti previsti durante la fase di realizzazione dell'opera e, in particolare:
  - il rispetto dell'orografia del terreno, con minimizzazione delle operazioni di scavo e riporto per la preparazione delle aree di lavoro;
  - la minimizzazione degli interventi sulla viabilità esistente, compatibilmente con la necessità di consentire l'accesso alle aree di cantiere ai mezzi necessari per la realizzazione degli impianti;
  - la garanzia di un completo ripristino delle aree occupate temporaneamente ai fini della realizzazione delle opere, con particolare riferimento agli automezzi e alle attrezzature utilizzate nel cantiere di perforazione.

Il sito selezionato sulla base dei criteri sopra esposti si trova all'interno del Comune di Radicondoli in Provincia di Siena, circa 1.6 km a sud dell'abitato di Radicondoli (Figura 2-3, Figura 2-4, Figura 2-5, LCG-TAV05-V00).

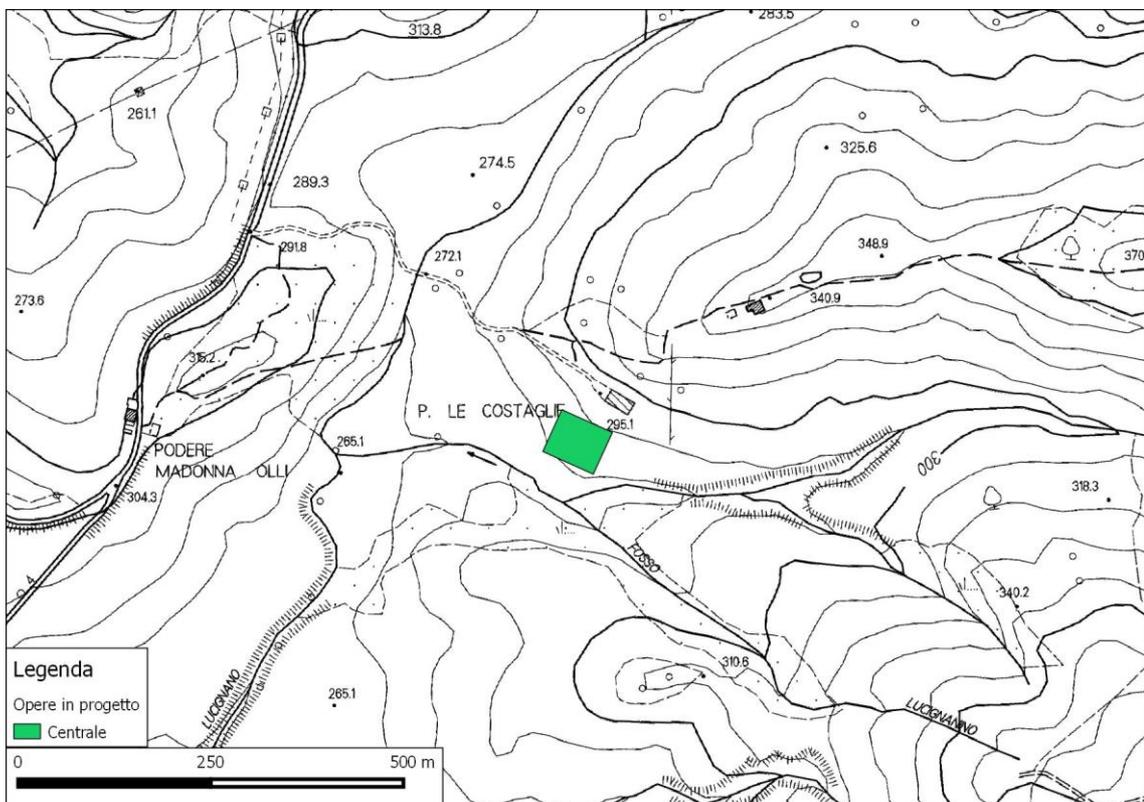


Figura 2-3. Ubicazione della centrale geotermoelettrica su base topografica CTR 10.000 Regione Toscana.

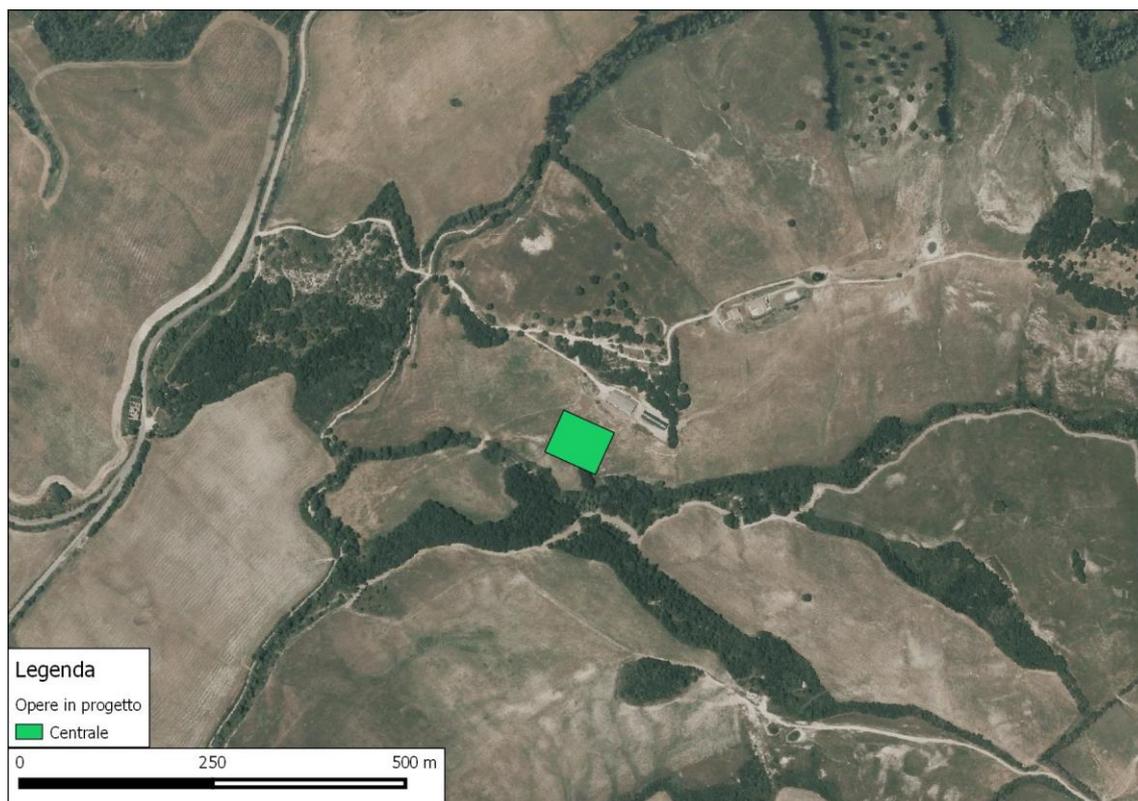


Figura 2-4. Ubicazione della centrale geotermoelettrica su base topografica ortofoto della Regione Toscana.



Figura 2-5. Area di ubicazione della centrale geotermoelettrica.

L'area occupata dall'intervento è di circa 4397.5 m<sup>2</sup> e, secondo il PRG del Comune di Radicondoli, l'area di ubicazione ricade in "Zona con prevalente funzione agricola".

Per quanto riguarda la sua accessibilità, il sito è raggiungibile con facilità tramite la viabilità esistente: percorrendo, infatti, la Strada provinciale SP35B "Radicondoli-Casone" in direzione sud (provenendo dall'abitato di Radicondoli) circa 300 m prima del Podere Madonna Olli si svolta a sinistra verso il Podere Le Costaglie e, dopo circa 400 m di strada bianca, superato il Fosso Lucignano, si arriva in prossimità dell'area di ubicazione della centrale (LCG-TAV09-V00). In prossimità del podere si imbecca la strada bianca sulla destra appositamente realizzata per raggiungere il sito di intervento. Il sito è quindi raggiungibile utilizzando per gran parte la viabilità esistente, gli interventi saranno quindi molto limitati, pur consentendo un agevole accesso per i mezzi di trasporto e di lavoro e la disponibilità di spazi adeguati sia in fase di cantiere che in fase di esercizio e di manutenzione. Nella LCG-TAV05-V00 è riportata l'ubicazione della centrale e delle opere connesse.

La scelta di posizionare l'impianto ORC in adiacenza all'area pozzi LUCIGNANO 1 è motivata da esigenze di ottimizzazione del layout di progetto (riduzione della lunghezza delle pipeline e quindi anche del relativo impatto paesaggistico, riduzione del numero di siti interessati dal progetto, riduzione degli interventi sulla viabilità esistente).

#### **2.1.4.2 Dimensioni dell'impianto**

In merito agli aspetti dimensionali, l'impianto interessa una superficie totale di circa 4397.5 m<sup>2</sup>. Tale area sarà occupata dall'impianto ORC, dai locali adibiti ad ufficio ed a pannello di controllo, dal serbatoio del sistema antincendio, dal locale di consegna alla rete ENEL e da un piazzale di parcheggio per gli automezzi (LCG-TAV05-V00).

33

In particolare, la centrale ORC occuperà un'area molto modesta di soli 754 m<sup>2</sup> di dimensioni massime pari a circa 35 m x 27 m. Le dimensioni del condensatore (air-cooler) saranno invece pari a 59.50 m x 18 m x 13 m (h): a queste si deve aggiungere una fascia di rispetto di circa 10 m lungo tutto il perimetro esterno, per consentire che il sistema di raffreddamento lavori in modo efficiente. In questa fascia non devono essere presenti altri impianti o edifici, né piantumazioni, dovendo essere garantita la corretta circolazione dell'aria (Figura 2-6).

Per quanto riguarda le altre installazioni presenti sul sito si riportano di seguito le relative dimensioni (Figura 2-6, LCG-TAV05-V00):

- Parcheggio interno: 19.3 x 9.5 m;
- Parcheggio esterno: 7.80 x 5 m;
- Impianto antincendio: 10.4 x 16 m;
- Serbatoio antincendio: diametro 6 m, altezza 5 m;
- Locale uffici e aree tecniche: 15 x 12.5 x 7 m (h).



Figura 2-6. Aree centrale geotermoelettrica.

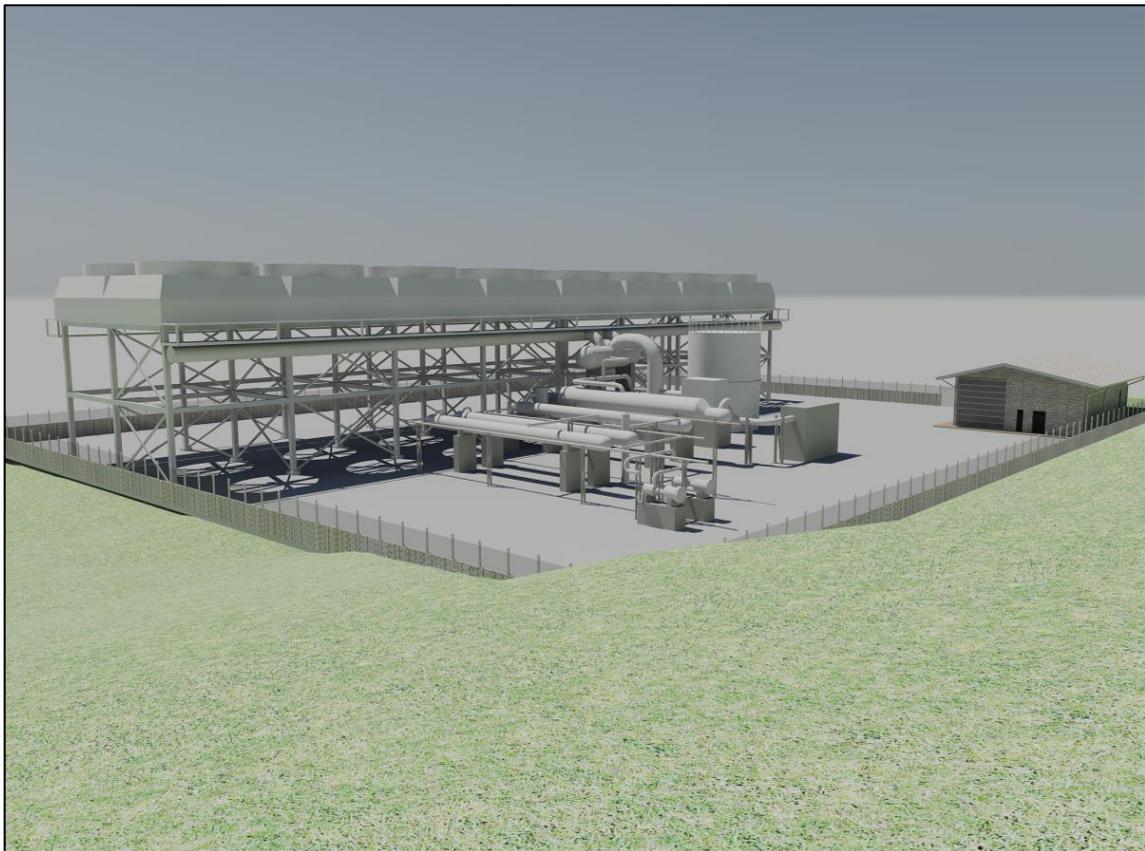


Figura 2-7. Rendering dell'impianto geotermoelettrico.

L'area della centrale geotermoelettrica sarà completamente recintata installando una rete elettrosaldata e plastificata di colore verde fissata a terra con paletti in legno di altezza pari a 2.5 m e interasse di circa 4 m.

### **2.1.5 Test, sperimentazione ed esercizio dell'impianto**

Una volta terminata la costruzione dell'impianto (pozzo di produzione-impianto ORC-Pozzo di reiniezione-pipeline) saranno eseguiti dei test specifici per la verifica del perfetto funzionamento di ogni parte meccanica, elettrica ed idraulica (valvole, pompe) e ad avvenuto controllo saranno rilasciate le opportune certificazioni.

A seguito dell'esito positivo dei test avrà inizio la fase di sperimentazione durante la quale sarà portato avanti il programma delle attività così come è stato descritto nel paragrafo 1.6 e che comunque avranno durata consona a quanto stabilito dal D.Lgs 22/2010 e s.m.i..

La fase di sperimentazione permetterà di stabilire le migliori condizioni di lavoro e di coltivazione della risorsa reperita portando ad una ottimizzazione dell'impianto ORC (paragrafo 2.5).

In questa fase il piano di monitoraggio ambientale proposto sarà già operativo e funzionante, pertanto sarà possibile elaborare i dati raccolti che andranno a costruire la banca dati dello stato ambientale ante-operam. Sarà quindi possibile confrontare le informazioni registrate e raccolte dall'entrata in funzione dell'impianto con quelle pregresse e valutare tempestivamente eventuali variazioni dello stato ambientale superficiale e di sottosuolo.

35

## **2.2 POLO DI PRODUZIONE E DI REINIEZIONE**

### **2.2.1 Criteri di ubicazione**

L'ubicazione del polo di produzione e reiniezione è stata effettuata sulla base delle informazioni disponibili (dati e modelli) sulle formazioni "target" dei pozzi da perforare e sulle caratteristiche dei fluidi geotermici da utilizzare.

In particolare, la conoscenza della geometria del serbatoio geotermico, illustrata nell'Allegato LCG-RS01-A01-V00-"Relazione tecnico-mineraria", ha permesso non soltanto di ubicare i pozzi di produzione/reiniezione (LCG-TAV01-V00, LCG-TAV07-V00, LCG-TAV08-V00), ma anche di individuare la stratigrafia attesa, consentendo di programmare, così, il profilo di tubaggio e definire il conseguente programma di perforazione, oltre che di evitare i possibili fenomeni di interferenza termica ed idraulica tra i pozzi stessi, che possono determinare riduzioni di portata a lungo termine e un raffreddamento eccessivo del serbatoio geotermico in seguito alla reiniezione.

In aggiunta, sono stati presi in considerazione i vincoli, già illustrati, sulla distanza minima tra pozzi di produzione e reiniezione (2850 m) e della distanza minima di 500 m dal confine del permesso di ricerca. Nel primo caso, la limitazione è mirata ad evitare

interferenze reciproche tra i pozzi e un raffreddamento eccessivo del serbatoio geotermico in seguito alla reiniezione; da ciò consegue, tra l'altro, che la distanza va calcolata in corrispondenza dei punti di ingresso dei pozzi nel serbatoio e non in superficie. In questo caso visto le direzioni di deviazione si è deciso di considerare la distanza minima a partire dal fondo pozzo del pozzo LCG1B. Nel secondo caso, invece, si tratta di un vincolo che trae origine da una disposizione volta a limitare il più possibile le interferenze tra attività di ricerca e/o di sfruttamento della risorsa tra due aree contigue, dovendosi in generale ritenere che i titolari dei relativi diritti siano tra loro diversi.

Il posizionamento della seconda postazione di perforazione discende da una valutazione combinata dell'ubicazione del primo pozzo e dei devianti, delle caratteristiche del serbatoio e della risorsa geotermica in direzione est, delle caratteristiche e dei vincoli territoriali e ambientali e infine delle distanze minime da rispettare sulla base dei vincoli di concessione sopra indicati.

Analogamente, si è tenuto conto di tali fattori anche per identificare la direzione di perforazione per i pozzi devianti, fermo restando che, come già indicato in precedenza, tale direzione potrà essere modificata a seguito dei risultati delle prospezioni di dettaglio, sulla base degli esiti della sperimentazione già condotta sugli altri pozzi, allo scopo di ottimizzare l'utilizzo della risorsa geotermica.

Pertanto i parametri tenuti in considerazione per la scelta delle ubicazioni di perforazione sono stati:

- Geologico-minerari;
- Logistico-ambientali:
  - Accessibilità del sito e viabilità: possibilità di raggiungere il sito di perforazione utilizzando prevalentemente la viabilità esistente;
  - Morfologia: privilegiare aree pianeggianti in modo da limitare la movimentazione terra ma tuttavia sufficientemente ampie da ospitare l'impianto di perforazione e le opere connesse (parcheggio, vasche acqua);
  - Vegetazione: individuare aree prive di vegetazione in modo da evitarne quanto più possibile il taglio;
  - Geologia-geomorfologia: evitare, per quanto possibile, aree che manifestano fenomeni di dissesto in atto o incipienti;
  - Idraulica: evitare, per quanto possibile, aree a pericolosità idraulica;
  - Aree naturali: rimanere fuori dalle aree naturali protette;
  - Abitazioni: mantenere distanze di almeno 150-200 m dalle abitazioni esistenti;
  - Infrastrutture: creare la minore interferenza possibile alle infrastrutture esistenti.

- Normativi: vincolo dei 500 m dal limite del permesso di ricerca secondo quanto disposto dal D.P.R. 395/1991.

L'applicazione dei criteri sopra indicati ha condotto all'identificazione delle due aree pozzo LUCIGNANO 1 e 2 distanti circa 3300 m (Figura 2-8).

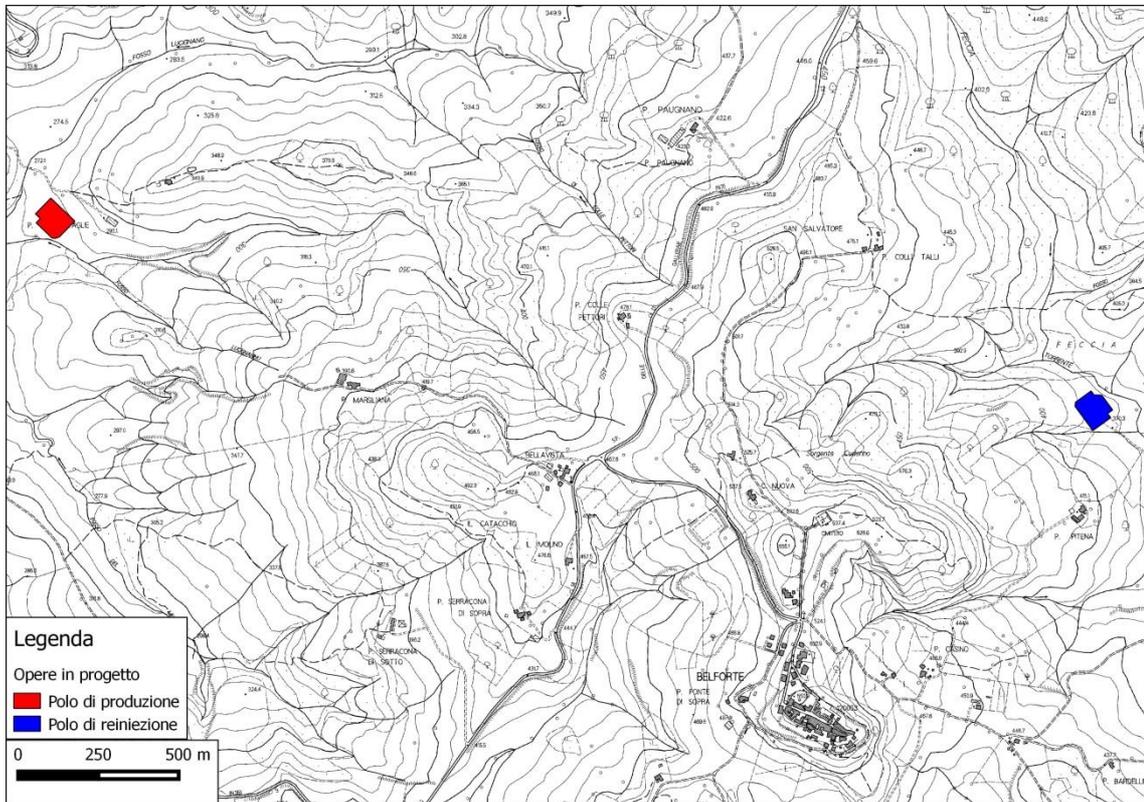


Figura 2-8. Ubicazione delle postazioni di perforazione.

### 2.2.2 Stato di progetto

Il progetto prevede la perforazione di n. 5 pozzi, da realizzarsi in corrispondenza delle due aree pozzo (LUCIGNANO 1, 2) su cui si articola il layout progettuale, e di cui viene fornita nel seguito una descrizione di dettaglio. Nello specifico si prevede di perforare n. 3 pozzi in corrispondenza della postazione LUCIGNANO 1 e due pozzi dalla postazione LUCIGNANO 2.

In questo modo si prefigura un layout di progetto che vede la presenza di un polo di produzione denominato Lucignano 1 dove sono concentrati i pozzi di estrazione del fluido geotermico e un polo di reiniezione denominato Lucignano 2 dove invece sono presenti i pozzi di reiniezione del fluido all'interno delle stesse formazioni di provenienza.

Per la postazione Lucignano 1 è previsto un pozzo verticale e due devianti, per la postazione Lucignano 2 si prevede un pozzo verticale e un deviato. Le direzioni di deviazione proposte sono state scelte in funzione dei dati attualmente disponibili. In seguito ai risultati delle prospezioni di dettaglio verrà ottimizzato il circuito di

produzione-reiniezione e pertanto tali direzioni potranno subire modifiche e aggiustamenti.

Nel presente progetto si indicano come “aree pozzi” le installazioni permanenti da realizzarsi, una volta terminate le operazioni di perforazione, le prove di produzione e la fase di sperimentazione dell’impianto ORC, presso il polo di produzione e quello di reiniezione per la successiva fase di esercizio (LCG-TAV06-V00).

Tali aree, concettualmente simili per ciascuno dei due siti previsti dal progetto, consistono nelle seguenti opere:

- piazzale della postazione;
- l’area adibita a parcheggio;
- Le strade di accesso alla postazione;
- le teste pozzo;
- l’area cementata del piano sonda necessaria per la fase di perforazione comprensiva della cantina e i cunicoli adibiti al passaggio della rete di trasporto dei fluidi;
- una recinzione munita di cancello posta intorno alla cantina costituita da una rete di 2 m di altezza, con dimensioni in pianta di 2,5 m x 25 m, per protezione dei pozzi e per impedire l’accesso alla struttura da tutti i lati;
- le vasche in cemento armato poste sul lato della postazione adibite allo stoccaggio acqua di perforazione e fluido geotermico derivante dalle prove di produzione;
- le vasche in cemento armato per la raccolta dei fanghi e dei *cuttings* di perforazione;
- la rete metallica di adeguata altezza e robustezza predisposta sul perimetro del cantiere di perforazione per impedire l’accesso di personale estraneo alle strutture di postazione.

38

La testa pozzo è una struttura fissa che connette i *casing* che escono dal pozzo; in caso di esito positivo delle sperimentazioni, questa rimane installata e viene completata con la croce di produzione, alla quale si collegano le linee che trasportano il fluido geotermico dai pozzi all’impianto e viceversa. La testa pozzo è composta dai seguenti elementi (Figura 2-9):

- flangia base;
- corpi intermedi: sono elementi cilindrici flangiati alle estremità che hanno lo scopo di coprire la testa del *casing* precedente e di sostenere il peso del *casing* successivo;
- cunei di ancoraggio;
- gruppi di tenuta;
- corpo superiore: permette la sospensione dei tubi di produzione.

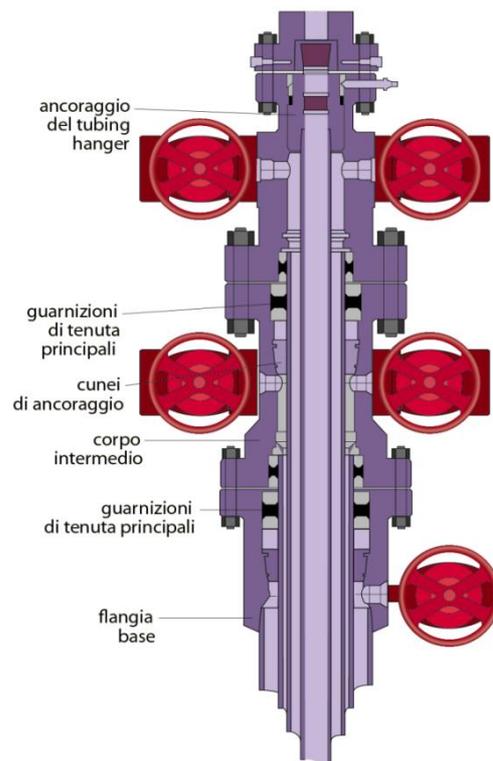


Figura 2-9. Tipico di testa pozzi (Enciclopedia degli Idrocarburi, ediz. Treccani).

Si deve precisare che le teste pozzo sono alloggiare in una buca armata (cantina) e fuoriescono dal piano campagna di circa 1,5 metri, quindi di ingombro assimilabile ai comuni pozzi artesiani per l'attingimento di acqua e pertanto con un ingombro volumetrico e una visibilità irrilevante.

39

Per quanto riguarda il basamento, si tratta di una struttura in c.a. che viene inizialmente realizzata per alloggiare le macchine in fase di perforazione. Il basamento è dotato, sempre per i fini della perforazione, di una struttura interrata denominata "cantina", e più avanti descritta in maggior dettaglio.

L'area pozzi viene delimitata con rete metallica plastificata infissa nel terreno, di altezza pari a 2,0 m fissata a paletti in legno. L'accesso all'area avviene mediante cancello di dimensioni pari a 4,0 x 2,0 (h) m, anch'esso in rete metallica plastificata apribile ad ante.

### **2.2.3 Polo di produzione**

Il polo di produzione LUCIGNANO 1 è l'area pozzi da cui è estratto il fluido geotermico attraverso n. 3 pozzi di cui 1 verticale e due devianti.

La postazione si trova all'interno del Comune di Radicondoli, in Provincia di Siena, a circa 1600 m ad sud delle prime case dell'abitato di Radicondoli ad una quota di 276 m slm (Figura 2-10, Figura 2-11, Figura 2-12).

L'area pozzi LUCIGNANO 1 è ubicata a soli 50 m di distanza dalla centrale geotermoelettrica. Con questa posizione si è cercato di ottimizzare il layout di progetto

in termini di minore lunghezza delle linee di trasporto fluidi, minore numero di siti di progetto e quindi minori impatti e/o interferenze sulle varie componenti ambientali.

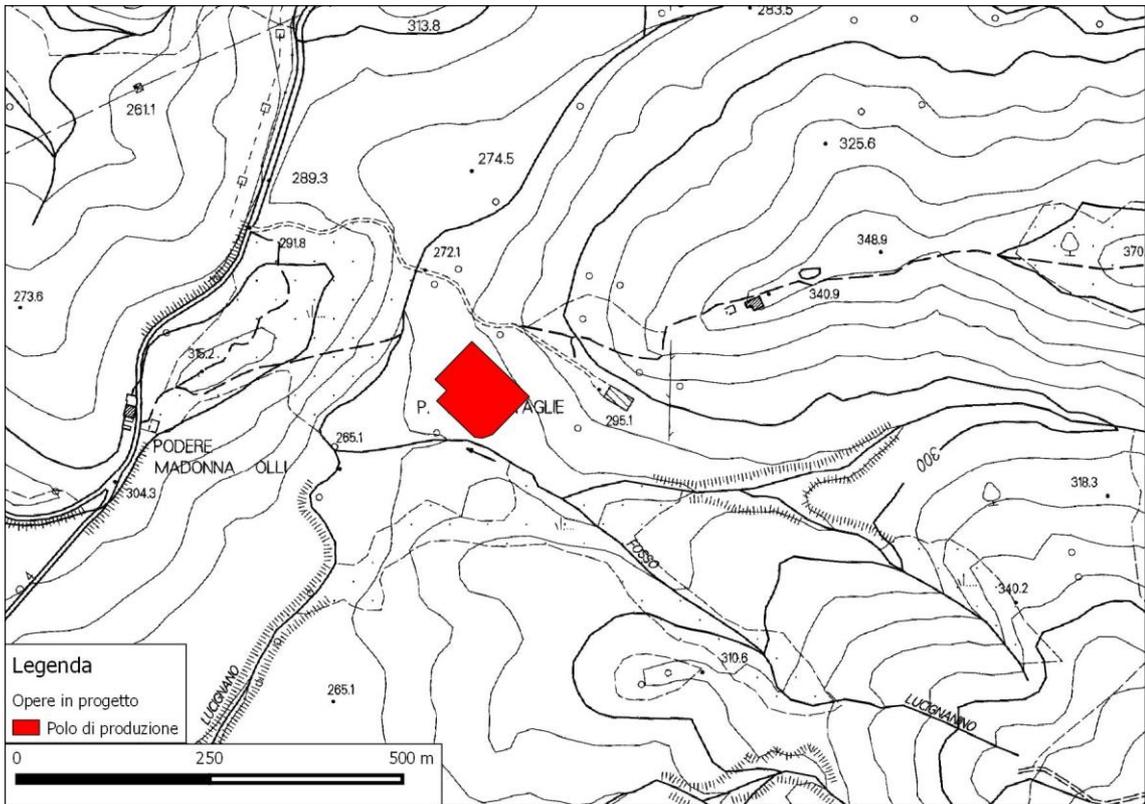


Figura 2-10. Ubicazione su CTR del polo di produzione LUCIGNANO 1.



Figura 2-11. Ubicazione su ortofoto del polo di produzione LUCIGNANO 1.

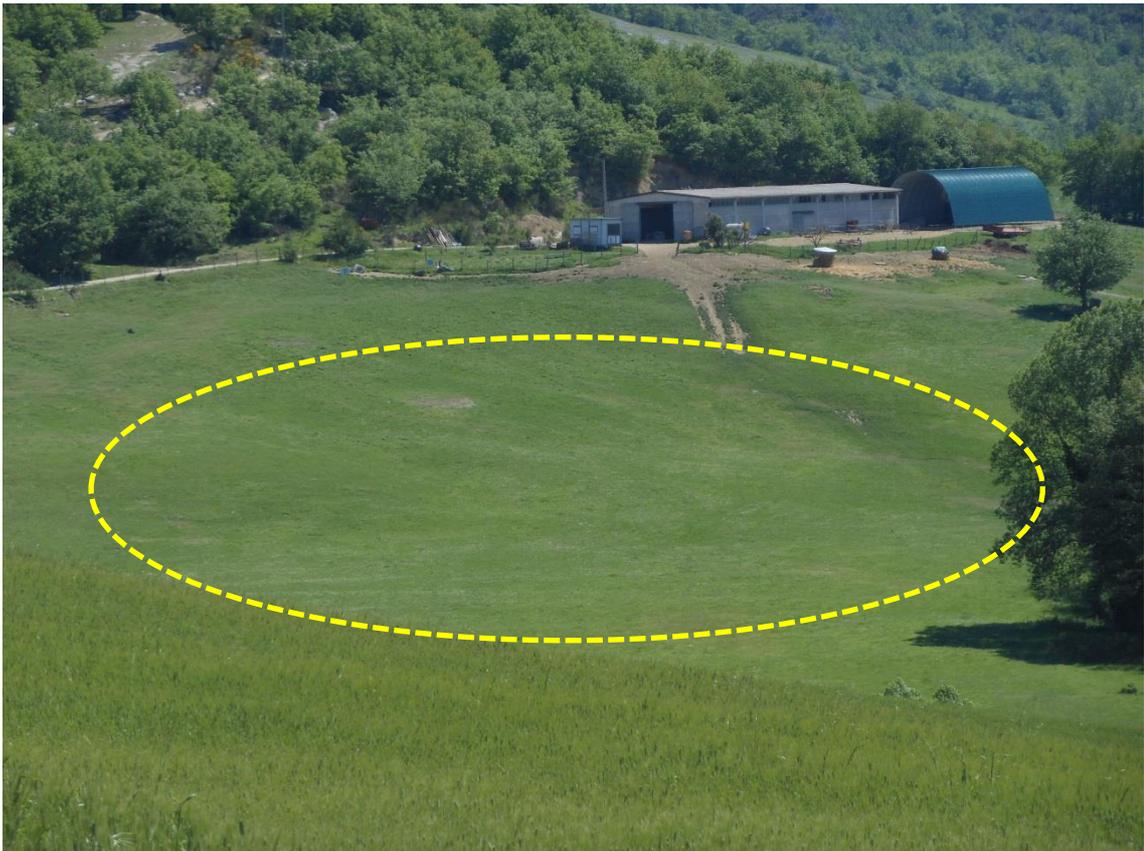


Figura 2-12. Area di ubicazione del polo di produzione LUCIGNANO 1.

In Tabella 2-3 sono riportati i riferimenti dell'ubicazione del polo di produzione e le coordinate dei pozzi previsti. Il layout finale della postazione occuperà una superficie di circa 8629 m<sup>2</sup> ed è ubicata secondo il PRG del Comune di Radicondoli in "Zona con prevalente funzione agricola".

Permesso di ricerca		Lucignano	
Titolare		Lucignano Pilot Project S.r.l.	
Nome		LUCIGNANO 1	
Numero di pozzi		3	
Nome del pozzo		LCG 1A LCG 1B LCG 1C	
Tipo		Polo di Produzione	
Comune		Radicondoli	
Provincia		Siena	
Regione		Toscana	
Inquadramento su IGM 100.000		Foglio 120	
Inquadramento su CTR 1:10.000		296130	
Inquadramento catastale		Foglio n. 34, Particella n. 12, 13, 17, 60 e 87	
Quota piano di campagna (m. s.l.m.)		276 m s.l.m.m.	
Coordinate del pozzo		est	nord
Roma 40 (geografiche)	LCG-1A	-1° 25' 7.2659"	+43° 14' 46.9397"
Roma 40 (geografiche)	LCG-1B	-1° 25' 7.1103"	+43° 14' 46.8244"
Roma 40 (geografiche)	LCG-1C	-1° 25' 6.9547"	+43° 14' 46.7090"

Tabella 2-3. Scheda del polo di produzione Lucignano 1.

Il polo di produzione è raggiungibile percorrendo verso sud, provenendo dall'abitato di Radicondoli, la Strada provinciale SP35B "Radicondoli-Casone". Circa 300 m prima del Podere Madonna Olli si svolta a sinistra sulla strada bianca che conduce al Podere Le Costaglie, superato il Fosso Lucignano, si arriva all'area di ubicazione del polo di produzione.

## 2.2.4 Polo di reiniezione

Il polo di reiniezione LUCIGNANO 2 è l'area pozzo nella quale avviene la reiniezione del fluido geotermico nelle stesse formazioni di provenienza attraverso n. 2 pozzi di cui 1 verticale e uno deviato.

Il polo di reiniezione si trova all'interno del Comune di Radicondoli, in Provincia di Siena, a circa 1160 m in direzione nord-est dal centro abitato di Belforte ad una quota di 376,3 m slm (Figura 2-13, Figura 2-14, Figura 2-15). La postazione Lucignano 2 è ubicata a 3300 m di distanza in direzione est dalla postazione di perforazione Lucignano 1.

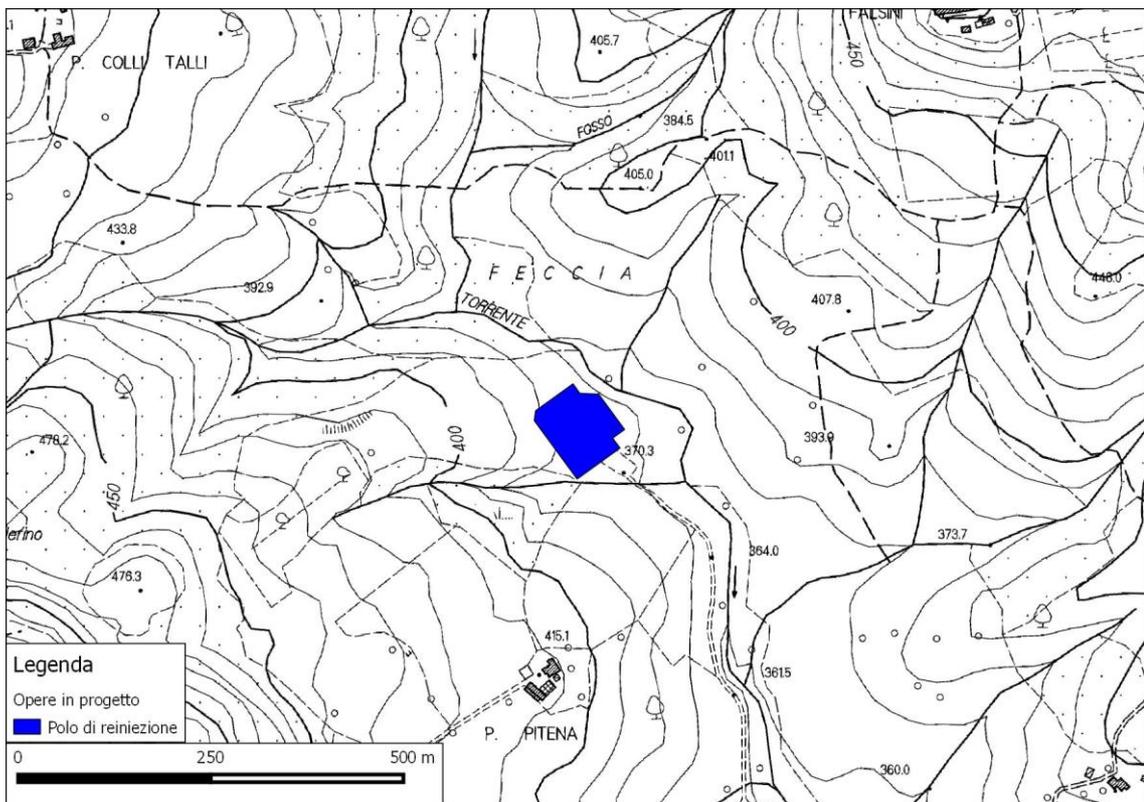


Figura 2-13. Ubicazione su CTR del polo di reiniezione LUCIGNANO 2.

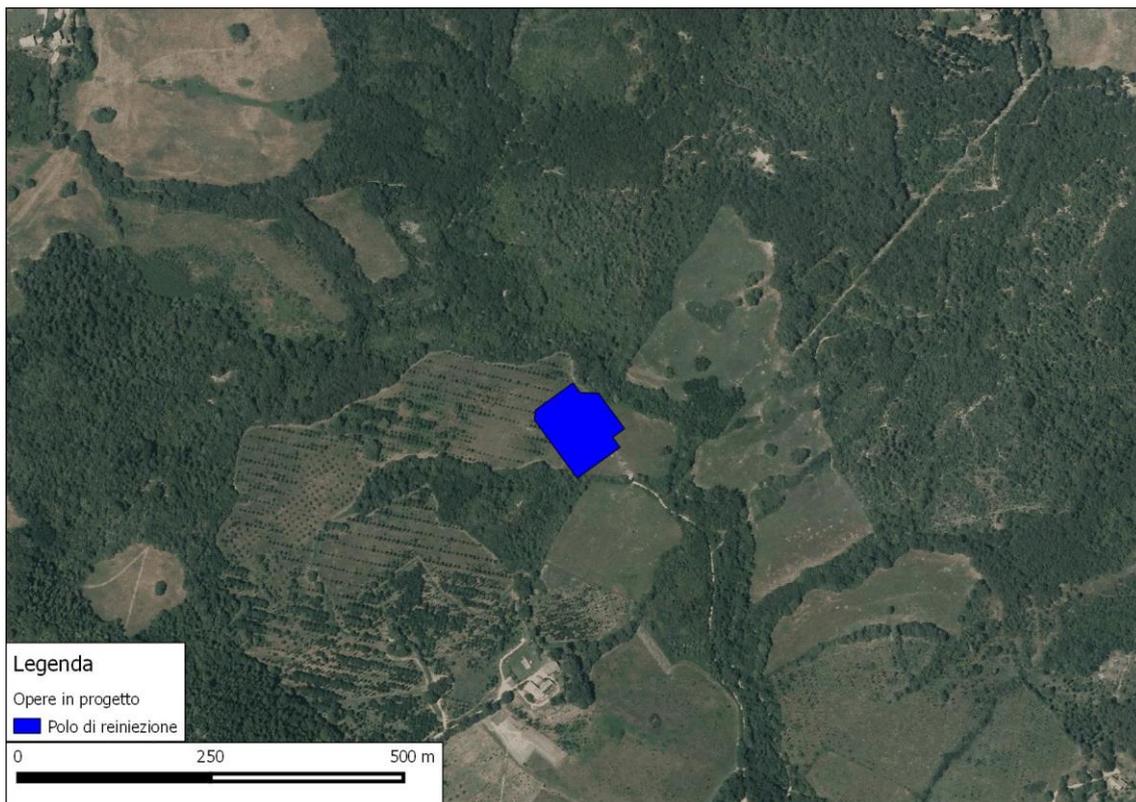


Figura 2-14. Ubicazione su ortofoto del polo di reiniezione LUCIGNANO 2.



Figura 2-15. Area di ubicazione del polo di reiniezione LUCIGNANO 2 (in giallo).

In Tabella 2-4 sono riportati i riferimenti dell'ubicazione del polo di reiniezione e le coordinate dei pozzi previsti. Il layout finale della postazione occuperà una superficie di circa 8365 m<sup>2</sup> ed è ubicata secondo il PRG del Comune di Radicondoli in "Zona con prevalente funzione agricola".

La postazione è raggiungibile percorrendo la strada Provinciale delle Gallaree in direzione sud provenendo da Radicondoli. In località Bellavista si imbecca la strada Comunale di Belforte sulla destra che conduce al centro abitato di Belforte. Giunti all'incrocio con Via Roma si prosegue a diritto lungo la strada bianca che conduce al Podere Serre. Dopo circa 800 m si svolta a sinistra sulla strada bianca che conduce a Podere Casotto e prima di attraversare il torrente Feccia si imbecca una deviazione a sinistra che conduce al polo di produzione.

Permesso di ricerca		Lucignano	
Titolare		Lucignano Pilo Project S.r.l.	
Nome		LUCIGNANO 2	
Numero di pozzi		2	
Nome del pozzo		LCG 2A LCG 2B	
Tipo		Polo di reiniezione	
Comune		Radicondoli	
Provincia		Siena	
Regione		Toscana	
Inquadramento su IGM 100.000		Foglio 120	
Inquadramento su CTR 1:10.000		296130	
Inquadramento catastale:		Foglio n. 37, Particelle n. 35, 36, 93 e 95	
Quota piano di campagna (m. s.l.m.)		376,3 m s.l.m.	
Coordinate del pozzo		est	nord
Roma 40 (geografiche)	LCG-2A	-1° 22' 43.8805"	+43° 14' 24.2544"
Roma 40 (geografiche)	LCG-2B	-1° 22' 43.7547"	+43° 14' 24.1210"

Tabella 2-4. Scheda del polo di reiniezione Lucignano 2.

## 2.3 RETE DI TRASPORTO DEI FLUIDI

La rete di trasporto dei fluidi risulta composta da una serie di tubazioni che collegano il polo di produzione e di reiniezione alla centrale geotermoelettrica.

La tubazione trasporta il fluido geotermico dai pozzi di produzione alla centrale e dalla centrale ai pozzi destinati alla reiniezione nel serbatoio geotermico.

A fianco di tali condotte è prevista l'installazione di uno o più cavidotti, nei quali saranno alloggiati i cavi di segnale e di potenza necessari per la gestione e il controllo remoto degli impianti. In particolare:

- cavo di segnalazione in fibra ottica posto entro tubazione flessibile in PVC diametro nominale di 90 mm, atto a convogliare i dati di esercizio degli impianti di boccapozzo ai centri di controllo;
- eventuale cavo di potenza che verrà inserito nel caso in cui si decida di alimentare gli impianti di boccapozzo direttamente dalla centrale di produzione.

### Rete di produzione

La rete di trasporto dei fluidi dal polo di produzione verso l'impianto ORC ha una lunghezza di circa 217 m ed è posizionata in parte fuori terra su sostegni di altezza pari a 0.5 m, in parte all'interno di un cunicolo. La tubazione a partire dalle teste pozzo attraversa parte dell'area pozzo all'interno di un cunicolo fino a ad arrivare nei pressi dell'impianto di prove di produzione da dove prosegue in aereo. Appena al di fuori della recinzione della postazione si dirige verso est per circa 78 m fino a raggiungere la recinzione dell'impianto ORC. Una volta nel piazzale della centrale si immette in un cunicolo fino a raggiungere la flangia dell'Impianto ORC.

Per la parte in aereo i sostegni saranno di tipo a traliccio con altezza variabile e con due modalità di vincolo: appoggio semplice o cerniera; verranno montati sul terreno mediante bullonatura su plinti di fondazione in calcestruzzo, appositamente realizzati in opera e gettati in scavi nel terreno cercando di limitare al minimo la parte emergente dal piano di campagna. La distanza massima tra gli appoggi sarà di circa 10÷12 metri.

Il cavo a fibra ottica e quello di potenza saranno invece collocati a fianco della rete di produzione all'interno di tubi in PVC.

### Rete di reiniezione

La rete di trasporto dei fluidi di reiniezione dall'impianto ORC verso il polo di reiniezione ha una lunghezza di circa 4067 m e sarà realizzata interrata all'interno di uno scavo. Si tratta di due tubazioni di piccolo diametro contenute all'interno di un tubo in PEAD del diametro di 200 mm.

La condotta attraversa il piazzale della centrale all'interno di un cunicolo in cemento armato, appena fuori della recinzione della postazione prosegue in direzione ovest lungo

la recinzione stessa per poi attraversare il Fosso Lucignanino in corrispondenza di un'area dove è assente la vegetazione riparia. Superato il Fosso Lucignanino la condotta si dirige verso sud-est risalendo il versante al margine di un'area boscata per circa 1100 m fino a raggiungere il Podere Marsiliana. Nei pressi di questo podere si troverà a percorrere un campo adibito ad olivi e poi a prato pascolo sempre seguendo il limite del bosco fino a raggiungere la località Bellavista a quota 468 m slm raggiungendo quindi la strada provinciale delle Galleraie. La condotta percorre la strada Provinciale delle Galleraie per circa 280 m in direzione nord-est per poi spostarsi lungo un campo adibito a prato pascolo fino a raggiungere la quota di 514 m slm dove attraversa la strada bianca che da Case Nuova conduce a Podere Colli Talli. A partire da questa quota la condotta discende il versante in direzione est lungo il limite del bosco per una lunghezza di circa 980 m fino ad incrociare un piccolo affluente di destra del Torrente Feccia ad una quota di circa 375 m slm. Attraversato questo fosso la rete dei fluidi percorre gli ultimi 280 m in parte in un'area boscata e in parte al margine di un campo adibito ad olivi fino a raggiungere il polo di reiniezione. All'interno dell'area pozzi di reiniezione la condotta sarà posta fuori terra fino a raggiungere il cunicolo che la connette alle teste pozzi.

La condotta sarà alloggiata all'interno di uno scavo di forma trapezoidale rovesciata di profondità variabile da 1.8 m a 2.0 m e larghezza alla base di circa 80 cm. La tubazione poggerà su un letto di sabbia dello spessore di circa 10 cm e sarà ricoperta, per i primi 20 cm, di sabbia, e i successivi con materiale inerte derivante dalle operazioni di scavo. L'estradosso del tubo sarà posizionato ad una profondità di circa 110 cm a partire dal piano campagna. In questo modo le tubazioni poste interrate su terreno agricolo non andranno ad interferire con i macchinari utilizzati per le attività agricole. Al lato della condotta di trasporto dei fluidi, nel medesimo cassonetto di scavo, saranno posizionati anche i tubi per il passaggio del cavo di fibra ottica e di quello di potenza (LCG-TAV10a-V00 e LCG-TAV10b-V00).

47

Allo scopo di migliorare l'inserimento ambientale, il tracciato delle condotte è stato scelto con la massima attenzione (LCG-TAV10a-V00 e LCG-TAV10b-V00), e con tecnologie realizzative volte a minimizzare l'impatto visivo.

Tra gli accorgimenti adottati per la rete fuori terra è prevista la verniciatura delle condotte e dei sostegni con colori idonei a migliorarne l'inserimento ambientale, nonché la mascheratura attraverso la piantumazione di specie arboree e arbustacee locali.

Ciò vale, ovviamente, anche nel caso specifico in cui le tubazioni si trovino ad attraversare tratti di strada pubblica o privata o canali per lo scolo delle acque meteoriche. In queste zone, oltre alla cura dell'impatto paesaggistico si dovrà tener presente anche alle possibili interferenze con l'assetto funzionale delle strade e di quello idraulico naturale dei fossi. A tal fine è stato previsto, per tutti gli attraversamenti, di realizzare opere sotterranee in galleria.

### 2.3.1 Caratteristiche tecniche

La portata di fluido geotermico prelevata dai pozzi è stata stabilita in base alla temperatura attesa del fluido geotermico, al salto termico che si intende sfruttare nell'impianto ORC e alle caratteristiche produttive attese dei pozzi stessi.

La scelta della temperatura di reiniezione è inoltre influenzata dalla necessità di impedire la formazione di sali, che possono dare luogo a incrostazioni sia nelle tubazioni sia nel pozzo di reiniezione.

Sulla base delle considerazioni esposte sopra, la portata del fluido geotermico è stata scelta pari a circa 60 t/h per ciascun pozzo di produzione.

Le tubazioni utilizzate per il trasporto del fluido geotermico per la rete di produzione saranno realizzate in acciaio del diametro nominale di 500 mm. Per la rete di reiniezione invece la fase liquida e quella gassosa del fluido geotermico saranno reiniettati separatamente attraverso due condotte in HDPE rispettivamente di diametro pari a 80 mm e 30 mm, racchiuse in un tubo camicia di diametro pari a 200 mm (315 esterno). Mentre per il passaggio dei cavi della fibra ottica e di quelli della potenza saranno utilizzate due condotte in PVC DN90.

Le tubazioni fuori terra saranno isolate termicamente con coppelle in lana di vetro dello spessore minimo di 40 mm e rivestite con un lamierino in alluminio (spessore 0,8 mm) pre-verniciato con colori che possano facilitarne l'inserimento nell'ambiente circostante. La scelta del materiale isolante, la cui temperatura ottimale di utilizzo è stimata intorno a 200°C, è motivata dalle ottime caratteristiche di isolamento della lana di vetro, sia dal punto di vista termico che acustico. Inoltre, la lana di vetro è anche incombustibile (Classe 0 ISO – DIS 1182.2). In questo modo è possibile ottenere gli obiettivi di migliorare la producibilità dell'impianto, ridurre l'impatto acustico sull'ambiente circostante e garantire un elevato grado di sicurezza (Tabella 2-5). La lana di vetro è un silicato amorfo ottenuto portando a fusione una miscela di vetro e sabbia, successivamente convertita in fibre, con l'aggiunta di un legante che ne aumenta la coesione. Questa fibra viene quindi riscaldata a 200°C e sottoposta a calandratura per conferirle ulteriore resistenza meccanica e stabilità. La lana di vetro è disponibile sul mercato in pannelli, coppelle e materassini.

Anche le tubazioni interrate saranno coibentate in modo da limitare la dispersione del calore nel terreno. Si utilizzerà un tubo camicia preisolato costituito da un tubo interno in acciaio, uno strato intermedio isolante e una camicia esterna in tubo in polietilene ad alta densità.

Descrizione	Valore	u.m.
Temperatura di produzione	180	°C
Temperatura di reiniezione	60-70	°C
Portata prevista	180	t/h
Diametro delle tubazioni	500	mm
Spessore dell'isolamento termico con cospelle in lana di vetro	40	mm
Spessore del rivestimento con lamierino in alluminio	0.5	mm
Altezza dei sostegni	0.5	m
Distanza tra i sostegni	10-12	m
Diametro delle condotte in PVC per il passaggio dei cavi della fibra ottica e della potenza	90	mm

Tabella 2-5. Caratteristiche tecniche delle linee di trasporto in aereo dei fluidi.

Le tubazioni saranno dotate di sfiati di sicurezza in corrispondenza dei punti di massima quota. Le tubazioni saranno inoltre suddivise in tratte attraverso pendenze e contropendenze in corrispondenza delle quali saranno realizzati dei pozzetti di ispezione. All'interno dei pozzetti sarà presente un flangia che permetterà il drenaggio meccanico dei fluidi da dentro la condotta. Le operazioni di svuotamento saranno effettuate attraverso delle pompe che trasferiranno il fluido all'interno di autobotti che provvederanno a trasportarlo e scaricarlo all'interno delle vasche acqua presenti nelle aree pozzi per una successiva reiniezione nel serbatoio geotermico.

49

## 2.4 ELETTRODOTTO

Il tracciato della linea elettrica ha una lunghezza di 9358 m e interessa il territorio del Comune di Radicondoli. L'elettrodotto per tutta la sua lunghezza sarà completamente interrato al fianco delle strade comunali e provinciali esistenti o in terreni ad uso agricolo.

Il percorso dell'energia elettrica prodotta dall'impianto è il seguente:

Dal trasformatore di media tensione dell'impianto l'energia verrà convogliata nei quadri di MT presenti nel locale Enel e successivamente, tramite linea elettrica interrata, verrà veicolata fino a raggiungere il punto di connessione esistente rappresentato dalla cabina primaria AT/MT ubicata presso la centrale geotermoelettrica denominata "Nuova Radicondoli" di proprietà Enel, sita nel comune di Radicondoli. La linea elettrica si sviluppa totalmente all'interno del comune di Radicondoli in Provincia di Siena (Figura 2-16).

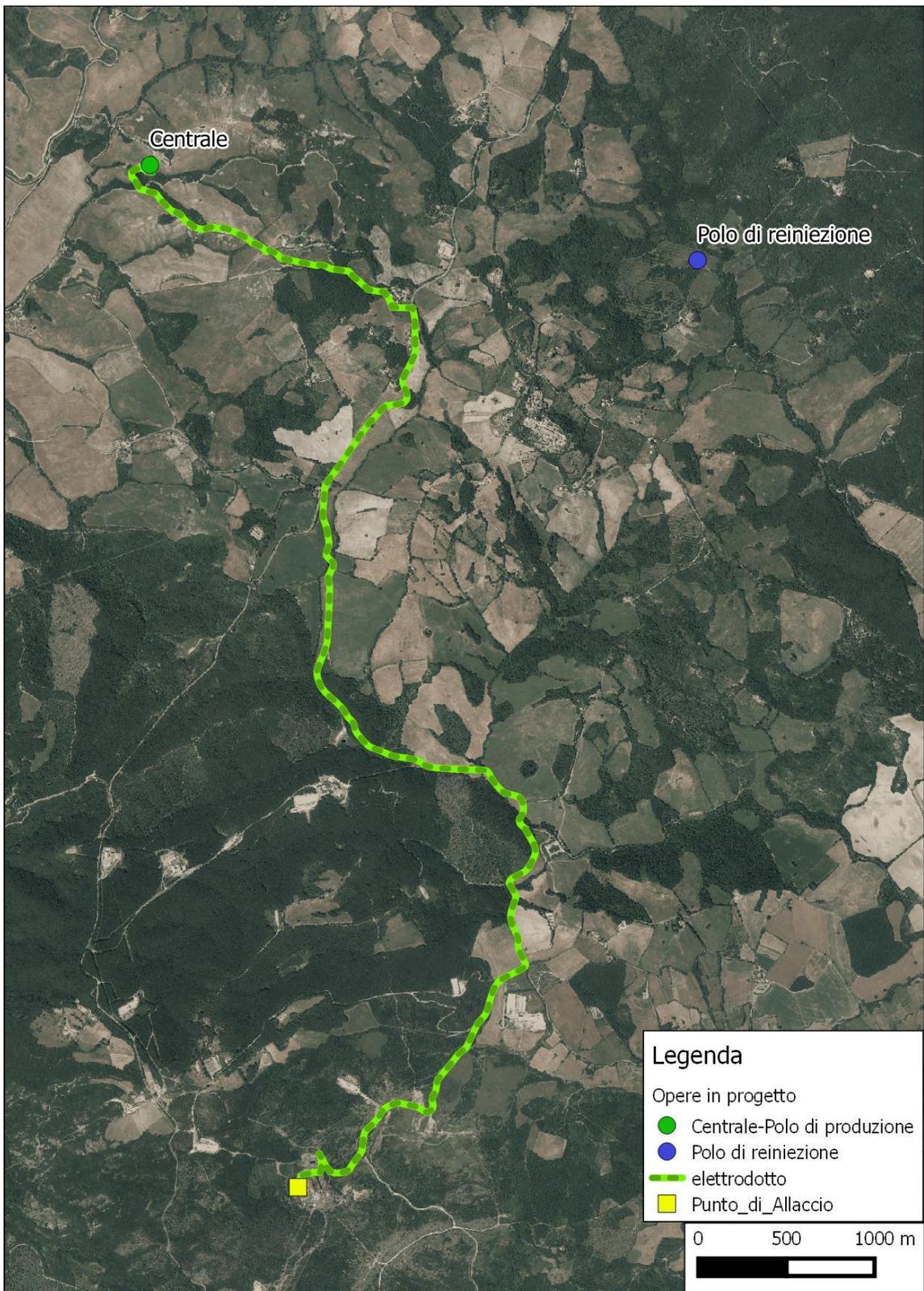


Figura 2-16. Tracciato dell'elettrodotto su ortofoto.

Per gli aspetti tecnici dell'elettrodotto si rimanda all'allegato LCG-RP01-A03-V00-  
"Dimensionamento elettrodotto".

## 2.5 ATTIVITÀ DI SPERIMENTAZIONE

Le scelte progettuali e le verifiche indicate nel paragrafo 1.4 costituiscono la base di fattibilità del progetto “LUCIGNANO” tuttavia, ai fini della sua concreta attuazione, si rende necessario procedere anche e soprattutto ad un insieme di attività sperimentali, volte ad identificare le scelte tecniche, tecnologiche e gestionali e la configurazione di impianto idonee all’ottenimento di un rendimento compatibile con la possibilità di un successivo sfruttamento della risorsa su un arco temporale di circa 30 anni.

Tali attività includono, pur nella fattibilità di base già accertata per quanto riguarda la presenza della risorsa geotermica, una fase di sperimentazione estesa sia all’approfondimento di dettaglio sulla risorsa stessa, sia alla valutazione operativa delle scelte impiantistiche (tra cui, in particolare, quella del fluido intermedio, nonché le caratteristiche dei sistemi di scambio termico).

Più in particolare gli aspetti che verranno affrontate in fase di sperimentazione riguarderanno:

- 1) la scelta dei fluidi di lavoro;
- 2) l’ottimizzazione del rendimento termico;
- 3) l’elaborazione di una corretta strategia di reiniezione;
- 4) l’ottimizzazione dei parametri progettuali dell’impianto.

Farà parte del progetto, inoltre, lo sviluppo e la sperimentazione del sistema mobile per le prove di produzione di cui è già detto in precedenza.

51

### 2.5.1 Scelta dei fluidi di lavoro

La scelta del fluido intermedio che implementa il ciclo Rankine costituisce uno degli elementi di specifica rilevanza ai fini della riuscita del progetto. Infatti, da essa dipende l’efficienza complessiva dell’impianto, tenuto conto che i parametri del ciclo termodinamico dipendono strettamente dalle caratteristiche chimico-fisiche e dal comportamento di tale fluido e che, a sua volta, ciò è dovuto al fatto che lo sfruttamento efficiente di una risorsa a temperatura media non consente margini elevati di variabilità per i parametri del ciclo stesso.

In questa sede è stato eseguito uno studio ad-hoc che ha portato alla definizione di quello che, allo stato attuale, risulta essere il fluido ottimale (LCG-RP01-A02-V00-“Impianto Geotermoelettrico”). In ogni caso risulta del tutto evidente come il punto di partenza di questa sperimentazione dovrà essere stabilito sulla base di una caratterizzazione più puntuale possibile del fluido geotermico e che ciò potrà essere fatto soltanto, come peraltro già visto, a seguito delle prime prove di produzione.

Una volta stabilite le caratteristiche attese del fluido da utilizzare si procederà con le prime sperimentazioni. Al riguardo, naturalmente, si dovrà tenere ragionevolmente conto, per ogni modifica del fluido stesso, della necessità di procedere anche alla

bonifica del relativo circuito, nonché, ove opportuno, anche ad aggiustamenti di tipo impiantistico.

Inoltre, saranno anche da considerare i tempi di approvvigionamento e l'opportunità/necessità di protrarre ciascuna sperimentazione per un tempo ragionevolmente lungo, anche allo scopo di verificare l'eventuale presenza di effetti di medio-lungo periodo, che potrebbero ad esempio incidere sulla durata e sulla affidabilità della soluzione scelta (anche se, ad esempio, i fluidi binari utilizzati sono generalmente abbastanza "puliti" e chimicamente meno aggressivi del geofluido).

### **2.5.2 Ottimizzazione del rendimento termico**

Un elemento di grande importanza ai fini del rendimento termico dell'impianto è ovviamente lo scambiatore di calore, dal quale dipende in misura determinante l'energia trasferita dal fluido geotermico al fluido di lavoro, e quindi all'impianto di generazione di energia elettrica.

Oggetto delle sperimentazioni sarà dunque, da questo punto di vista, lo studio della trasmissione del calore sulla base della temperatura di estrazione e di quella di reiniezione. Al riguardo, una innovazione molto interessante per migliorare le prestazioni termodinamiche del ciclo binario è rappresentata dall'introduzione di uno scambiatore interno, rigenerativo, che recuperi parte del calore del fluido espanso in uscita dalla turbina e preriscaldi il condensato prima dell'ingresso nello scambiatore principale.

52

Un ulteriore elemento di interesse è il circuito di raffreddamento del condensatore, che dovrà essere dimensionato in modo da garantire lo smaltimento dell'energia termica proveniente dalla condensazione del fluido di lavoro anche in condizioni esterne sfavorevoli (temperature esterne estive particolarmente alte). Anche da questo punto di vista si renderà perciò necessario identificare con esattezza le caratteristiche dei fluidi geotermici.

### **2.5.3 Ottimizzazione del circuito produzione-reiniezione**

Data la sensibilità dell'impianto alle variazioni dei parametri esterni (temperature nello scambiatore, livelli di pressione), è evidente che l'indagine sperimentale sui limiti geochimici per un parametro come la temperatura di reiniezione sia un'attività fondamentale.

È fondamentale che la reiniezione sia realizzata nella maniera più efficiente, ovvero facendo in modo che il fluido reiniettato transiti attraverso le formazioni rocciose calde e il potenziale geotermico del serbatoio sia rinnovato continuamente.

L'elaborazione di una corretta strategia di reiniezione è di vitale importanza per il corretto funzionamento e lo sfruttamento sostenibile della fonte geotermica. Un mancato reintegro del livello idraulico e in termini di energia termica all'interno del

serbatoio può infatti essere determinante per la sostenibilità economica, ambientale ed industriale del progetto.

Il progetto LUCIGNANO prevede la sperimentazione di un sistema di reiniezione totale dei fluidi geotermici all'interno delle stesse formazioni di provenienza che vede la presenza di due linee di reiniezione separate: una per la fase liquida e una per la fase gassosa del geofluido. Infatti l'impianto vede la presenza nel suo circuito di tre separatori gas-liquido: la fase liquida derivante dalla separazione come quella gassosa costituita da gas incondensabili, una volta utilizzate all'interno dello scambiatore di calore e nei pre-riscaldatori, sono convogliate attraverso due linee separate verso l'impianto di reiniezione. Qui una pompa centrifuga spinge le condense nel pozzo di reiniezione mentre i gas incondensabili sono compressi a 60 bar da un compressore e inviati alla reiniezione tramite una tubazione dedicata. All'interno dei pozzi di reiniezione saranno quindi installati due tubi per la reiniezione separata della fase liquida e gassosa del geofluido. Una volta messi in contatto nel pozzo le due fasi andranno a formare una miscela bifase che discende nel serbatoio. La profondità di mescolamento sarà oggetto della sperimentazione.

In questo contesto si collocano le prospezioni integrative al quadro conoscitivo esposto nell'allegato LCG-RP01-A01-V00-“Relazione Tecnico-Mineraria”. Sono infatti previste tutte le indagini di superficie e le prospezioni necessarie per approfondire il modello concettuale del campo geotermico elaborato con i dati disponibili, con particolare riferimento alle geometrie ed al volume del serbatoio, allo stato di fratturazione dello stesso ed alle vie di circolazione preferenziale dei fluidi geotermici.

53

#### **2.5.4 Ottimizzazione dei parametri progettuali dell'impianto**

Questa attività costituirà la fase conclusiva della sperimentazione, sebbene alcune indicazioni saranno derivabili già durante l'effettuazione delle prove. Si procederà così alla realizzazione di un impianto ottimizzato che permetterà un incremento del rendimento in fase di produzione rispetto ai cicli binari di tipo convenzionale.

### 3 REALIZZAZIONE DELLE OPERE

#### 3.1 CANTIERIZZAZIONE CENTRALE GEOTERMoeLETTRICA

Nei paragrafi seguenti vengono illustrate le attività e le caratteristiche realizzative del sito di ubicazione della centrale geotermoelettrica. Questa occuperà, a fine lavori, un'area di circa 4397.5 m<sup>2</sup> di cui:

- circa 754 m<sup>2</sup> occupati dall'impianto ORC;
- 1071 m<sup>2</sup> occupati dal sistema di air-cooler;
- 187.5 m<sup>2</sup> dall'edificio ospitante gli uffici e il locale di consegna dell'energia prodotta al gestore;
- 222 m<sup>2</sup> dall'area parcheggio;
- 168 m<sup>2</sup> dall'impianto e serbatoio antincendio;
- 1959 m<sup>2</sup> occupati dal piazzale.

##### 3.1.1 Preparazione dell'area

Le attività previste per la preparazione del piazzale che ospiterà la centrale sono le seguenti:

- predisposizione del cantiere edile;
- realizzazione del tratto di strada per l'accesso al cantiere dalla strada bianca di Podere le Costaglie;
- scotico del piano di campagna e accumulo del medesimo nell'area appositamente dedicata;
- realizzazione degli scavi di sbancamento (LCG-TAV05-V00);
- realizzazione di rilevato da eseguire con materiale di scavo, rullato e compattato a strati non superiore a 30 cm, fino a raggiungere la quota del piano di imposta del materiale inerte (LCG-TAV05-V00);
- realizzazione degli scavi per la realizzazione delle opere di fondazione e per la vasca di prima pioggia;
- Stesura di tessuto non tessuto;
- realizzazione della massiccia del piazzale;
- realizzazione dei sottoservizi del piazzale: sistema regimazione acque, cavi per impianto elettrico e luminoso, ecc;
- realizzazione delle opere in cemento armato (LCG-TAV12-V00, LCG-TAV13-V00):
  - plinti di fondazione in cemento armato per edificio ospitante gli uffici e il locale di consegna;
  - platea in cemento armato per l'impianto ORC;
  - plinti di fondazione in cemento armato per gli ari-cooler;
  - platea in cemento armato per il serbatoio antincendio.

La progettazione delle opere di fondazione (LCG-TAV12-V00, LCG-TAV13-V00) è stata eseguita sulla base dei dati attualmente disponibili. La progettazione esecutiva verrà fatta solo in seguito alla esecuzione delle opportune indagini geognostiche e geofisiche finalizzate alla caratterizzazione geotecnica del sottosuolo.

### **3.1.2 Allestimento cantiere edile**

Per la realizzazione delle opere sarà utilizzato il cantiere edile precedentemente allestito per la preparazione della postazione di perforazione Lucignano 1 pari a 40552 m<sup>2</sup>. Questo cantiere si occuperà della costruzione della massicciata, delle opere in cemento armato, delle rete di regimazione delle acque meteoriche e dei vari sottoservizi.

Il cantiere edile è costituito da una serie di baracche adibite a uffici, servizi igienici, spogliatoio e deposito attrezzi e materiali. Tutte queste strutture sono localizzate all'interno dell'area di lavoro. Operando in questo modo non si andrà ad occupare ulteriore spazio nelle aree agricole circostanti. Per impedire l'accesso di estranei all'area di cantiere, essa sarà completamente recintata e dotata di segnaletica a norma di legge affissa prioritariamente all'inizio lavori. All'interno dell'area del cantiere avverrà anche lo stoccaggio temporaneo dei materiali nonché lo scarico e carico dei materiali stessi.

Le interferenze del cantiere con abitazioni private o attività produttive risultano pressoché nulle, in quanto le abitazioni più vicine si trova a circa 230 m di distanza. La viabilità interessata sarà ripristinata ed eventualmente consolidata, se ed ove necessario.

55

### **3.1.3 Lavorazioni di cantiere**

Le principali lavorazioni consistono in:

- operazioni di scavo con successivo riutilizzo del materiale scavato per la preparazione del piazzale;
- operazione di trasporto e movimentazione dei materiali;
- realizzazione di eventuali opere provvisoria;
- operazioni di saldatura delle armature in ferro per le opere in cemento armato;
- realizzazione di fondazioni e strutture murarie mediante getti di calcestruzzi armati;
- eventuale consolidamento dei versanti e delle scarpate attraverso tecniche di ingegneria naturalistica;
- operazioni di ripristino e rinterro con posa di terreno vegetale, piantumazioni e rinaturazione delle aree di intervento.

### **3.1.4 Materiali e macchinari utilizzati**

Per la costruzione delle opere in progetto saranno impiegati principalmente i seguenti materiali:

- calcestruzzi, ferro per armature;
- legno per casserature;
- tubi in plastica;
- inerti per opere di riempimento;
- opere elettromeccaniche.

I mezzi utilizzati per la realizzazione del piazzale e delle opere civili sono quelle tipiche di un cantiere edile. In particolare verranno utilizzati escavatori, pale gommate o cingolate, compattatori, ruspe, livellatrici, rulli compattatori, autocarri o dumper, betoniere ecc. Per il montaggio delle varie parti della centrale geotermoelettrica è previsto l'utilizzo di un fork lift e di un'autogru (Tabella 3-1).

Macchinario	Potenza (kW)	numero
Escavatore	180	2
Pala gommata o cingolata	200	2
Compattatore	100	1
Ruspa	180	1
Livellatrice	100	1
Rullo compattatore	100	1
Autocarro o dumper	300	1
Betoniera	1.4	1
Autogrù o forklift	50	1

Tabella 3-1. Mezzi operanti sul cantiere.

I mezzi di trasporto dei materiali necessari per la realizzazione delle opere hanno in generale larghezze ordinarie pari al massimo a 2,4 m ed un carico massimo per asse pari a circa 12 t pertanto. Tuttavia per il trasporto delle principali parti dell'impianto ORC (gruppo turbina-generatore, air-cooler) è previsto l'utilizzo di mezzi adatti a trasporti eccezionali. Basandosi sul peso e dimensione di tali mezzi è stata dimensionata la viabilità e il piazzale della centrale.

Gli spostamenti dei mezzi operativi per il trasporto e la movimentazione dei principali materiali da porre in opera, in relazione ai tempi di esecuzione elencati nel cronoprogramma, saranno costituiti principalmente dal transito delle autobetoniere durante le fasi di getto dei calcestruzzi e da quello degli autocarri per la movimentazione del materiale inerte per la realizzazione della massicciata. In riferimento alla quantità di materiale utilizzato per la realizzazione delle opere durante il periodo di esecuzione dei lavori civili, valutato complessivamente in 60 giorni (considerando 8 ore lavorative al giorno), si stima che transiteranno circa 3,1 viaggi al giorno distribuiti nelle ore di lavoro del cantiere per l'intero periodo dei lavori (Tabella 3-2).

Materiale	u.m.	quantità	n. mezzi
Inerte pezzatura 4/7 stabilizzato in curva	mc	801	45
Misto granulare pezzatura 0/30 stabilizzato in curva	mc	267	15
Calcestruzzo magro	mc	113	17
Calcestruzzo C20/25	mc	620	93
Ferro per armatura	ton	93	3
Prefabbricati per cunicolo	Cad.	26	1
Casseratura	mq	606	1
Tessuto non tessuto	mq	4397	1
Recinzione	ml	264	3
Tubazioni e sottoservizi	ml	110	1
Pozzetti in cls	cad.	18	1
Chiusino in ghisa per chiusini	cad.	18	1
Canaletta in cls (mezzo tubo)	ml	548	2
Totale			184

Tabella 3-2. Numero di mezzi che necessitano per il trasporto dei materiali utilizzati nella fase di preparazione del piazzale.

A questi movimenti si devono poi aggiungere quelli legati al trasporto delle varie componenti dell'impianto. Si stimano siano necessari 15 trasporti per il sistema di raffreddamento, comprensivo della sottostruttura, di 5 trasporti per l'impianto ORC, di 2 trasporti per il sistema antincendio e 2 trasporti per quadri elettrici, impianti elettrici, idraulici e del sistema antincendio.

57

### **3.1.5 Servizi generali**

Nel cantiere edile saranno posizionati i servizi generali dell'impresa esecutrice dei lavori necessari per l'operatività e la gestione del cantiere. Nella Tabella 3-3 sono elencate le varie strutture di cantiere, i depositi e le macchine operatrici.

ADDETTI	Indicativamente n. 2 squadre da 4-5 operai
LOCALI TEMPORANEI	Ufficio cantiere e D.d.L. Servizi igienici Spogliatoio Locale deposito attrezzi Locale deposito materiali pericolosi
DEPOSITI E STOCCAGGI	Terreno vegetale Ferri armature Casseri Elementi prefabbricati Tubazioni
MACCHINE OPERATRICI	Autocarri Escavatore Pala gommata Autogrù con autopompa Rullo compattatore
IMPIANTI	Gruppo elettrogeno Compressore

Tabella 3-3. Servizi generali presenti sul cantiere edile.

L'approvvigionamento delle quantità necessarie di calcestruzzo e inerti per rilevati sarà garantito dalle cave autorizzate attualmente già in attività e ubicate entro una distanza di pochi km, con transito dei mezzi gommati sulla viabilità ordinaria.

58

### 3.1.6 *Movimentazione terra*

Il piazzale della centrale geotermoelettrica deve essere realizzato su un piano livellato per cui sono necessarie opere di scavo e reinterro. Al fine di perseguire l'obiettivo prioritario della preservazione delle componenti morfologiche e vegetazionali, per limitare le opere di scavo e reinterro e l'occupazione di suolo, in fase progettuale si è fatto in modo di ridurre al massimo la geometria dei piazzali in direzione della pendenza. La quota del piano di posa del piazzale è stata quindi scelta in modo da poter limitare al massimo la modificazione delle condizioni morfologiche attuali dei luoghi.

La preparazione del piazzale comporta l'asportazione della parte più superficiale del terreno per uno spessore di circa 10 cm (volume complessivo di circa 1233 m<sup>3</sup>) che sarà conservato in loco all'interno dell'area adibita allo stoccaggio dello scotico adeguatamente protetta dal dilavamento in caso di pioggia. Successivamente l'area verrà resa pianeggiante con operazione di sterro e riporto. Tutto il materiale scavato sarà riutilizzato nelle operazioni di reinterro. Tutto il materiale scavato all'interno del cantiere sarà riutilizzato nelle operazioni di reinterro. La quantità di materiale mancante (320 m<sup>3</sup>) sarà compensata con parte del materiale eccedente del polo di produzione previa caratterizzazione a norma di legge (Tabella 3-4).

Movimenti di terra	Volume (m <sup>3</sup> )
Scotico del piano di campagna	1233
SCAVI	
Piazzale	9590
Fondazioni edificio uffici	9
Fondazioni Impianto ORC	472.5
Fondazioni antincendio	83.2
Fondazioni air-cooler	375
Cunicoli	137
Totale volume scavi	10376
REINTERRI	
Piazzale	10696
Totale volume reinterri	10696
Materiale di risulta	
	-320

Tabella 3-4. Volumi di movimento terra legati alla preparazione del piazzale per l'impianto ORC.

### 3.1.7 Massiccata del piazzale

Il piazzale della centrale geotermoelettrica sarà costituito da una massiccata carrabile ad eccezione dell'area di stoccaggio dello scotico. La massiccata (LCG-TAV13-V00, particolare e.1) occuperà un'area di 1959 m<sup>2</sup> con spessore totale di 40 cm ottenuto mediante:

- stesura di tessuto non tessuto grammatura 250 g/m<sup>2</sup> avente funzione di separazione tra il terreno naturale e la postazione, contestualmente fornirà un maggiore sostegno al piazzale;
- stesura di materiale inerte pezzatura 4/7 stabilizzato in curva per uno spessore medio di 30 cm;
- stesura di misto granulare stabilizzato pezzatura 0/30 stabilizzato in curva spessore 10 cm.

Nella Tabella 3-5 si riportano le volumetrie dei materiali necessari alla realizzazione dell'opera.

Stesura materiali	Quantità
Tessuto non tessuto grammatura 250 g/m <sup>2</sup>	4397 m <sup>2</sup>
Inerte pezzatura 4/7 stabilizzato in curva	801 m <sup>3</sup>
Misto granulare pezzatura 0/30 stabilizzato in curva	267 m <sup>3</sup>

Tabella 3-5. Tipo e quantità di materiale usato per la realizzazione del sottofondo del piazzale di centrale.

La massicciata sarà realizzata con un leggera pendenza verso i bordi in modo da far defluire le acque piovane in direzione delle canalette di raccolta appositamente predisposte lungo il perimetro.

### 3.1.8 Opere in cemento armato

Per l'alloggiamento dell'impianto ORC verrà realizzata una platea in c.a. di spessore pari a 0,5 m e con dimensioni massime in pianta pari a 35 m x 27 m (LCG-TAV12-V00). Su di essa verranno realizzati plinti in c.a. la cui funzione è trasferire i carichi alla struttura di fondazione. Tale manufatto poggerà su uno strato di magrone di spessore pari a 10 cm. Lungo il bordo della platea saranno realizzate delle canalette prefabbricate in cemento armato con griglia carrabile di sicurezza per la regimazione delle acque piovane.

Il condensatore poggerà su 27 plinti a base quadrata di 2,5 m di lato alla base e 0,8 m di lato nella parte superiore uniti reciprocamente da una serie di travi sempre in cemento armato di dimensioni in sezione 0.3 m x 0.3 m (LCG-TAV12-V00, LCG-TAV13-V00, particolare h).

Per l'alloggiamento del serbatoio e del locale antincendio verrà realizzata una platea in c.a. a forma rettangolare di dimensioni in pianta pari a 10.4 m x 16 m e spessore 0,5 m, che poggeranno su uno strato di magrone avente spessore di 10 cm.

Il locale adibito ad ufficio e a locale di consegna poggerà invece su 9 plinti in c.a. (LCG-TAV12-V00) di altezza pari a 1,0 m, con base quadrata di 1,0 m di lato alla base e 0,3 m di lato nella parte superiore e posti su uno strato di magrone di spessore pari a 10 cm (LCG-TAV13-V00, particolare i). Sul perimetro delle opere sopra descritte verrà realizzato idoneo drenaggio con materiale inerte 4/7.

La progettazione delle opere di fondazione (LCG-TAV12-V00, LCG-TAV13-V00) è stata eseguita sulla base dei dati contenuti nell'elaborato LCG-RS01-V00-“Relazione geologica-idrogeologica”. La progettazione esecutiva verrà effettuata solo in seguito alla realizzazione delle opportune indagini geognostiche finalizzate alla caratterizzazione geotecnica del sottosuolo, oltre che sulla base degli esiti delle sperimentazioni da condursi sui pozzi. Queste indagini sono programmate a seguito dell'acquisizione delle autorizzazioni e dei titoli abilitativi.

Per la realizzazione di tale opera in c.a. verranno impiegati i materiali di Tabella 3-6.

Materiali	Quantità
Calcestruzzo del tipo C20/25	620 m <sup>3</sup>
Calcestruzzo magro	113 m <sup>3</sup>
Ferro per armatura	93 ton

Tabella 3-6. Materiali utilizzati per la costruzione delle opere in cemento armato.

### 3.1.9 Aree impermeabilizzate

Le aree impermeabilizzate (LCG-TAV12-V00) presenti nel piazzale sono quelle che corrispondono alle strutture in cemento armato dell'impianto ORC e del serbatoio antincendio (922 m<sup>2</sup>). Tali aree sono dotate sul bordo di canalette prefabbricate in cemento armato che raccoglieranno le acque piovane (Figura 3-1).

Sebbene l'impianto ORC non produca alcun tipo di emissione gassosa ne tantomeno liquida, tutte le acque piovane provenienti da queste aree saranno convogliate ad una vasca di prima pioggia.

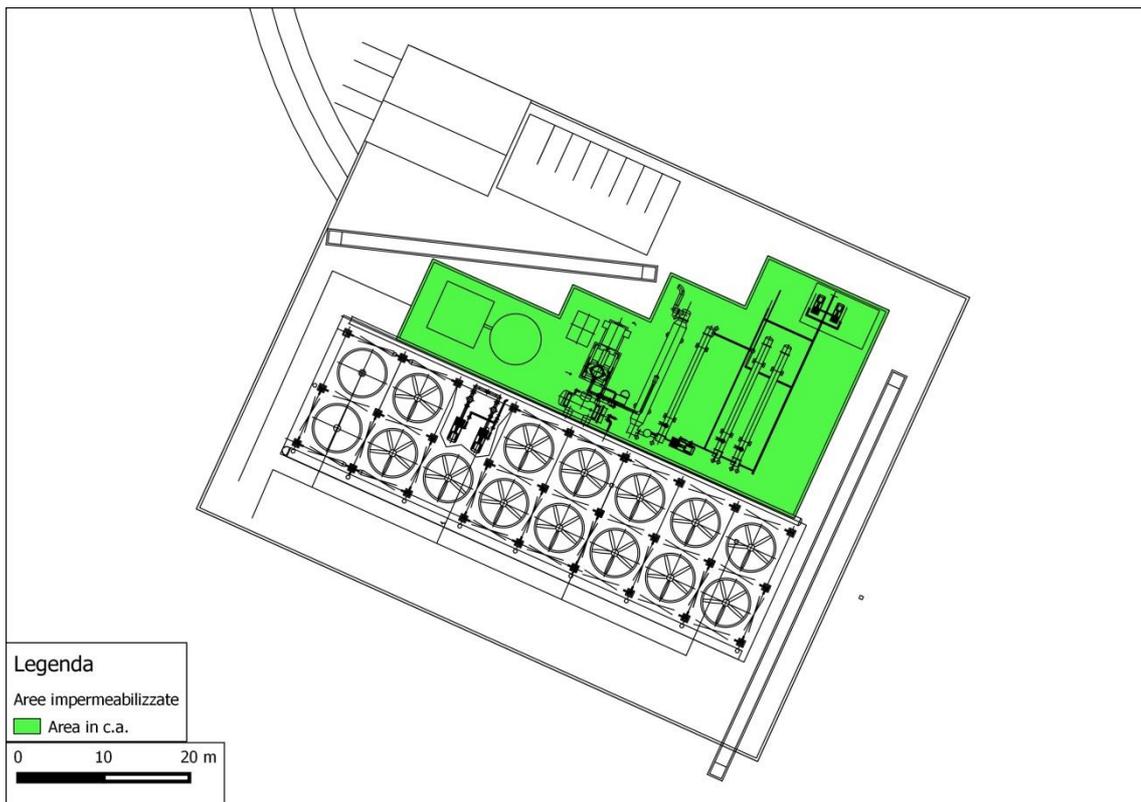


Figura 3-1. Individuazione delle aree impermeabilizzate all'interno del piazzale della centrale geotermoelettrica.

### 3.1.10 Sistema di regimazione idrica

L'area della centrale geotermoelettrica è provvista di un sistema di regimazione idrica (Figura 3-5) impostato secondo il seguente criterio:

- a monte della postazione è stata predisposta una canaletta per la raccolta delle acque meteoriche provenienti dalle aree morfologicamente più elevate, in modo da intercettarle e convogliarle verso i compluvi naturali preesistenti;
- le acque meteoriche ricadenti dentro le aree pavimentate con solette di cemento armato, vengono raccolte all'interno di canalette in calcestruzzo (sezione 40 x 30 cm) presenti lungo tutto il perimetro della struttura che

convogliano all'interno di un pozzetto di raccolta e da lì portate verso la vasca di prima pioggia;

- le acque meteoriche ricadenti dentro l'area degli air-cooler vengono raccolte all'interno di alcuni pozzetti e convogliate verso i compluvi naturali preesistenti;
- le acque meteoriche ricadenti dentro l'area del piazzale e del parcheggio, vengono raccolte all'interno di pozzetti collegati tramite tubi prefabbricati, e convogliate verso i compluvi naturali preesistenti. La postazione è dotata anche di canalette prefabbricate presenti lungo tutto il perimetro della piazzola;
- Gli scarichi civili provenienti dai servizi igienici contenuti nell'edificio adibito ad uffici, per un carico totale di 8 abitanti equivalenti, vengono raccolti all'interno di una vasca interrata. Con cadenza settimanale, si provvederà allo svuotamento mediante aspirazione con pompa mobile; i liquami saranno caricati su autobotte e avviati all'impianto di depurazione per il successivo smaltimento.

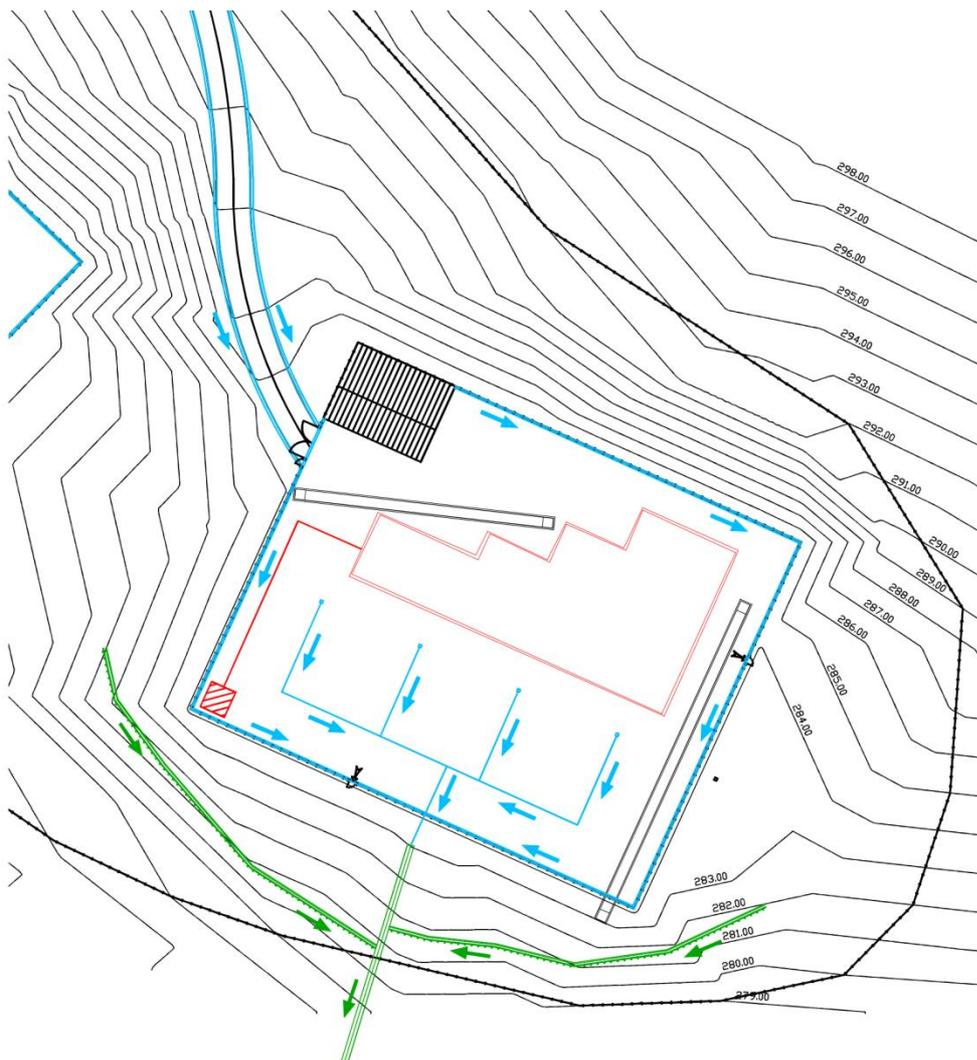


Figura 3-2. Sistema di regimazione idrica dell'area dell'impianto di produzione.

### 3.1.10.1 Vasca di prima pioggia

Come accennato nei paragrafi precedenti sebbene l'impianto geotermoelettrico non emetta emissioni né gassose né tantomeno liquide, tutte le acque meteoriche provenienti dalle aree pavimentate o dalle coperture degli edifici saranno raccolte attraverso dei pozzetti e poi mediante un sistema di tubazioni convogliate verso una vasca di prima pioggia.

Lo scopo di una vasca di prima pioggia è quello di raccogliere le acque dilavate dalle aree impermeabilizzate a seguito di eventi piovosi. All'interno della vasca le acque di prima pioggia e cioè la quantità di acqua corrispondente ai primi 5 mm di acqua per ogni evento meteorico per ogni metro quadrato di superficie impermeabile dotata di rete drenante, vengono separate dalle acque di seconda pioggia e accumulate all'interno di una vasca.

Il volume della vasca stimato in 46 m<sup>3</sup> è stato calcolato considerando un'altezza di pioggia pari a 5 mm ricadente su una superficie di 922 m<sup>2</sup> (derivante dalla somma di tutte le aree impermeabilizzate). La vasca di prima pioggia avrà una dimensione di circa 3.9 m x 4.1 m in pianta e altezza pari a 2.5 m.

All'interno di questa vasca quindi le acque di prima pioggia sono separate da quelle successive e vengono accumulate all'interno di un bacino dove sono sottoposte a trattamento. Il bacino è preceduto da un pozzetto separatore dotato di stramazzo su cui sfiorano le acque di seconda pioggia dal momento in cui il pelo libero dell'acqua nel bacino raggiunge il livello della soglia di stramazzo. All'interno del bacino l'acqua di prima pioggia è lasciata decantare, inoltre è prevista la presenza di filtri e di un disoleatore (Figura 3-3).

63

Le acque di seconda pioggia sono convogliate verso i disluvi naturali così come quelle di prima pioggia una volta trattate.

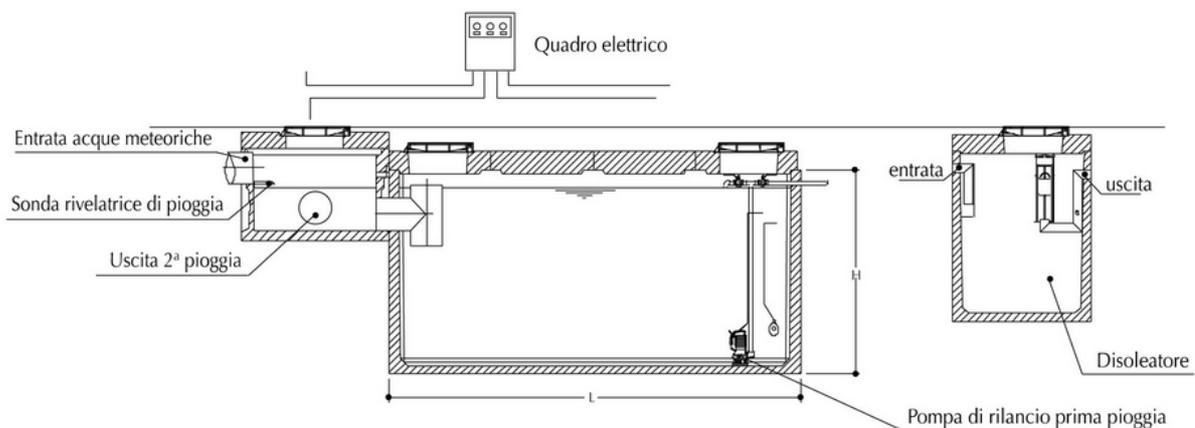


Figura 3-3. Schema di una vasca di prima pioggia (da [www.musili.it](http://www.musili.it)).

### **3.1.11 Recinzione piazzale**

L'area della centrale geotermoelettrica sarà completamente recintata installando una rete elettrosaldata e plastificata di colore verde fissata a terra con paletti in legno di altezza pari a 2.5 m e interasse di circa 4 m. L'accesso all'area avverrà attraverso un ingresso carrabile posto in corrispondenza della strada bianca del Podere Le Costaglie. Sono inoltre previste 2 uscite di emergenza pedonali ubicate lungo il lato sud-ovest e sud-est.

L'accesso carrabile alla postazione è dotato di cancello in metallo di larghezza 5 m apribile ad anta, con rispettivo cancello pedonale dotato di maniglione antipanico. Le uscite pedonali saranno dotate di cancello con maniglione antipanico.

### **3.1.12 Sottoservizi**

Completano inoltre il piazzale, la realizzazione dei sottoservizi, quali linea acquedotto, linee elettriche, linea rete di terra, e scarichi civili all'interno di fosse di accumulo.

Lungo il bordo esterno del piazzale si provvederà ad installare un impianto di illuminazione. La progettazione del sistema di illuminazione ha tenuto conto da un lato la necessità di illuminare efficacemente l'area di lavoro dall'altro lato di limitare quanto possibile l'inquinamento luminoso. Si prevede quindi di installare n. 8 elementi di illuminazione costituita da pali in acciaio zincato di forma cilindrica dritti e di altezza fuori terra di 8 m (Conformità norma UNI EN 40-5). Alla sommità di ogni palo sarà installato un corpo illuminante con tecnologia a LED. I corpi illuminanti saranno del tipo schermato (cut-off) con ottica piana incassata e saranno montati con una inclinazione, di zero o pochi gradi, garantendo una illuminazione solo verso il basso. I pali saranno sostenuti da plinti prefabbricati in cemento armato per pali da illuminazione di dimensioni di 810 mm x 1170 mm x 900 mm. Un corpo illuminante sarà inoltre posizionato in corrispondenza del cancello di ingresso e uno presso l'edificio degli uffici. Al fine di limitare l'inquinamento luminoso, il sistema di illuminazione sarà dotato di un sistema di regolazione del flusso luminoso in modo da adeguare la potenza luminosa in funzione delle varie fasce orarie.

64

### **3.1.13 Interventi sulla viabilità**

Per permettere ai mezzi di lavoro e a quelli che porteranno le varie parti dell'impianto di arrivare all'area di lavoro verrà utilizzata per gran parte la viabilità esistente. Il sito di impianto infatti è raggiungibile utilizzando la strada bianca che connette il podere Le Costaglie con la Strada Provinciale SP35B "Radicondoli-Casone" (LCG-TAV09-V00). Tale strada, al momento del passaggio dei mezzi che trasportano l'impianto ORC, non necessiterà di ulteriori interventi in quanto sarà già stata sistemata durante la preparazione della postazione di perforazione del polo di produzione.

Le parti meccaniche dell'impianto ORC e dei condensatori arriveranno percorrendo la Strada Provinciale delle Gallaraie. Superata la località Belforte, dopo circa 1500 m, imboccheranno la Strada Provinciale n. 34 fino a ricongiungersi con la Strada provinciale

SP35B “Radicondoli-Casone”. I mezzi percorreranno la SP35B in direzione nord per circa 1300 m fino ad imboccare la strada bianca che conduce al Podere Le Costaglie.

E' prevista la realizzazione di un tratto di nuova strada della lunghezza di 140 metri per collegare l'attuale strada bianca con la postazione di lavoro. Si prevede quindi di eseguire uno scotico del piano di campagna di 10 cm, seguito dalla stesura del tessuto non tessuto e dalla realizzazione del sottofondo stradale costituito da materiale inerte pezzatura 4/7 stabilizzato in curva per uno spessore di 40 cm, e da misto granulare stabilizzato pezzatura 0/30 stabilizzato in curva, spessore 10 cm per la rifioritura.

In alcuni tratti, specialmente in prossimità del raccordo con la quota della strada, si prevede di effettuare un rilevato con terreno di scavo, opportunamente rullato e compattato, fino a raggiungere la quota di imposta del sottofondo stradale.

### **3.1.14 Trasporto e montaggio dell'impianto ORC**

Al termine della fase di preparazione del piazzale e delle opere di fondazione si procederà al montaggio dell'impianto secondo le seguenti modalità:

- 1) Trasporto di tutti i componenti del sistema di raffreddamento (air-cooler);
- 2) Montaggio della sottostruttura metallica degli air-cooler in corrispondenza degli appositi plinti in c.a. di fondazione;
- 3) Montaggio dei moduli di raffreddamento sulla sottostruttura;
- 4) Trasporto, posizionamento e livellamento del sistema scambiatore-turbina-generatore;
- 5) Costruzione dell'edificio adibito a ufficio e locale di consegna;
- 6) Trasporto e posizionamento del silos e del locale del sistema antincendio;
- 7) Montaggio dei quadri elettrici;
- 8) Allaccio degli impianti elettrici, idraulici e del sistema antincendio;
- 9) Realizzazione del tratto di allaccio delle pipeline all'impianto.

65

Al termine del montaggio di tutte le componenti dell'impianto si procederà alle opportune fasi di collaudo.

Per quanto riguarda il trasporto dei componenti dell'impianto si stimano siano necessari 15 trasporti per il sistema di raffreddamento, comprensivo della sottostruttura, di 5 trasporti per l'impianto ORC, di 2 trasporti per il sistema antincendio e 2 trasporti per quadri elettrici, impianti elettrici, idraulici e del sistema antincendio.

## **3.2 CANTIERIZZAZIONE POLO DI PRODUZIONE**

### **3.2.1 Programma dei lavori per la postazione di perforazione LUCIGNANO 1**

Le attività legate alla realizzazione della postazione di perforazione Lucignano 1 si articoleranno nelle seguenti fasi e sottofasi:

- 1) Realizzazione e allestimento della piazzola di perforazione (LCG-TAV12-V00): messa in opera di tutti gli interventi per la realizzazione della

postazione atta ad accogliere l'impianto di perforazione e delle opere correlate ovvero:

- Realizzazione delle opere di scavo/rinterro;
  - Risistemazione della viabilità di accesso;
  - Realizzazione delle opere civili;
  - Montaggio dell'impianto di perforazione.
- 2) Perforazione del 1° pozzo: attività di realizzazione del primo pozzo per il raggiungimento degli obiettivi minerari individuati (LCG-TAV07-V00);
  - 3) Esecuzione delle prove di produzione di breve durata: caratterizzazione del serbatoio geotermico e della risorsa rinvenuta mediante test specifici;
  - 4) Perforazione del 2° pozzo di produzione;
  - 5) Esecuzione delle prove di produzione di lunga durata;
  - 6) Perforazione del 3° pozzo di produzione;
  - 7) Esecuzione delle prove di produzione di lunga durata;
  - 8) Sistemazione dell'area e messa in sicurezza del cantiere: attività da effettuare al termine delle operazioni sulla base dei risultati ottenuti:
    - Sistemazione dell'area in caso di pozzi produttivi (LCG-TAV06-V00);
    - Chiusura mineraria e ripristino territoriale in caso di pozzi non produttivi.

### **3.2.2 Cantierizzazione**

Nei paragrafi seguenti vengono illustrate le attività e le caratteristiche realizzative del cantiere di perforazione. Questo occuperà un'area di circa 8629 m<sup>2</sup> di cui circa 7224 m<sup>2</sup> occupati dalla postazione di perforazione e dalle baracche e container, circa 366 m<sup>2</sup> per il deposito e stoccaggio temporaneo dello scotico, circa 913 m<sup>2</sup> per le vasche progettate per lo stoccaggio delle acque per la perforazione e per le prove di produzione e circa 540 m<sup>2</sup> per il parcheggio e l'area di accesso alla postazione. Le vasche saranno realizzate nell'area immediatamente a sud-ovest del piazzale, mentre l'area parcheggio sarà collocata in adiacenza delle vasche sempre lungo il sud-ovest del cantiere.

#### **3.2.2.1 Preparazione dell'area della piazzola di perforazione**

Le attività previste per la preparazione della piazzola sono le seguenti:

- predisposizione del cantiere edile;
- scotico del piano di campagna e accumulo del medesimo nell'area appositamente dedicata;
- realizzazione degli scavi di sbancamento (LCG-TAV07-V00);
- realizzazione di rilevato da eseguire con materiale di scavo, rullato e compattato a strati non superiore a 30 cm, fino a raggiungere la quota del piano di imposta del materiale inerte (LCG-TAV07-V00);

- realizzazione dello scavo per l'alloggiamento della cantina pozzi e per i cunicoli delle condotte per le prove di produzione;
- realizzazione dei tratti di strada di accesso alla postazione;
- realizzazione della massiccia del piazzale di perforazione;
- realizzazione delle opere in cemento armato (LCG-TAV12-V00, LCG-TAV13-V00):
  - cantina pozzi ;
  - cunicoli per le condotte per prove di produzione;
  - platea del piano sonda;
  - vasca fanghi di perforazione;
  - vasca stoccaggio carburante e olio;
  - muro di contenimento delle vasche per lo stoccaggio dell'acqua di perforazione;
  - base per impianto prove di produzione mobile;
  - cordoli per aree impermeabilizzate.
- Realizzazione dell'area impermeabilizzate.

La progettazione delle opere di fondazione (LCG-TAV12-V00, LCG-TAV13-V00) è stata eseguita sulla base dei dati attualmente disponibili. La progettazione esecutiva verrà fatta solo in seguito alla esecuzione delle opportune indagini geognostiche finalizzate alla caratterizzazione geotecnica del sottosuolo.

67

### **3.2.2.1.1 Allestimento cantiere edile**

Per la realizzazione delle opere è necessario approntare un cantiere edile di 40552 m<sup>2</sup>. Questo cantiere comprende anche l'area necessaria alla costruzione della centrale geotermoelettica e di tutte le sue componenti accessorie. Il cantiere si occuperà della costruzione del piano sonda, delle opere in cemento armato, delle vasche acqua e delle rete di regimazione delle acque meteoriche.

Il cantiere edile è costituito da una serie di baracche adibite a uffici, servizi igienici, spogliatoio e deposito attrezzi e materiali. Tutte queste strutture sono localizzate all'interno della piazzola di perforazione. Operando in questo modo non si andrà ad occupare ulteriore spazio nelle aree agricole circostanti. Per impedire l'accesso di estranei all'area di cantiere, essa sarà completamente recintata e dotata di segnaletica a norma di legge affissa prioritariamente all'inizio lavori. All'interno dell'area del cantiere avverrà anche lo stoccaggio temporaneo dei materiali nonché lo scarico e carico dei materiali stessi.

Le interferenze del cantiere con abitazioni private o attività produttive risultano pressoché nulle, in quanto le abitazioni più vicine si trova a circa 300 m di distanza.

#### **3.2.2.1.1.1 Lavorazioni di cantiere**

Le principali lavorazioni consistono in:

- operazioni di scavo con successivo riutilizzo del materiale scavato per la preparazione del piazzale;
- operazione di trasporto e movimentazione dei materiali;
- realizzazione di eventuali opere provvisoria;
- operazioni di saldatura delle armature in ferro per le opere in cemento armato;
- realizzazione di fondazioni e strutture murarie mediante getti di calcestruzzi armati;
- eventuale consolidamento dei versanti e delle scarpate attraverso tecniche di ingegneria naturalistica;
- operazioni di ripristino e rinterro con posa di terreno vegetale, piantumazioni e rinaturazione delle aree di intervento.

#### 3.2.2.1.1.2 Materiali e macchinari utilizzati

Per la costruzione delle opere in progetto saranno impiegati principalmente i seguenti materiali:

- calcestruzzi, ferro per armature;
- legno per cassature;
- tubi in plastica;
- inerti per opere di riempimento;
- opere elettromeccaniche

68

I mezzi utilizzati per la realizzazione della piazzola e delle opere civili sono quelle tipiche di un cantiere edile. In particolare verranno utilizzati escavatori, pale gommate o cingolate, compattatori, ruspe, livellatrici, rulli compattatori, autocarri o dumper, betoniere ecc. Per il montaggio/smontaggio dell'impianto di perforazione è previsto l'utilizzo di un fork lift e di un'autogrù (Tabella 3-7).

Macchinario	Potenza (kW)	numero
Escavatore	180	2
Pala gommata o cingolata	200	2
Compattatore	100	1
Ruspa	180	1
Livellatrice	100	1
Rullo compattatore	100	1
Autocarro o dumper	300	1
Betoniera	1.4	1
Autogrù o forklift	50	1

Tabella 3-7. Mezzi operanti sul cantiere.

I mezzi di trasporto dei materiali necessari per la realizzazione delle opere hanno larghezze ordinarie pari al massimo a 2,4 m ed un carico massimo per asse pari a circa

12 t pertanto, la viabilità e la piazzola pozzo da realizzare sono state dimensionate sulla base del peso scaricato dal mezzo di trasporto sonda, e quindi di una pressione sul terreno a contatto con il pneumatico pari a 6,5 kg/cm<sup>2</sup>, incrementata, quindi, ad almeno 10 kg/cm<sup>2</sup>.

Gli spostamenti dei mezzi operativi per il trasporto e la movimentazione dei principali materiali da porre in opera, in relazione ai tempi di esecuzione elencati nel cronoprogramma, saranno costituiti principalmente dal transito delle autobetoniere durante le fasi di getto dei calcestruzzi e da quello degli autocarri per la movimentazione del materiale inerte per la realizzazione della massicciata. In riferimento alla quantità di materiale utilizzato per la realizzazione delle opere durante il periodo di esecuzione dei lavori civili, valutato complessivamente in 60 giorni (considerando 8 ore lavorative al giorno), si stima che transiteranno circa 6,4 viaggi al giorno distribuiti nelle ore di lavoro del cantiere per l'intero periodo dei lavori (Tabella 3-8).

Materiale	u.m.	quantità	n. mezzi
Inerte pezzatura 4/7 stabilizzato in curva	mc	2160	122
Misto granulare pezzatura 0/30 stabilizzato in curva	mc	720	41
Calcestruzzo magro	mc	316	47
Calcestruzzo C20/25	mc	1048	157
Ferro per armatura	ton	157	5
Prefabbricati per cunicoli	cad.	48	2
Casseratura	mq	1498	3
Tessuto non tessuto	mq	8629	1
Recinzione	ml	1257	2
Tubazioni e sottoservizi	ml	110	1
Pozzetti in cls	cad.	18	1
Chiusino in ghisa per chiusini	cad.	18	1
Canaletta in cls (mezzo tubo)	ml	767	2
Totale			385

Tabella 3-8. Numero di mezzi che necessitano per il trasporto dei materiali utilizzati nella fase di preparazione della postazione di perforazione.

Si deve poi considerare che per il trasporto delle varie componenti dell'impianto di perforazione sono necessari circa 70 mezzi di vario tipo (mezzi pensati, mezzi per carichi eccezionali, ecc). Il trasporto e montaggio dell'impianto tuttavia si concentra in un breve periodo della durata di circa 12-15 giorni durante il quale si stima che transiteranno 4.8 automezzi al giorno.

### 3.2.2.1.1.3 Servizi generali

All'interno del cantiere edile saranno posizionati anche i servizi generali dell'impresa esecutrice dei lavori necessari per l'operatività e la gestione dei lavori.

Nella Tabella 3-9 vengono riportati in modo indicativo il numero degli addetti, i fabbricati temporanei, i depositi, macchinari ed impianti previsti.

ADDETTI	Indicativamente n. 2 squadre da 4-5 operai
LOCALI TEMPORANEI	Ufficio cantiere e D.d.L. Servizi igienici Spogliatoio Locale deposito attrezzi Locale deposito materiali pericolosi
DEPOSITI E STOCCAGGI	Terreno vegetale Ferri armature Casseri Elementi prefabbricati Tubazioni
MACCHINE OPERATRICI	Autocarri Escavatore Pala gommata Autogrù con autopompa Rullo compattatore
IMPIANTI	Gruppo elettrogeno Compressore

Tabella 3-9. Servizi generali presenti sul cantiere edile.

Per la realizzazione delle opere in progetto, non si rende necessaria l'apertura di cave di inerti pregiati, né per la composizione dei calcestruzzi, né per la fornitura di inerti per rilevati. L'approvvigionamento delle quantità necessarie di calcestruzzo, infatti, sarà garantito dalle cave autorizzate attualmente già in attività, gestite da ditte locali operativamente presenti nelle zone limitrofe all'area di progetto, in grado di fornire i quantitativi richiesti di materiali.

Le distanze di percorrenza, dai siti di approvvigionamento e di stoccaggio al cantiere, sono comprese entro una distanza di pochi km, con transito dei mezzi gommati sulla viabilità ordinaria.

### 3.2.2.2 Movimentazione terra

Dato che per ragioni tecniche i piazzali devono essere realizzati su piani livellati mentre la postazione scelta risulta essere in pendenza si rendono necessari lavori di scavo e reinterro che vanno a modificare il profilo morfologico del terreno (LCG-TAV07-V00).

Al fine di perseguire l'obiettivo prioritario della preservazione delle componenti morfologiche e vegetazionali, per limitare le opere di scavo e rinterro e l'occupazione di suolo, in fase progettuale si è fatto in modo di ridurre al massimo la geometria dei piazzali in direzione della pendenza, contenendo il più possibile l'area occupata dalle vasche.

La quota del piazzale è stata quindi studiata per introdurre la minima alterazione alle condizioni attuali dei luoghi sfruttando gli adattamenti possibili dell'allestimento impiantistico.

L'allestimento della postazione di perforazione prevede prima di tutto l'asportazione della parte più superficiale del terreno per uno spessore di circa 10 cm (volume complessivo di circa 2822 m<sup>3</sup>) che sarà conservato in loco all'interno dell'area adibita allo stoccaggio dello scotico adeguatamente protetta dal dilavamento in caso di pioggia. Successivamente l'area verrà spianata con sterri e riporti. Parte del materiale scavato all'interno del cantiere (17167 m<sup>3</sup>) sarà riutilizzato nelle operazioni di rinterro (Tabella 3-10). Dei materiali escavati in eccesso, 320 m<sup>3</sup> saranno conservati in cantiere al fine di essere in parte utilizzati per la realizzazione delle opere della centrale geotermoelettrica.

Movimenti di terra	Volume (m <sup>3</sup> )
Scotico del piano di campagna	2822
SCAVI	
Piazzale di perforazione	17890
Cantina pozzi	140
Cunicoli	260
Piano Sonda	726
Vasca reflui	519
Totale volume scavi	19535
REINTERRI	
Piazzale di perforazione	17167
Totale volume reinterri	17167
Materiale di risulta	+2368

Tabella 3-10. Volumi di movimento terra legati alla preparazione della postazione di perforazione.

### 3.2.2.3 *Massicciata piazzale di perforazione*

Su tutta l'area del cantiere di perforazione sarà realizzata una massicciata carrabile ad eccezione dell'area di stoccaggio dello scotico e delle vasche per le acque di perforazione. La massicciata (LCG-TAV13-V00, particolare e.1) coprirà un'area di 6221 m<sup>2</sup> con spessore totale di 40 cm ottenuto mediante:

- stesura di tessuto non tessuto grammatura 250 g/m<sup>2</sup> avente funzione di separazione tra il terreno naturale e la postazione, contestualmente fornirà un maggiore sostegno al piazzale;
- stesura di materiale inerte pezzatura 4/7 stabilizzato in curva per uno spessore medio di 30 cm;
- stesura di misto granulare stabilizzato pezzatura 0/30 stabilizzato in curva spessore 10 cm

Nella Tabella 3-11 si riportano le volumetrie dei materiali necessari alla realizzazione dell'opera.

Stesura materiali	Quantità
Tessuto non tessuto grammatura 250 g/m <sup>2</sup>	8629 m <sup>2</sup>
Inerte pezzatura 4/7 stabilizzato in curva	2160 m <sup>3</sup>
Misto granulare pezzatura 0/30 stabilizzato in curva	720 m <sup>3</sup>

Tabella 3-11. Tipo e quantità di materiale usato per la realizzazione del sottofondo della piazzola di perforazione.

In adiacenza alla postazione di perforazione è prevista la realizzazione di un parcheggio per le auto del personale che opera sull'impianto e per i vari automezzi di servizio al cantiere. L'area occupata dal parcheggio è di 540 m<sup>2</sup> e il sottofondo sarà realizzato con le medesime caratteristiche del piano carrabile della piazzola (LCG-TAV13-V00, particolare *e.1*).

72

La massicciata dell'area sonda e del parcheggio saranno realizzate con un leggera pendenza verso i bordi in modo da far defluire le acque piovane in direzione delle canalette di raccolta appositamente predisposte lungo il perimetro del cantiere.

### **3.2.2.4 Opere in cemento armato**

#### Cantina

Il manufatto di alloggiamento pozzo denominato "cantina", viene realizzato in cemento armato gettato in opera, interrato, di dimensioni in pianta di 25 x 2,5 m con profondità di 1,5 m rispetto alla quota della piazzola, spessore pareti 40 cm e spessore soletta di fondo di 40 cm (LCG-TAV13-V00, particolari *a.1*, *a.2* e *a.3*). Tale manufatto poggerà su uno strato di magrone avente spessore di 10 cm, sul perimetro dello stesso verrà realizzato idoneo drenaggio con materiale inerte 4/7.

In fondo alla cantina verranno installati tre pozzetti di 40 x 40 cm che serviranno per la raccolta di eventuali acque piovane e/o fanghi che dovessero accumularsi all'interno della cantina, dai pozzetti le acque verranno rimosse mediante l'utilizzo di una pompa e convogliate nella vasca fanghi.

Sebbene il progetto preveda la perforazione di tre pozzi, la cantina è stata approntata per ospitare cinque pozzi. In questo modo, in caso di pozzo poco produttivo o sterile, la postazione di perforazione potrà essere utilizzata senza la necessità di lavori di

adeguamento. Con questa scelta progettuale si è cercato di minimizzare l'occupazione di suolo ottimizzando le fasi operative. Al centro della base della cantina verranno quindi lasciati cinque buchi di circa 80 cm ciascuno per l'alloggiamento dei tubi guida e altri 5 buchi della grandezza di 40 cm per il movimento delle aste. Pertanto contestualmente alla realizzazione dello scavo per la cantina si provvederà ad installare uno spezzone di "Conductor Pipe" (tubo guida) da 30" fino ad una profondità di 35-40 o a rifiuto al disotto di ognuno dei cinque fori previsti.

In caso di esito positivo della ricerca, una volta terminata la perforazione e smontato l'impianto di perforazione, la cantina sarà recintata con una rete zincata alta 2,0 m e munita di cancello.

#### Platea per la sottostruttura impianto di perforazione

Il basamento in c.a. che verrà realizzato intorno al manufatto di alloggiamento pozzo, ha forma rettangolare con dimensioni in pianta di 54 x 18 m (LCG-TAV12-V00), spessore 30 cm (LCG-TAV13-V00, particolare e.2), e verrà realizzato tramite una gettata in opera con calcestruzzo C20/25, lisciata superficialmente al quarzo, armata con ferro di armatura B450C e posata su uno strato di magrone dello spessore di 10 cm.

Lungo il bordo della platea saranno realizzate delle canalette prefabbricate in cemento armato con griglia carrabile di sicurezza per la regimazione delle acque piovane che saranno convogliate verso la vasca fanghi.

#### Vasca per l'area deposito gasolio e olio

Per lo stoccaggio in cantiere del gasolio necessario al funzionamento dei motori diesel dell'impianto di perforazione e per l'olio lubrificante è prevista la realizzazione di una vasca in cemento armato dove è collocato il serbatoio del gasolio e i fusti di olio (LCG-TAV12-V00). Il volume della vasca è sufficiente a poter contenere la quantità massima di gasolio presente nel serbatoio.

La vasca sarà realizzata in calcestruzzo con dimensioni in pianta pari a 12,4 x 6,6 m e alta 0.85 m (LCG-TAV13-V00, particolari f.1 e f.2). La base della vasca avrà una pendenza tale da convogliare le acque piovane verso un pozzetto di raccolta e da lì verso un disoleatore dove avverrà la separazione delle acque chiare dalle sostanze oleose. Le sostanze oleose saranno raccolte in un apposito comparto che sarà svuotato da ditte specializzate che provvederanno anche allo smaltimento del contenuto secondo la normativa vigente. Tutta la vasca sarà recintata con rete metallica alta 1,5 m e l'accesso alla parte interna della vasca sarà garantito tramite delle scale. In adiacenza alla vasca è predisposta un'area impermeabilizzata adibita al rifornimento del gasolio e dei fusti di olio.

Ai sensi del D.P.R. 9 aprile 1959 n. 128 "Norme di polizia delle miniere e delle cave" articolo 74 il serbatoio del gasolio si trova a distanza maggiore di 30 m dalla testa pozzo e di 20 m dagli scappamenti dei motori e dai gruppi elettrogeni.

### Base per impianto perle prove di produzione mobile

L'impianto per le prove di produzione mobile è una struttura cilindrica con la parte inferiore a forma di cono dove è convogliata la fase liquida che si separa dal fluido geotermico durante la prova di produzione. L'impianto è fissato su un box a forma di U in cemento armato delle dimensioni in pianta di 2,9 x 3,3 m e alto 1,5 m (LCG-TAV13-V00, particolare *g*) posto in vicinanza delle vasche acqua (LCG-TAV12-V00).

### Cunicoli

La postazione di perforazione (LCG-TAV07-V00) prevede la realizzazione di tre cunicoli per il passaggio delle condotte per la fase di test sulla risorsa e in futuro per l'attività di produzione dalle teste pozzo. I cunicoli sono realizzati da elementi a sezione rettangolare ad una gola con incastro a mezzo spessore, prefabbricati in calcestruzzo vibrocompresso, sezione interna rettangolare, armati. Ogni cunicolo avrà dimensioni interne di 1,5 x 1,5 m e lunghezza totale di 24 m (LCG-TAV13-V00, particolare *b*). I cunicoli saranno dotati di soletta di copertura removibile e carrabile. Ogni cunicolo sarà collegato tramite una piccola condotta interrata alla vasca acque di perforazione dove verrà installata una valvola. In caso di esito positivo tale valvola sarà aperta in modo da fare defluire le acque meteoriche ricadenti nella cantina verso la vasca acque.

### Vasca di raccolta reflui di perforazione

La vasca per il deposito dei fanghi esausti e dei *cutting* di perforazione è ubicata all'interno del layout dell'impianto di perforazione (LCG-TAV07-V00). La vasca ha dimensioni in pianta di 14,5 m x 14,5 m e altezza di 2 m (LCG-TAV13-V00, particolari *c.1* e *c.2*), ed è divisa in due settori per un volume complessivo di 420.5 m<sup>3</sup>. La vasca è realizzata in cemento armato e poggia all'interno di uno scavo sul quale è posto un sottofondo con le stesse caratteristiche della massicciata. Sul bordo della vasca viene montata una recinzione metallica di sicurezza alta 1,5 m.

74

### Vasche per deposito acqua di perforazione e prove di produzione

Nel progetto è prevista la realizzazione di un bacino per lo stoccaggio delle acque da utilizzare durante la perforazione e per contenere i fluidi geotermici durante le prove di produzione (LCG-TAV12-V00). Il bacino è diviso in due vasche ognuna delle quali ha dimensione in pianta di 15 x 28.3 m e altezza di 3.0 m (LCG-TAV13-V00, particolare *d*) con un volume di 1273.5 m<sup>3</sup>. Il bacino è posizionato su una terrazza impostata ad una quota di circa 3 m più bassa rispetto a quella del piazzale di perforazione. La costruzione delle vasche in cemento armato invece che in terra battuta come avviene di solito, permette di ottimizzare l'occupazione di suolo a parità di volume della vasca e nello stesso tempo assicurare migliori condizioni di tenuta e impermeabilizzazione.

La base delle vasche, separata dal substrato mediante un tessuto non tessuto, verrà realizzata con la posa di 20 cm di materiale drenante a pezzatura vagliata. Le vasche saranno recintate con rete metallica e paletti in legno sporgenti fuori terra di 2,0 m.

### 3.2.2.5 Aree impermeabilizzate

In corrispondenza dei moduli dell'impianto di perforazione (vasche confezionamento fanghi, motori diesel e generatori, ecc) saranno realizzate delle aree impermeabilizzate (circa 1515 m<sup>2</sup>) mediante la stesura di teli impermeabili in PVC accoppiati sopra e sotto con uno strato di tessuto non tessuto (Figura 3-4). Le aree saranno delimitate tramite cordoli in calcestruzzo delle dimensioni di 15 x 15 cm sui quali saranno ripiegati i teli in PVC in modo da evitare sversamenti. I teli impermeabili saranno posti ad una profondità di circa 10 cm dal limite superiore del cordolo e riempiti fino alla quota del piazzale con misto granulare stabilizzato (LCG-TAV13-V00, particolari e.2 e e.3).

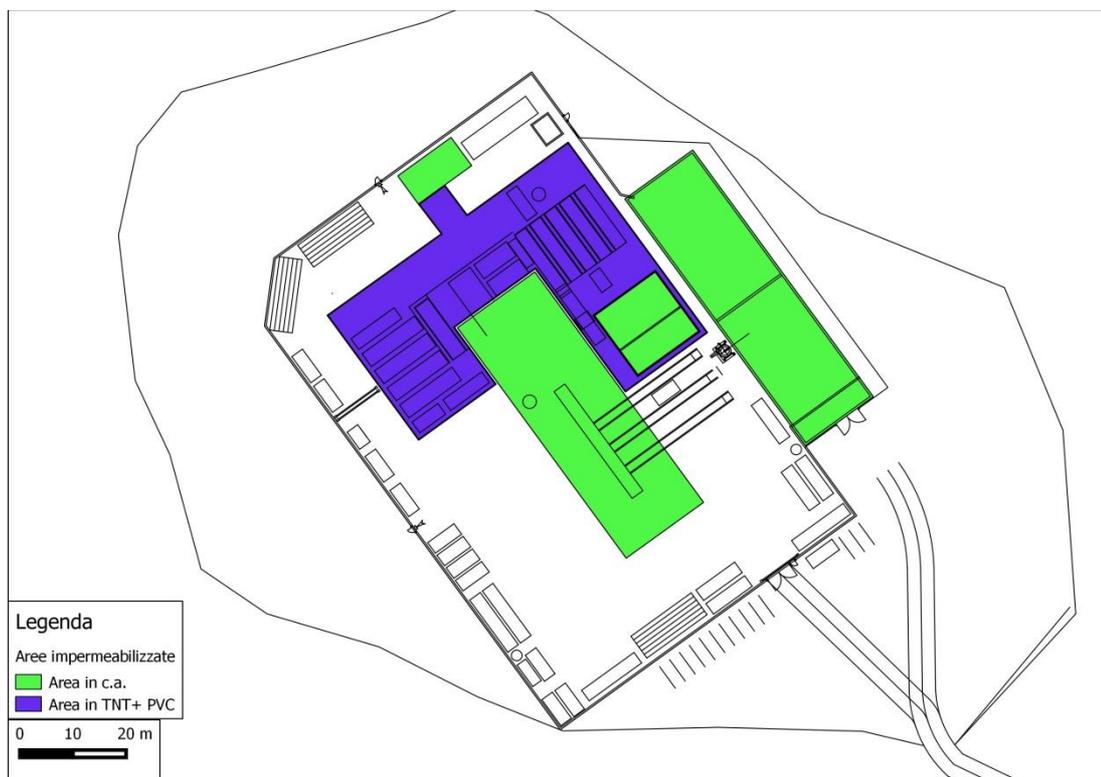


Figura 3-4. Individuazione delle aree impermeabilizzate e in cemento armato all'interno della postazione di perforazione Lucignano 1.

### 3.2.2.6 Sistema di regimazione idrica

L'area della postazione è dotata di un sistema di regimazione idrica (Figura 3-5) impostato secondo il seguente criterio:

- le acque meteoriche ricadenti dentro le aree pavimentate con solette di cemento armato, vengono raccolte all'interno di canalette in calcestruzzo (sezione 40 x 30 cm) (LCG-TAV13-V00, particolare e.2) presenti lungo tutto il perimetro della struttura che convogliano all'interno di un pozzetto di raccolta e da lì portate verso la vasca dei reflui di perforazione;
- le acque meteoriche o i fanghi che cadono all'interno della cantina vengono accumulati in tre pozzetti ubicati sul fondo. Dai pozzetti l'acqua o il fango vengono prelevati attraverso un tubo collegato ad una pompa e

inviati alle vasche fanghi. In caso sul fondo della cantina fosse presente dell'olio, questo verrà allontanato mediante l'utilizzo di tappeti oleoassorbenti che poi saranno smaltiti a norma di legge. In caso di esito positivo della ricerca le acque piovane ricadenti nella cantina verranno allontanate attraverso i cunicoli verso le vache per il deposito dell'acqua di perforazione;

- le acque meteoriche ricadenti dentro l'area del piazzale di perforazione e del parcheggio vengono raccolte all'interno di canalette in prefabbricate di 30 x 25 cm presenti lungo tutto il perimetro della piazzola e convogliate verso le vasche di stoccaggio delle acque per la perforazione o verso le linee naturali di deflusso;
- le acque meteoriche ricadenti dentro l'area esterna al piazzale di perforazione dove è presente la zona di stoccaggio dello scotico vengono raccolte all'interno di canalette in mezzo tubo prefabbricate presenti lungo tutto il perimetro e convogliate verso le naturali linee di deflusso.

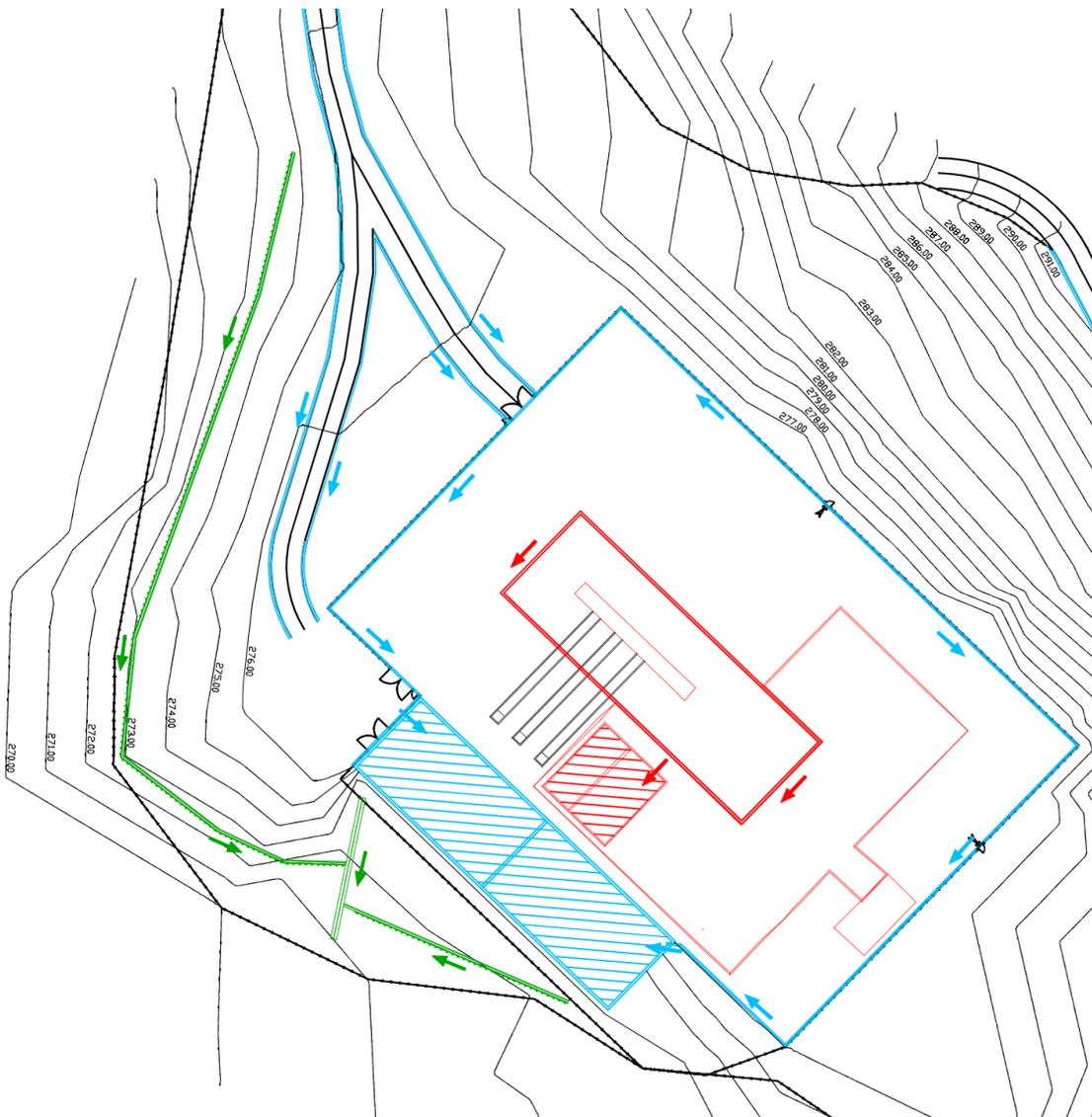


Figura 3-5: Schema della regimazione delle acque all'interno del polo di produzione.

Gli scarichi civili provenienti dai servizi igienici contenuti nelle baracche del personale, per un carico totale di 11 abitanti equivalenti, vengono trattati conformemente alla Legge n° 319/76, al D.Lgs. 152/99 e successive integrazioni, nonché alla Legge Regionale n° 5/86; essi vengono indirizzati mediante tubazione in P.V.C. ad una vasca interrata monoblocco prefabbricata a tenuta stagna in ca.v. da 15 mc. Con cadenza settimanale, si provvederà allo svuotamento mediante aspirazione con pompa mobile; i liquami saranno caricati su autobotte e avviati all'impianto di depurazione per il successivo smaltimento.

### **3.2.2.7 Recinzione piazzale**

Tutta l'area dell'intervento sarà recintata con rete elettrosaldata e plastificata di colore verde fissata con paletti in legno di 2,5 m con interasse di circa 4 m. L'accesso all'area di lavoro sarà garantita attraverso un ingresso carrabile posto sul lato nord-ovest in corrispondenza dell'area parcheggio dove verrà ubicato anche il box della guardiania. Sul lato nord-ovest è prevista una prima uscita di emergenza pedonale, una seconda uscita di emergenza è prevista sul lato nord-est e una terza lungo il lato sud-est. Tutte le vie di accesso carrabili alla postazione sono dotate di cancello in metallo di larghezza 5.00 m apribile ad anta, con rispettivo cancello pedonale dotato di maniglione antipánico (Figura 3-6).



Figura 3-6. Cannello di entrata alla piazzola di perforazione.

Inoltre per motivi di sicurezza sul bordo della vasca reflui di perforazione, vasche acque e vasca gasolio sarà montata una rete metallica di protezione fissata a sostegni in metallo di altezza 1,5 m per le vasca gasolio e vasca reflui di perforazione e di 2 m per le vasche acqua.

### **3.2.2.8 Sottoservizi**

Completano inoltre il piazzale, la realizzazione dei sottoservizi, quali linea acquedotto, linee elettriche, linea rete di terra, e scarichi civili all'interno di fosse di accumulo.

L'impianto di perforazione è autonomo da un punto di vista energetico grazie all'utilizzo di 4 gruppi elettrogeni posti in cabinati fonoassorbenti. Sarà realizzato un regolare impianto di messa a terra secondo quanto previsto dalle norme C.E.I.. L'impianto prevedrà lungo il perimetro interno del cantiere un anello costituito da una treccia in rame di sezione 65 mm<sup>2</sup>. La messa a terra sarà garantita da una treccia in rame inguainata di sezione variabile dai 16 ai 50 mm<sup>2</sup>. Tutto il sistema sarà interrato a 50-60 cm di profondità. Saranno utilizzate 8 pozzetti con piastre di derivazione e 16 dispersori a picchetto in acciaio zincato della lunghezza di 3.0 m.

Si provvederà all'installazione di adeguata segnaletica per l'individuazione dei punti di messa a terra. Si procederà alla verifica progettuale dell'impianto secondo le norme C.E.I. e sarà prodotta la Dichiarazione di Conformità a cura di una ditta abilitata, che provvederà alla manutenzione e misurazione della resistenza di terra almeno una volta ogni quindici giorni.

78

Il dimensionamento finale dell'impianto a terra sarà progettato in fase esecutiva da tecnici abilitati.

Sul piazzale di perforazione saranno inoltre predisposti tutta una serie di sottopassi e rampe passacavi carrabili per permettere il passaggio dei cavi elettrici e delle condotte in modo che non siano da intralcio durante la lavorazione e nello stesso tempo per impedirne il danneggiamento.

### **3.2.3 Interventi sulla viabilità**

Per permettere ai mezzi di lavoro di raggiungere l'area adibita a cantiere vengono privilegiati percorsi che utilizzano la viabilità esistente, limitando al minimo la costruzione di nuove tratte. In genere si tratta di strade comunali e vicinali che, pur possedendo, dal punto di vista dimensionale, caratteristiche adeguate al transito dei mezzi previsti, si presentano in condizioni di scarsa manutenzione. Pertanto in questi casi, in accordo con i titolari del tratto di strada interessato, vengono effettuati gli eventuali interventi migliorativi necessari, come ad esempio sterpatura degli argini, ripristino delle opere di scolo e pulitura delle cunette e banchine, ringhiaimento della carreggiata. Nei tratti in cui la viabilità esistente non presenta le caratteristiche dimensionali necessarie, gli interventi saranno chiaramente più consistenti con movimenti terra per l'allargamento della sede, rifacimento dell'ossatura, rifacimento delle opere di regimazione della acque, rifacimento delle banchine.

L'impianto di perforazione arriverà percorrendo la Strada Provinciale delle Gallaraie. Superata la località Belforte, dopo circa 1500 m, imboccherà la Strada Provinciale n. 34 fino a ricongiungersi con la Strada provinciale SP35B "Radicondoli-Casone". I mezzi che trasportano l'impianto percorreranno la SP35B in direzione nord per circa 1300 m fino ad imboccare la strada bianca che conduce al Podere Le Costaglie.

In questo caso quindi la maggior parte del tragitto avverrà utilizzando la viabilità ordinaria che non necessita di interventi per permettere il passaggio dei mezzi che trasportano l'impianto di perforazione. Solo in prossimità della postazione verrà utilizzata una strada viciniale che necessita di alcuni interventi di sistemazione.

Gli interventi previsti hanno lo scopo di migliorare il fondo stradale in modo da permettere il passaggio dei mezzi che opereranno sul cantiere in tutta sicurezza. Le operazioni di sistemazione consistono in:

- Allargamento dell'accesso di Via del Podere Le Costaglie al raggio di sterzata dei mezzi;
- Livellamento del fondo stradale. Si tratta della sistemazione del fondo stradale con materiale inerte compatto e stabilizzato in particolare nei tratti dove sono presenti degli avvallamenti;
- Ripristino delle canalette bordo strada per la regimazione delle acque superficiali. Si provvederà alla pulizia della vegetazione cresciuta all'interno delle canalette e alla rimozione dei detriti che la riempiono nonché al ripristino del raccordo tra sede stradale e canalette;

79

In prossimità della piazzola di perforazione è prevista la realizzazione di due nuovi tratti di strada che collegano l'attuale con la postazione della lunghezza complessiva di 195 m. I nuovi tratti di strada saranno realizzati eseguendo prima uno scotico del piano campagna di 10 cm, a seguito della quale è previsto la stesura del tessuto non tessuto gr 250/m<sup>2</sup> sul quale sarà realizzato il sottofondo stradale con materiale inerte di pezzatura 4/7 stabilizzato in curva per uno spessore di 30 cm con sopra 10 cm di misto granulare con pezzatura 0/30 stabilizzato in curva. Non si esclude che in prossimità della postazione di perforazione debba essere realizzato un rilevato costituito da materiale inerte opportunamente rullato e compatto, per raggiungere la quota imposta dalla piazzola di perforazione.

La viabilità interseca il fosso Lucignano ad una distanza dall'imbocco nella viabilità esistente di circa 280 m. È già presente, allo stato attuale, un attraversamento di tale fosso, che peraltro conduce direttamente all'ingresso della proprietà privata di cui fa parte anche l'area pozzo. Per poter consentire l'accesso dei mezzi d'opera alla postazione di perforazione, nonché successivamente all'impianto geotermoelettrico, è necessario realizzare un nuovo attraversamento, in sostituzione di quello esistente, con caratteristiche idonee al passaggio dei mezzi che trasportano l'impianto di perforazione e successivamente quelli che trasportano le diverse parti dell'impianto ORC. Il nuovo attraversamento sarà realizzato mediante la posa in opera di n. 4 elementi prefabbricati

in calcestruzzo armato vibro-compresso. Ogni elemento prefabbricato ha una larghezza pari a 5,60 metri (dimensioni interne pari a 5 x 2 m, spessore 29 cm), e lunghezza di 200 cm.

La realizzazione dell'attraversamento verrà effettuata innanzitutto rimuovendo il manufatto in cemento esistente. Successivamente saranno eseguite delle operazioni di scavo per l'allargamento dell'area. Verrà poi realizzata una soletta in calcestruzzo magro avente uno spessore di 20 cm, armata con doppia rete elettrosaldata diametro 8/20x20", sulla quale saranno appoggiati i moduli prefabbricati. Sopra lo scatolare verrà realizzato il sottofondo stradale, costituito da inerte 4/7 sp. 40 cm e rifioritura con misto granulare 0/30 sp. 10 cm. Il manufatto realizzato fuoriesce dal piano di campagna attuale pertanto la quota di imposta del sottofondo verrà raggiunta mediante creazione di rilevato con terreno di scavo, opportunamente rullato e compattato. Una volta messi in opera gli scatolari si procederà al rinterro laterale dello scavo, intorno allo scatolare, per ripristinare la situazione attuale. Si provvederà infine alla sagomatura degli argini a monte e a valle dello scatolare mediante realizzazione di soletta e pareti adiacenti il terreno, in c.a. gettato in opera, di spessore 20 cm.

### **3.3 CANTIERIZZAZIONE POLO DI REINIEZIONE**

#### **3.3.1 Programma dei lavori per la postazione di perforazione LUCIGNANO 2**

Le attività legate alla realizzazione della postazione di perforazione Lucignano 2 si articoleranno nelle seguenti fasi e sottofasi:

80

- 1) Realizzazione e allestimento della piazzola di perforazione (LCG-TAV12-V00): messa in opera di tutti gli interventi per la realizzazione della postazione atta ad accogliere l'impianto di perforazione e delle opere correlate ovvero:
  - Realizzazione delle opere di scavo/rinterro;
  - Risistemazione della viabilità di accesso;
  - Realizzazione delle opere civili;
  - Montaggio dell'impianto di perforazione.
- 2) Perforazione del 1° pozzo di reiniezione: attività di realizzazione del primo pozzo per il raggiungimento degli obiettivi minerari individuati (LCG-TAV08-V00);
- 3) Esecuzione delle prove di iniezione e produzione di breve durata: caratterizzazione del serbatoio geotermico e della risorsa rinvenuta mediante test specifici;
- 4) Perforazione del 2° pozzo di reineizione;
- 5) Sistemazione dell'area e messa in sicurezza del cantiere: attività da effettuare al termine delle operazioni sulla base dei risultati ottenuti:

- Sistemazione dell'area in caso di pozzi idonei alla reiniezione (LCG-TAV06-V00);
- Chiusura mineraria e ripristino territoriale in caso di pozzi non idonei alla reiniezione.

### **3.3.2 Cantierizzazione**

Nei paragrafi seguenti vengono illustrate le attività e le caratteristiche realizzative del cantiere di perforazione. Questo occuperà un'area di circa 8365 m<sup>2</sup> di cui circa 7259 m<sup>2</sup> occupati dalla postazione di perforazione e dalle baracche e container, circa 1000 m<sup>2</sup> per il deposito e stoccaggio temporaneo dello scotico, circa 913 m<sup>2</sup> per le vasche progettate per lo stoccaggio delle acque per la perforazione e per le prove di produzione e circa 187 m<sup>2</sup> per il parcheggio e l'area di accesso alla postazione. Le vasche saranno realizzate nell'area immediatamente a nord-est del piazzale, mentre l'area parcheggio sarà collocata in adiacenza del lato sud-est del cantiere.

#### **3.3.2.1 Preparazione dell'area della piazzola di perforazione**

Le attività previste per la preparazione della piazzola sono le seguenti:

- predisposizione del cantiere edile;
- scotico del piano di campagna e accumulo del medesimo nell'area appositamente dedicata;
- realizzazione degli scavi di sbancamento (LCG-TAV08-V00);
- realizzazione di rilevato da eseguire con materiale di scavo, rullato e compattato a strati non superiore a 30 cm, fino a raggiungere la quota del piano di imposta del materiale inerte (LCG-TAV08-V00);
- realizzazione dello scavo per l'alloggiamento della cantina pozzi e per i cunicoli delle condotte per le prove di produzione;
- realizzazione del tratto di strada di accesso alla postazione;
- realizzazione della massiccia del piazzale di perforazione;
- realizzazione delle opere in cemento armato (LCG-TAV12-V00, LCG-TAV13-V00):
  - cantina pozzi;
  - cunicoli per le condotte per prove di produzione;
  - platea del piano sonda;
  - vasca fanghi di perforazione;
  - vasca stoccaggio carburante e olio;
  - muro di contenimento delle vasche per lo stoccaggio dell'acqua di perforazione;
  - base per impianto prove di produzione mobile;
  - cordoli per aree impermeabilizzate.
- Realizzazione dell'area impermeabilizzate.

La progettazione delle opere di fondazione (LCG-TAV12-V00, LCG-TAV13-V00) è stata eseguita sulla base dei dati attualmente disponibili. La progettazione esecutiva verrà fatta solo in seguito alla esecuzione delle opportune indagini geognostiche finalizzate alla caratterizzazione geotecnica del sottosuolo. Queste indagini sono programmate a seguito dell'acquisizione delle autorizzazioni dei titoli abilitativi.

### **3.3.2.1.1 Allestimento cantiere edile**

Per la realizzazione delle opere è necessario approntare un cantiere edile di 18318 m<sup>2</sup> che si occuperà della costruzione del piano sonda, delle opere in cemento armato, delle vasche acqua e delle rete di regimazione delle acque meteoriche.

Il cantiere edile è costituito da una serie di baracche adibite a uffici, servizi igienici, spogliatoio e deposito attrezzi e materiali. Tutte queste strutture sono localizzate all'interno della piazzola di perforazione. Operando in questo modo non si andrà ad occupare ulteriore spazio nelle aree agricole circostanti. Per impedire l'accesso di estranei all'area di cantiere, essa sarà completamente recintata e dotata di segnaletica a norma di legge affissa prioritariamente all'inizio lavori. All'interno dell'area del cantiere avverrà anche lo stoccaggio temporaneo dei materiali nonché lo scarico e carico dei materiali stessi.

Le interferenze del cantiere con abitazioni private o attività produttive risultano minime, in quanto le abitazioni più vicine si trova a circa 250 m di distanza. La viabilità interessata sarà ripristinata ed eventualmente consolidata, se ed ove necessario.

82

#### *3.3.2.1.1.1 Lavorazioni di cantiere*

Le principali lavorazioni consistono in:

- operazioni di scavo con successivo riutilizzo del materiale scavato per la preparazione del piazzale;
- operazione di trasporto e movimentazione dei materiali;
- realizzazione di eventuali opere provvisoriale;
- operazioni di saldatura delle armature in ferro per le opere in cemento armato;
- realizzazione di fondazioni e strutture murarie mediante getti di calcestruzzi armati;
- eventuale consolidamento dei versanti e delle scarpate attraverso tecniche di ingegneria naturalistica;
- operazioni di ripristino e rinterro con posa di terreno vegetale, piantumazioni e rinaturazione delle aree di intervento.

#### *3.3.2.1.1.2 Materiali e macchinari utilizzati*

Per la costruzione delle opere in progetto saranno impiegati principalmente i seguenti materiali:

- calcestruzzi, ferro per armature;
- legno per casserature;
- tubi in plastica;
- inerti per opere di riempimento;
- opere elettromeccaniche

I mezzi utilizzati per la realizzazione della piazzola e delle opere civili sono quelle tipiche di un cantiere edile. In particolare verranno utilizzati escavatori, pale gommate o cingolate, compattatori, ruspe, livellatrici, rulli compattatori, autocarri o dumper, betoniere ecc. Per il montaggio/smontaggio dell'impianto di perforazione è previsto l'utilizzo di un fork lift e di un'autogrù (Tabella 3-12).

Macchinario	Potenza (kW)	numero
Escavatore	180	2
Pala gommata o cingolata	200	2
Compattatore	100	1
Ruspa	180	1
Livellatrice	100	1
Rullo compattatore	100	1
Autocarro o dumper	300	1
Betoniera	1.4	1
Autogrù o forklift	50	1

Tabella 3-12. Mezzi operanti sul cantiere.

I mezzi di trasporto dei materiali necessari per la realizzazione delle opere hanno larghezze ordinarie pari al massimo a 2,4 m ed un carico massimo per asse pari a circa 12 t pertanto, la viabilità e la piazzola pozzo da realizzare sono state dimensionate sulla base del peso scaricato dal mezzo di trasporto sonda, e quindi di una pressione sul terreno a contatto con il pneumatico pari a 6,5 kg/cm<sup>2</sup>, incrementata, quindi, ad almeno 10 kg/cm<sup>2</sup>.

Gli spostamenti dei mezzi operativi per il trasporto e la movimentazione dei principali materiali da porre in opera, in relazione ai tempi di esecuzione elencati nel cronoprogramma, saranno costituiti principalmente dal transito delle autobetoniere durante le fasi di getto dei calcestruzzi e da quello degli autocarri per la movimentazione del materiale inerte per la realizzazione della massicciata. In riferimento alla quantità di materiale utilizzato per la realizzazione delle opere durante il periodo di esecuzione dei lavori civili, valutato complessivamente in 60 giorni (considerando 8 ore lavorative al giorno), si stima che transiteranno circa 6,2 viaggi al giorno distribuiti nelle ore di lavoro del cantiere per l'intero periodo dei lavori (Tabella 3-13).

Materiale	u.m.	quantità	n. mezzi
Inerte pezzatura 4/7 stabilizzato in curva	mc	1981	112
Misto granulare pezzatura 0/30 stabilizzato in curva	mc	660	37
Calcestruzzo magro	mc	316	47
Calcestruzzo C20/25	mc	1048	157
Ferro per armatura	ton	157	5
Prefabbricati per cunicoli	Cad.	48	2
Casseratura	mq	1498	3
Tessuto non tessuto	mq	8365	1
Recinzione	ml	887	2
Tubazioni e sottoservizi	ml	110	1
Pozzetti in cls	cad.	18	1
Chiusino in ghisa per chiusini	cad.	18	1
Canaletta in cls (mezzo tubo)	ml	584	2
Totale			372

Tabella 3-13. Numero di mezzi che necessitano per il trasporto dei materiali utilizzati nella fase di preparazione della postazione di perforazione.

Si deve poi considerare che per il trasporto delle varie componenti dell'impianto di perforazione sono necessari circa 70 mezzi di vario tipo (mezzi pensati, mezzi per carichi eccezionali, ecc). Il trasporto e montaggio dell'impianto tuttavia si concentra in un breve periodo della durata di circa 12-15 giorni durante il quale si stima che transiteranno 4.8 automezzi al giorno.

84

#### 3.3.2.1.1.3 Servizi generali

All'interno del cantiere edile saranno posizionati anche i servizi generali dell'impresa esecutrice dei lavori necessari per l'operatività e la gestione dei lavori.

Nella Tabella 3-14 vengono riportati in modo indicativo il numero degli addetti, i fabbricati temporanei, i depositi, macchinari ed impianti previsti.

ADDETTI	Indicativamente n. 2 squadre da 4-5 operai
LOCALI TEMPORANEI	Ufficio cantiere e D.d.L. Servizi igienici Spogliatoio Locale deposito attrezzi Locale deposito materiali pericolosi
DEPOSITI E STOCCAGGI	Terreno vegetale Ferri armature Casseri Elementi prefabbricati Tubazioni
MACCHINE OPERATRICI	Autocarri Escavatore Pala gommata Autogrù con autopompa Rullo compattatore
IMPIANTI	Gruppo elettrogeno Compressore

Tabella 3-14. Servizi generali presenti sul cantiere edile.

Per la realizzazione delle opere in progetto, non si rende necessaria l'apertura di cave di inerti pregiati, né per la composizione dei calcestruzzi, né per la fornitura di inerti per rilevati. L'approvvigionamento delle quantità necessarie di calcestruzzo, infatti, sarà garantito dalle cave autorizzate attualmente già in attività, gestite da ditte locali operativamente presenti nelle zone limitrofe all'area di progetto, in grado di fornire i quantitativi richiesti di materiali.

85

Le distanze di percorrenza, dai siti di approvvigionamento e di stoccaggio al cantiere, sono comprese entro una distanza di pochi km, con transito dei mezzi gommati sulla viabilità ordinaria.

### **3.3.2.2 Movimentazione terra**

Dato che per ragioni tecniche i piazzali devono essere realizzati su piani livellati mentre la postazione scelta risulta essere in pendenza si rendono necessari lavori di scavo e rinterro che vanno a modificare il profilo morfologico del terreno (LCG-TAV08-V00).

Al fine di perseguire l'obiettivo prioritario della preservazione delle componenti morfologiche e vegetazionali, per limitare le opere di scavo e rinterro e l'occupazione di suolo, in fase progettuale si è fatto in modo di ridurre al massimo la geometria dei piazzali in direzione della pendenza, contenendo il più possibile l'area occupata dalle vasche.

La quota del piazzale è stata quindi studiata per introdurre la minima alterazione alle condizioni attuali dei luoghi sfruttando gli adattamenti possibili dell'allestimento impiantistico.

L'allestimento della postazione di perforazione prevede prima di tutto l'asportazione della parte più superficiale del terreno per uno spessore di circa 10 cm (volume complessivo di circa 2822 m<sup>3</sup>) che sarà conservato in loco all'interno dell'area adibita allo stoccaggio dello scotico adeguatamente protetta dal dilavamento in caso di pioggia. Successivamente l'area verrà spianata con sterri e riporti.

Movimenti di terra	Volume (m <sup>3</sup> )
Scotico del piano di campagna	1832
SCAVI	
Piazzale di perforazione	19213
Cantina pozzi	140
Cunicoli	260
Piano Sonda	726
Vasca reflui	519
Totale volume scavi	20858
REINTERRI	
Piazzale di perforazione	16040
Totale volume reinterri	16040
Materiale di risulta	+4818

Tabella 3-15. Volumi di movimento terra legati alla preparazione della postazione di perforazione.

### 3.3.2.3 *Massicciata piazzale di perforazione*

Su tutta l'area del cantiere di perforazione sarà realizzata una massicciata carrabile ad eccezione dell'area di stoccaggio dello scotico e delle vasche per le acque di perforazione. La massicciata (LCG-TAV13-V00, particolare e.1) coprirà un'area di 6159 m<sup>2</sup> con spessore totale di 40 cm ottenuto mediante:

- stesura di tessuto non tessuto grammatura 250 g/m<sup>2</sup> avente funzione di separazione tra il terreno naturale e la postazione, contestualmente fornirà un maggiore sostegno al piazzale;
- stesura di materiale inerte pezzatura 4/7 stabilizzato in curva per uno spessore medio di 30 cm;
- stesura di misto granulare stabilizzato pezzatura 0/30 stabilizzato in curva spessore 10 cm

Nella Tabella 3-16 si riportano le volumetrie dei materiali necessari alla realizzazione dell'opera.

Stesura materiali	Quantità
Tessuto non tessuto grammatura 250 g/m <sup>2</sup>	8365 m <sup>2</sup>
Inerte pezzatura 4/7 stabilizzato in curva	1981 m <sup>3</sup>
Misto granulare pezzatura 0/30 stabilizzato in curva	660 m <sup>3</sup>

Tabella 3-16. Tipo e quantità di materiale usato per la realizzazione del sottofondo della piazzola di perforazione.

In adiacenza alla postazione di perforazione è prevista la realizzazione di un parcheggio per le auto del personale che opera sull'impianto e per i vari automezzi di servizio al cantiere. L'area occupata dal parcheggio è di 187 m<sup>2</sup> e il sottofondo sarà realizzato con le medesime caratteristiche del piano carrabile della piazzola (LCG-TAV13-V00, particolare *e.1*).

La massicciata dell'area sonda e del parcheggio saranno realizzate con un leggera pendenza verso i bordi in modo da far defluire le acque piovane in direzione delle canalette di raccolta appositamente predisposte lungo il perimetro del cantiere.

### **3.3.2.4 Opere in cemento armato**

#### Cantina

Il manufatto di alloggiamento pozzo denominato "cantina", viene realizzato in cemento armato gettato in opera, interrato, di dimensioni in pianta di 25.0 x 2,5 m con profondità di 1,5 m rispetto alla quota della piazzola, spessore pareti 40 cm e spessore soletta di fondo di 40 cm (LCG-TAV13-V00, particolari *a.1*, *a.2* e *a.3*). Tale manufatto poggerà su uno strato di magrone avente spessore di 10 cm, sul perimetro dello stesso verrà realizzato idoneo drenaggio con materiale inerte 4/7.

87

In fondo alla cantina verranno installati tre pozzetti di 40 x 40 cm che serviranno per la raccolta di eventuali acque piovane e/o fanghi che dovessero accumularsi all'interno della cantina, dai pozzetti le acque verranno rimosse mediante l'utilizzo di una pompa e convogliate nella vasca fanghi.

Sebbene il progetto preveda la perforazione di due pozzi, la cantina è stata approntata per ospitare cinque pozzi. In questo modo, in caso di pozzo poco produttivo o sterile, la postazione di perforazione potrà essere utilizzata senza la necessità di lavori di adeguamento. Con questa scelta progettuale si è cercato di minimizzare l'occupazione di suolo ottimizzando le fasi operative. Al centro della base della cantina verranno quindi lasciati cinque buchi di circa 80 cm ciascuno per l'alloggiamento dei tubi guida e altri 5 buchi della grandezza di 40 cm per il movimento delle aste. Pertanto contestualmente alla realizzazione dello scavo per la cantina si provvederà ad installare uno spezzone di "Conductor Pipe" (tubo guida) da 30" fino ad una profondità di 35-40 o a rifiuto al disotto di ognuno dei cinque fori previsti.

In caso di esito positivo della ricerca, una volta terminata la perforazione e smontato l'impianto di perforazione, la cantina sarà recintata con una rete zincata alta 2,0 m e munita di cancello.

#### Platea per la sottostruttura impianto di perforazione

Il basamento in c.a. che verrà realizzato intorno al manufatto di alloggiamento pozzo, ha forma rettangolare con dimensioni in pianta di 54 x 18 m (LCG-TAV12-V00), spessore 30 cm (LCG-TAV13-V00, particolare e.2), e verrà realizzato tramite una gettata in opera con calcestruzzo C20/25, lisciata superficialmente al quarzo, armata con ferro di armatura B450C e posata su uno strato di magrone dello spessore di 10 cm.

Lungo il bordo della platea saranno realizzate delle canalette prefabbricate in cemento armato con griglia carrabile di sicurezza per la regimazione delle acque piovane che saranno convogliate verso la vasca fanghi.

#### Vasca per l'area deposito gasolio e olio

Per lo stoccaggio in cantiere del gasolio necessario al funzionamento dei motori diesel dell'impianto di perforazione e per l'olio lubrificante è prevista la realizzazione di una vasca in cemento armato dove è collocato il serbatoio del gasolio e i fusti di olio (LCG-TAV08-V00). Il volume della vasca è sufficiente a poter contenere la quantità massima di gasolio presente nel serbatoio.

La vasca sarà realizzata in calcestruzzo con dimensioni in pianta pari a 12,4 x 6,6 m e alta 0.85 m (LCG-TAV13-V00, particolari f.1 e f.2). La base della vasca avrà una pendenza tale da convogliare le acque piovane verso un pozzetto di raccolta e da lì verso un disoleatore dove avverrà la separazione delle acque chiare dalle sostanze oleose. Le sostanze oleose saranno raccolte in un apposito comparto che sarà svuotato da ditte specializzate che provvederanno anche allo smaltimento del contenuto secondo la normativa vigente. Tutta la vasca sarà recintata con rete metallica alta 1,5 m e l'accesso alla parte interna della vasca sarà garantito tramite delle scale. In adiacenza alla vasca è predisposta un'area impermeabilizzata adibita al rifornimento del gasolio e dei fusti di olio.

88

Ai sensi del D.P.R. 9 aprile 1959 n. 128 "Norme di polizia delle miniere e delle cave" articolo 74 il serbatoio del gasolio si trova a distanza maggiore di 30 m dalla testa pozzo e di 20 m dagli scappamenti dei motori e dai gruppi elettrogeni.

#### Base per impianto per le prove di produzione mobile

L'impianto per le prove di produzione mobile è una struttura cilindrica con la parte inferiore a forma di cono dove è convogliata la fase liquida che si separa dal fluido geotermico durante la prova di produzione. L'impianto è fissato su un box a forma di U in cemento armato delle dimensioni in pianta di 2,9 x 3,3 m e alto 1,5 m (LCG-TAV13-V00, particolare g) posto in vicinanza delle vasche acqua (LCG-TAV12-V00).

#### Cunicoli

La postazione di perforazione (LCG-TAV08-V00) prevede la realizzazione di tre cunicoli per il passaggio delle condotte per la fase di test sulla risorsa e in futuro per l'attività di produzione dalle teste pozzo. I cunicoli sono realizzati da elementi a sezione rettangolare ad una gola con incastro a mezzo spessore, prefabbricati in calcestruzzo vibrocompresso, sezione interna rettangolare, armati. Ogni cunicolo avrà dimensioni interne di 1,5 x 1,5 m e lunghezza totale di 24 m (LCG-TAV13-V00, particolare *b*). I cunicoli saranno dotati di soletta di copertura removibile e carrabile. Ogni cunicolo sarà collegato tramite una piccola condotta interrata alla vasca acque di perforazione dove verrà installata una valvola. In caso di esito positivo tale valvola sarà aperta in modo da fare defluire le acque meteoriche ricadenti nella cantina verso la vasca acque.

#### Vasca di raccolta reflui di perforazione

La vasca per il deposito dei fanghi esausti e dei *cutting* di perforazione è ubicata all'interno del layout dell'impianto di perforazione (LCG-TAV08-V00). La vasca ha dimensioni in pianta di 14,5 m x 14,5 m e altezza di 2 m (LCG-TAV13-V00, particolari *c.1* e *c.2*), ed è divisa in due settori per un volume complessivo di 420.5 m<sup>3</sup>. La vasca è realizzata in cemento armato e poggia all'interno di uno scavo sul quale è posto un sottofondo con le stesse caratteristiche della massicciata. Sul bordo della vasca viene montata una recinzione metallica di sicurezza alta 1,5 m.

#### Vasche per deposito acqua di perforazione e prove di produzione

Nel progetto è prevista la realizzazione di un bacino per lo stoccaggio delle acque da utilizzare durante la perforazione e per contenere i fluidi geotermici durante le prove di produzione (LCG-TAV08-V00). Il bacino è diviso in due vasche ognuna delle quali ha dimensione in pianta di 15 x 28.3 m e altezza di 3.0 m (LCG-TAV13-V00, particolare *d*) con un volume di 1273.5 m<sup>3</sup>. Il bacino è posizionato su una terrazza impostata ad una quota di circa 3.0 m più bassa rispetto a quella del piazzale di perforazione. La costruzione delle vasche in cemento armato invece che in terra battuta come avviene di solito, permette di ottimizzare l'occupazione di suolo a parità di volume della vasca e nello stesso tempo assicurare migliori condizioni di tenuta e impermeabilizzazione.

89

La base delle vasche, separata dal substrato mediante un tessuto non tessuto, verrà realizzata con la posa di 20 cm di materiale drenante a pezzatura vagliata. (LCG-TAV13-V00, particolare *d*). Le vasche saranno recintate con rete metallica e paletti in legno sporgenti fuori terra di 2,0 m.

#### **3.3.2.5 Aree impermeabilizzate**

In corrispondenza dei moduli dell'impianto di perforazione (vasche confezionamento fanghi, motori diesel e generatori, ecc) saranno realizzate delle aree impermeabilizzate (circa 1515 m<sup>2</sup>) mediante la stesura di teli impermeabili in PVC accoppiati sopra e sotto con uno strato di tessuto non tessuto (Figura 3-7). Le aree saranno delimitate tramite cordoli in calcestruzzo delle dimensioni di 15 x 15 cm sui quali saranno ripiegati i teli in PVC in modo da evitare sversamenti. I teli impermeabili saranno posti ad una profondità

di circa 10 cm dal limite superiore del cordolo e riempiti fino alla quota del piazzale con misto granulare stabilizzato (LCG-TAV13-V00, particolari e.2 e e.3).



Figura 3-7. Individuazione delle aree impermeabilizzate e in cemento armato all'interno della postazione di perforazione Lucignano 2.

### 3.3.2.6 Sistema di regimazione idrica

L'area della postazione è dotata di un sistema di regimazione idrica (Figura 3-8) impostato secondo il seguente criterio:

- le acque meteoriche ricadenti dentro le aree pavimentate con solette di cemento armato, vengono raccolte all'interno di canalette in calcestruzzo (sezione 40 x 30 cm) (LCG-TAV13-V00, particolare e.2) presenti lungo tutto il perimetro della struttura che convogliano all'interno di un pozzetto di raccolta e da lì portate verso la vasca dei reflui di perforazione;
- le acque meteoriche o i fanghi che cadono all'interno della cantina vengono accumulati in tre pozzetti ubicati sul fondo. Dai pozzetti l'acqua o il fango vengono prelevati attraverso un tubo collegato ad una pompa e inviati alle vasche fanghi. In caso sul fondo della cantina fosse presente dell'olio, questo verrà allontanato mediante l'utilizzo di tappeti oleoassorbenti che poi saranno smaltiti a norma di legge. In caso di esito positivo della ricerca le acque piovane ricadenti nella cantina verranno allontanate attraverso i cunicoli verso le vache per il deposito dell'acqua di perforazione;

- le acque meteoriche ricadenti dentro l'area del piazzale di perforazione e del parcheggio vengono raccolte all'interno di canalette in prefabbricate di 30 x 25 cm presenti lungo tutto il perimetro della piazzola e convogliate verso le vasche di stoccaggio delle acque per la perforazione o verso le linee naturali di deflusso;
- le acque meteoriche ricadenti dentro l'area esterna al piazzale di perforazione dove è presente la zona di stoccaggio dello scotico vengono raccolte all'interno di canalette in mezzo tubo prefabbricate presenti lungo tutto il perimetro e convogliate verso le naturali linee di deflusso;

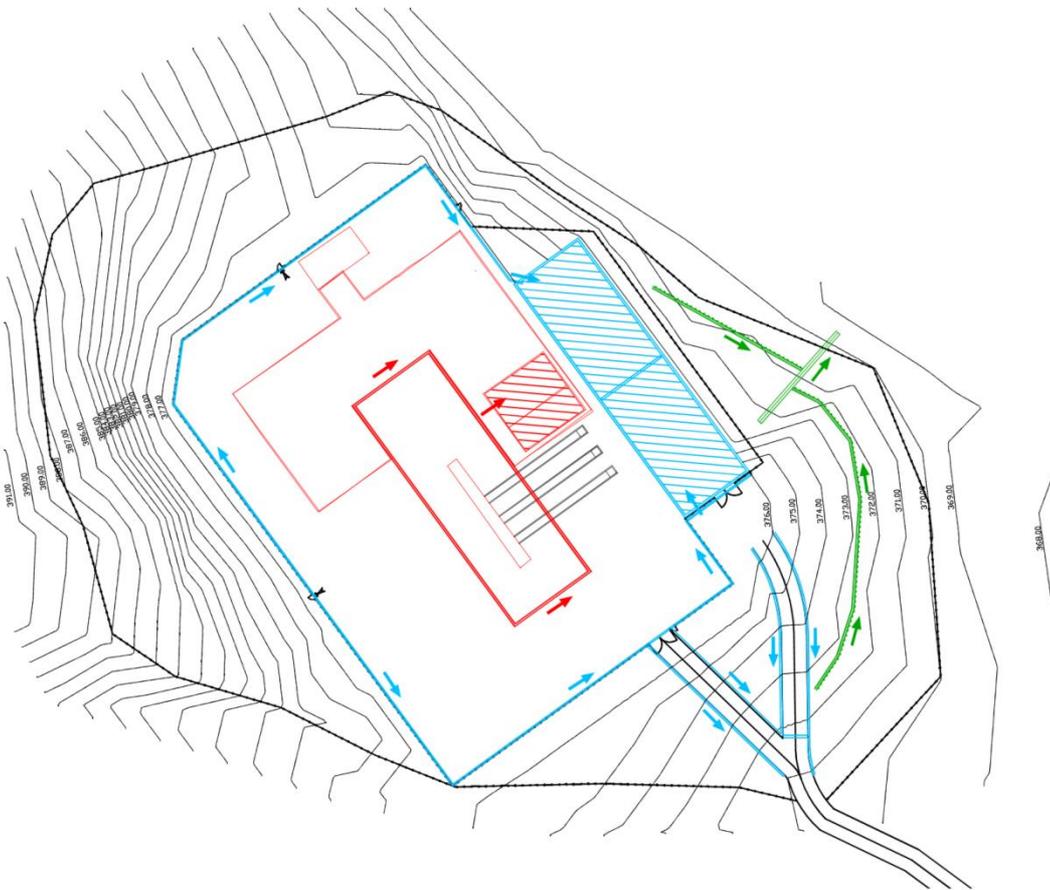


Figura 3-8: Schema della regimazione delle acque all'interno del Polo di Reiniezione.

Gli scarichi civili provenienti dai servizi igienici contenuti nelle baracche del personale, per un carico totale di 11 abitanti equivalenti, vengono trattati conformemente alla Legge n° 319/76, al D.Lgs. 152/99 e successive integrazioni, nonché alla Legge Regionale n° 5/86; essi vengono indirizzati mediante tubazione in P.V.C. ad una vasca interrata monoblocco prefabbricata a tenuta stagna in ca.v. da 15 mc. Con cadenza settimanale, si provvederà allo svuotamento mediante aspirazione con pompa mobile; i liquami saranno caricati su autobotte e avviati all'impianto di depurazione per il successivo smaltimento.

### **3.3.2.7 Recinzione piazzale**

Tutta l'area dell'intervento sarà recintata con rete elettrosaldata e plastificata di colore verde fissata con paletti in legno di 2,5 m con interasse di circa 4 m. L'accesso all'area di lavoro sarà garantita attraverso un ingresso carrabile posto sul lato sud-est in corrispondenza dell'area parcheggio dove verrà ubicato anche il box della guardiania. Sul lato sud-est è prevista una prima uscita di emergenza pedonale, una seconda uscita di emergenza pedonale è prevista sul lato nord-ovest, una terza uscita di emergenza pedonale è prevista sul lato sud-ovest. Tutte le vie di accesso carrabili alla postazione sono dotate di cancello in metallo di larghezza 5.00 m apribile ad anta, con rispettivo cancello pedonale dotato di maniglione antipánico (Figura 3-6).

Inoltre per motivi di sicurezza sul bordo della vasca reflui di perforazione, vasche acque e vasca gasolio sarà montata una rete metallica di protezione fissata a sostegni in metallo di altezza 1,5 m per le vasca gasolio e vasca reflui di perforazione e di 2 m per le vasche acqua.



Figura 3-9. Cancelli di entrata alla piazzola di perforazione.

### **3.3.2.8 Sottoservizi**

Completano inoltre il piazzale, la realizzazione dei sottoservizi, quali linea acquedotto, linee elettriche, linea rete di terra, e scarichi civili all'interno di fosse di accumulo.

L'impianto di perforazione è autonomo da un punto di vista energetico grazie all'utilizzo di 4 gruppi elettrogeni posti in cabinati fonoassorbenti. Sarà realizzato un regolare

impianto di messa a terra secondo quanto previsto dalle norme C.E.I.. L'impianto prevedrà lungo il perimetro interno del cantiere un anello costituito da una treccia in rame di sezione 65 mm<sup>2</sup>. La messa a terra sarà garantita da una treccia in rame inguainata di sezione variabile dai 16 ai 50 mm<sup>2</sup>. Tutto il sistema sarà interrato a 50-60 cm di profondità. Saranno utilizzate 8 pozzetti con piastre di derivazione e 16 dispersori a picchetto in acciaio zincato della lunghezza di 3.0 m.

Si provvederà all'installazione di adeguata segnaletica per l'individuazione dei punti di messa a terra. Si procederà alla verifica progettuale dell'impianto secondo le norme C.E.I. e sarà prodotta la Dichiarazione di Conformità a cura di una ditta abilitata, che provvederà alla manutenzione e misurazione della resistenza di terra almeno una volta ogni quindici giorni.

Il dimensionamento finale dell'impianto a terra sarà progettato in fase esecutiva da tecnici abilitati.

Sul piazzale di perforazione saranno inoltre predisposti tutta una serie di sottopassi e rampe passacavi carrabili per permettere il passaggio dei cavi elettrici e delle condotte in modo che non siano da intralcio durante la lavorazione e nello stesso tempo per impedirne il danneggiamento.

### **3.3.3 Interventi sulla viabilità**

Per permettere ai mezzi di lavoro di raggiungere l'area adibita a cantiere vengono privilegiati percorsi che utilizzano la viabilità esistente, limitando al minimo la costruzione di nuove tratte. In genere si tratta di strade comunali e vicinali che, pur possedendo, dal punto di vista dimensionale, caratteristiche adeguate al transito dei mezzi previsti, si presentano in condizioni di scarsa manutenzione. Pertanto in questi casi, in accordo con i titolari del tratto di strada interessato, vengono effettuati gli eventuali interventi migliorativi necessari, come ad esempio sterpatura degli argini, ripristino delle opere di scolo e pulitura delle cunette e banchine, ringhiaimento della carreggiata. Nei tratti in cui la viabilità esistente non presenta le caratteristiche dimensionali necessarie, gli interventi saranno chiaramente più consistenti con movimenti terra per l'allargamento della sede, rifacimento dell'ossatura, rifacimento delle opere di regimazione della acque, rifacimento delle banchine.

Al momento di eseguire i pozzi del polo di reiniezione, l'impianto di perforazione si trova posizionato presso il polo di produzione. Si procederà quindi al suo smontaggio e trasporto verso il polo di reiniezione. L'impianto di perforazione lascerà al postazione di produzione utilizzando la strada bianca del Podere Le Costaglie fino ad immettersi sulla strada provinciale SP35B "Radicondoli-Casone" percorrendola in direzione sud fino a immettersi sulla Strada Provinciale Radicondoli SP35 in direzione La Fornace. Raggiunta la Strada Provinciale delle Galleriaie la percorrerà per circa 1400 m in direzione Radicondoli e imboccherà la strada comunale di Belforte. Giunti all'incrocio con Via Roma si prosegue a dritto lungo la strada bianca che conduce al Podere Serre. Dopo circa 800 m si svolta a sinistra sulla strada bianca che conduce a Podere Casotto e

prima di attraversare il torrente Feccia si imbecca una deviazione a sinistra che conduce alla polo di produzione.

In questo caso quindi la maggior parte del tragitto avverrà utilizzando la viabilità già esistente che non necessita di interventi per permettere il passaggio dei mezzi che trasportano l'impianto di perforazione. Solo in prossimità della postazione sarà necessario realizzare un tratto di nuova strada.

Gli interventi previsti hanno lo scopo di migliorare il fondo stradale in modo da permettere il passaggio dei mezzi che opereranno sul cantiere in tutta sicurezza. Le operazioni di sistemazione consistono in:

- Livellamento del fondo stradale. Si tratta della sistemazione del fondo stradale con materiale inerte compattato e stabilizzato in particolare nei tratti dove sono presenti degli avvallamenti;
- Ripristino delle canalette bordo strada per la regimazione delle acque superficiali. Si provvederà alla pulizia della vegetazione cresciuta all'interno delle canalette e alla rimozione dei detriti che la riempiono nonché al ripristino del raccordo tra sede stradale e canalette;
- Allargamento degli ultimi 480 m di strada bianca in modo da permettere il passaggio dei mezzi;
- Adeguamento della curva che si trova 150 m dopo l'incrocio con via Roma nei pressi dell'abitato di Belforte. La strada bianca che conduce dall'abitato di Belforte al sito di perforazione presenta una curva che non ha le caratteristiche idonee al passaggio dei mezzi che trasportano l'impianto. Tale curva quindi sarà adeguata mediante allargamento della carreggiata verso nord (LCG-TAV09-V00)

94

In prossimità della piazzola di perforazione è prevista la realizzazione di due nuovi tratti di strada che collegano l'attuale con la postazione della lunghezza complessiva di 98 m. I nuovi tratti di strada saranno realizzati eseguendo prima uno scotico del piano campagna di 10 cm, a seguito della quale è previsto la stesura del tessuto non tessuto gr 250/m<sup>2</sup> sul quale sarà realizzato il sottofondo stradale con materiale inerte di pezzatura 4/7 stabilizzato in curva per uno spessore di 30 cm con sopra 10 cm di misto granulare con pezzatura 0/30 stabilizzato in curva. Non si esclude che in prossimità della postazione di perforazione debba essere realizzato un rilevato costituito da materiale inerte opportunamente rullato e compattato, per raggiungere la quota imposta dalla piazzola di perforazione.

### **3.4 CANTIERIZZAZIONE RETE DI TRASPORTO DEI FLUIDI**

Nei paragrafi seguenti vengono illustrate le attività e le caratteristiche realizzative della rete di trasporto del fluido geotermico. Si deve sottolineare che la costruzione delle reti di trasporto dei fluidi geotermici segue modalità e tecniche ormai collaudate e

consolidate. La tecnica viene inoltre continuamente affinata, con l'obiettivo di aumentare la sicurezza e ottenere la minore interazione ambientale possibile.

### **3.4.1 Preparazione delle aree di lavoro**

Le attività previste per la preparazione delle aree di lavoro per la messa in opera della rete di trasporto fluido sono:

- predisposizione del cantiere edile;
- realizzazione della rete di produzione:
  - scotico del piano di campagna e accumulo del medesimo nell'area appositamente dedicata;
  - realizzazione della pista di cantiere per il passaggio dei mezzi meccanici;
  - realizzazioni degli scavi per l'alloggio dei basamenti;
  - realizzazione dei basamenti in cemento;
  - montaggio dei sostegni;
  - montaggio delle tubazioni e degli accessori e della fibra ottica;
  - coibentazione;
- realizzazione della rete di reiniezione:
  - scotico del piano di campagna e accumulo del medesimo nell'area appositamente dedicata;
  - realizzazione della pista di cantiere per il passaggio dei mezzi meccanici;
  - realizzazioni degli scavi di sbancamento per l'alloggiamento delle tubazioni interrate e della fibra ottica e del cavo di potenza;
  - posa delle tubazioni;
  - chiusura dello scavo e ripristino delle aree.

95

#### **3.4.1.1 Allestimento cantiere edile**

Per la realizzazione della rete di trasporto dei fluidi sarà allestito un cantiere edile del tipo "cantiere di testa" (Figura 3-10). Si tratta di un cantiere mobile che si sposta progressivamente all'avanzare dei lavori con un ingombro molto limitato e con lunghezza nella direzione di avanzamento di circa 35 m. Pertanto, anche nel caso di lavori lungo strada, occuperà una sola corsia consentendo il transito delle autovetture a senso unico alternato con segnalazione semaforica.

Le tubazioni arriveranno in cantiere mano a mano che procedono i lavori e potranno essere stoccate all'interno del piazzale della centrale geotermoelettrica all'interno di aree adibite a deposito temporaneo oppure a fianco del tracciato dove sono presenti degli allargamenti.

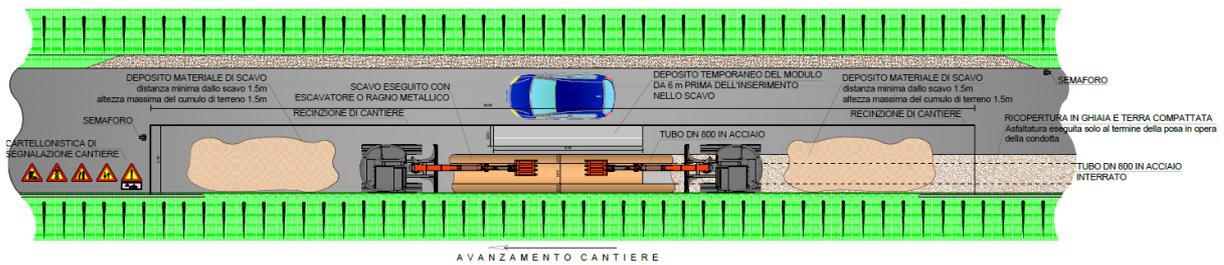


Figura 3-10. Esempio di planimetria di un cantiere mobile.

Presso il piazzale della centrale in corrispondenza di un'area dedicata allo stoccaggio dei materiali, saranno inoltre presenti una serie di baracche adibite a uffici, servizi igienici, spogliatoio e deposito attrezzi e materiali. Per impedire l'accesso di estranei all'area di cantiere, essa sarà completamente recintata e dotata di segnaletica a norma di legge affissa prioritariamente all'inizio lavori.

### 3.4.1.2 Lavorazioni di cantiere

La realizzazione delle opere inizierà, in linea generale, con la realizzazione di una pista di lavoro della larghezza totale di 4÷5 m, limitando al minimo la rimozione della vegetazione minore e della coltre di terreno vegetale. Tale fascia sarà ridotta a 3÷4 m in presenza di attraversamenti di zone boscate e potrà essere ancora inferiore nei casi in cui il tracciato delle pipeline sia affiancato da una strada esistente (LCG-TAV10a-V00 e LCG-TAV10b-V00). In questo spazio dovranno muoversi e avanzare i mezzi di lavoro. Al termine delle operazioni sarà mantenuta una fascia di rispetto di circa 4 m.

96

Le principali lavorazioni previste per questo cantiere consistono in:

- operazioni di scavo per la preparazione delle trincee con successivo riutilizzo del materiale scavato per le operazioni di riempimento e ripristino delle aree;
- operazione di trasporto e movimentazione dei materiali;
- realizzazione di eventuali opere provvisoriale;
- operazioni di saldatura delle armature in ferro per le opere in cemento armato;
- realizzazione di fondazioni e strutture murarie mediante getti di calcestruzzi armati;
- operazioni di ripristino e rinterro con posa di terreno vegetale, piantumazioni e rinaturazione delle aree di intervento.

Sarà necessaria inoltre la realizzazione di infrastrutture provvisorie, ovvero piazzole di stoccaggio per l'accatastamento delle tubazioni, della raccorderia e di altro materiale necessario al cantiere. Le piazzole saranno realizzate più possibile a ridosso di strade percorribili dai mezzi adibiti al trasporto dei materiali. La realizzazione delle stesse, previo scotico e accantonamento dell'humus superficiale per un successivo riutilizzo in loco, consisterà nel semplice livellamento del terreno.

### 3.4.1.3 Materiali e macchinari utilizzati

Per la costruzione della rete di trasporto dei fluidi saranno impiegati principalmente i seguenti materiali:

- calcestruzzi, ferro per armature;
- legno per cassetture;
- tubi in plastica;
- inerti per opere di riempimento;
- opere elettromeccaniche.

I mezzi utilizzati per eseguire le opere civili sono quelle tipiche di un cantiere edile. In particolare verranno utilizzati escavatori, pale gommate o cingolate, compattatori, ruspe, livellatrici, rulli compattatori, autocarri o dumper, betoniere ecc. Per il trasporto e posa delle tubazioni è previsto l'utilizzo di un trattore posatubi, fork lift e di un'autogru (Tabella 3-17). I mezzi di trasporto dei materiali necessari per la realizzazione delle opere hanno larghezze ordinarie pari al massimo a 2,40 m ed un carico massimo per asse pari a circa 12 t.

Macchinario	Potenza (kW)	numero
Camion	370	1
Autocarro	100	1
Camion Betoniera	77	1
Autobotte	300	1
Escavatore	350	1
Miniescavatore	30	1
Rullo compattatore	250	1
Gru	250	1
Fork lift	50	1
Carrello elevatore	67	1
Generatore elettrico	50	1
Saldatrice	10	1
Compressore	50	1

Tabella 3-17. Mezzi operanti sul cantiere.

Gli spostamenti dei mezzi operativi per il trasporto e la movimentazione dei principali materiali da porre in opera, in relazione ai tempi di esecuzione elencati nel cronoprogramma, saranno costituiti principalmente dal transito degli autocarri per il trasporto delle tubazioni verso il cantiere mobile. In riferimento alla quantità di materiale utilizzato per la realizzazione delle opere durante il periodo di esecuzione dei lavori civili, valutato complessivamente in 60 giorni (considerando 8 ore lavorative al giorno), si stima che transiteranno circa 3,7 viaggi al giorno distribuiti nelle ore di lavoro del cantiere per l'intero periodo dei lavori (Tabella 3-18).

Materiale	u.m.	quantità	n. mezzi
Calcestruzzo magro	mc	3	1
Calcestruzzo C20/25	mc	14	2
Sabbia per riempimento	ton	2398	200
Ferro per armatura	ton	2	1
Sostegni rete aerea	cad.	22	6
Casseratura	mq	65	1
Tubazioni	ml	4248	7
Tubazioni in PVC	ml	4248	2
Pozzetti in cls	cad.	81	3
Chiusino in cls	cad.	81	1
Totale			225

Tabella 3-18. Numero di mezzi che necessitano per il trasporto dei materiali utilizzati nella fase di costruzione della rete di trasporto dei fluidi.

#### 3.4.1.4 Servizi generali

All'interno del cantiere edile saranno posizionati anche i servizi generali dell'impresa esecutrice dei lavori necessari per l'operatività e la gestione dei lavori.

Nella Tabella 3-19 vengono riportati in modo indicativo il numero degli addetti, i fabbricati temporanei, i depositi, macchinari ed impianti previsti.

98

ADDETTI	Indicativamente n. 2 squadre da 4-5 operai
LOCALI TEMPORANEI	Ufficio cantiere e D.d.L. Servizi igienici Spogliatoio Locale deposito attrezzi Locale deposito materiali pericolosi
DEPOSITI E STOCCAGGI	Terreno vegetale Ferri armature Casseri Elementi prefabbricati Tubazioni
MACCHINE OPERATRICI	Autocarri Escavatore Pala gommata Autogrù con autopompa Rullo compattatore
IMPIANTI	Gruppo elettrogeno Compressore

Tabella 3-19. Servizi generali presenti sul cantiere edile.

Per la realizzazione delle opere in progetto, non si rende necessaria l'apertura di cave di inerti pregiati, né per la composizione dei calcestruzzi, né per la fornitura di inerti per rilevati. L'approvvigionamento delle quantità necessarie di calcestruzzo, infatti, sarà garantito dalle cave autorizzate attualmente già in attività, gestite da ditte locali operativamente presenti nelle zone limitrofe all'area di progetto, in grado di fornire i quantitativi richiesti di materiali.

Le distanze di percorrenza, dai siti di approvvigionamento e di stoccaggio al cantiere, sono comprese entro una distanza di pochi km, con transito dei mezzi gommati sulla viabilità ordinaria.

#### **3.4.1.5 Movimentazione terra**

Per la messa in opera delle tubazioni inizialmente dovrà essere realizzata una pista di cantiere lungo la quale saranno realizzati gli scavi per la gettata dei plinti e la trincea per la posa delle tubazioni interrato. La preparazione della pista di cantiere prevede lo scotico del piano campagna e l'accumolo di tale materiale a lato della pista per poi essere riutilizzato per la sistemazione finale delle aree. Successivamente si procederà allo scavo per i plinti di sostegno e alla trincea delle tubazioni interrato. I materiali di risulta derivanti dagli scavi verranno accumulati in area di cantiere, per il successivo completo riutilizzo nei riempimenti o in operazioni di livellamento del terreno (Tabella 3-20). Eventuali materiali escavati in eccesso saranno conferiti presso impianto autorizzato, previa caratterizzazione a norma di legge.

Movimenti di terra	Volume (m <sup>3</sup> )
Scotico del piano di campagna	429
SCAVI	
Volume scavo per plinti	22
Scavo per condotta interrato	6914
Totale volume scavi	6936
RINTERRI	
Rinterro per scavo condotta interrato	5237
Posa di letto di sabbia	1499
Livellamento aree	200
Totale volume reinterri	6936
Materiale di risulta	0

Tabella 3-20. Volumi di movimento terra legati alla realizzazione della rete di trasporto dei fluidi.

#### **3.4.1.6 Opere civili**

Le uniche opere in cemento armato previste sono i plinti per i sostegni per le tubazioni fuori terra.

I sostegni verranno montati sul terreno mediante bullonatura su plinti di fondazione in calcestruzzo, appositamente realizzati in opera e gettati in scavi nel terreno cercando di limitare al minimo la parte emergente dal piano di campagna. La distanza massima tra gli appoggi sarà di circa 10÷12 metri.

Non è prevista la costruzione di edifici necessari al funzionamento degli impianti a rete. Le uniche strutture necessarie saranno i pozzetti di alloggio per le valvole di sfiato e di scarico. Tali pozzetti, qualora ne venisse reputata necessaria l'installazione, saranno costruiti con lo scopo di garantire l'isolamento dall'ambiente circostante e comunque realizzati di misure minime necessarie per garantirne la funzionalità operativa.

Una volta ultimata la costruzione dei pozzetti, si provvederà ad una idonea mascheratura, con l'intento di renderli completamente integrati con l'ambiente circostante, lasciando solamente visibile una piccola botola di accesso per ispezione e manutenzione.

### **3.4.2 Montaggio delle linee**

L'attività consisterà nel trasporto dei tubi dalle piazzole di stoccaggio ed al loro posizionamento lungo la fascia di lavoro, predisponendoli testa a testa per la successiva fase di saldatura. L'accoppiamento sarà eseguito mediante accostamento di testa di due tubi, in modo da formare, ripetendo l'operazione più volte, un tratto di condotta.

I tratti di tubazioni saldati saranno temporaneamente disposti parallelamente alla traccia del percorso, appoggiandoli su appositi sostegni in legno per evitare il danneggiamento del rivestimento esterno. Tutte le saldature saranno sottoposte a controlli non distruttivi mediante l'utilizzo di tecniche radiografiche e ad ultrasuoni. Al fine di realizzare la continuità del rivestimento in polietilene, costituente la protezione passiva della condotta, si procederà a rivestire i giunti di saldatura con apposite fasce termorestringenti.

Il rivestimento della condotta sarà quindi interamente controllato con l'utilizzo di un'apposita apparecchiatura a scintillio e, se necessario, saranno eseguite le riparazioni con l'applicazione di mastice e pezze protettive. Ultimata la verifica della perfetta integrità del rivestimento, la colonna saldata sarà sollevata e posata sui sostegni in acciaio o all'interno della trincea di alloggiamento.

Gli attraversamenti delle infrastrutture stradali verranno realizzati con piccoli cantieri operanti contestualmente all'avanzamento della linea.

Durante la costruzione dell'opera sarà prestata particolare attenzione alla regimazione delle acque, prevedendo le opere necessarie a un loro corretto deflusso.

### **3.4.3 Interventi sulla viabilità**

Per la realizzazione delle linee di trasporto dei fluidi, come descritto nei precedenti paragrafi, sarà realizzata una pista di cantiere il cui andamento seguirà quello del tracciato delle linee. Una volta ultimati i lavori la pista di cantiere, debitamente

sistemata, sarà comunque lasciata in quanto necessaria per le successive operazioni di controllo e/o interventi di manutenzione delle condotte.

Ove non disponibili, saranno realizzati accessi provvisori dalla viabilità ordinaria per permettere l'ingresso degli autocarri alle piazzole di stoccaggio.

Nei tratti in cui le linee di trasporto fluidi costeggiano e/o attraversano la viabilità esistente, allo scopo di non interrompere il traffico, durante l'esecuzione dei lavori verrà istituito un transito a senso unico alternato nel tempo. Potranno essere previsti temporanei allargamenti della carreggiata non interessata dai lavori, con l'intento di agevolare il traffico, e che interesseranno una minima parte della banchina laterale. Tali ampliamenti, se necessari, verranno ripristinati immediatamente dopo il completamento del sottopasso.

I mezzi che operano in cantiere sono i classici mezzi presenti nei cantieri edili e pertanto per il loro spostamento e per il trasporto dei materiali dà e verso il cantiere potranno utilizzare la viabilità ordinaria già esistente senza la necessità di effettuare interventi di risistemazione o adattamento della carreggiata.

### **3.5 PERFORAZIONE DEI POZZI**

#### ***3.5.1 Postazione di perforazione Lucignano 1***

Il polo di produzione Lucignano 1 da cui è estratto il fluido geotermico prevede la realizzazione di una postazione di perforazione che servirà alla esecuzione di n. 3 pozzi di cui 1 verticale e due deviati (Figura 3-11). Le direzioni di deviazione sono state individuate sulla base dei dati attualmente disponibili. A seguito dei risultati derivanti dalle indagini previste per l'esplorazione di dettaglio tali direzione potranno subire alcune modifiche e/o aggiustamenti.

101



Figura 3-11. Ubicazione dei pozzi di produzione con le direzioni di deviazioni proposte.

La piazzola di perforazione è finalizzata ad ospitare l'impianto che servirà alla realizzazione dei tre pozzi. Questa attività sarà di tipo transitorio in quanto, in caso di esito positivo, l'impianto di perforazione sarà smontato e sostituito con l'impianto di produzione definitivo costituito, come visto, da tre teste pozzo e dalle tubazioni di adduzione.

102

La postazione si trova all'interno del Comune di Radicondoli, in Provincia di Siena, a circa 1600 m ad sud delle prime case dell'abitato di Radicondoli ad una quota di 277 m slm.

Il cantiere di perforazione occuperà un'area di circa 8629 m<sup>2</sup> di cui circa 7224 m<sup>2</sup> occupati dalla postazione di perforazione e dalle baracche e container, circa 366 m<sup>2</sup> per il deposito e stoccaggio temporaneo dello scotico, circa 913 m<sup>2</sup> per le vasche progettate per lo stoccaggio delle acque per la perforazione e per le prove di produzione e circa 540 m<sup>2</sup> per il parcheggio e l'area di accesso alla postazione. Le vasche saranno realizzate nell'area immediatamente a est del piazzale, mentre l'area parcheggio sarà collocata in adiacenza del lato nord del cantiere.

La postazione di perforazione è raggiungibile percorrendo verso sud, provenendo dall'abitato di Radicondoli, la Strada provinciale SP35B "Radicondoli-Casone". Circa 300 m prima del Podere Madonna Olli si svolta a sinistra sulla strada bianca che conduce al Podere Le Costaglie, superato il Fosso Lucignano, si arriva all'area di ubicazione della piazzola.

### 3.5.2 Postazione di perforazione Lucignano 2

La postazione di perforazione Lucignano 2 è finalizzata alla esecuzione dei 2 pozzi di reiniezione (1 verticale e 1 deviato) previsti nel polo di reiniezione Lucignano 2 (Figura 3-12). Le direzioni di deviazione sono state individuate sulla base dei dati attualmente disponibili. A seguito dei risultati derivanti dalle indagini previste per l'esplorazione di dettaglio tali direzioni potranno subire alcune modifiche e/o aggiustamenti.

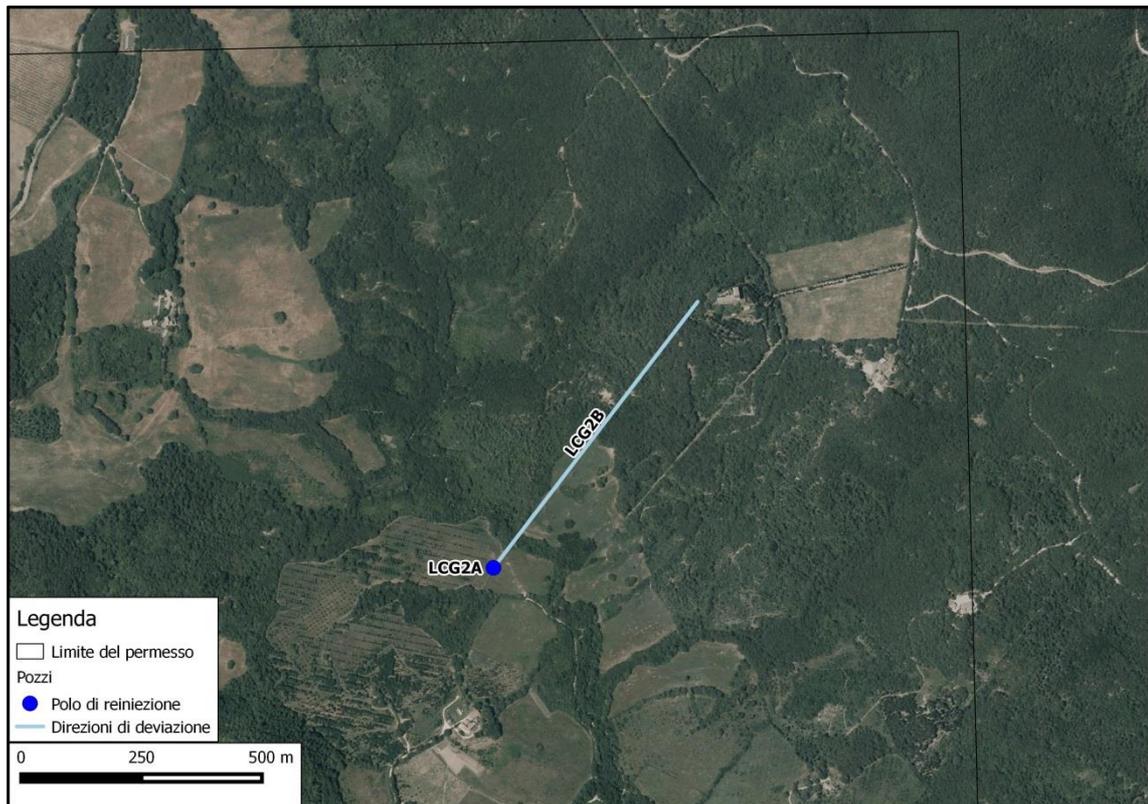


Figura 3-12. Ubicazione dei pozzi di reiniezione con le direzioni di deviazioni proposte.

La piazzola di perforazione è finalizzata ad ospitare l'impianto che servirà alla realizzazione dei due pozzi. Questa attività sarà di tipo transitorio in quanto, in caso di esito positivo, l'impianto di perforazione sarà smontato e sostituito con l'impianto di produzione definitivo costituito, come visto, da due teste pozzo e dalle tubazioni di adduzione.

Il polo di reiniezione si trova all'interno del Comune di Radicondoli, in Provincia di Siena, a circa 1160 m in direzione nord-est dal centro abitato di Belforte una quota di 376.3 m s.l.m. La postazione Lucignano 2 è ubicata a 3300 m di distanza in direzione est dalla postazione di perforazione Lucignano 1.

Il cantiere di perforazione occuperà un'area di circa 8365 m<sup>2</sup> di cui circa 7259 m<sup>2</sup> occupati dalla postazione di perforazione e dalle baracche e container, circa 1000 m<sup>2</sup> per il deposito e stoccaggio temporaneo dello scotico, circa 913 m<sup>2</sup> per le vasche progettate per lo stoccaggio delle acque per la perforazione e per le prove di produzione e circa 187 m<sup>2</sup> per il parcheggio e l'area di accesso alla postazione. Le vasche saranno realizzate

nell'area immediatamente a nord-est del piazzale, mentre l'area parcheggio sarà collocata in adiacenza del lato sud-est del cantiere.

La postazione è raggiungibile percorrendo la strada Provinciale delle Gallaree in direzione sud provenendo da Radicondoli. In località Bellavista si imbecca la strada Comunale di Belforte sulla destra che conduce al centro abitato di Belforte. Giunti all'incrocio con Via Roma si prosegue a diritto lungo la strada bianca che conduce al Podere Serre. Dopo circa 800 m si svolta a sinistra sulla strada bianca che conduce a Podere Casotto e prima di attraversare il torrente Feccia si imbecca una deviazione a sinistra che conduce alla polo di produzione.

### **3.5.3 Attività e tecnologie di perforazione**

La perforazione di un pozzo presenta alcune potenziali criticità che richiedono l'impiego di adeguate tecniche e attrezzature. In particolare:

- le piazzole di perforazione sono installazioni di dimensioni dell'ordine di circa un ettaro, che incidono quindi in misura significativa sulla scelta dei siti di perforazione: infatti, la morfologia fortemente complessa delle aree di progetto in molti casi non consente di ricavare spazi adeguati senza ricorrere a significative attività di sbancamento e riporto;
- l'installazione delle macchine richiede tempi abbastanza lunghi (dell'ordine di 2 settimane) oltre che numerosi trasporti di attrezzature di notevoli dimensioni, il che rende necessario poter accedere alle aree di installazione con relativa facilità;
- è opportuno che le dimensioni delle torri di perforazione siano il più contenute possibile, allo scopo di rendere meno impattante l'installazione di queste grandi macchine;
- è necessario che le emissioni sonore vengano contenute il più possibile, in quanto le attività vengono effettuate anche di notte e ciò può provocare disturbo presso ricettori ubicati in ambito rurale, dove il fondo notturno è molto basso;
- trattandosi di attività di impatto non del tutto trascurabile è opportuno che la loro durata venga limitata al più breve tempo possibile.

104

Le scelte operate per il progetto mirano a dare adeguata risposta a tutte le possibili criticità qui sopra indicate.

### **3.5.4 Le attività di perforazione**

La perforazione è l'attività operativa che permette di raggiungere fisicamente il serbatoio attraverso la realizzazione di un foro circolare di diametro variabile. L'operazione di scavo di un pozzo è realizzata con sistemi a rotazione utilizzando scalpelli di varia forma a seconda del tipo di roccia da perforare, avvitati nella parte terminale di una sequenza di tubi d'acciaio (*aste*), messi in rotazione da motori elettrici o a combustione interna. Gli scalpelli sono costituiti da tre resistentissimi rulli dentati

che ruotando frantumano la roccia o da una matrice compatta munita di inserti in carburo di tungsteno o diamante artificiale che operano sulla roccia un'azione abrasiva. Le aste sono sostenute da una torre (*derrick*) e messe in rotazione da una piastra rotante azionata da un apposito motore elettrico. Le aste di perforazione sono a sezione circolare, cave all'interno, e vengono avvitate l'una all'altra man mano che la perforazione scende in profondità.

Durante l'azione dello scalpello vengono prodotti detriti di roccia (*cuttings*) che necessitano di essere "estratti" dal foro per poter procedere con la perforazione. Questa funzione è svolta dal fluido di perforazione (*fango*), che circola in maniera diretta, all'interno delle aste cave quando scende e tra le aste e le pareti del pozzo quando risale. Il fango ha inoltre altre importanti funzioni quali raffreddare lo scalpello, sostenere le pareti del foro da eventuali crolli e soprattutto creare, grazie al suo peso, una contropressione verso gli strati geologici attraversati contenenti fluidi in pressione e quindi evitare pericolose eruzioni (*blow out*). Una volta tornato in superficie il fango viene setacciato attraverso vagli vibranti (*vibrovasagli*), eventualmente degassato e rimesso in circolazione nel pozzo. I detriti di roccia riportati in superficie vengono esaminati (*mud logging*) per verificare l'intervallo roccioso che si sta perforando.

Completata ogni fase di perforazione, legata a determinate caratteristiche litologiche, generalmente si procede alla realizzazione di una serie di indagini (*log*), effettuate calando in pozzo delle apposite sonde. Al termine delle indagini il tratto di pozzo appena perforato può essere intubato calando diverse sezioni di tubi d'acciaio (*casing*), inseriti uno dentro l'altro in forma telescopica, come rivestimento del foro. I tubi di rivestimento vengono cementati alla roccia per isolare i diversi livelli. All'interno del livello produttivo viene solitamente inserito un *casing* finestrato o viene lasciato a foro scoperto. Alla colonna più superficiale, chiamata "colonna d'ancoraggio" in quanto su di essa sono ancorate le successive colonne di rivestimento, è fissata la testa del pozzo e sono montate le apparecchiature di sicurezza chiamate BOP (*Blow Out Preventer*).

La bocca del pozzo viene dotata di un sistema di valvole di sicurezza che permette l'erogazione controllata del fluido. Se la pressione del fluido non è sufficiente a farlo risalire all'interno dei tubi sino alla superficie o se si necessita di maggiori pressioni di esercizio, è possibile montare delle apposite pompe sia in superficie che in pozzo.

### **3.5.5 Tecnologie di perforazione**

#### **3.5.5.1 Impianto di perforazione**

L'impianto di perforazione è composto da attrezzature e macchinari installati su un piazzale appositamente realizzato e strutturato (*piazzola di perforazione*) (LCG-TAV07-V00, LCG-TAV08-V00).

Il cantiere che ospita l'impianto di perforazione si sviluppa attorno a un nucleo centrale costituito dalla testa pozzo e dall'impianto di perforazione stesso, nelle cui immediate vicinanze sono situate:

- una zona motori per la produzione di energia;
- una zona destinata alle attrezzature per la preparazione, lo stoccaggio, il trattamento e il pompaggio del fango;
- una zona periferica con le infrastrutture necessarie alla conduzione delle operazioni e alla manutenzione dei macchinari.

L'impianto assolve essenzialmente a tre funzioni:

- sollevamento ("manovra") degli organi di scavo (batteria, scalpello);
- rotazione degli stessi;
- circolazione del fango di perforazione.

Tali funzioni sono svolte da sistemi indipendenti, che ricevono l'energia da un gruppo motore comune accoppiato con generatori di energia elettrica.

Nel caso del progetto in esame è previsto l'utilizzo di un impianto di perforazione Drillmec serie HH (Figura 3-13) di potenza adeguata alle profondità da raggiungere: si tratta di impianti di nuova generazione di tipo idraulico, dotati di Top Drive anch'essi di tipo idraulico (Figura 3-14); grazie alla loro progettazione ed alle loro caratteristiche tecniche rappresentano un sistema di perforazione integrato caratterizzato da un elevato grado di automazione e sicurezza intrinseca.



Figura 3-13. Esempio di impianto Drillmec serie HH.

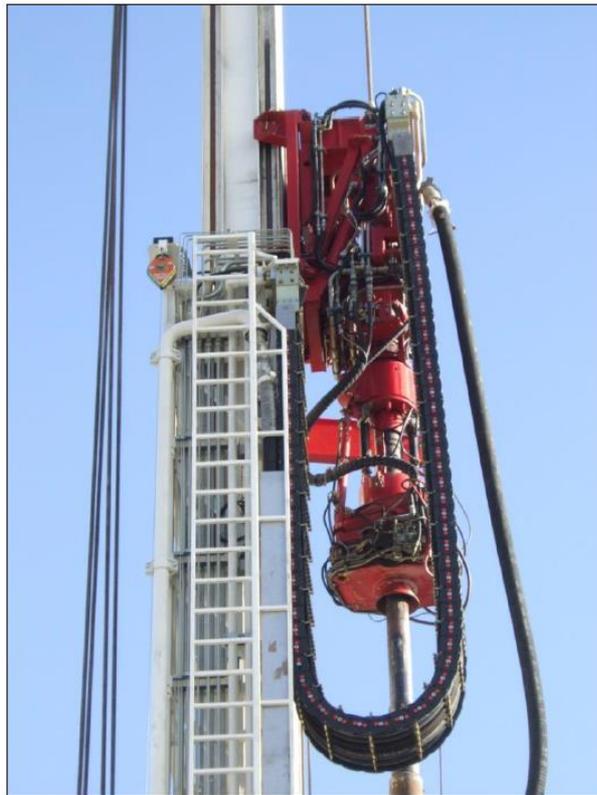


Figura 3-14. Top Drive su mast telescopico.

L'impianto del tipo HH consente una drastica riduzione dei tempi di perforazione, rispetto agli impianti classici di precedente generazione, tramite sistemi tecnologicamente innovativi. Tale riduzione si realizza tramite una maggiore velocità di esecuzione delle operazioni, che consente, tra l'altro, di limitare fortemente anche i relativi costi (in un progetto geotermico, infatti, il costo delle perforazioni rappresenta oltre il 40% dei costi totali del progetto).

107

L'impianto serie HH offre inoltre la garanzia di un minimo impatto ambientale tramite una limitata superficie occupata, nonché la minimizzazione del rumore (impianti di questo tipo possono essere impiegati per perforazioni profonde in ambiente urbano) e della generazione dei rifiuti. Questo tipo di impianti inoltre è caratterizzato da una minore visibilità in quanto la torre di perforazione è alta circa 31 m, al contrario delle torri degli impianti più datati in cui si raggiungono altezze di quasi 60 m.

Le operazioni di movimentazione dell'impianto sono fortemente semplificate mediante un sistema di controllo interamente idraulico mentre è garantita la rapidità negli spostamenti tra le postazioni e la prevenzione di incidenti durante il trasporto. Come già accennato questi impianti sono inoltre caratterizzati da elevati standard di sicurezza grazie alle performance del *Top Drive*, dei sensori di sicurezza e della elevata automazione. Infine, dal punto di vista energetico, la tecnologia di recupero delle energie passive durante le manovre di discesa in pozzo consente la generazione di energia elettrica che viene utilizzata per i servizi di cantiere, favorendo un risparmio energetico.

### 3.5.5.2 Fluidi di perforazione

Il fluido di perforazione, o fango, è un fluido solitamente a base di acqua o di acqua miscelata a bentonite (argilla) che viene utilizzato per:

- Il sollevamento e rimozione dei solidi (*cutting*) generati dallo scalpello di perforazione alla superficie, permettendone la successiva separazione;
- Il raffreddamento e pulizia dello scalpello di perforazione e del foro;
- La riduzione della frizione tra le aste di perforazione e le pareti del foro, ossia la lubrificazione dello scalpello e della batteria di perforazione;
- La prevenzione dell'ingresso di olio, gas o acqua dalle rocce permeabili perforate o perdita di fluido attraverso di esse;
- Il mantenimento della stabilità delle sezioni del foro scoperto non ancora tubato prevenendone il collasso;
- Il blocco della ricaduta dei cuttings quando si arresta la circolazione;
- La formazione di un sottile pannello di solidi poco permeabile, necessario a ridurre l'invasione del fango nella formazione perforata;
- Il bilanciamento della pressione di formazione, la pressione esercitata dal fango deve essere quindi sempre uguale o superiore a quella dello strato;
- La raccolta dei dati geologici della formazione attraversata, per mezzo dell'analisi dei solidi (*cutting*) rimossi.

Il fluido di perforazione:

108

- non deve essere pericoloso per il personale;
- deve limitare l'inquinamento dell'ambiente;
- non deve corrodere o causare danno alle apparecchiature di perforazione;
- deve evitare il danneggiamento della formazione target e la conseguente riduzione della produttività.

Le proprietà colloidali necessarie per mantenere in sospensione i detriti e per costituire un pannello di rivestimento sulle pareti del pozzo al fine di evitare filtrazioni o perdite di fluido in formazione vengono fornite da speciali argille (*bentonite*) e vengono esaltate da particolari prodotti. Gli appesantimenti dei fanghi di perforazione servono a dare ai fanghi stessi la densità opportuna per controbilanciare con carico idrostatico l'ingresso di fluidi in pozzo; di impiego comune è il solfato di bario.

Il tipo di fango (e dei suoi componenti chimici) dipende principalmente dalle rocce da attraversare durante la perforazione e dalla temperatura. Una scelta sbagliata del fango di perforazione può ad esempio provocare franamenti del foro o danni alle formazioni produttive (*giacimento*).

Fanno parte del circuito del fango (Figura 3-15):

- pompe di mandata;
- condotte di superficie rigide e flessibili;

- manifold;
- testa di iniezione;
- batteria di perforazione;
- intercapedine tra le pareti del pozzo e le aste;
- sistema di trattamento solidi;
- vasche del fango;
- vascone rifiuti.

La circolazione del fango è mantenuta mediante pompe a pistoncini che forniscono l'energia necessaria a vincere le perdite di carico nel circuito. Le condotte di superficie, assieme ad un complesso di valvole posto a valle delle pompe (manifold), consentono di convogliare il fango per l'esecuzione delle funzioni richieste. Nel circuito sono inserite diverse vasche, alcune contenenti una riserva di fango per fronteggiare improvvise necessità derivanti da perdite di circolazione per assorbimento del pozzo, altre con fango pesante per contrastare eventuali manifestazioni improvvise nel pozzo. Tali vasche sono quelle intrinsecamente funzionali alla gestione dei fanghi, ma non esauriscono le necessità di bacini di stoccaggio nell'area di perforazione: è infatti necessario disporre di una vasca cui recapitare i *cuttings* (che vengono separati dai fanghi in uscita dal pozzo mediante un vibrovaglio in attesa di essere smaltiti in discarica), nonché di ulteriori vasche che possono dipendere dallo specifico contesto considerato. All'uscita del fango dal pozzo, questo viene separato dai detriti di perforazione mediante un vibrovaglio, accumulando nel contempo i detriti di perforazione in una porzione di uno dei due bacini di raccolta acque realizzato al margine del cantiere, e successivamente, dopo opportuna caratterizzazione, inviandoli in discarica tramite ditta autorizzata.

109

Nel caso di pozzi geotermici, l'esecuzione delle prove sul geofluido estratto dal pozzo e la necessità di contrastare le perdite di circolazione che possono avvenire all'interno del serbatoio geotermico rende necessario predisporre uno specifico stoccaggio di acqua sul cantiere di perforazione. In definitiva, si rende necessario realizzare, in aggiunta alle vasche "in dotazione" all'impianto HH, due ulteriori vasche da circa 1273.5 m<sup>3</sup> ciascuna sia per la postazione Lucignano 1 che per la Lucignano 2 (LCG-TAV12-V00). Il dimensionamento è stato effettuato con l'obiettivo di ottimizzarne l'uso e di minimizzarne quindi la capacità.

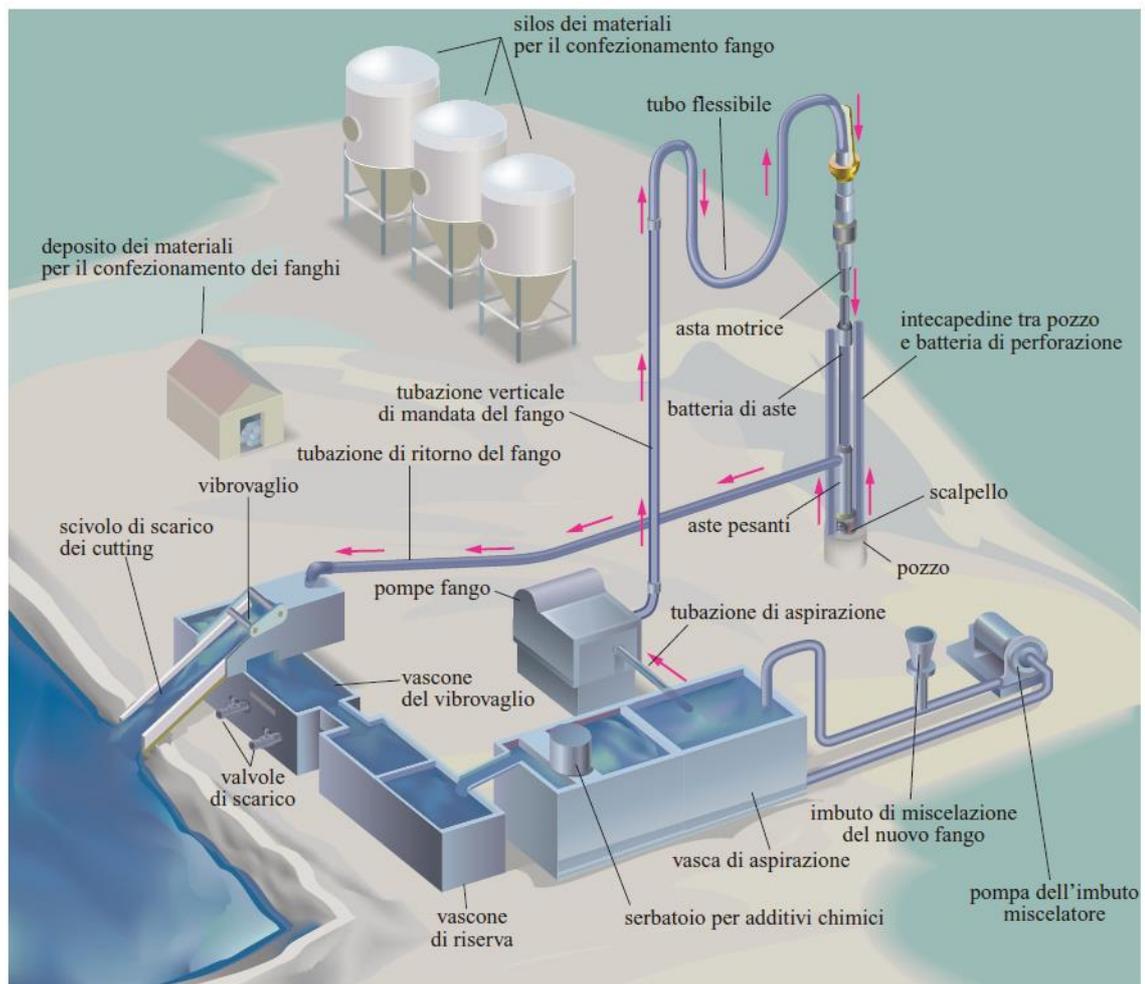


Figura 3-15. Schema di circolazione del fango (Enciclopedia degli Idrocarburi, ediz. Treccani).

### 3.5.5.3 Casing

Il *casing* è costituito da tubi di acciaio che vengono inseriti nel pozzo a mano a mano che la perforazione procede, con le seguenti finalità:

- isolare le falde idriche superficiali dal fluido di perforazione;
- sostenere le pareti del foro;
- isolare i livelli produttivi da interferenze con fluidi presenti in altri strati rocciosi;
- proteggere il foro dai danni provocati da urti e sfregamenti della batteria;
- funzionare da ancoraggio per le apparecchiature di sicurezza;
- in caso di pozzo produttivo, funzionare da ancoraggio per la testa pozzo.

### 3.5.5.4 Testa pozzo

La testa pozzo è una struttura fissa che connette i *casing* che escono dal pozzo; in caso di esito positivo delle prove di produzione, questa rimane installata e viene completata con la croce di produzione, alla quale si collegheranno le linee che trasportano il fluido geotermico dai pozzi all'impianto e viceversa.

La testa pozzo è composta dai seguenti elementi (Figura 3-16):

- flangia base;
- corpi intermedi: sono elementi cilindrici flangiati alle estremità che hanno lo scopo di coprire la testa del casing precedente e di sostenere il peso del casing successivo;
- cunei di ancoraggio;
- gruppi di tenuta;
- corpo superiore: permette la sospensione dei tubi di produzione.

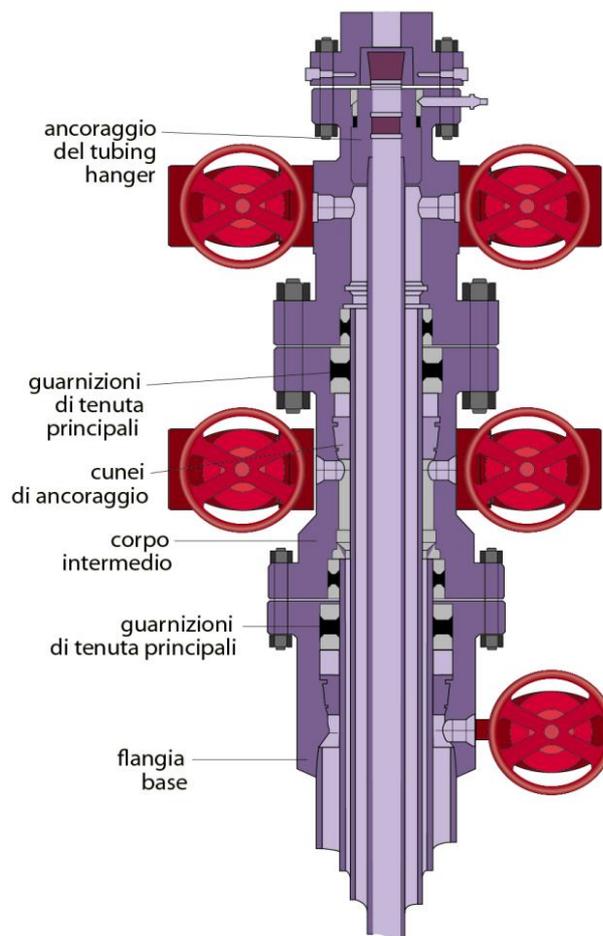


Figura 3-16. Testa pozzo (Enciclopedia degli Idrocarburi, ediz. Treccani).

### 3.5.6 Sistemi di sicurezza

#### 3.5.6.1 Blow Out Preventers (BOP)

In particolari condizioni geologiche i fluidi di strato possono avere pressioni superiori al gradiente idrostatico: ne consegue un imprevisto ingresso dei fluidi di strato nel pozzo, i quali, con densità inferiore al fango, risalgono verso la superficie. Tale condizione, preludio all'eruzione, è detta *kick* e viene testimoniata dall'aumento di volume del fango nelle vasche. In questi casi si procede in automatico alla sequenza di controllo pozzo. Le apparecchiature di sicurezza, dette BOP (*blow out preventer*) sono grandi valvole

collocate sulla testa pozzo (Figura 3-17) durante le operazioni di perforazione . Esse sono in grado di chiudere completamente il pozzo in poche decine di secondi e in qualsiasi condizione operativa.

Il gruppo dei BOP ha le seguenti funzioni:

- chiudere la luce del pozzo attorno a qualsiasi tipo di attrezzatura;
- permettere il pompaggio di fango, con pozzo chiuso, attraverso la *kill line*;
- consentire lo scarico dei fluidi di strato entrati incidentalmente nel pozzo;
- permettere la movimentazione, in direzione verticale e in entrambi i versi, della batteria quando il pozzo è chiuso.



Figura 3-17. BOP montato su testa pozzo.

### 3.5.6.2 Sistema di rilevazione di gas

L'impianto di perforazione è dotato di un sistema di rilevazione di gas fuoriusciti dal pozzo ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$ ) al fine di tutelare la sicurezza dei lavoratori. Questo sistema è basato sulla presenza di un certo numero di rilevatori ubicati sia all'interno del cantiere che lungo il suo perimetro. I sensori sono provvisti di sistemi di allarme acustico e luminoso che si attivano quando vengono superate determinate soglie di concentrazione.

I livelli di soglia, superati i quali si attiva l'allarme, sono quelli stabiliti dalla American Conference of Governmental and Industrial Hygienist (ACGIH). Di norma si utilizzano i valori di soglia TLV-TWA che esprimono la concentrazione limite, calcolata come media ponderata nel tempo su 8 ore/giorno e 40 ore settimanali, alle quali tutti i lavoratori

possono essere esposti, giorno dopo giorno senza effetti avversi per la salute per tutta la vita lavorativa. Per l'idrogeno solforato ( $H_2S$ ) si tratta di 1 ppm, per l'anidride carbonica ( $CO_2$ ) 5000 ppm, per il metano ( $H_4$ ) 1000 ppm. Sull'impianto di perforazione inoltre vengono predisposte una serie di maniche a vento che permettono al personale che opera sull'impianto di conoscere in ogni momento la direzione del vento e quindi la direzione verso la quale, in caso di allarme, allontanarsi dall'impianto.

### **3.5.6.3 Tecniche di tubaggio e protezione delle falde idriche**

Una delle principali componenti ambientali che vengono interessate dalle operazioni di perforazione è sicuramente l'assetto idrogeologico e quello degli acquiferi attraversati dalla perforazione. Non è infrequente infatti trovarsi in condizione di elevata vulnerabilità idrogeologica, e, maggiore è la permeabilità dell'acquifero, maggiore è la possibilità di migrazione in formazione del fluido di perforazione. È necessario quindi prevenire ogni possibile interferenza con le acque dolci sotterranee attraverso misure di salvaguardia.

In un primo momento si procede con l'infissione nel primo tratto di foro, di un tubo di grande diametro chiamato Tubo guida, che ha lo scopo di isolare il pozzo dai terreni più superficiali. Il tubo guida viene infisso a percussione nel terreno a profondità variabile tra 30 e 50 m e comunque fino a rifiuto. Il tubo guida permette quindi la circolazione del fango durante la prima fase della perforazione, proteggendo le formazioni superficiali. Inoltre la perforazione nelle sue fasi superficiali viene generalmente realizzata con acqua chiara. Adottando quindi la stessa metodologia operativa che si utilizza per la perforazione dei pozzi per acqua.

A ogni cambio di diametro durante la perforazione, si procede inoltre alla cementazione della porzione libera tra il *casing* e le rocce attraversate, impedendo così di mettere in comunicazione diverse falde e quindi la contaminazione delle stesse.

Operando con queste modalità l'acquifero sarà completamente isolato dal pozzo garantendone una completa protezione da eventuali rischi di inquinamento da parte dei fluidi endogeni o del fango di perforazione. Si deve tuttavia ricordare che il fango è uno strumento necessario e irrinunciabile per la corretta conduzione della perforazione e in grado di garantire il controllo della pressione di formazione del serbatoio geotermico. Il fango bentonico è una miscela di acqua e minerali argillosi, in genere viene utilizzata la bentonite, e pertanto ha una composizione naturale che non può in alcun modo recare modificazioni nocive sulla qualità delle eventuali acque di falda incontrate durante la perforazione. La bentonite è un composto di minerali argillosi e non che, grazie alle sue particolari proprietà, viene utilizzato in numerosi settori tra cui l'ingegneria civile, il trattamento delle acque, la produzione di mangimi, l'industria farmaceutica e l'industria alimentare.

Per quanto riguarda l'eventuale interazione tra acquifero superficiale e fluidi presenti nel serbatoio geotermico, si deve precisare che la risalita dei fluidi geotermici verso la superficie può avvenire solo attraverso il pozzo. Tuttavia l'interno del pozzo sarà

completamente isolato dalle formazioni rocciose attraverso il suo tubaggio (casing + cementazione) a partire dal serbatoio geotermico fino alla superficie. In questo modo si avrà un sicuro isolamento della falda superficiale dai fluidi che risalgono in pozzo. Pertanto la discesa del casing e le operazioni di cementazione fino a bocca pozzo dovranno essere eseguite da personale qualificato ed esperto. La corretta esecuzione di queste attività permetterà quindi di ridurre a zero la potenziale interferenza tra fluidi geotermici e falde superficiali

### 3.5.7 L'impianto di perforazione utilizzato: Caratteristiche e layout

Nel caso del progetto in esame è previsto l'utilizzo di un impianto di perforazione Drillmec serie HH. In Tabella 3-21 si riportano le caratteristiche dell'impianto Drillmec HH di adeguata potenza.

Model		Type	HH220
Input power		Kw (Hp)	1542 (1150)
Static hook load capacity		lbs (metric ton)	600000 (272)
Max pull down		lbs (metric ton)	66000 (30)
Max height from ground level		ft (m)	102, 7 (31, 3)
Clear height from rt level		ft (m)	52, 5 (16)
Rt rated capacity		lbs (metric ton)	600000 (272)
Top Drive	Capacity	lbs (metric ton)	600000 (272)
	RPM max	N	200
	MAX torque	ft lbs (daNm)	38521 (5223)
Drilling Line Data	Line	N	4
	Nominal diameter	mm	42
	Breaking strenght	lbs (metric ton)	376875 (171)
Mud system		N	3 mud pumps

Tabella 3-21. Caratteristiche di un impianto Drillmec HH.

L'impianto di perforazione sarà ospitato in una piazzola di perforazione appositamente progettata. La piazzola Lucignano 1 occuperà un'area di circa 8629 m<sup>2</sup>, la Lucignano 2 circa 8365 m<sup>2</sup> e entrambe saranno articolate su due livelli.

Su quello posto a quota maggiore saranno posizionate tutte le attrezzature necessarie all'esecuzione del sondaggio e delle prove di produzione.

Sul livello inferiore sarà realizzato un bacino costituito da due vasche (15 m x 28.3 m x 3 m ciascuna per entrambe le postazioni), dedicate allo stoccaggio dell'acqua utilizzata per la perforazione e successivamente per le prove di produzione (LCG-TAV07-V00, LCG-TAV08-V00).

Al di fuori dell'area della perforazione vera e propria è inoltre prevista la realizzazione di una zona di parcheggio degli autoveicoli (LCG-TAV07-V00, LCG-TAV08-V00) e la zona adibita allo stoccaggio temporaneo dello scotico.

In generale all'interno del cantiere, sul primo livello, si possono individuare le seguenti zone (Figura 3-18, Figura 3-19):

- Area impianto: area riservata alla sonda, generatori, vasche fanghi, vasche reflui di perforazione;
- Area servizi: area destinata alle baracche per l'alloggio del personale, i servizi igienici, i magazzini, lo stoccaggio dei carburanti, i servizi ausiliari alla perforazione (geologia, mud logging, etc...);
- Area piazzale.



Figura 3-18. Organizzazione della postazione di perforazione Lucignano 1.



Figura 3-19. Organizzazione della postazione di perforazione Lucignano 2.

### 3.5.8 Programma di perforazione

#### 3.5.8.1 Obiettivi minerari

L'obiettivo delle perforazioni sono i livelli fratturati del serbatoio geotermico costituito dalle Breccie di Anidriti e Dolomie e dalle formazioni del Basamento Metamorfo. Il tetto del serbatoio nell'area di lavoro è stimato ad una profondità di circa 1484 m pc e si stima che si approfondisca fino ad almeno 3800 m pc. Il serbatoio dovrebbe essere caratterizzato da permeabilità molto elevate e temperature di oltre 180 °C.

I programmi di perforazione previsti sono quindi stati realizzati sulla base delle stratigrafie di riferimento di Tabella 3-22 e di Tabella 3-23.

Da (m pc)	A (m pc)	Unità
0	566	Argille, conglomerati e lignite
566	1484	Argille a Palombini e Flysch calcareo/marmoso
1484	1784	Anidriti di Burano e calcari dolomitici
1784	2400	Complesso a scaglie (anidriti, calcari dolomitici e filladi)
2400	f.p	Filladi e Micascisti (Bas. Metamorfo)

Tabella 3-22. Stratigrafia di riferimento per il polo di produzione

Da (m pc)	A (m pc)	Unità
0	490	Conglomerati, sabbie e lignite
490	820	Formazione calcareo/marmosa
820	1495	Anidriti di Burano e calcari dolomitici
1495	f.p	Basamento Metamorfo

Tabella 3-23. Stratigrafia di riferimento per il polo di reiniezione

### 3.5.8.2 Profilo stratigrafico e tecnico

Si riporta in Figura 3-20 la stratigrafia attesa e il profilo tecnico previsto per i pozzi del polo di produzione (Figura 3-20 e Figura 3-21) e per i pozzi del polo di reiniezione (Figura 3-22 e Figura 3-23).

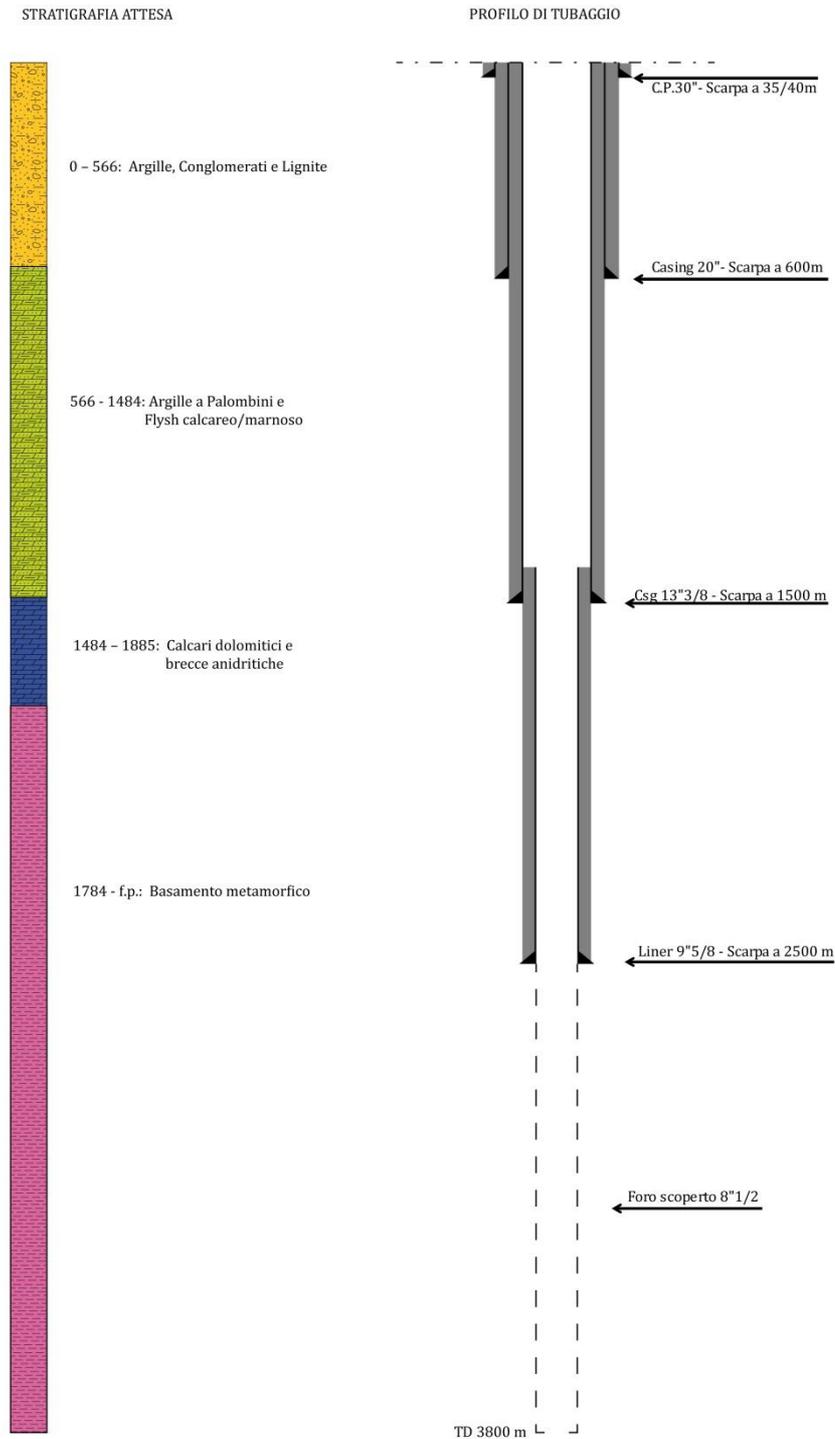


Figura 3-20. Profilo tecnico del pozzo verticale del polo di produzione.

STRATIGRAFIA ATTESA

PROFILO DI TUBAGGIO

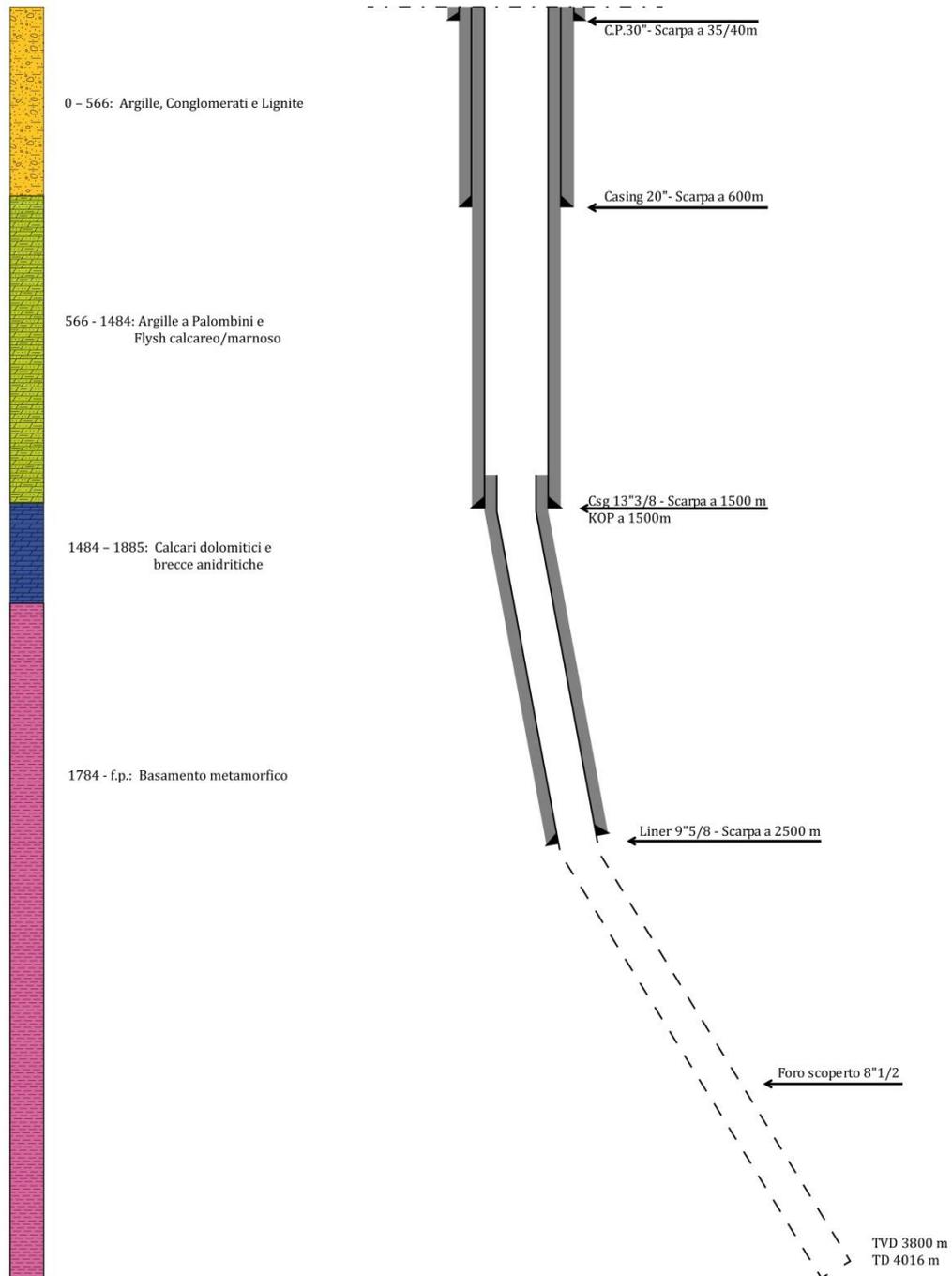


Figura 3-21. Profilo tecnico del pozzo direzionale del polo di produzione.

STRATIGRAFIA ATTESA

PROFILO DI TUBAGGIO

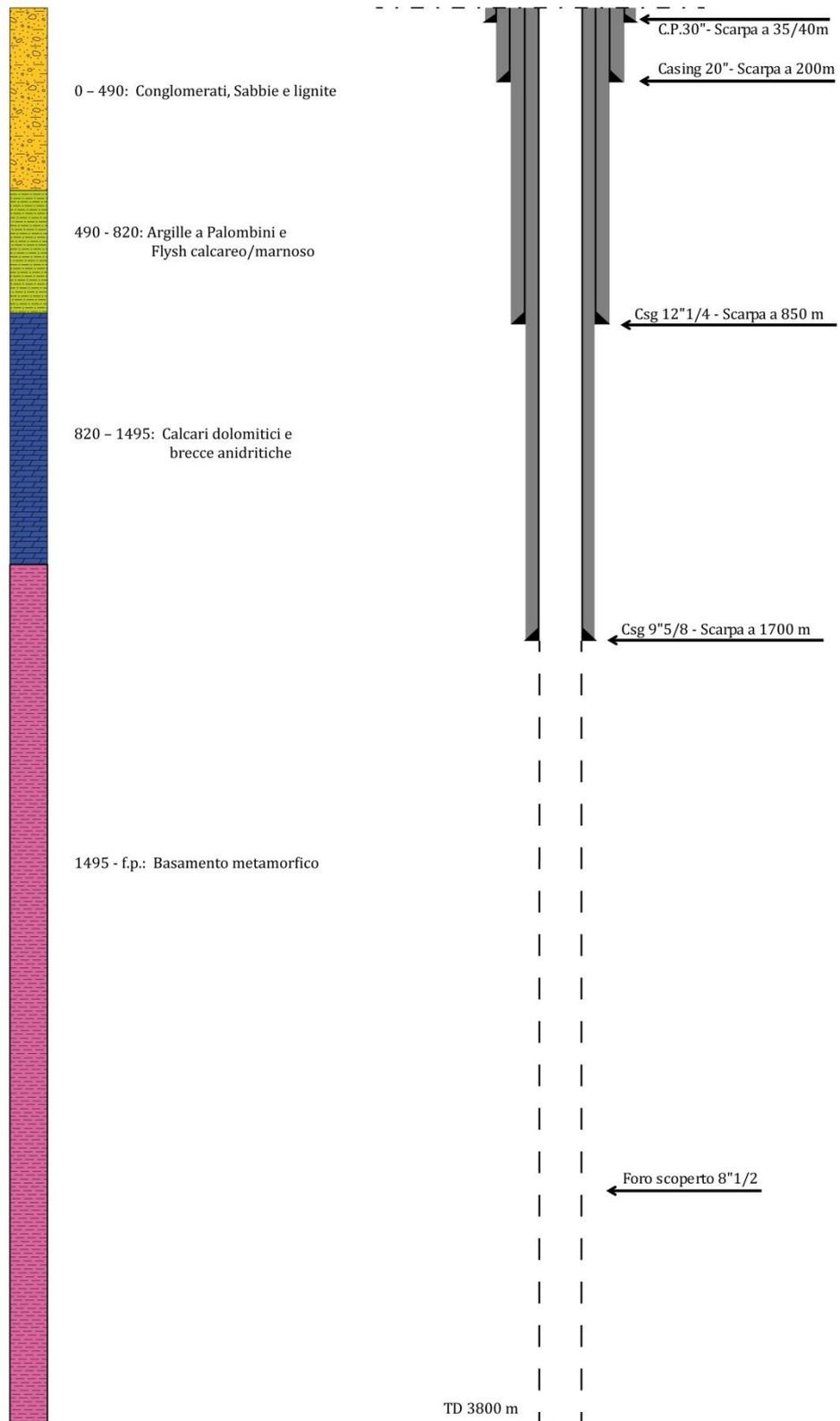


Figura 3-22. Profilo tecnico del pozzo verticale del polo di reiniezione.

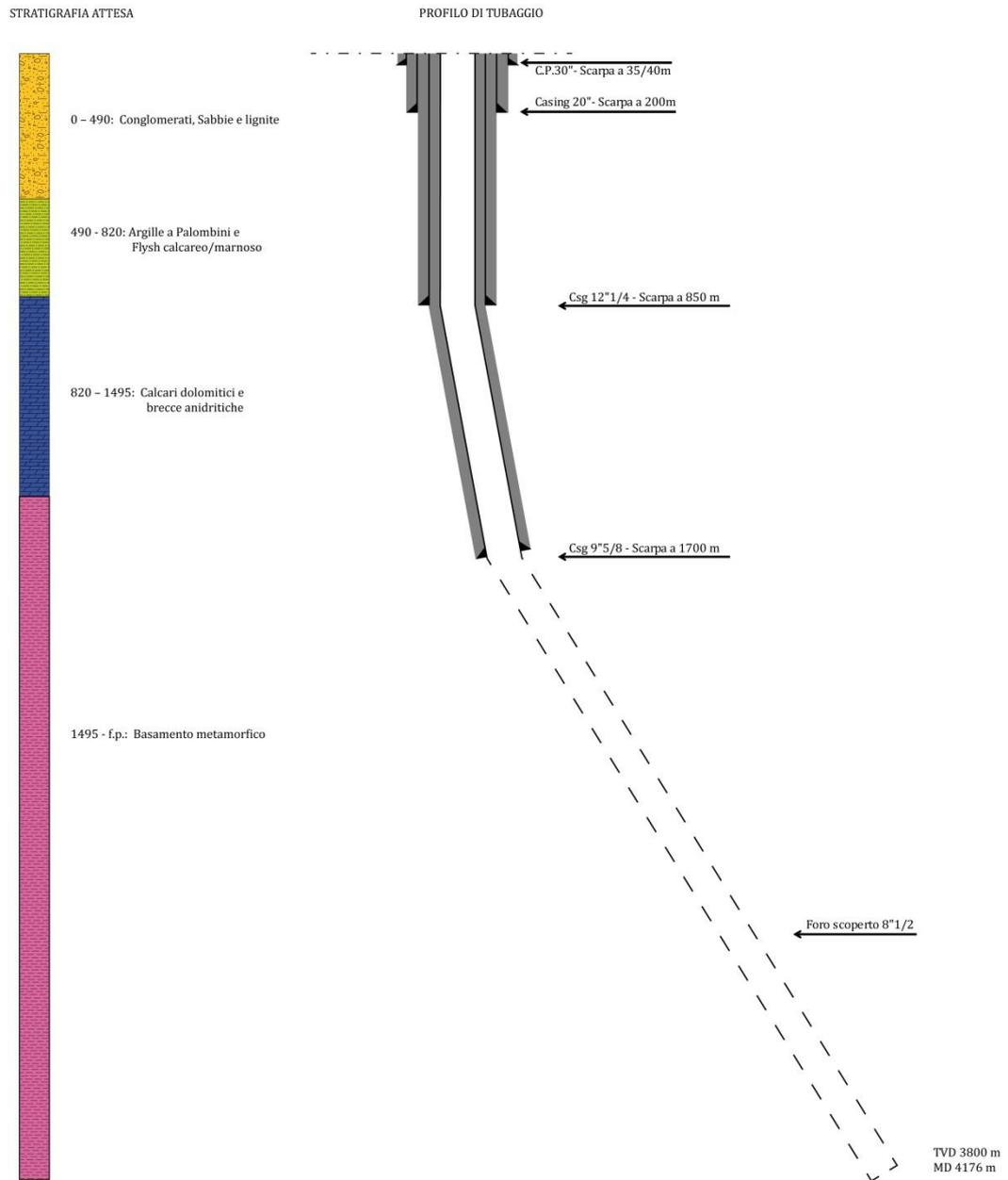


Figura 3-23: Profilo tecnico del pozzo direzionato del polo di reiniezione.

### **3.5.8.3 Misure in pozzo**

### **3.5.8.4 Carotaggi**

Per il pozzo verticale del polo di produzione è previsto di prelevare due carote: una a raggiungimento del primo serbatoio e una di fondo in modo da misurare lo stato di fratturazione ed il tipo di mineralizzazione idrotermale eventualmente presente.

Per il pozzo direzionale del polo di produzione si ipotizza di effettuare carotaggi solo nei tratti in cui si verificherà una perdita totale di circolazione, con assenza di cuttings in superficie, si prevede di realizzare una carota ogni 300/400 m di profondità perforata.

Per i pozzi del polo di reiniezione in fase da 8"1/2, si ipotizza di effettuare carotaggi solo nei tratti in cui si verificherà una perdita totale di circolazione, con assenza di cuttings in superficie, si prevede di realizzare una carota ogni 300/400 m di profondità perforata.

### **3.5.8.5 Campionamento cuttings**

È previsto di campionare i cuttings di perforazione, lavati ed asciugati con le modalità consuete, ogni 5 m di avanzamento.

### **3.5.8.6 Fluidi di formazione**

È previsto il campionamento di minimo 10 campioni di fluido durante ciascuna delle prove di produzione previste.

### **3.5.8.7 Controllo delle manifestazioni**

Durante la perforazione verrà eseguito il controllo continuo delle manifestazioni con apparecchiature standard.

### **3.5.8.8 Logs e test in pozzo**

#### **3.5.8.8.1 Logs per la cementazione/casing**

Verranno effettuati i seguenti logs per il calcolo e il controllo della cementazione:

A foro aperto, per ciascuna sezione:

- Caliper;

A cementazione eseguita, per ciascuna sezione:

- Cement Bond Log (CBL), Variable Density Log (VDL);

A fine perforazione:

- Caliper Multifinger, all'interno del casing 13" 3/8' o nel casing 9 5/8", se reintegrato a giorno.

Le profondità di esecuzione dei logs geofisici per la cementazione sono 600 m, 1500 m e 2500 m. La durata prevista per ciascun intervento è di circa 24/48 ore.

### **3.5.8.8.2 Logs geofisici**

Sono previsti 2 Run di logs geofisici (litologici e di porosità) durante la perforazione alle seguenti profondità:

- 1) 2500 m polo di produzione, 850 m polo di reiniezione:
  - a) Gamma Ray;
  - b) Density;
  - c) Sonic;
  - d) Neutron;
  - e) Resistivity;
  
- 2) f.p.:
  - a) Gamma Ray ;
  - b) Density;
  - c) Sonic;
  - d) Neutron;
  - e) Resistivity;
  - f) Bore Hole Televiewer.

La fattibilità dei diversi log verrà valutata di volta in volta in base alla temperatura misurata.

Sono previsti inoltre logs a profondità variabile per la determinazione dell'inclinazione e direzione del pozzo da effettuarsi all'interno delle aste di perforazione (scostamento massimo dalla verticale ammesso a f.p. = 100 m per il pozzo verticale, 900±50m per il direzionale):

- g) Gyro.

### **3.5.8.8.3 Logs geologici**

In cantiere è previsto inoltre un presidio fisso di Mud Logger e Geologo per controllo e catalogazione dei cuttings ogni 5 metri di perforazione.

### **3.5.8.8.4 Misure di temperatura e pressione**

Sono previste le Misure di Temperatura e Pressione alle profondità di seguito riportate per caratterizzare le condizioni termiche del serbatoio:

#### Polo di produzione

- 600 m
- 1500 m
- 2500 m
- 3000 m
- 3500 m
- f.p.

### Polo di reiniezione

- 1700 m
- f.p.

La durata prevista per ogni singolo intervento è di circa 24 ore ed include: circolazione per circa 6 ore, calo della strumentazione e log in discesa, stabilizzazione di 12 ore ad ogni scarpa e 24 ore a f.p. e successivo log in risalita.

Tale indagine deve essere effettuata prima della cementazione di ogni tubazione ed a f.p..

#### **3.5.8.8.5 Sismica While-Drilling SWD**

La sismica while-drilling (SWD) è una metodologia geofisica che utilizza il rumore prodotto dallo scalpello durante la perforazione per ottenere informazioni geologiche dei terreni posti davanti ed attorno al pozzo ottenendo un'illuminazione del sottosuolo presudo-tridimensionale. Le vibrazioni prodotte dallo scalpello sono registrate da sensori pilota montati sull'impianto di perforazione e da array di geofoni posizionati attorno al pozzo la cui lunghezza può essere comparabile alla profondità del pozzo. Il dato acquisito e processato fornisce dati sismici che sono utilizzati per guidare la perforazione del pozzo verticale, per ottenere informazioni utili per pianificare con maggiore accuratezza la geometria dei pozzi deviati e per meglio caratterizzare dal punto di vista sismico il sottosuolo ed eventuali target geotermici.

124

Sono state previste 7 linee di acquisizione, ciascuna della lunghezza pari a 3500 m (Figura 3-24).

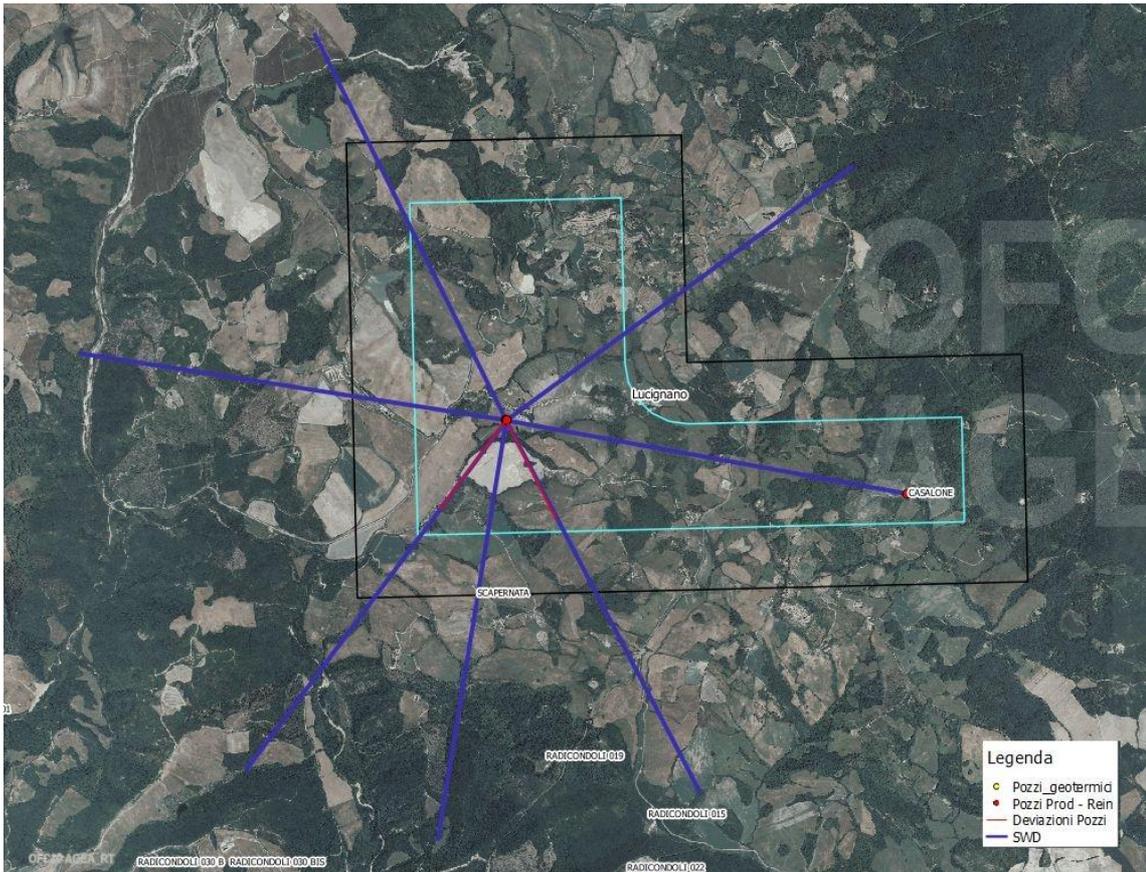


Figura 3-24. Tracce previste per l'acquisizione SWD.

**SWD (SEISMIC WHILE DRILLING)**

**WSP (WELL SEISMIC PROFILING)**

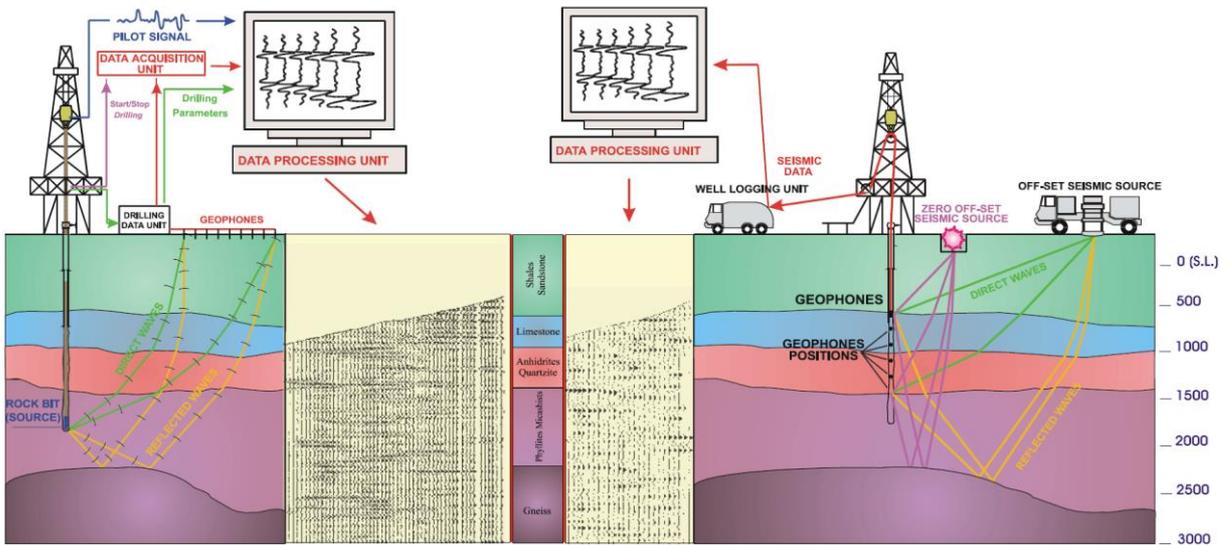
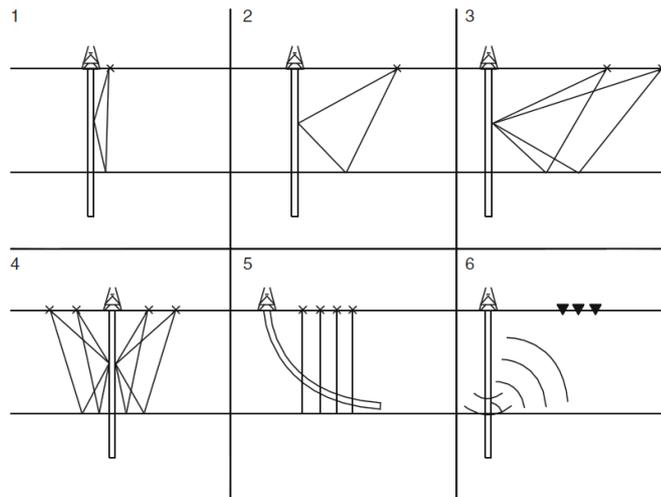


Figura 3-25. Schema esemplificativo di SWD e WSP.

### 3.5.8.8.6 WSP

Il WSP (*well seismic profile*), o VSP (*vertical seismic profile*), è una metodologia geofisica che prevede la disposizione dei geofoni in pozzo ed una o più sorgenti in superficie.

A seconda della geometria di acquisizione, determinata dall'offset della sorgente, dalla traiettoria del pozzo e dalla profondità dei ricevitori, si possono ricavare informazioni più o meno dettagliate del sottosuolo, da interpretare congiuntamente alle acquisizioni sismiche di superficie e ai log di pozzo. Questa tecnica sarebbe utile principalmente per la caratterizzazione delle fratture nelle adiacenze del pozzo.



Vertical Seismic Profiling: Common acquisition geometries for vertical seismic profiling (VSP): (1) zero-offset VSP (ZVSP), (2) offset VSP, (3) multi-offset VSP, (4) walk-away VSP, (5) walk-above VSP, and (6) drill-bit SWD (seismic while drilling) VSP.

Figura 3-26. Geometrie di acquisizione del WSP.

Probabilmente le due geometrie (Figura 3-26) più adatte sono il walkaway e il multioffset (a 3 componenti). La differenza tra le due geometrie risiede nell'array dei ricevitori: fisso ad una profondità nel primo caso e a profondità sempre maggiori nel secondo caso.

Per quanto riguarda l'offset, considerando una profondità dei ricevitori  $\geq 2500$  m, probabilmente una distanza, della sorgente dalla testapozzo, pari a 500-700 m, potrebbe essere la massima considerabile.

I punti di energizzazione saranno invece posizionati in modo da seguire la direzione di deviazione.

### 3.5.8.8.7 Well testing e acidificazione

In presenza di forti assorbimenti o perdite totali di circolazione, sono previsti i seguenti interventi:

- Caratterizzazione dell'iniettività dei livelli fratturati con prove d'iniezione senza interruzione della perforazione (prove Bertozzi per individuare l'iniettività) con frequenza giornaliera;

- 2-3 prove di iniezione (della durata di 1 giorno ciascuna);
- 1 intervento di acidificazione seguito da prove di iniezione per valutarne gli effetti;
- prova di erogazione finale di breve periodo (circa 2÷3 giorni).

### 3.5.9 Cronoprogramma di perforazione

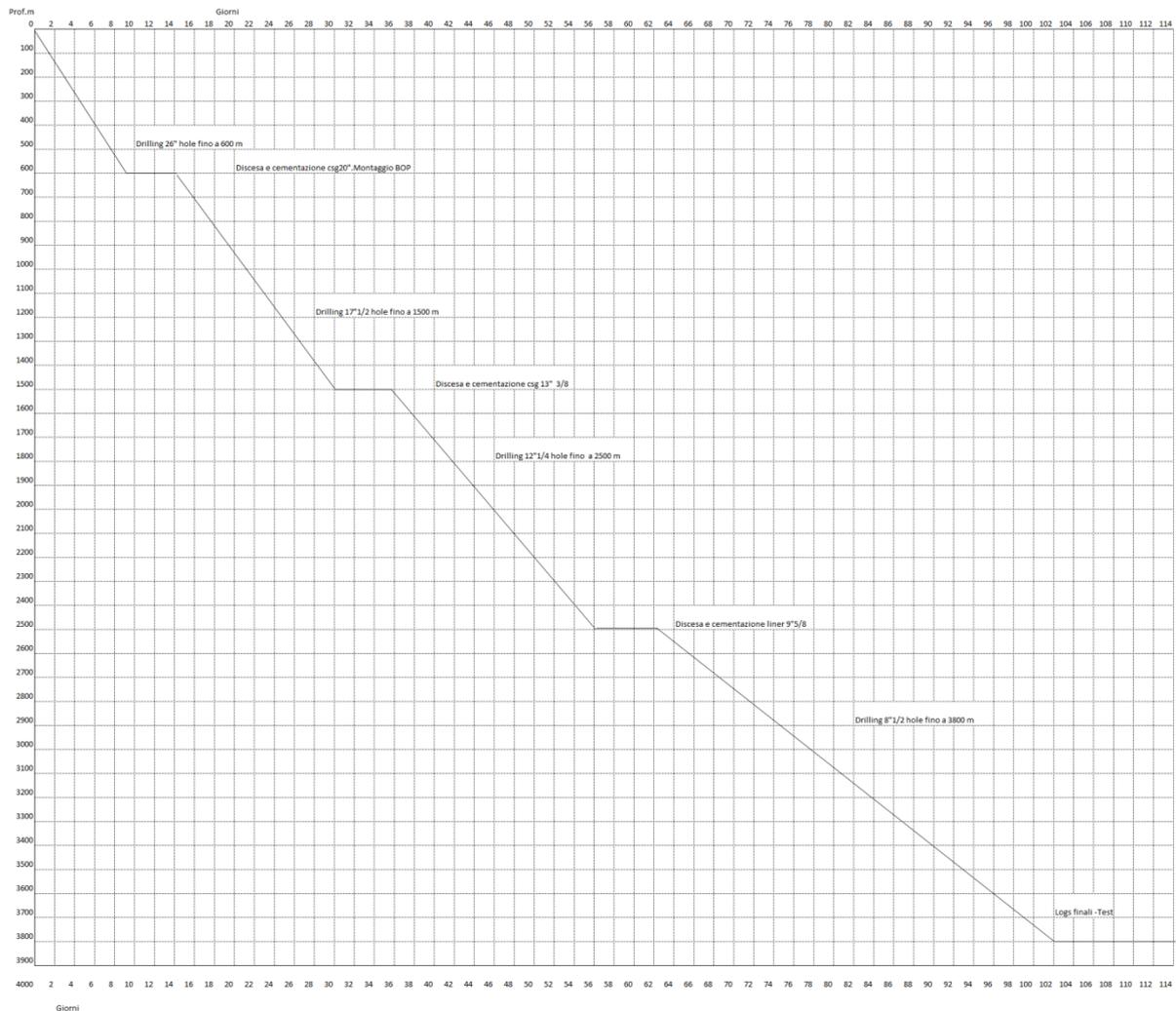
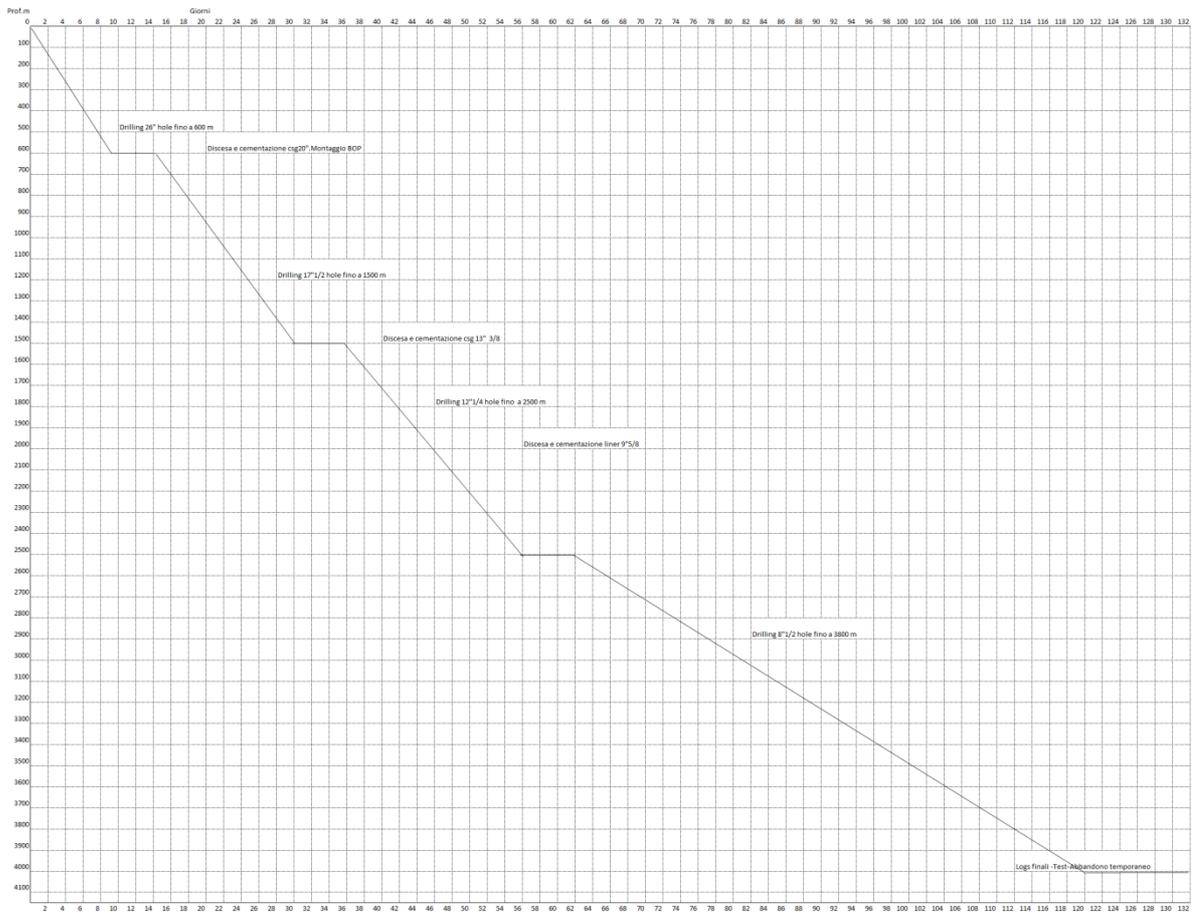
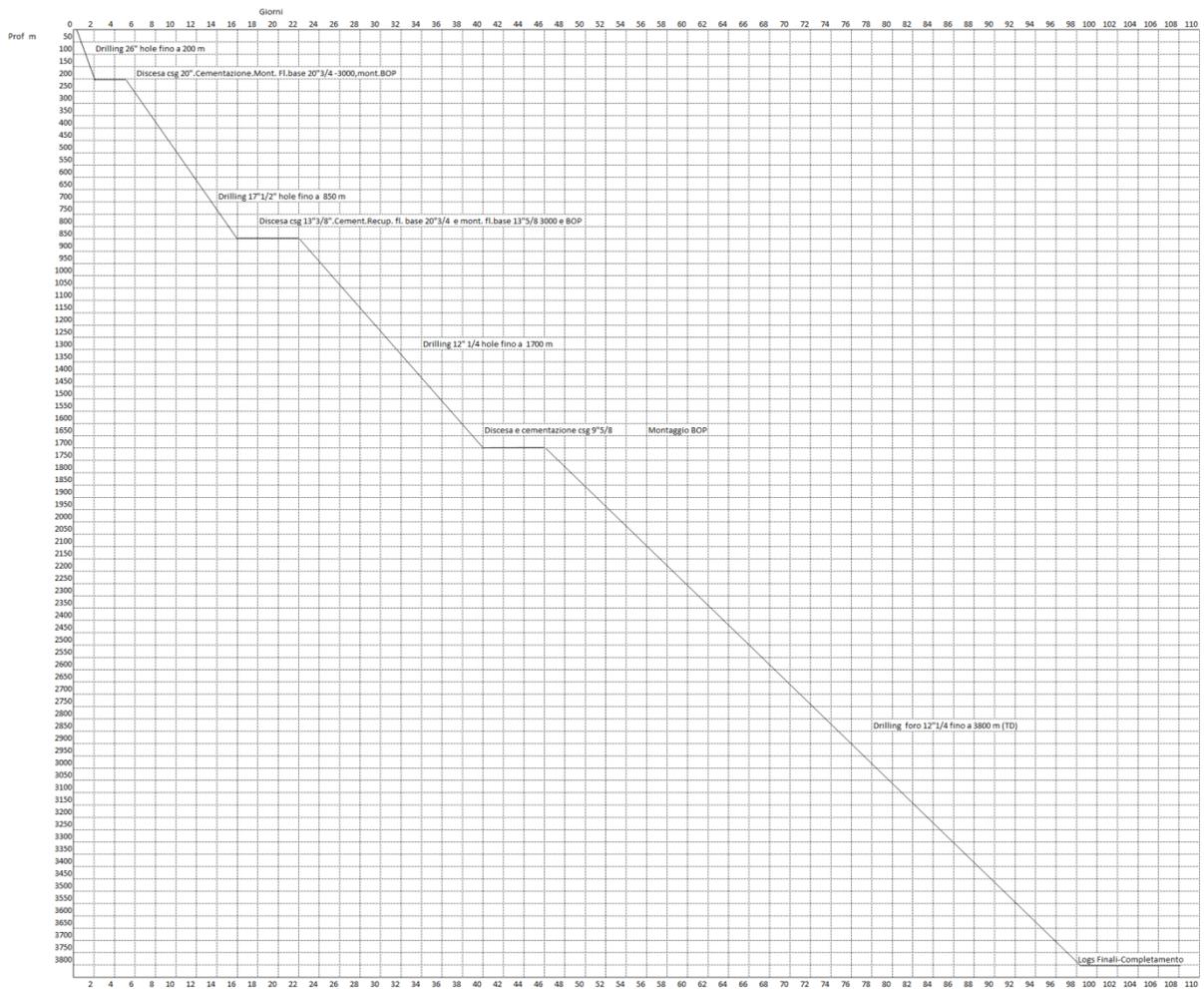


Figura 3-27. Diagramma di avanzamento del pozzo verticale del polo di produzione. I tempi stimati non prendono in considerazione possibili incidenti di pozzo e soste per approvvigionamento idrico in caso di assorbimenti o perdite di circolazione. Variazioni e anomalie litologiche possono condizionare negativamente le velocità di avanzamento degli scalpelli e quindi aumentare i tempi di perforazione.



Descrizione	Prof.m	GG Parz	GG Totali
Drilling 26" Hole	600	9	9
Csg 20" +BOP		5	14
Drilling 17" 1/2 Hole	1500	16	30
Csg 13" 3/8 +BOP		6	36
Drilling 12" 1/4 Hole	2500	20	56
Liner 9" 5/8		6	62
Drilling 8" 1/2 Hole	4016	58	120
Final logs, test, ab.		12	132

Figura 3-28. Diagramma di avanzamento del pozzo direzione del polo di produzione. I tempi stimati non prendono in considerazione possibili incidenti di pozzo e soste per approvvigionamento idrico in caso di assorbimenti o perdite di circolazione. Variazioni e anomalie litologiche possono condizionare negativamente le velocità di avanzamento degli scalpelli e quindi aumentare i tempi di perforazione.



Descrizione	Prof.m	Gio.Parz.	Progr.
Drilling 26" Hole	200	2	2
Csg 20" + BOP		3	5
Drilling 17"1/2 Hole	850	11	16
Cswg 13"3/8 BOP		6	22
Drilling 12"1/4 hole	1700	18	40
Discesa csg 9"5/8		6	46
Drilling 8"1/2 hole	3800	52	98
Prove e compl		10	108

Figura 3-29. Diagramma di avanzamento per il pozzo verticale del polo di reiniezione non comprensivo di eventuali operazioni di campionamento, esecuzione di logs e prove di iniettività o portata.

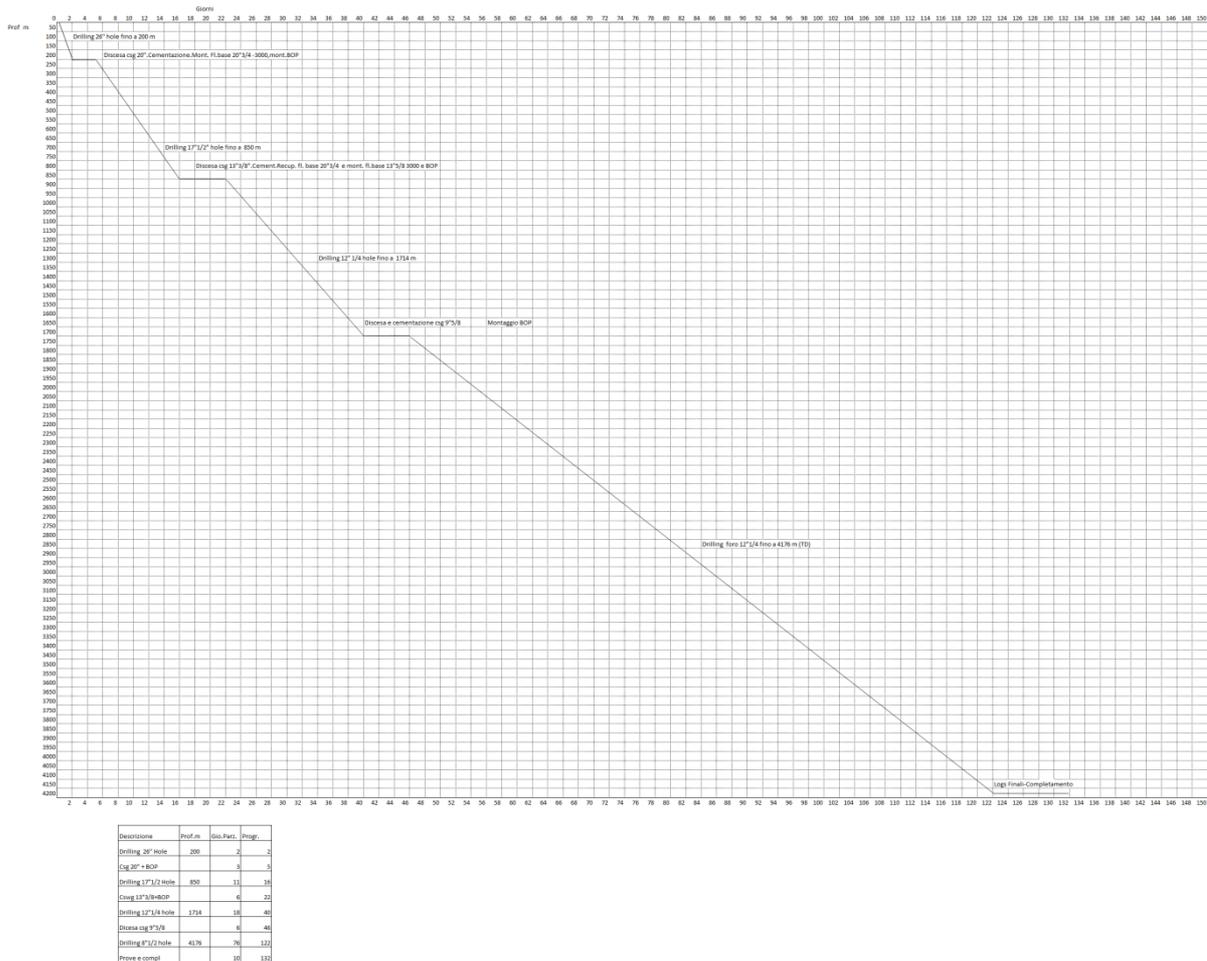


Figura 3-30: Diagramma di avanzamento per il pozzo direzionato del polo di reiniezione non comprensivo di eventuali operazioni di campionamento, esecuzione di logs e prove di iniettività o portata

### 3.5.10 Prove sul serbatoio geotermico

Si è già detto che la progettazione di una centrale geotermoelettrica a ciclo binario ORC richiede la conoscenza accurata della composizione chimica dei fluidi geotermici (sia della fase acquosa che di quella relativa ai gas incondensabili). In particolare, in funzione della composizione del fluido viene ottimizzata la progettazione e la costruzione del lato geotermico dell'impianto: pozzi produttori, pompe di produzione, evaporatori a fascio tubiero, preriscaldatori, pozzi reiniettori. Viene inoltre progettata "ad hoc" la parte del circuito secondario della centrale, comprendente il circuito del fluido bassobollente con l'evaporatore, la turbina/generatore ed il sistema di raffreddamento/condensazione.

Per utilizzare correttamente le risorse geotermiche di questo tipo è quindi di fondamentale importanza poter caratterizzare preventivamente con accuratezza non soltanto il fluido geotermico presente nella riserva, ma anche il serbatoio geotermico nel suo complesso, in termini di portata, temperatura e pressione.

In definitiva, le prove di pozzo che a tal fine devono essere condotte sono di tre tipi:

- 1) prove di iniettività;

- 2) prove di breve durata, della durata massima di poche ore;
- 3) prove di lunga durata, della durata di alcuni mesi.

Con le prove di lunga durata si ottengono i parametri termofluidodinamici reali del serbatoio. Con questa metodologia si verifica anche la capacità del serbatoio geotermico a ricevere i fluidi reiniettati.

#### **3.5.10.1 Prove di iniettività**

Le prove di iniettività servono ad individuare le zone produttive all'interno del serbatoio e a valutarne la capacità di produzione. Tali operazioni vengono effettuate durante la perforazione, nel momento in cui si avvertono perdite di circolazione, presumibilmente legate ad orizzonti fratturati.

Per le prove si segue la seguente procedura:

- Estrazione delle aste di perforazione, mantenendo la portata del fluido di perforazione;
- Discesa di una sonda per l'individuazione delle zone assorbenti e rilevare le condizioni di pressione e temperatura presenti in foro;
- Realizzazione di una prova a gradini di circa 8 ore, durante la quale viene variata la portata del fluido immesso e contestualmente si registrata la variazione di pressione in pozzo. Attraverso l'utilizzo di calcoli numerici dei dati raccolti durante la prova è possibile ricavare le grandezze fisiche che caratterizzano il serbatoio.

131

Viste le pressioni previste, sempre inferiori a quelle litostatiche, e vista la breve durata della prova, è del tutto improbabile una alterazione dello stato tensionale significativa della rocca serbatoio.

Le prove prevedono il consumo di un modesto quantitativo di acqua già preventivato nelle stime riportate nel paragrafo 4.2.1.1.3 e nel paragrafo 4.3.1.3.

#### **3.5.10.2 Prove di produzione di breve durata**

Queste prove hanno lo scopo di caratterizzare sotto il profilo chimico-fisico il fluido presente nel serbatoio geotermico e definire portata del pozzo e temperatura dei fluidi.

Le prove di produzione di breve durata, circa 2÷3 giorni, devono essere effettuate per valutare le principali caratteristiche produttive.

La procedura di apertura del pozzo per la prova di produzione consiste in un iniziale, graduale, degasaggio del pozzo che successivamente viene portato a pressione atmosferica e lasciato in posizione di apertura. Il fluido viene poi convogliato verso l'impianto mobile per le prove di produzione (paragrafo 3.5.10.4) attraverso il quale avverrà la caratterizzazione fisica e chimica del fluido estratto. I risultati di queste prove consentono di passare alla fase di progettazione esecutiva dell'impianto nel suo complesso.

Prima dell'esecuzione di tali prove saranno opportunamente e tempestivamente avvisati gli enti addetti alla vigilanza.

Durante l'esecuzione della prova e in seguito si prevede di effettuare un monitoraggio ambientale in prossimità dell'impianto e nei pressi dei ricettori significativi.

L'accadimento di fenomeni di subsidenza, anche lievi, nel caso specifico è del tutto improbabile in quanto i volumi di fluido estratto sono minimi anche in funzione della breve durata della prova.

### **3.5.10.3 Prove di produzione di lunga durata**

Una volta eseguiti i tre pozzi dalla postazione, sono previste nuove prove, allo scopo di caratterizzare la produttività dei pozzi in condizioni di produzione prolungata, per stimare la reale potenzialità della risorsa e verificare la sostenibilità di coltivazione nel tempo.

Le prove vengono generalmente eseguite in circuito chiuso, reiniettando il fluido prelevato dal pozzo di produzione nell'altro pozzo della stessa piazzola, indipendentemente dalla configurazione finale dei pozzi. È da far presente che, nel caso in cui i risultati delle prove di produzione di breve durata comportino la mancata realizzazione di altri pozzi dalla stessa piazzola di perforazione, le prove di lunga durata non potranno essere realizzate.

Una pratica industriale-tecnologica di grande valore innovativo ai fini dell'elaborazione della strategia di sfruttamento è l'elaborazione di un modello concettuale e numerico del campo. Nella letteratura scientifica è nota l'importanza della simulazione della circolazione delle acque sotterranee e dei fenomeni di trasporto di massa ed energia nelle strutture geologiche del sottosuolo. Si prevede pertanto di realizzare un modello numerico per il sito considerato, utilizzando i motori di calcolo più utilizzati, ovvero FEFLOW (DHI-WASY) o TOUGH2.

132

E' da notare, al riguardo, che i modelli numerici sono molto sensibili alla variazione dei parametri termofisici e geochimici dei materiali rocciosi e del fluido circolante. Per questo sarà realizzata anche una campagna di misurazione dei principali parametri e dei coefficienti numerici necessari alla chiusura della simulazione della circolazione, ovvero la porosità (totale ed effettiva), la permeabilità (globale e per direzione), la conduttività termica, il calore specifico e la densità.

Al termine di questa fase saranno definite con esattezza le caratteristiche quantitative e qualitative delle risorse geotermiche esistenti, consentendo quindi la progettazione e l'ottimizzazione degli impianti a ciclo binario. La conoscenza accurata della composizione chimica e del contenuto in gas incondensabili del fluido geotermico consentirà invece di affrontare l'ottimizzazione del sistema di produzione.

#### **3.5.10.4 Modalità di esecuzione delle prove di produzione: impianto mobile di prova**

Attualmente le prove sopra descritte vengono condotte utilizzando per lo più impianti realizzati ad hoc per lo specifico campo geotermico, che vengono poi smontati e raramente riutilizzati, con un sensibile impatto in termini di costi e di tempi di realizzazione.

Per una maggiore diffusione della tecnologia, e nello spirito innovativo del progetto pilota, si ritiene pertanto di fondamentale importanza la progettazione e realizzazione di un'apparecchiatura "mobile" per l'esecuzione delle prove di produzione, che possa essere agevolmente montata/smontata e che possa essere trasportata su gomma in modo da essere reimpiegata per effettuare lo stesso tipo di misure su pozzi differenti e che, a costi più contenuti, possa garantire comunque, grazie alla accurata scelta dei materiali ed al corretto dimensionamento dei dispositivi di protezione dell'ambiente, l'accuratezza delle misure e la migliore protezione possibile dell'ambiente dal pericolo di rilascio incontrollato delle sostanze inquinanti che potenzialmente risiedono nel sottosuolo.

L'obiettivo che il progetto si pone al riguardo, mira allo studio dei fenomeni fisici e chimici, da considerare nella definizione dell'apparecchiatura di prova, alla successiva definizione concettuale di un impianto innovativo trasportabile, alla sua progettazione di dettaglio e, infine, alla realizzazione di un prototipo per la sperimentazione sul campo del suo funzionamento. La sperimentazione di tale impianto è da ritenersi congiunta con il progetto CORTOLLA, progetto pilota ubicato nel Comune di Montecatini Val di Cecina, presentato dall'RTI Renewem Srl-CoSviG, ai sensi del D.Lgs 11 febbraio 2010, n.22 e s.m.i. L'utilizzo dell'impianto infatti è legato inevitabilmente alla realizzazione delle prove di produzione di lunga durata e quindi alla realizzazione di due pozzi dalla stessa piazzola di perforazione. Questo scenario è però legato ai risultati delle prove di produzione di breve durata. Inoltre tale prototipo si prefigge come obiettivo intrinseco quello di essere adattabile a diverse tipologie di fluido ed è quindi auspicabile la sperimentazione su diverse tipologie di siti.

In linea di massima, l'impianto per le prove di produzione, da collegare alla testa pozzo, sarà configurato come in Figura 3-31.

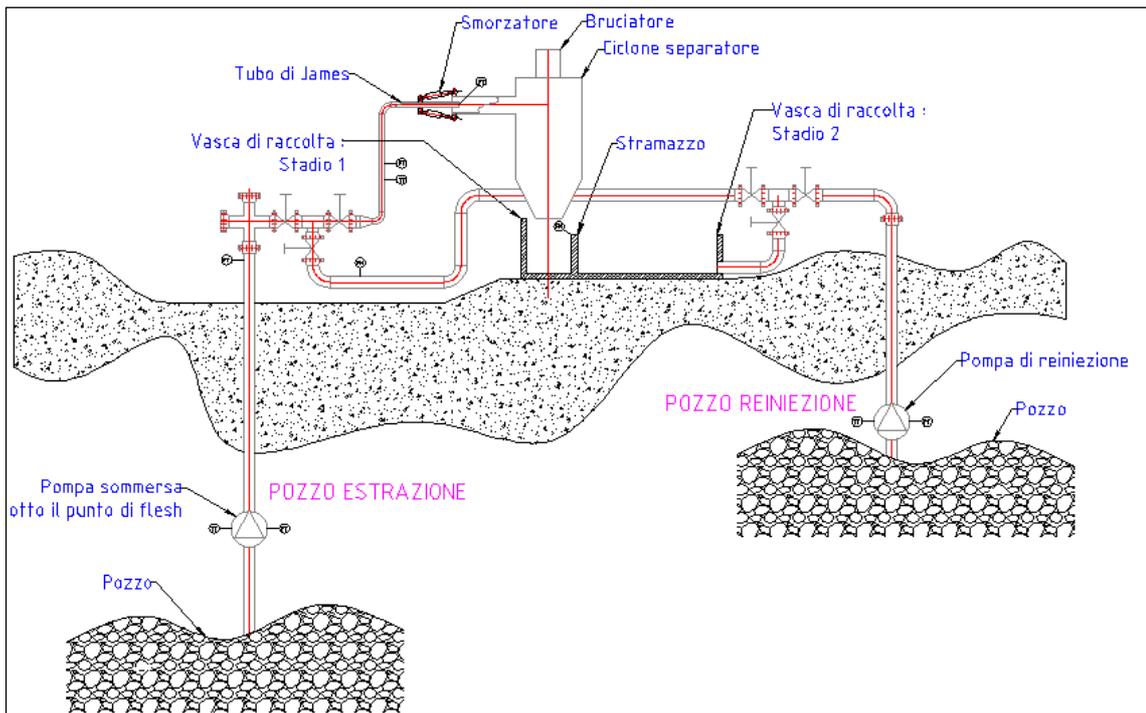


Figura 3-31. Schema di massima impianto per la caratterizzazione dei pozzi geotermici.

In sostanza, l'impianto prevedrà una tubazione di diametro ridotto, connessa ad una tubazione di diametro più grande: tale struttura, denominata tubo di James, permette, tramite una misura di pressione allo sbocco del tubo "piccolo", e mediante una misura di temperatura, di risalire alla portata globale effluente nella tubazione.

134

Nella zona di connessione tra le due tubazioni dovrà essere previsto un sistema di smorzatori per attenuare i carichi e le vibrazioni derivanti dalla turbolenza che si crea in questa zona e la definizione di un sistema di contenimento (Wip restrain) per garantire la sicurezza in caso di mal funzionamento. Una volta nota tale portata, verrà misurata la portata di liquido contenuta nel fluido, e per differenza si risalirà alla portata di vapore. Pertanto all'uscita del tubo "grande" a valle del tubo di James, si posizionerà un ciclone, con la funzione (per effetto centrifugo) di separare il vapore dal liquido.

Tale ciclone, non esistendo in commercio una macchina di questo tipo, dovrà essere oggetto di uno studio specifico, con tecniche di fluidodinamica computazionale dei flussi bi-fase che costituiscono l'attuale frontiera degli strumenti di calcolo commerciali e sul cui sviluppo è impegnata anche la comunità scientifica internazionale.

Tale studio potrà permettere di definire una metodologia di calcolo utile per la progettazione di tale apparecchiatura che ottimizzi il rendimento in funzione delle necessaria riduzione di dimensioni per assicurarne la trasportabilità.

La misura della portata d'acqua verrà realizzata mediante un semplice stramazzo all'uscita del ciclone, facendo attenzione ad avere una sufficiente zona di fluido indisturbata, in modo da ottenere misure affidabili.

Infine sarà studiato un apposito sistema per misurare il rapporto gas/vapore e allo stesso tempo prelevare i campioni che poi potranno essere analizzati in laboratorio: anche in questo caso il separatore deve essere completamente studiato e progettato.

Le misure necessarie alla caratterizzazione fisica e chimica del pozzo, che verranno da un sistema di acquisizione/archiviazione dati sono:

- Misura di pressione alla bocca pozzo;
- Misura di pressione all'uscita del tubo di James;
- Misure di pressione in un punto intermedio tra la bocca pozzo e l'uscita del tubo di James (al solo scopo di monitorare l'andamento delle pressioni);
- Misura di temperatura all'uscita del tubo di James;
- Misura di portata a monte e a valle del ciclone;
- Misura della profondità del battente d'acqua in funzione delle sue variazioni nel corso della prova.

Oltre a queste variabili verranno tenuti sotto controllo, al fine di monitorare l'impianto, i seguenti valori:

- Misura di pressione nella zona della pompa di produzione;
- Misura di temperatura nella zona della pompa di produzione;
- Misura di pressione nella zona della pompa di reiniezione;
- Misura di temperatura nella zona della pompa di reiniezione.

135

Verranno altresì controllati i parametri chimici di pH, Eh, temperatura, conducibilità al punto di prelievo della linea di produzione, sia attraverso il prelievo diretto al punto di spillamento di aliquote di campione che attraverso sonde multiparametriche specifiche posizionate nella linea di produzione relativamente sia alle caratteristiche dei fluidi che alla composizione dei gas.

I dati chimico-fisici e le condizioni P-T-X, saranno utilizzati per le modellazioni geochimiche sulle condizioni di precipitazione di fasi minerali nell'impianto al variare delle condizioni P-T, utilizzando software specifici.

In particolare, le prove di lunga durata e i parametri misurati nell'impianto nel corso della prova verranno monitorati in remoto, con acquisizione dati, trattamento e invio attraverso una rete dedicata di teletrasmissione. Verranno monitorati:

- alla testa pozzo del produttore: temperatura, pressione, portata, eventuali parametri chimici ritenuti utili;
- alla testa pozzo del reiniettore, pressione temperatura, portata.

Questi parametri saranno immediatamente correlati con i dati provenienti dalla rete di monitoraggio sismico al fine di verificare eventuali relazioni tra microtrempi e reiniezione.

L'impianto delle prove di produzione sarà dotato di strumentazione di sicurezza con allarmi per gas nocivi (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S). Anche i tecnici specializzati saranno dotati di appositi sensori di allarme per le stesse specie gassose potenzialmente tossiche.

### 3.5.11 Trasporto e montaggio/smontaggio dell'impianto di perforazione

L'impianto di perforazione verrà trasportato sul luogo dell'installazione con una serie di trasporti, speciali e non, dei quali il principale sarà quello relativo alla sonda, che verrà trasportata con un mezzo appositamente attrezzato allo scopo (Figura 3-32). Il tempo di montaggio dell'impianto è stimato in circa 2 settimane.

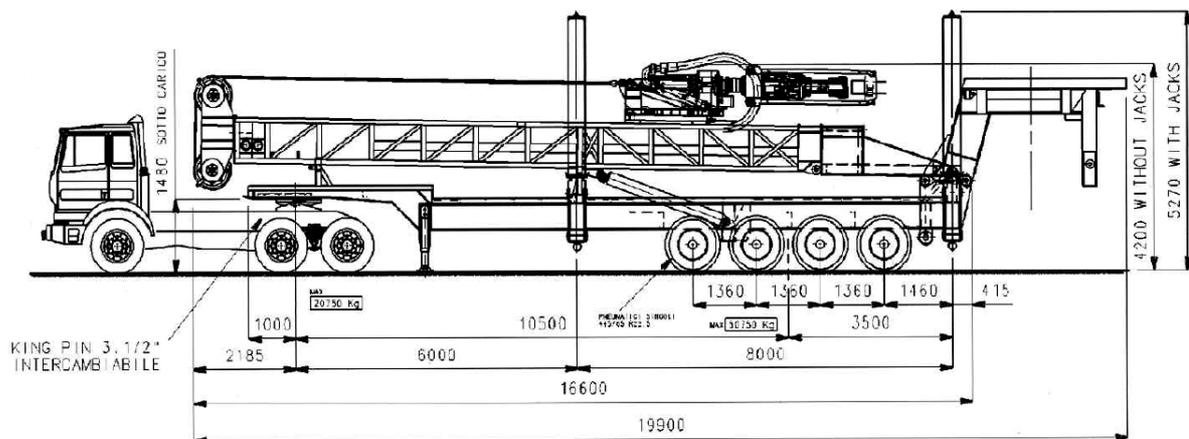


Figura 3-32. Schema del mezzo di trasporto della sonda.

Il mezzo di trasporto sonda ha una lunghezza complessiva di 16,60 m al netto della motrice e una larghezza pari a 2,80 m, come riportato in Figura 3-32: la nuova viabilità progettata tiene conto anche di tali ingombri ai fini della percorribilità della strada stessa. La sonda è configurata per il trasferimento su strade pubbliche, in modo da scaricare a terra circa 12,7 t per asse (in totale, 50.800 kg sui 4 assi posteriori), secondo le norme di circolazione stradale.

Per effettuare il trasporto di tutti gli altri componenti dell'impianto saranno inoltre necessari altri 70 mezzi di trasporto, di vario peso e natura. Tali mezzi hanno larghezze ordinarie pari al massimo a 2,40 m e carico massimo per asse pari a 12,7 t.

Per quanto riguarda il montaggio dell'impianto, verrà anzitutto montata la sottostruttura, seguendo l'apposita sequenza. Si procederà quindi posizionando l'impianto sulla base, centrandolo il più possibile rispetto alla sede dei cilindri idraulici di sollevamento, utilizzando allo scopo alcuni riferimenti presenti sulla sottostruttura. I cilindri saranno azionabili sia a mano che elettricamente, mediante la centralina idraulica a 24 Volts posizionata sul rimorchio dell'impianto, completa di cavi elettrici per la connessione con la batteria della motrice. Una volta posizionato, l'impianto verrà appoggiato su due cilindri idraulici di servizio per poi procedere all'installazione dei cilindri per il sollevamento dell'impianto di 50 cm rispetto la base della sottostruttura, in modo da potere montare prima i tensionatori e poi le passerelle laterali. A questo punto verranno montate le passerelle laterali e le ringhiere, e successivamente la Tavola

Rotary. Si procederà quindi con l'installazione dei due supporti della Dog House, dei due tensionatori che supportano la Dog House, della passerella del piano sonda lato Dog House, della passerella del piano sonda lato vasche, della passerella con rastrelliera per BHA, dei due cilindri di supporto Tavola Rotary e della Dog House stessa. A questo punto l'impianto verrà sollevato e si potrà procedere alla connessione della dog house con l'impianto, sia idraulicamente che elettricamente. Si procederà in contemporanea alla connessione della HPU principale all'impianto e si preparerà il sollevamento del PHU. Infine, verrà montato il power tong e tutti gli accessori necessari per iniziare le operazioni del pozzo.

### ***3.5.12 Attività conclusive delle perforazioni***

Le postazioni di perforazione, in quanto opere temporanee legate all'attività di perforazione, saranno oggetto di sistemazione o totale ripristino a seconda dell'esito dell'esplorazione. Inoltre in caso di pozzi produttivi si procederà al completamento degli stessi al fine di predisporre l'uso in condizioni di sicurezza, così come, in caso di pozzi sterili, si procederà alla chiusura mineraria dei pozzi e messa in sicurezza secondo le norme vigenti di polizia mineraria. Di seguito si riportano le operazioni previste nelle due casistiche.

#### ***3.5.12.1 Pozzi produttivi***

Nel caso di esito positivo i pozzi saranno completati. Il completamento ha lo scopo di predisporre l'uso, in condizioni di sicurezza, del pozzo perforato. I principali fattori che determinano il progetto di completamento sono:

- Il tipo e le caratteristiche dei fluidi di strato (gas, presenza di idrogeno solforato o anidride carbonica, ecc.);
- La capacità produttiva.

Esistono due tipi di completamento:

- Completamento in foro scoperto: la zona produttiva è separata dalle formazioni superiori per mezzo di colonne cementate poste durante la perforazione. E' un sistema comunemente utilizzato con formazioni compatte e stabili, che non tendono a franare provocando l'occlusione del foro.
- Completamento con perforazioni in foro tubato: la zona produttiva viene ricoperta con una colonna detta casing o liner di produzione. Successivamente, nella colonna vengono aperti alcuni fori con apposite cariche esplosive ad effetto perforante, che mettono in comunicazione gli strati produttivi con l'interno della colonna. E' il sistema più utilizzato in caso di formazioni scarsamente compatte che tendono a franare garantendo così maggiore stabilità nel corso degli anni.

Sulla base dei dati e delle informazioni attualmente disponibili, il programma di perforazione prevede un completamento del pozzo a foro scoperto. Se durante la

perforazione si venissero a verificare condizioni di instabilità delle pareti del pozzo, si procederà al completamento con un liner di produzione. Ad ogni modo le variazioni al programma di perforazione saranno sottoposte tempestivamente agli organi competenti per l'approvazione.

Ovviamente, in attesa di proseguire con l'iter autorizzativo e con gli interventi per lo sfruttamento della risorsa geotermica, il pozzo verrà opportunamente sigillato.

#### 3.5.12.1.1 Sistemazione della postazione

In caso di pozzi produttivi, una volta smontato l'impianto di perforazione, la postazione è mantenuta nella sua integrità almeno per il tempo necessario alla fase di sperimentazione della centrale geotermoeltrica. Al termine della sperimentazione si procederà alla sistemazione definitiva della postazione come descritto nel paragrafo 2.2.2.

#### 3.5.12.2 Pozzi sterili

In caso di esito negativo dei pozzi, si procederà alla loro chiusura mineraria.

Prima di tutto si procederà con il ripristinare le condizioni idrauliche precedenti l'esecuzione del foro al fine di:

- evitare l'inquinamento delle acque dolci superficiali;
- evitare la fuoriuscita in superficie di fluidi di strato;
- isolare i fluidi di diversi strati ripristinando le chiusure formazionali.

138

Gli elementi utilizzati per la chiusura mineraria del pozzo sono i seguenti:

- Tappi di cemento: tappi di malta cementizia che vengono inseriti nel pozzo per chiudere i diversi tratti del foro;
- Squeeze: iniezione di malta cementizia in pressione verso le formazioni tramite appositi "cement retainer" con lo scopo di chiudere gli strati attraversati durante le prove di produzione;
- Bridge plug: tappi meccanici fatti scendere nel pozzo con le aste di perforazione e fissati con dei cunei alla parete della colonna di rivestimento. Un packer si espande contro le pareti della colonna isolando la zona sottostante da quella superiore;
- Fluidi di perforazione: fluidi di perforazione di opportuna densità vengono immessi nelle sezioni libere del foro, tra un tappo e l'altro, in modo tale da controllare le pressioni al di sopra dei tappi di cemento e dei bridge plug.

Il posizionamento di dettaglio e il quantitativo dei tappi di cemento sono dipendenti dalla profondità finale raggiunta, dalla tipologia e dalla profondità dei *casing* e dai risultati minerari del sondaggio.

Proprio per questo motivo in questa fase non è possibile stabilire un programma di chiusura mineraria dettagliato che, nel caso in cui si dovesse procedere con la chiusura

mineraria dei pozzi, sarà debitamente formalizzato al termine delle attività di perforazione e di prove di produzione e sottoposto ad approvazione della competente Autorità Mineraria ai sensi del D.P.R. 128/1959.

Si fa comunque presente che, al fine di controllare le pressioni soprattutto nei livelli dove potranno essere incontrate venute di fluido, verranno immessi in foro fluidi di adeguata densità al fine di controllare e stabilizzare le pressioni.

La densità dei fluidi, nonché le tipologie di cementazione, saranno chiaramente tarate sulla base delle temperature considerando il gradiente geotermico anomalo presente nell'area.

Si procederà all'esecuzione di almeno un tappo a chiusura dei livelli potenzialmente mineralizzati e un tappo al top di eventuali sovrappressioni in foro scoperto. Inoltre verrà realizzato un tappo a cavallo tra foro scoperto e ultima scarpa tubata ed eventuali tappi lungo il profilo del pozzo fino al piano campagna.

A circa 30 m dal piano della tavola rotary verrà eseguito il taglio della colonna e verrà posta un'apposita flangia di chiusura saldata allo spezzone di colonna che è rimasta cementata.

In seguito alla chiusura mineraria del pozzo si procederà alle operazioni di ripristino territoriale.

### **3.5.13 Gestione rifiuti**

139

I criteri generali per la gestione dei rifiuti prodotti nelle varie fasi dell'attività di perforazione dei pozzi previsti dal progetto (produzione e reiniezione) possono essere ricondotti al seguente schema:

- Contenimento quantitativo dei rifiuti prodotti;
- Separazione e deposito temporaneo per tipologia;
- Recupero/smaltimento presso impianto specializzato.

Nei paragrafi seguenti viene trattata in sintesi la produzione e gestione dei rifiuti legata alle diverse fasi dell'attività di perforazione, per un approfondimento maggiore si rimanda all'Allegato LCG-RP01-A05-V00-Piano preliminare di gestione dei rifiuti.

La maggioranza dei rifiuti prodotti è legata all'attività di perforazione e solo in minima parte alla scelta dell'impianto o al suo layout sito specifico, per cui le assunzioni svolte di seguito si ritiene possano rappresentare, con un grado di incertezza ridotto, lo scenario realmente atteso nel caso di utilizzo di un impianto Drillmec del tipo HH indipendentemente dal layout di progetto assunto.

Durante le attività di perforazione vengono prodotti rifiuti, riconducibili alle seguenti categorie:

- Reflui derivanti dalla perforazione (fluidi di perforazione esausti e detriti);
- Rifiuti solidi urbani (RSU);

- Imballaggi in materiali misti;
- Imballaggi metallici;
- Liquami civili;
- Imballaggi contaminati di sostanze pericolose (contenitori vernici e olio);
- Acque reflue (acque di lavaggio impianto ed acque meteoriche);

In ogni caso, tutti i rifiuti prodotti saranno temporaneamente raccolti all'interno del cantiere di perforazione (Figura 3-33, Figura 3-34) in strutture e con modalità adeguate per ciascuna specifica tipologia, per poter essere successivamente smaltiti ad idoneo recapito.

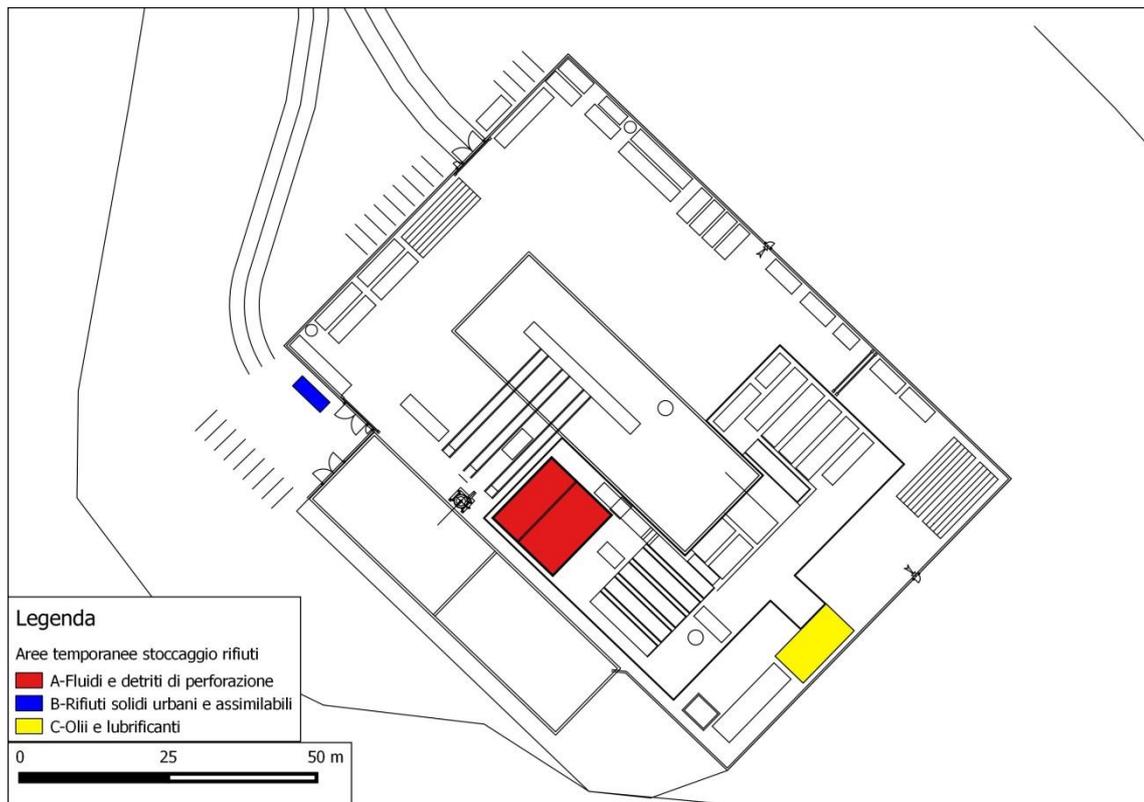


Figura 3-33. Ubicazione delle aree di stoccaggio temporaneo dei rifiuti nel cantiere di perforazione Lucignano 1.

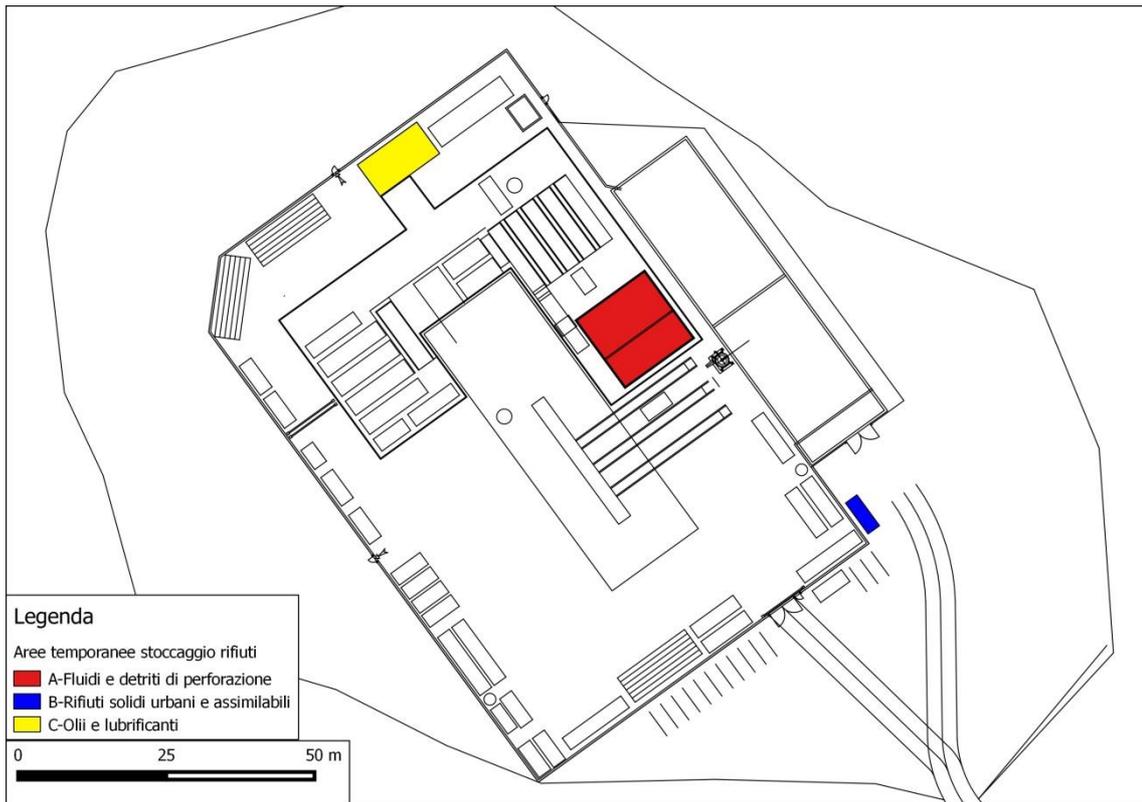


Figura 3-34. Ubicazione delle aree di stoccaggio temporaneo dei rifiuti nel cantiere di perforazione Lucignano 2.

### 3.5.13.1.1 Preparazione della postazione di perforazione

141

I rifiuti prodotti durante le attività di allestimento della postazione di perforazione sono riconducibili alle tipologie di seguito riportate:

- materiale derivante dalle operazioni di sistemazione della postazione (materiale derivante da operazioni di scavo, calcestruzzi e cementi);
- rifiuti derivanti dallo smantellamento di opere in ferro (recinzioni, scarti metallici, etc.);
- rifiuti solidi urbani o assimilabili (imballaggi, cartoni, legni, plastiche etc.);
- liquami derivanti da fosse biologiche.

Tutti i rifiuti prodotti verranno separati per codici CER e temporaneamente stoccati nell'area di cantiere in contenitori o apposite aree in attesa del successivo smaltimento a discarica o impianto autorizzato. I rifiuti solidi urbani e assimilabili verranno differenziati e sistemati in contenitori appositamente predisposti, per essere successivamente raccolti e smaltiti da società autorizzate.

Al fine di ridurre i quantitativi di materiali destinati a smaltimento si provvederà a utilizzare in situ i materiali provenienti dalla fase di escavazione per la realizzazione di riporti.

### 3.5.13.1.2 Fase di perforazione

Durante l'attività di perforazione la produzione di rifiuti può essere ricondotta alle seguenti tipologie:

- detriti di perforazione a base di acqua derivanti dalle rocce fratturate durante la perforazione (*cuttings*);
- fango di perforazione in eccesso o esausto, ossia scartato per esaurimento delle proprietà chimico – fisiche;
- additivi del fango di perforazione, utilizzati per diminuire gli attriti;
- acque reflue (fluidi esausti, acque provenienti dalla disidratazione del fango in eccesso, acque di lavaggio impianto, acque meteoriche e acque da fossa biologica);
- rifiuti solidi urbani e assimilabili;
- oli esausti;
- liquami civili derivanti dalle fosse biologiche.

La produzione di reflui è proporzionale al volume di fango di perforazione che viene confezionato che di conseguenza è proporzionale alle profondità e ai tempi di esecuzione dei pozzi. Pertanto, per quanto possibile, il fango in esubero verrà riutilizzato per il proseguo delle operazioni di perforazione garantendo quindi un utilizzo ridotto delle risorse e una diminuzione consistente dei volumi di reflui da smaltire, con una conseguente riduzione dei rischi legati al trasporto.

Tutti i rifiuti prodotti in cantiere, di qualsiasi natura essi siano e qualunque sia il sistema di smaltimento adottato, saranno, seppur temporaneamente, depositati in strutture e con modalità adeguate per ciascuna specifica tipologia (Figura 3-33, Figura 3-34), evitando in tal modo possibilità di mescolamento e predisponendone il successivo smaltimento.

142

I *cuttings* e i fluidi di perforazione verranno stoccati in bacini di contenimento, dove sarà costantemente controllata la loro composizione. Tali bacini saranno adeguatamente impermeabilizzati per evitare infiltrazioni nel sottosuolo. L'impermeabilizzazione sarà realizzata con corral in calcestruzzo armato o con bacini interrati e rivestiti con argilla e geomembrane in PVC.

Tutti i reflui prodotti vengono stoccati temporaneamente in appositi bacini impermeabilizzati, evitando che si mescolino tra loro per un eventuale riutilizzo in cantiere, per il trattamento selettivo e il successivo smaltimento.

Per il recupero degli eventuali sversamenti di olio provenienti dai serbatoi di olio esausto stoccati nella zona motori, verrà realizzata una sentina; i serbatoi di raccolta dell'olio esausto e del gasolio per i motori dell'impianto sono all'interno di corral in calcestruzzo.

### 3.6 TERRE E ROCCE DA SCAVO

Il progetto rientra tra quelli sottoposti al procedimento di Valutazione di Impatto Ambientale e inoltre prevede il riutilizzo di una parte del materiale scavato in un sito diverso da quello di produzione. Pertanto, a norma del Decreto Legge 21 giugno 2013 n. 69, la gestione delle terre e rocce da scavo è soggetta a quanto contenuto nel D.M. 161/2012. Quindi, a norma del D.M. 161/2012, è stato predisposto il Piano di Utilizzo delle terre e rocce da scavo e al quale si rimanda per i dettagli (LCG-RP01-A04-V00-Piano di gestione del materiale da scavo).

Per la realizzazione della postazione dell'impianto geotermoelettrico si prevede di riutilizzare tutto il materiale scavato all'interno del cantiere nelle operazioni di reinterro. (Tabella 3-24). La quantità di materiale mancante (320 m<sup>3</sup>) sarà compensata con parte del materiale eccedente del polo di produzione.

Movimenti di terra	Volume (m <sup>3</sup> )
Scotico del piano di campagna	1233
SCAVI	
Piazzale	9590
Fondazioni edificio uffici	9
Fondazioni Impianto ORC	472.5
Fondazioni antincendio	83.2
Fondazioni air-cooler	84.3
Cunicoli	137
Totale volume scavi	10376
REINTERRI	
Piazzale	10696
Totale volume reinterri	10696
Materiale di risulta	
	-320

Tabella 3-24. Volumi di movimento terra legati alla preparazione del piazzale per l'impianto geotermoelettrico.

Per le operazioni legate alla realizzazione della postazione di perforazione Lucignano 1 si prevede di scavare un volume pari a 19535 m<sup>3</sup>, dei quali 17167 m<sup>3</sup> saranno riutilizzati in cantiere. Della restante parte 320 m<sup>3</sup> saranno utilizzati nelle operazioni di rinterro per la centrale geotermoelettrica (Tabella 3-25).

Prima dell'inizio dei lavori sarà eseguita la caratterizzazione delle terre e rocce da scavo a norma della legislazione vigente al fine di verificarne l'idoneità.

	<b>Polo di produzione</b>	<b>Polo di reiniezione</b>
<b>Movimenti di terra</b>	<b>LUCIGNANO 1 Volume (m<sup>3</sup>)</b>	<b>LUCIGNANO 2 Volume (m<sup>3</sup>)</b>
Scotico del piano di campagna	2822	1832
SCAVI		
Piazzale di perforazione	17890	19213
Cantina pozzi	140	140
Cunicoli	260	693
Piano Sonda	726	726
Vasca reflui	519	519
Totale volume scavi	19535	20858
REINTERRI		
Piazzale di perforazione	17167	16040
Totale volume reinterri	17167	16040
Materiale di risulta	+2368	+4818

Tabella 3-25. Volumi di movimento terra legati alla preparazione delle postazioni di perforazione Lucignano 1 e Lucignano 2.

Tutto il materiale di risulta derivante dalle operazioni di scavo della postazione Lucignano 1 e Lucignano 2 sarà utilizzato in operazioni di rinterro e modellamento del versante nel campo adibito a prato pascolo posto a sud della postazione Lucignano 1, in sinistra idrografica del Fosso Lucignanino.

In merito alla realizzazione della rete di trasporto dei fluidi il materiale di risulta legato allo scavo per i plinti di sostegno e alla trincea delle tubazioni interrate sarà riutilizzato completamente per il successivo riempimento degli scavi o in operazioni di livellamento del terreno. Eventuali materiali scavati in eccesso saranno conferiti presso impianto autorizzato, previa caratterizzazione a norma di legge (Tabella 3-26).

Movimenti di terra	Volume (m <sup>3</sup> )
Scotico del piano di campagna	429
SCAVI	
Volume scavo per plinti	22
Scavo per condotta interrata	6914
Totale volume scavi	6936
RINTERRI	
Rinterro per scavo condotta interrata	5237
Posa di letto di sabbia	1499
Livellamento aree	200
Totale volume reinterri	6936
Materiale di risulta	0

Tabella 3-26. Volumi di movimento terra legati alla realizzazione della rete di trasporto dei fluidi.

## 4 FATTORI DI IMPATTO E TECNICHE DI PREVENZIONE

### 4.1 CENTRALE GEOTERMoeLETTRICA

Come indicato nel capitolo introduttivo, il progetto prevede alcune fasi di sperimentazione che comportano differenti conseguenze operative sulle singole componenti del progetto pilota.

Per quanto riguarda in particolare la centrale, il progetto non prevede alcuna attività fino alla conclusione della fase di perforazione dei pozzi al termine della quale, anche sulla base dei dati acquisiti, verrà dato avvio alla progettazione esecutiva e alla realizzazione dell'impianto.

Gli scenari operativi di interesse sono, dunque, per l'impianto pilota:

1. fase di realizzazione;
2. fase di esercizio/sperimentazione.

Si ricorda, per quanto riguarda quest'ultima fase, che la particolare natura del progetto richiede, da un lato, lo svolgimento di una attività di sperimentazione; dall'altro, però, tale sperimentazione impone a sua volta che la centrale venga messa in esercizio, sebbene secondo modalità operative dettate dalle esigenze della sperimentazione stessa e non secondo logiche legate alle normali pratiche dell'esercizio di un impianto di produzione di energia (che riguardano, invece, l'eventuale successiva fase di coltivazione della risorsa geotermica).

146

Ciò premesso, si riportano di seguito i principali fattori impattanti associati alla realizzazione e all'esercizio dell'impianto geotermoelettrico.

#### 4.1.1 *Uso di risorse*

##### 4.1.1.1 *Suolo e sottosuolo*

L'impianto ORC e tutte le strutture annesse andrà ad occupare una superficie complessiva di 4397.5 m<sup>2</sup>. In fase di progetto si è cercato di limitare al massimo l'area occupata dall'impianto nel rispetto della sua operatività e delle limitazioni imposte per il corretto funzionamento delle sue parti. Infatti il sistema di air-cooler necessita di una zona di rispetto di circa 10 m intorno alla struttura al fine di funzionare efficacemente. Anche la stessa area del piazzale è stata realizzata in modo da poter garantire il movimento e l'operatività dei mezzi necessari (autogrù) per eventuali lavori di manutenzione delle varie parti dell'impianto.

In merito all'interazione con il sottosuolo le uniche operazioni di scavo previste sono quelle legate alle operazioni necessarie per rendere la postazione pianeggiante. Lo scotico comprensivo della copertura vegetale sarà asportato e conservato in cantiere in un'area appositamente dedicata per essere poi riutilizzato nella fase di ripristino ambientale o di sistemazione finale dell'area.

In fase di esercizio/sperimentazione l'unica risorsa impiegata sarà quella geotermica, che peraltro verrà restituita al serbatoio di provenienza, senza perdita di fluido. Verrà invece ovviamente sottratto calore, ma grazie agli studi effettuati per il posizionamento dei pozzi, non ci si attende che ciò potrà comportare conseguenze significative sulla qualità stessa della risorsa nel periodo di vita dell'impianto.

#### **4.1.1.2 Materiali inerti e calcestruzzo**

Su tutta l'area di lavoro è prevista la costruzione di una massicciata con materiale inerte consolidato. Si prevede di utilizzare circa 1068 m<sup>3</sup> di inerti che saranno garantiti da cave già in attività, gestite da ditte locali operativamente presenti nelle zone limitrofe all'area di progetto, in grado di fornire i quantitativi richiesti di materiali. In alternativa si potranno utilizzare inerti derivanti da attività di recupero. Per la costruzione delle opere in cemento armato è previsto l'utilizzo di circa 733 m<sup>3</sup> di calcestruzzo che arriverà in cantiere già confezionato tramite betoniera.

#### **4.1.1.3 Consumo e approvvigionamento idrico**

In fase di cantiere è previsto un modesto impiego di acqua per la bagnatura dei cumuli di materiale da scavo e per usi civili che verrà approvvigionata mediante autobotte.

In fase di esercizio la centrale geotermoelettrica non prevede consumo di acqua a meno della modesta quantità necessaria per i servizi igienici presenti nell'edificio degli uffici e per quella contenuta nel serbatoio antincendio (140 m<sup>3</sup>). L'acqua sarà approvvigionata tramite collegamento con l'acquedotto locale oppure sarà riempito tramite autobotte.

147

Come descritto precedentemente l'impianto geotermoelettrico per produrre energia elettrica utilizza il fluido geotermico estratto dal serbatoio attraverso i pozzi di produzione. Tale fluido scambia calore con il fluido di lavoro che viene poi convogliato nel sistema turbina-generatore. L'impianto utilizzato del tipo ORC tuttavia prevede che il fluido geotermico, a valle dello scambio termico con il fluido di lavoro, sia completamente reimpresso nelle stesse formazioni di provenienza attraverso i pozzi di reiniezione. Questo tipo di pratica industriale garantisce che la risorsa geotermica non si consumi pur garantendo il suo utilizzo a scopi energetici.

#### 4.1.1.4 Consumo e approvvigionamento di altre materie prime

Tutti i materiali necessari per la preparazione del piazzale saranno portati dall'esterno. In Tabella 4-1 sono riportate le quantità di materie prime utilizzate per la realizzazione del piazzale.

Materiale	u.m.	quantità
Inerte pezzatura 4/7 stabilizzato in curva	mc	801
Misto granulare pezzatura 0/30 stabilizzato in curva	mc	267
Calcestruzzo magro	mc	113
Calcestruzzo C20/25	mc	620
Ferro per armatura	ton	93
Prefabbricati per cunicoli	cad.	26
Casseratura	mq	606
Tessuto non tessuto	mq	4397
Recinzione	ml	264
Tubazioni e sottoservizi	ml	110
Pozzetti in cls	cad.	18
Chiusino in ghisa per chiusini	cad.	18
Canaletta in cls (mezzo tubo)	ml	548

Tabella 4-1. Materie prime utilizzate per la preparazione della postazione di perforazione.

In fase di esercizio dell'impianto ORC non è previsto consumo di materie prime.

#### 4.1.2 Emissioni in atmosfera

##### 4.1.2.1 Fase di cantiere

Durante la fase di cantiere si potranno avere impatti sulla qualità dell'aria a seguito del sollevamento di polveri generato dalle operazioni di scavo e rinterro e alle emissioni dei motori dei veicoli che operano nel cantiere. Data la ridotta velocità dei mezzi non si prevedono invece sollevamenti di polveri significativi per le fasi di trasporto dei materiali da costruzione e da scavo.

Saranno tuttavia adottati i seguenti accorgimenti per il contenimento di tutte queste emissioni:

- formazione degli addetti ai lavori ai fini di una movimentazione dei materiali finalizzata al contenimento di polveri;
- eventuale bagnatura delle sedi viarie;
- formazione di cumuli di inerti di dimensioni ridotte e il più compattati possibile;

- copertura con teloni dei materiali trasportati, dove necessario in base alla relativa tipologia.

In ragione delle modalità tecniche previste e degli accorgimenti adottati, del contenuto incremento del traffico veicolare e della reversibilità immediata dell'impatto al termine dei lavori, e in virtù del fatto che nelle immediate vicinanze della piazzola di perforazione non sono presenti recettori sensibili, si ritiene che le operazioni di cantiere non determineranno impatti significativi sulla qualità dell'aria, anche considerando che queste attività avranno una durata limitata (circa 60 giorni)

#### **4.1.2.2 Fase di esercizio**

La centrale a ciclo binario con tecnologia ORC che sarà adottata per questo progetto non prevede il rilascio in atmosfera di alcun tipo di emissione aeriforme. Infatti sia il fluido geotermico che il fluido di lavoro circolano in due sistemi di condotte separati e chiusi. Tutto il fluido geotermico sarà poi reiniettato nel sottosuolo all'interno delle stesse formazioni di provenienza.

Eventuali emissioni fugitive saranno comunque tenute sotto controllo attraverso un piano di monitoraggio da predisporre ad hoc.

In definitiva, in fase di esercizio l'impianto sarà ad emissioni nulle, come del resto posto alla base del progetto.

#### **4.1.3 Interazione con le acque superficiali e sotterranee**

149

##### **4.1.3.1 Fase di cantiere**

In merito alle acque superficiali possono essere individuati le seguenti interazioni:

- possibilità di avere uno sversamento accidentale di materiale inquinante per eventi accidentali dovuti ai mezzi meccanici che operano sul cantiere;
- possibili interazione con le acque piovane;
- approvvigionamento idrico per confezionamento cemento;
- scarichi di origine civile.

In merito ad eventuali interferenze con falde superficiali si deve ricordare che il sito di ubicazione della centrale è costituito in superficie da depositi neogenici costituiti da gessi e argille con intercalazioni di arenarie che difficilmente sono sede di acquiferi superficiali.

Comunque si deve ricordare che il cantiere per la realizzazione del piazzale è del tutto simile ai classici cantieri edili e pertanto anche in questo caso verranno adottati i normali accorgimenti per una buona gestione del cantiere che permetteranno di evitare potenziali impatti sulla componente acqua.

Per quanto riguarda il consumo di acqua per il confezionamento del cemento che servirà per la costruzione delle varie opere in cemento armato, questo sarà fatto arrivare in

cantiere già confezionato tramite autobotte per cui non si prevedono consumi di acque per questa operazione.

#### **4.1.3.2 Fase di esercizio**

In merito invece alle fasi di esercizio dell'impianto si possono individuare i seguenti potenziali impatti sulle acque superficiali e sotterranee.

##### **4.1.3.2.1 Scarichi di origine civile**

Nell'edificio che ospita gli uffici è presente un locale adibito a bagno. Gli scarichi civili provenienti dai servizi igienici, per un carico totale di 5 abitanti equivalenti, saranno trattati conformemente alla Legge n° 319/76, al D.Lgs. 152/99 e successive integrazioni, nonché alla Legge Regionale n° 5/86. Le acque provenienti dagli scarichi saranno indirizzate mediante tubazione in P.V.C. ad una vasca interrata monoblocco prefabbricata a tenuta stagna in ca.v. da 15 mc. Con cadenza settimanale, si provvederà allo svuotamento mediante aspirazione con pompa mobile; i liquami saranno caricati su autobotte e avviati all'impianto di depurazione per il successivo smaltimento.

##### **4.1.3.2.2 Interazione con le acque meteoriche**

Il piazzale e tutte le aree impermeabilizzate sono dotate di un sistema di regimazione delle acque meteoriche in grado di regolare il deflusso delle acque e dirigerle verso i displuvi naturali o verso la vasca di prima pioggia. Per una descrizione di dettaglio si rimanda al paragrafo 3.1.10-Sistema di regimazione idrica.

150

##### **4.1.3.2.3 Interferenze con le falde superficiali da parte del fluido geotermico**

L'impianto ORC prima di essere messo in funzione sarà sottoposto ad una fase di controllo e a test specifici al fine di garantire il suo perfetto funzionamento. In questo modo si avrà la sicurezza che nessun tipo di fluido sia disperso sul terreno e possa quindi filtrare verso eventuali falde superficiali.

Perciò tutti i macchinari e tutte le opere correlate all'impianto saranno sottoposti a test che assicurino il loro corretto montaggio, che siano integri e che ogni giuntura e flangia delle tubazioni che trasportano il fluido geotermico e il fluido di lavoro siano perfettamente sigillate e a norma con le leggi vigenti in materia.

Questi test di pre-avviamento e quelli periodici previsti durante la vita dell'impianto geotermoelettrico garantiranno che non si avranno perdite o fuoriuscita di liquidi potenzialmente dannosi per l'ambiente dalle varie parti dell'impianto. A questi controlli si deve inoltre aggiungere che l'impianto sarà dotato di un sistema di controllo e verifica della tenuta e delle pressioni delle *pipeline* nonché di un sistema di controllo del volume del fluido di lavoro al fine di verificare tempestivamente eventuali perdite.

#### **4.1.4 Produzione di rifiuti e residui**

##### **4.1.4.1 Fase di cantiere**

Nella fase di cantiere per la realizzazione del piazzale si possono originare rifiuti assimilabili a quelli di un tipico cantiere edile ed essenzialmente riconducibili alle seguenti tipologie:

- sfridi di ferro;
- parti di cassetture;
- pezzi di tubazione in PVC, acciaio, PEAD;
- sfridi di tessuto non tessuto;
- parti di recinzione di cantiere danneggiate (le recinzioni con pannelli di tipo mobile saranno tutte recuperate);
- rifiuti solidi urbani o assimilabili (imballaggi, cartoni, legni, plastiche etc.);
- liquami derivanti da fosse biologiche.

Tutti questi materiali saranno smaltiti nel rispetto della vigente normativa. Per una descrizione di dettaglio sulla gestione dei rifiuti e dei residui di lavorazione si rimanda all'Allegato LCG-RP01-A05-V00-“Piano preliminare di gestione rifiuti”.

##### **4.1.4.2 Fase di esercizio**

Nella fase di esercizio dell'impianto i materiali di scarto sono quelli derivanti dalle normali operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria e riconducibili a:

151

- parti metalliche e/o meccaniche;
- oli lubrificanti;
- cavi elettrici;
- tubature, flange, ecc;
- imballaggi;
- rifiuti urbani non differenziati;
- liquami civili derivanti dalle fosse biologiche.

Tutti questi rifiuti, prodotti saltuariamente e in quantità irrilevanti, saranno smaltiti secondo la normativa in vigore, previo deposito temporaneo presso l'impianto stesso.

#### **4.1.5 Emissioni sonore**

Per quanto riguarda le emissioni sonore, sia in fase di cantiere che in fase di esercizio, è stato realizzato uno studio acustico specifico, all'interno del quale sono state effettuate misure sul campo per la caratterizzazione del clima acustico, è stato realizzato un modello matematico per mappare il rumore generato ed è stata verificata la compatibilità delle diverse fasi del progetto con i limiti di legge.

#### **4.1.5.1 Fase di cantiere**

Durante la fase di cantiere il rumore è generato dall'utilizzo e dal movimento dei mezzi necessari per la costruzione delle opere in progetto e dal movimento dei mezzi da e verso il cantiere. In generale all'interno del cantiere le perturbazioni sonore sono dovute al movimento e alle operazioni di scavo degli escavatori e delle pale meccaniche, ai martelli pneumatici, alle operazioni di carico e scarico dei materiali dagli autocarri, al funzionamento dei generatori elettrici. All'esterno del cantiere l'unica sorgente di rumore è quella dovuta alla movimentazione degli autocarri e delle betoniere necessaria per l'approvvigionamento dei materiali per il cantiere. Il cantiere per la realizzazione delle opere in progetto è pertanto assimilabile ad un normale cantiere edile che rimarrà aperto per circa 8h al giorno nella fascia oraria dalle 8:00 alle 17:00. Le macchine usate sono quelle tipiche utilizzate in tutti i cantieri edili per cui si avranno le stesse sorgenti sonore.

Da notare che successivamente alla preparazione del piazzale è previsto il montaggio delle varie parti che costituiscono la centrale geotermoelettrica, questa fase tuttavia risulta meno impattante di quella precedente anche se di una durata maggiore.

Si tratta quindi di un disturbo temporaneo, mitigato da opportuni accorgimenti relativi agli orari e alla posizione dei mezzi durante la fase di cantiere. Inoltre i lavori non si svolgeranno mai in contemporanea con quelli relativi alla preparazione delle postazioni e alle attività di perforazione dei pozzi previsti. Pertanto, in nessun caso le emissioni dei tre cantieri andranno a sommarsi.

152

#### **4.1.5.2 Fase di esercizio**

I principali fattori di impatto sonoro della centrale saranno le emissioni degli *air-cooler* e del gruppo di generazione turbina-alternatore. Anche in questo caso si è ritenuto opportuno un approfondimento relativo all'impatto acustico prodotto dall'impianto sui ricettori più vicini, utilizzando un modello di simulazione numerica.

Per quanto riguarda in particolare il condensatore, si osserva che il rumore emesso è quello dei ventilatori ad asse verticale, i quali, non potendo ovviamente essere schermati sul piano orizzontale senza creare ostacolo alla circolazione dell'aria, presentano un comportamento emissivo con un lobo principale lungo l'asse verticale ed emissioni più limitate sul piano orizzontale. Inoltre, il progetto prevede, come già visto nei fotoinserti, l'applicazione di pannellature verticali lungo l'intero perimetro della cassa d'aria del condensatore, e ciò sia con funzione di barriera fonoassorbente, sia come elemento volto al miglioramento della qualità architettonica dell'impianto, il cui aspetto, come già visto, è sicuramente molto essenziale e "tecnico" (in linea, del resto, con la sua natura di impianto sperimentale).

Da tutto quanto sopra risulta quindi che le emissioni sonore effettive del condensatore sono fortemente attenuate sul piano orizzontale rispetto a quello verticale. Tuttavia, è necessario precisare che, almeno per quanto riguarda le pannellature, si tratta, allo

stato, di una applicazione prototipale, subordinata alla verifica che la circolazione d'aria (e quindi il rendimento stesso dell'impianto ORC) non venga alterata dalla presenza di tali pannelli. Per questi motivi in sede di simulazione dell'impatto acustico si è preferito adottare un approccio conservativo, ignorando la presenza delle pannellature, ed anzi assumendo per le emissioni di ciascuna ventola una distribuzione spaziale uguale in tutte le direzioni, il che conduce, ovviamente, a sovrastimare il rumore indotto fino ad una altezza di diversi metri nelle zone limitrofe.

#### **4.1.6 Analisi degli eventi accidentali**

##### **4.1.6.1 Fase di cantiere**

I rischi di eventi accidentali in fase di cantiere che qui interessano sono quelli che possono comportare conseguenze a danno dell'ambiente. Si rimanda invece ad altri ambiti di competenza per le problematiche strettamente associate alla tutela dei lavoratori, in particolare per quanto riguarda le misure di protezione passiva (direttamente connesse alla limitazione del danno a carico delle persone) e per le tipologie di eventi incidentali che non hanno, in generale, rilevanza ambientale (folgorazioni, urti, cadute, ecc.).

Naturalmente, una parte significativa degli eventi che possono determinare danno alla salute dei lavoratori sono potenzialmente dannosi anche per l'ambiente (collisioni e ribaltamenti dei mezzi d'opera, rotture di serbatoi, sversamenti di sostanze tossiche, ecc.): da questo punto di vista, pertanto, gli accorgimenti e le misure adottate per prevenire queste situazioni di rischio presentano pari benefici anche dal punto di vista ambientale.

Una ulteriore quota di eventi accidentali, invece, si presenta potenzialmente più critica dal punto di vista meramente ambientale (ad esempio, interferenze non previste con la falda sia in fase di scavo, ovvero dispersione nel suolo e/o nel sottosuolo di sostanze inquinanti dovute a non corretta esecuzione di operazioni di varia natura, ecc.) e non viene quindi espressamente considerata nell'ambito della tutela dei lavoratori. Da questo punto di vista, peraltro, è necessario precisare che le procedure operative di cantiere prevedono esplicite misure per la gestione di tutte le evenienze citate, anche ove non direttamente attinenti alla sicurezza dei lavoratori. Ciò posto, i potenziali fattori di impatto ambientale legati ad eventi imprevisi in fase di realizzazione delle opere non presentano specifiche criticità, in quanto:

- le attività di cantiere non prevedono l'utilizzo e la gestione di sostanze tossiche o inquinanti in quantità significative;
- non sono previste, al momento, aree di stoccaggio di carburante per il rifornimento dei mezzi, da considerarsi potenziali fonti di inquinamento accidentale in caso di manovre errate;
- le misure adottate per la protezione del suolo e delle eventuali acque superficiali (con le quali, peraltro, non è prevista alcuna interferenza)

consentono di affermare che anche in caso di eventi accidentali non si avranno effetti significativi a carico di tali componenti;

- Gli scavi necessari per la predisposizione della piazzola e delle altre aree di lavoro non andranno ad interferire con falde sotterranee in quanto, vista la natura poco permeabile dei depositi, non sono presenti.

#### **4.1.6.2 Fase di esercizio**

Per quanto riguarda la fase di esercizio infine, non sono prevedibili rischi particolari. L'impianto sarà sempre monitorato 24h su 24h e in loco sarà sempre presente del personale che, in caso di qualunque anomalia, interverrà tempestivamente. L'esperienza condotta da ENEL in molti anni di coltivazione delle risorse geotermiche attesta comunque che il rischio di eventi incidentali significativi è da considerarsi trascurabile.

#### **4.1.7 Gestione rifiuti**

La gestione dei rifiuti derivanti dalle varie fasi lavorative del progetto sono riconducibili al seguente schema:

- Contenimento quantitativo dei rifiuti prodotti;
- Separazione e deposito temporaneo per tipologia;
- Recupero/smaltimento presso impianto specializzato.

Nei paragrafi seguenti viene trattata in sintesi la produzione e gestione dei rifiuti legata alle diverse fasi del progetto, per un approfondimento maggiore si rimanda all'Allegato LCG-RP01-A05-V00-“Piano preliminare di gestione rifiuti”.

154

Durante le attività in progetto vengono prodotti rifiuti che possono essere ricondotti alle seguenti tipologie:

- Rifiuti solidi urbani (RSU);
- Imballaggi in materiali misti;
- Imballaggi metallici;
- Liquami civili;
- Imballaggi contaminati di sostanze pericolose (contenitori vernici e olio);
- Acque reflue (acque di lavaggio impianto ed acque meteoriche);

Tutti i rifiuti saranno temporaneamente raccolti all'interno delle aree di lavoro in strutture e con modalità adeguate per ciascuna specifica tipologia, per poter poi essere successivamente smaltiti ad idoneo recapito.

#### **4.1.7.1 Preparazione del piazzale**

Durante le attività di preparazione del piazzale della centrale geotermoelettrica saranno prodotte le seguenti tipologie di rifiuti:

- materiale derivante dalle operazioni di sistemazione dell'area (materiale derivante da operazioni di scavo, calcestruzzi e cementi);

- rifiuti derivanti dallo smantellamento di opere in ferro (recinzioni, scarti metallici, etc.);
- rifiuti solidi urbani o assimilabili (imballaggi, cartoni, legni, plastiche etc.);
- liquami derivanti da fosse biologiche.

Tutti i rifiuti prodotti saranno separati seguendo i rispettivi codici CER e temporaneamente stoccati nell'area di cantiere in contenitori o apposite aree in attesa del successivo smaltimento a discarica o impianto autorizzato. I rifiuti solidi urbani e assimilabili verranno differenziati e sistemati in contenitori appositamente predisposti, per essere successivamente raccolti e smaltiti da società autorizzate.

Al fine di ridurre i quantitativi di materiali destinati a smaltimento si provvederà a utilizzare in situ i materiali provenienti dalla fase di escavazione per la realizzazione di riporti.

#### **4.1.7.2 Fase di esercizio della centrale geotermoelettrica**

Durante la fase di esercizio della centrale geotermoelettrica si avrà produzione, seppur in minima quantità, delle seguenti tipologie:

- rifiuti solidi urbani o assimilabili (imballaggi, cartoni, legni, plastiche etc.);
- liquami derivanti da fosse biologiche;
- oli esausti.

Anche in questo caso, tutti i rifiuti saranno separati e raccolti in apposite aree per poi essere conferiti presso impianti autorizzati.

155

## **4.2 POSTAZIONE DI PERFORAZIONE LUCIGNANO 1**

### **4.2.1 Uso di risorse**

La fase di perforazione di un pozzo geotermico necessita il consumo di alcune risorse naturali in quanto direttamente necessarie per il funzionamento degli impianti di perforazione utilizzati (gasolio, acqua, ecc) sia indirettamente perché legate alla preparazione delle aree per ospitare l'impianto di perforazione (suolo, cemento, inerti, ecc).

Per quanto riguarda invece la fase di esercizio dei pozzi non è previsto l'utilizzo di alcuna risorsa naturale, né, più in generale, di materie prime.

#### **4.2.1.1.1 Suolo e sottosuolo**

L'impianto di perforazione occupa un superficie complessiva di 8629 m<sup>2</sup>. Tale superficie è quella minima necessaria all'operatività dell'impianto in tutta sicurezza. Infatti l'impianto di perforazione è dotato di un nucleo centrale costituito dalla sottostruttura dell'impianto, dalla torre di perforazione, dai generatori elettrici e dalle vasche fango che occupano la parte centrale della postazione, tutti gli altri moduli dell'impianto (officina, box attrezzature, magazzino) sono dislocati in modo perimetrale alla

postazione e posti ad una distanza di sicurezza dalla torre. In particolare i box che ospitano il personale che lavoro sull'impianto (uffici, spogliatoi, sala riunioni, bagni) devono essere posizionati ad un distanza maggiore di quella di caduta della torre di perforazione che per l'impianto considerato è di 31 m.

Lo scotico comprensivo della copertura vegetale sarà asportato e conservato in cantiere in un'area appositamente dedicata per essere poi riutilizzato nella fase di ripristino ambientale.

Il progetto, prevedendo di effettuare tre pozzi geotermici con profondità da raggiungere di 3800 m, necessariamente avrà interazione con le unità rocciose del sottosuolo. Infatti per l'esecuzione della perforazione viene utilizzata la tecnica a rotazione o rotary che impiega uno scalpello che posto in rotazione esercita una azione di frantumazione della roccia e quindi di scavo verticale. La rimozione del terreno in sottosuolo è comunque circoscritta e confinata lungo l'asse del foro. Sulla base del programma di perforazione si stima una produzione di cuttings di 734 m<sup>3</sup> per il pozzo verticale e circa 747 m<sup>3</sup> per ognuno dei devianti.

#### **4.2.1.1.2 Materiali inerti e calcestruzzo**

La preparazione della postazione di perforazione prevede la realizzazione di una massicciata con materiale inerte consolidato. Si prevede di utilizzare circa 2880 m<sup>3</sup> di inerti che saranno garantiti da cave già in attività, gestite da ditte locali operativamente presenti nelle zone limitrofe all'area di progetto, in grado di fornire i quantitativi richiesti di materiali. In alternativa si potranno utilizzare inerti derivanti da attività di recupero. Per la costruzione delle opere in cemento armato è previsto l'utilizzo di circa 1364 m<sup>3</sup> di calcestruzzo che arriverà in cantiere già confezionato tramite betoniera (Tabella 4-2).

156

#### **4.2.1.1.3 Consumo e approvvigionamento idrico**

In fase di cantiere è previsto un modesto impiego di acqua per la bagnatura dei cumuli di materiale da scavo e per usi civili che verrà approvvigionata mediante autobotte.

Il quantitativo di acqua necessario alla realizzazione del pozzo invece ha una stretta dipendenza dalla durata delle fasi di perforazione in regime di perdita totale di circolazione, dalla portata dell'assorbimento e dalla profondità a cui vengono rinvenuti gli orizzonti assorbenti. Questi orizzonti sono tipicamente strutture caratterizzate da una elevata permeabilità secondaria a carattere anisotropo la cui conoscenza a priori è impossibile, pertanto è di conseguenza difficile da stimare il volume di acqua necessario previsto. Possono però essere fatte delle stime cautelativa partendo dalle conoscenze dei pozzi perforati in aree limitrofe. Pertanto i quantitativi previsti sono:

- Una quantità complessiva per la preparazione dei fanghi pari a circa 710 m<sup>3</sup> per il pozzo verticale e 723 m<sup>3</sup> per ognuno dei pozzi devianti;
- Una riserva idrica, nel caso di perdite improvvise di fluidi pari a 2547 m<sup>3</sup> stoccati nelle vasche predisposte.

Tale riserva potrà garantire, infatti, l'utilizzo della portata massima stimata di 60 m<sup>3</sup>/h per un periodo di oltre 42.5 ore.

Per l'approvvigionamento idrico si prevede di prelevare l'acqua dal pozzo per acqua ubicato in località Fiumarello gestito dall'acquedotto del Fiora realizzando un acquedotto temporaneo fino alle postazioni di perforazione (Figura 4-1).

Il fabbisogno idrico massimo di circa 1 m<sup>3</sup>/giorno per i servizi igienici sarà garantito tramite una cisterna di circa 10 m<sup>3</sup> di capacità, ricaricata settimanalmente. Le acque reflue saranno raccolte in apposite vasche e inviate settimanalmente a trattamento tramite ditta specializzata.

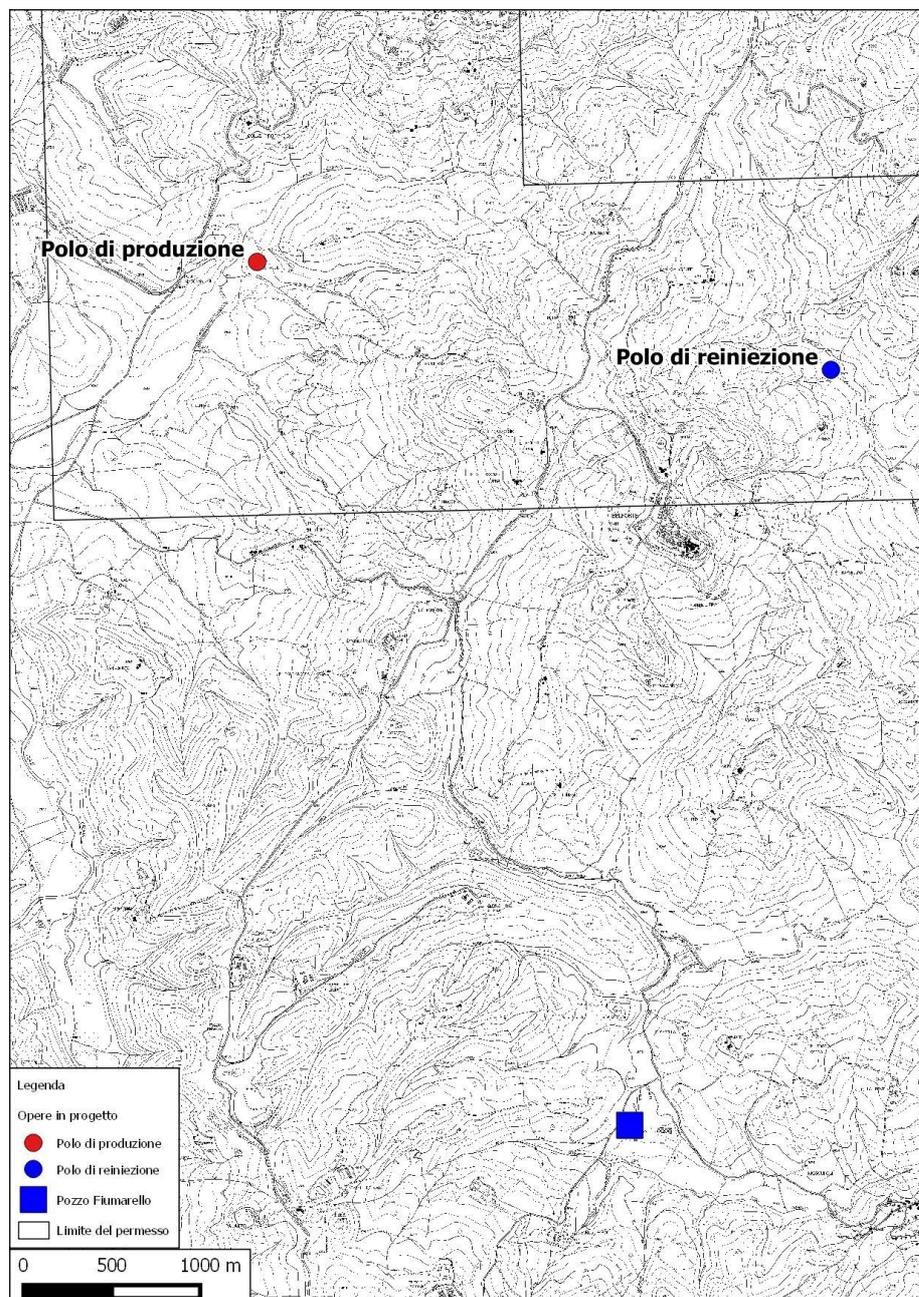


Figura 4-1. Ubicazione del punto di approvvigionamento idrico per la perforazione.

#### 4.2.1.1.4 Consumo e approvvigionamento di altre materie prime

Tutte le altre materie prime necessarie per l'allestimento della postazione di perforazione e lo svolgimento dell'attività regolare di perforazione (combustibili, fanghi bentonitici, ecc.) saranno regolarmente approvvigionate dall'esterno. In Tabella 4-2 sono riportate le quantità di materie prime utilizzate per l'allestimento della postazione di perforazione mentre in Tabella 4-3 sono riportate le quantità di materie prime utilizzate per la fase di perforazione dei pozzi.

Materiale	u.m.	quantità
Inerte pezzatura 4/7 stabilizzato in curva	mc	2160
Misto granulare pezzatura 0/30 stabilizzato in curva	mc	720
Calcestruzzo magro	mc	316
Calcestruzzo C20/25	mc	1048
Ferro per armatura	ton	157
Prefabbricati per cunicoli	Cad.	48
Casseratura	mq	1498
Tessuto non tessuto	mq	8629
Recinzione mobile	ml	1257
Tubazioni e sottoservizi	ml	110
Pozzetti in cls	cad.	18
Chiusino in ghisa per chiusini	cad.	18
Canaletta in cls (mezzo tubo)	ml	767

Tabella 4-2. Materie prime utilizzate per la preparazione della postazione di perforazione.

Materiale	u.m.	quantità
Gasolio	t	2100
Fango bentonitico	mc	710 (pozzo verticale) 723 (pozzo deviato)
Soda caustica	t	150
Olio vegetale	t	50
Additivi fango	t	80
Acido cloridico	t	500
Acido fluoridrico	t	50
Casing	t	323 (pozzo verticale) 324 (pozzo deviato)
Cemento	t	322
Acqua dolce	mc	29510 (pozzo verticale) 36000 (pozzo deviato)

Tabella 4-3. Quantità di materie prime utilizzate durante la fase di perforazione di ogni pozzo.

## **4.2.2 Emissioni in atmosfera**

### **4.2.2.1 Fase di cantiere**

Gli impatti previsti sulla qualità dell'aria nella fase di cantiere sono dovuti principalmente al sollevamento di polveri derivante dagli scavi e alle emissioni dei motori dei veicoli coinvolti nelle operazioni di cantiere. Per quanto riguarda invece il montaggio dell'impianto, le sorgenti emissive sono i mezzi alimentati da motori diesel, ossia Fork Lift e Autogru. Data la ridotta velocità dei mezzi non si prevedono invece sollevamenti di polveri significativi per le fasi di trasporto dei materiali da costruzione e da scavo, nonché delle attrezzature e dell'impianto.

Gli accorgimenti da adottare per il contenimento di tutte queste emissioni consisteranno principalmente in:

- formazione degli addetti ai lavori ai fini di una movimentazione dei materiali finalizzata al contenimento di polveri;
- eventuale bagnatura delle sedi viarie;
- formazione di cumuli di inerti di dimensioni ridotte e il più compattati possibile;
- copertura con teloni dei materiali trasportati, dove necessario in base alla relativa tipologia.

In ragione delle modalità tecniche previste e degli accorgimenti adottati, del contenuto incremento del traffico veicolare e della reversibilità immediata dell'impatto al termine dei lavori, e in virtù del fatto che nelle immediate vicinanze della piazzola di perforazione non sono presenti recettori sensibili, si ritiene che le operazioni di cantiere non determineranno impatti significativi sulla qualità dell'aria, anche considerando che queste attività avranno una durata limitata (circa 60 giorni).

159

### **4.2.2.2 Fase di perforazione**

#### **4.2.2.2.1 Emissioni dei motori diesel necessari al funzionamento dell'impianto di perforazione**

Per quanto riguarda la fase di perforazione, le emissioni sono invece quelle dei gruppi elettrogeni (e di quello di emergenza) di cui è provvisto l'impianto Drillmec HH. I motori diesel sono omologati e certificati per rispettare i limiti di emissione imposti dalla normativa europea e nazionale.

In Tabella 4-4 sono riportati i risultati delle analisi dirette delle emissioni di inquinanti condotte su un generatore in dotazione ad un impianto simile a quello che verrà utilizzato in questo progetto. Le emissioni rispettano i limiti del D.Lgs 3 aprile 2006 n. 152 (Tabella 4-5).

Inquinanti emessi (O <sub>2</sub> rif. 5%)	Concentrazione (mg/Nm <sup>3</sup> )	Flusso massa (g/h)	Metodo
PM	97,1	108,1	UNI EN 13284-1
CO	50,1	55,8	UNI 9969
NO <sub>2</sub>	2793,3	3110,9	ISTISAN 98/2

Tabella 4-4. Emissioni di inquinanti da un generatore in dotazione all'impianto di perforazione.

Inquinante	Valore limite (mg/Nm <sup>3</sup> )
PM	130
CO	650
NO <sub>2</sub>	4000

Tabella 4-5. Valori limite secondo il D.lgs152/06.

Al riguardo, gli accorgimenti adottati riguardano principalmente la salute dei lavoratori che operano all'interno del cantiere, ottenuta grazie ad un opportuno posizionamento della piazzola e, al suo interno, della macchina di perforazione, che sarà orientata sulla base della direzione prevalente dei venti nel periodo di attività, in modo da minimizzare il trasporto degli inquinanti verso l'area della perforazione, dove per gran parte del tempo operano gli addetti al cantiere.

#### **4.2.2.2 Emissioni dovute al traffico dei mezzi che riforniscono l'impianto**

Una volta che l'impianto è montato sulla postazione di perforazione è necessario rifornirlo dei materiali utili alla perforazione (aste, fanghi, gasolio, ecc) e contemporaneamente prelevare i materiali di scarto e i rifiuti (fanghi esausti, cutting, rifiuti urbani). Al traffico indotto da queste attività si deve aggiungere quello generato dai mezzi che portano le attrezzature per i log di pozzo. In Tabella 4-6 sono elencate le tipologia di mezzi utilizzati per queste operazioni. Il traffico indotto per trasportare i materiali verso l'impianto e portare via i rifiuti è di circa 1-2 trasporti il giorno. Si ritiene pertanto che non si avranno impatti sulla qualità dell'aria da questo tipo di attività.

160

Macchinario	Potenza (kW)	numero	tipologia
Camion trasporto materiali per perforazione e cuttings	370	2	Mezzo commerciale pesante, diesel, 30 ton
Autocarro per trasporto rifiuti	100	2	Mezzo commerciale leggero (<3.5 t), diesel
Autocarro per attrezzature log	300	3	Mezzo commerciale leggero (<3.5 t), diesel

Tabella 4-6. Macchinari utilizzati per il rifornimento dell'impianto di perforazione.

#### **4.2.2.3 Eventuale fuoriuscita di fluidi dal pozzo**

Durante la perforazione potrebbero avvenire possibili emissioni di fluidi geotermici. L'accadimento di questi fenomeni potrebbe avvenire sia nel corso che immediatamente dopo la fine delle operazioni di perforazione. Riguardo a ciò va evidenziato che il profilo del pozzo secondo il programma di perforazione si svolge per la sua prima parte

all'interno di unità costituite da argille, conglomerati e ligniti per poi passare alle unità delle Argille a Palombini. Queste unità impermeabili costituiscono la copertura del campo geotermico e per loro natura hanno poca probabilità di essere sede di fluidi geotermici. Tuttavia allo stato attuale delle conoscenze non si può totalmente escludere che il pozzo possa intercettare una frattura superficiale, o qualche livello permeabile anche all'interno della copertura. Nella restante parte della perforazione (quella più profonda), il pozzo attraverserà le formazioni carbonatiche appartenenti alla serie toscana e la serie metamorfica, formazioni dove è collocato il serbatoio geotermico. Proprio in queste formazioni dovrebbe verificarsi il rinvenimento di fluidi geotermici.

L'insorgere di potenziali emissioni incontrollate di fluidi endogeni dal pozzo è controllata tramite i fanghi di perforazione e la presenza sulla testa pozzo di un *Blow Out Preventer* (BOP). Il primo sistema di controllo per evitare che fluidi geotermici entrino in modo incontrollato nel pozzo è l'utilizzo del fango di perforazione. Infatti il fango con il suo peso avrà il compito di contrastare l'ingresso di fluidi di strato. Affinché questa condizione sia sempre verificata la pressione del fango verrà mantenuta costantemente uguale o superiore di quella dello strato. Tuttavia nel caso in cui si vengono a creare condizioni geologiche per le quali i fluidi di strato hanno pressioni superiori al gradiente idrostatico e alla pressione esercitata dal fango di perforazione, si ha un ingresso dei fluidi di strato nel pozzo. Questi essendo più leggeri del fango di perforazione risalgono verso la superficie. Questa condizione generalmente si manifesta in superficie con l'aumento del volume di fango nelle vasche. Al fine di evitare la fuoriuscita incontrollata dei fluidi, sulla testa pozzo è installato un BOP con il compito di chiudere in modo automatico il pozzo preservando il personale di servizio e le attrezzature da incidenti e la diffusione in atmosfera delle emissioni.

161

Al fine di evidenziare tempestivamente la presenza di eventuali gas fuoriusciti dal pozzo ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$ ), l'impianto di perforazione è dotato di appositi rilevatori ubicati sia all'interno del cantiere che lungo il suo perimetro. I sensori sono provvisti di sistemi di allarme acustico e luminoso che si attivano quando vengono superate determinate soglie di concentrazione. La ACGIH (American Conference of Governmental and Industrial Hygienist) ha stabilito i valori di soglia TLV-TWA che esprimono la concentrazione limite, calcolata come media ponderata nel tempo su 8 ore/giorno e 40 ore settimanali, alle quali tutti i lavoratori possono essere esposti, giorno dopo giorno senza effetti avversi per la salute per tutta la vita lavorativa. Per l'idrogeno solforato ( $\text{H}_2\text{S}$ ) si tratta di 1 ppm, per l'anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) 5000 ppm, per il metano ( $\text{H}_4$ ) 1000 ppm.

Inoltre al fine di monitorare ulteriormente l'andamento della perforazione e di eventuali venute di gas, sono previsti dei sensori che misurano e controllano il valore del pH e del volume del fango di perforazione. Infatti variazioni di questi due parametri possono indicare probabili venute di gas all'interno del pozzo.

#### **4.2.2.2.4 Fuoriuscita di gas dal pozzo durante le prove di produzione**

Una volta completata la perforazione, raggiunto l'obiettivo minerario e rinvenuti fluidi geotermici si procederà con la loro caratterizzazione tramite l'esecuzione di prove di produzione. L'impianto per le prove di produzione è dotato di un separatore atmosferico a cui è collegato un silenziatore. Nel separatore avviene la separazione a pressione atmosferica tra vapore e acqua. Il vapore viene rilasciato in atmosfera mentre l'acqua geotermica in uscita dalla base del separatore sarà accumulata nelle apposite vasche in dotazione all'impianto di produzione. La durata della prova sarà condizionata dalla reale capacità produttiva del pozzo e dalle dimensioni della vasca di contenimento. Si ritiene che una prova di 1 giorno sia da ritenersi significativa ai fini della caratterizzazione del *reservoir* per ottenere dati di produzione sufficientemente stabilizzati.

La potenziale alterazione della qualità dell'aria durante l'esecuzione delle prove è stata valutata in relazione:

- alle caratteristiche chimico-fisiche dei fluidi;
- alle modalità esecutive delle prove.

Per quanto riguarda le caratteristiche dei fluidi ci si aspetta una composizione del gas in linea con quella dei fluidi provenienti da pozzi geotermici più prossimi all'area di progetto e relativi al campo geotermico di Larderello-Travale. I fluidi rilasciati in atmosfera sono costituiti per circa il 90% da vapore d'acqua e il restante 10% da gas. Il gas è costituito prevalentemente da anidride carbonica con la presenza per la parte rimanente di azoto e metano con tracce di idrogeno solforato, non è presente di norma l'anidride solforosa.

In base a queste considerazioni e tenendo presente che la prova di produzione avrà una durata limitata nel tempo è possibile ritenere che i fluidi emessi in atmosfera sono principalmente vapore d'acqua e quantità limitate di anidride carbonica. Pertanto tenendo conto anche della distanza dei ricettori di circa 300 m si ritiene che non vi siano apprezzabili ricadute delle emissioni gassose dal pozzo presso le strutture abitate.

Il sistema di sensori presente sull'impianto di perforazione visto nel paragrafo precedente sarà in grado di rilevare il superamento dei valori di soglia per l'idrogeno solforato, l'anidride carbonica e per il metano.

#### **4.2.2.3 Fase di esercizio**

Per quanto riguarda la fase di esercizio dei pozzi non sono previste emissioni in atmosfera. Infatti il fluido geotermico estratto viene inviato verso l'impianto ORC attraverso la rete di trasporto dei fluidi e da lì verso il polo di reiniezione, rimanendo completamente isolato dall'ambiente esterno.

### **4.2.3 Interazione con le acque superficiali e sotterranee**

#### **4.2.3.1 Fase di cantiere**

In merito alle acque superficiali possono essere individuati le seguenti interazioni:

- possibilità di avere uno sversamento accidentale di materiale inquinante per eventi accidentali dovuti ai mezzi meccanici che operano sul cantiere;
- possibili interazione con le acque piovane;
- approvvigionamento idrico per confezionamento cemento;
- scarichi di origine civile.

Per quanto riguarda le eventuali interferenze con falde superficiali va sottolineato che il progetto si trova ubicato su unità per lo più impermeabili che agiscono da setto di separazione tra la superficie e le unità di sottosuolo che possono essere sede di eventuali acquiferi, per questo motivo non si andranno a verificare potenziali impatti sulle acque sotterranee.

Il cantiere per la realizzazione della piazzola di perforazione tuttavia è del tutto simile ai classici cantieri edili e pertanto anche in questo caso verranno adottati i normali accorgimenti per una buona gestione del cantiere che permetteranno di evitare potenziali impatti sulla componente acqua.

Per quanto riguarda il consumo di acqua per il confezionamento del cemento che sarà utilizzato per la costruzione del piano sonda, delle vasche fanghi, delle vasche acque e della vasca gasolio, si deve precisare che il cemento arriverà in cantiere già confezionato tramite autobotte per cui non si prevede consumo di acqua per questa operazione.

163

#### **4.2.3.2 Fase di perforazione**

In merito invece alle fase di perforazione si possono individuare i seguenti potenziali impatti sulle acque superficiali e sotterranee.

##### **4.2.3.2.1 Scarichi di origine civile**

Gli scarichi civili provenienti dai servizi igienici contenuti nelle baracche del personale, per un carico totale di 11 abitanti equivalenti, vengono trattati conformemente alla Legge n° 319/76, al D.Lgs. 152/99 e successive integrazioni, nonché alla Legge Regionale n° 5/86; essi vengono indirizzati mediante tubazione in P.V.C. ad una vasca interrata monoblocco prefabbricata a tenuta stagna in ca.v. da 15 mc. Con cadenza settimanale, si provvederà allo svuotamento mediante aspirazione con pompa mobile; i liquami saranno caricati su autobotte e avviati all'impianto di depurazione per il successivo smaltimento.

##### **4.2.3.2.2 Interazione con le acque meteoriche**

La postazione di perforazione è dotata di un sistema di regimazione delle acque meteoriche in grado di regolare il deflusso delle acque che ricadono all'interno delle varie aree del cantiere e dirigerle verso le vasche di raccolta in modo che non si creino

ristagni superficiali. Per una descrizione di dettaglio si rimanda al paragrafo 3.2.2.6- Sistema di regimazione idrica.

#### ***4.2.3.2.3 Interferenze con le falde superficiali da parte del fluido geotermico o del fango di perforazione***

In merito alla potenziale interferenza con falde acquifere superficiali si sottolinea come la prima parte della perforazione (600 m) avverrà all'interno di argille, conglomerati e lignite che di per sé difficilmente possono contenere falde superficiali. Non si può comunque escludere la presenza di eventuali falde superficiali nei livelli conglomeratici. L'immissione del tubo guida fino alla profondità di 35-40 m garantirà la protezione di eventuali falde presenti negli strati più superficiali. Dalla profondità di 600 m fino a 1500 m la perforazione attraverserà le unità afferenti alla Formazione delle Argille a Palombini e del Flysch calcareo-marnoso. Per la loro natura prevalentemente impermeabili, all'interno di queste rocce difficilmente può essere presente una falda acquifera. Tuttavia per evitare contaminazioni di un eventuale acquifero superficiale la perforazione dei primi 200 m di pozzo verrà condotta utilizzando solo acqua e bentonite senza uso di additivi, adottando quindi la stessa metodologia operativa che si utilizza per la perforazione dei pozzi per acqua. Al termine della perforazione dei primi 600 m di pozzo sarà inserita una colonna da 20" e verrà cementata la scarpa e l'intercapedine a giorno. Il successivo tratto di pozzo, una volta perforato, verrà rivestito con il *casing* da 13"3/8, la scarpa sarà posizionata a quota di 1500 m e cementata a giorno. Raggiunta la profondità di 2500 m sarà inserito il *casing* da 9"5/8 e cementato a giorno. Operando con queste modalità un eventuale acquifero superficiale sarà completamente isolato dal pozzo garantendone una completa protezione da eventuali rischi di inquinamento. Si deve ricordare che il fango è uno strumento necessario e irrinunciabile per la corretta conduzione della perforazione e in grado di garantire il controllo della pressione di formazione del serbatoio geotermico. Il fango bentonico è una miscela di acqua e minerali argillosi, in genere viene utilizzata la bentonite, e pertanto ha una composizione naturale che non può in alcun modo recare modificazioni nocive sulla qualità delle eventuali acque di falda incontrate durante la perforazione.

164

In merito ad una eventuale interazione tra acquifero superficiale e fluidi geotermici presenti nel serbatoio, si deve sottolineare che la presenza del *casing* e della cementazione impone al fluido geotermico di risalire verso la superficie attraverso l'interno del pozzo senza interazione con gli eventuali acquiferi presenti.

#### ***4.2.3.2.4 Interazione con le acque superficiali e sotterranee durante la prova di produzione.***

Durante le prove di produzione il fluido geotermico risalerà attraverso il pozzo direttamente dal serbatoio geotermico alla testa pozzo senza interazioni con i corpi idrici superficiali. Dalla testa pozzo sarà convogliato tramite una tubazione verso il separatore/silenziatore dove avverrà la separazione tra fase vapore e fase liquida. Come precedentemente spiegato la fase vapore verrà rilasciata in atmosfera. La fase liquida

(acqua geotermica) all'uscita dal separatore verrà convogliata all'interno delle vasche acqua. Visto che queste opere sono realizzate in cemento armato non si avranno perdite di fluido verso l'esterno. A fine prova i fluidi geotermici saranno reiniettati nel pozzo direttamente nelle formazioni di provenienza.

#### **4.2.3.3 Fase di esercizio**

Per quanto riguarda la fase di esercizio dei pozzi non sono previste interazioni con le acque superficiali o sotterranee in virtù delle modalità di realizzazione dei pozzi descritte nei paragrafi precedenti.

#### **4.2.4 Produzione di rifiuti e di residui di lavorazione**

##### **4.2.4.1 Fase di cantiere**

Nella fase di cantiere la realizzazione della viabilità e della piazzola possono originare rifiuti assimilabili a quelli di un tipico cantiere edile ed essenzialmente riconducibili alle seguenti tipologie:

- sfridi di ferro;
- parti di cassetture;
- pezzi di tubazione in PVC, acciaio, PEAD;
- sfridi di tessuto non tessuto;
- parti di recinzione di cantiere danneggiate (le recinzioni con pannelli di tipo mobile saranno tutte recuperate);
- rifiuti solidi urbani o assimilabili (imballaggi, cartoni, legni, plastiche etc.);
- liquami derivanti da fosse biologiche.

165

##### **4.2.4.2 Fase di perforazione**

Nella fase di perforazione i materiali di scarto sono riconducibili alla seguente tipologia:

- detriti di perforazione a base di acqua derivanti dalle rocce fratturate durante la perforazione (*cuttings*);
- fango di perforazione in eccesso o esausto, ossia scartato per esaurimento delle proprietà chimico – fisiche;
- additivi del fango di perforazione, utilizzati per diminuire gli attriti;
- acque reflue (fluidi esausti, acque provenienti dalla disidratazione del fango in eccesso, acque di lavaggio impianto, acque meteoriche e acque da fossa biologica);
- rifiuti solidi urbani e assimilabili;
- oli esausti;
- liquami civili derivanti dalle fosse biologiche.

Tutti questi materiali saranno smaltiti nel rispetto della vigente normativa. Per una descrizione di dettaglio sulla gestione dei rifiuti e dei residui di lavorazione si rimanda all'Allegati LCG-RP01-A05-V00-“Piano preliminare di gestione rifiuti”.

#### **4.2.4.3 Fase di esercizio**

Durante la fase di esercizio dei pozzi non è prevista la produzione di rifiuti se non quelli legati alle normali attività di pulizia ordinaria delle aree pozzi (taglio di erba o piante).

#### **4.2.5 Emissioni sonore**

##### **4.2.5.1 Fase di cantiere**

Durante la fase di cantiere il rumore è generato dall'utilizzo e dal movimento dei mezzi necessari per la costruzione delle opere in progetto e dal movimento dei mezzi da e verso il cantiere. In generale all'interno del cantiere le perturbazioni sonore sono dovute al movimento e alle operazioni di scavo degli escavatori e delle pale meccaniche, ai martelli pneumatici, alle operazioni di carico e scarico dei materiali dagli autocarri, al funzionamento dei generatori elettrici. All'esterno del cantiere l'unica sorgente di rumore è quella dovuta alla movimentazione degli autocarri e delle betoniere necessaria per l'approvvigionamento dei materiali per il cantiere. Il cantiere per la realizzazione delle opere in progetto è pertanto assimilabile ad un normale cantiere edile che rimarrà aperto per circa 8h al giorno nella fascia oraria dalle 8:00 alle 17:00. Le macchine usate sono quelle tipiche utilizzate in tutti i cantieri edili per cui si avranno le stesse sorgenti sonore.

Da notare che successivamente alla preparazione della piazzola è previsto il montaggio dell'impianto di perforazione questa fase tuttavia risulta meno impattante di quella precedente in quanto della durata di una decina di giorni.

166

Per un maggiore dettaglio sulle emissioni sonore in fase di preparazione della piazzola di perforazione si rimanda alla relazione acustica.

##### **4.2.5.2 Fase di perforazione**

Una potenziale sorgente di rumore si avrà nella fase di montaggio e smontaggio dell'impianto di perforazione. Infatti durante questa fase si avrà il passaggio dei mezzi che trasportano le varie parti dell'impianto di perforazione e sul cantiere dai mezzi che servono per il montaggio delle strutture.

Durante la perforazione del pozzo l'impatto sulla componente rumore è dovuto principalmente alle parti meccaniche dell'impianto di perforazione, in particolare:

- ai motori diesel in dotazione all'impianto;
- alle pompe che servono per far circolare i fluidi di perforazione;
- ai gruppi generatori;
- al vibrovaglio;
- al movimento del mast dell'impianto;
- al rumore generato dalle prove di produzione.

Altri impatti sono generati dal rumore degli automezzi che si muovono nel cantiere e da quelli che portano il materiale di approvvigionamento per il funzionamento dell'impianto.

L'impianto di perforazione adottato per questo progetto è un Drillmec serie HH considerato tra quelli più moderni attualmente disponibili. Su questa tipologia di impianto sono state adottate soluzioni tecniche volte alla riduzione degli spazi occupati e del rumore emesso attraverso sistemi di insonorizzazione per i vari componenti come per il sistema di ventilazione dei generatori diesel.

La riduzione delle emissioni sonore di questo impianto rispetto ad uno tradizionale quindi è raggiunta attraverso l'utilizzo di un sistema di perforazione elettroidraulico con emissioni sonore prevalentemente a bassa frequenza e senza componenti tonali o impulsive.

Per quanto riguarda le prove di produzione si stima che il livello di rumore sarà dell'ordine di 90 dB.

#### **4.2.5.3 Fase di esercizio**

In fase di esercizio, i pozzi non producono rumore significativo.

#### **4.2.6 Analisi degli eventi accidentali**

##### **4.2.6.1 Fase di cantiere**

I rischi di eventi accidentali in fase di cantiere che qui interessano sono quelli che possono comportare conseguenze a danno dell'ambiente. Si rimanda invece ad altri ambiti di competenza per le problematiche strettamente associate alla tutela dei lavoratori, in particolare per quanto riguarda le misure di protezione passiva (direttamente connesse alla limitazione del danno a carico delle persone) e per le tipologie di eventi incidentali che non hanno, in generale, rilevanza ambientale (folgorazioni, urti, cadute, ecc.).

Naturalmente, una parte significativa degli eventi che possono determinare danno alla salute dei lavoratori sono potenzialmente dannosi anche per l'ambiente (collisioni e ribaltamenti dei mezzi d'opera, rotture di serbatoi, sversamenti di sostanze tossiche, ecc.): da questo punto di vista, pertanto, gli accorgimenti e le misure adottate per prevenire queste situazioni di rischio presentano pari benefici anche dal punto di vista ambientale.

Una ulteriore quota di eventi accidentali, invece, si presenta potenzialmente più critica dal punto di vista meramente ambientale (ad esempio, interferenze non previste con la falda sia in fase di perforazione che in fase di scavo, ovvero dispersione nel suolo e/o nel sottosuolo di sostanze inquinanti dovute a non corretta esecuzione di operazioni di varia natura, ecc.) e non viene quindi espressamente considerata nell'ambito della tutela dei lavoratori. Da questo punto di vista, peraltro, è necessario precisare che le procedure operative di cantiere prevedono esplicite misure per la gestione di tutte le evenienze

cite, anche ove non direttamente attinenti alla sicurezza dei lavoratori. Ciò posto, i potenziali fattori di impatto ambientale legati ad eventi imprevisti in fase di realizzazione delle opere non presentano specifiche criticità, in quanto:

- le attività di cantiere non prevedono l'utilizzo e la gestione di sostanze tossiche o inquinanti in quantità significative;
- non sono previste, al momento, aree di stoccaggio di carburante per il rifornimento dei mezzi, da considerarsi potenziali fonti di inquinamento accidentale in caso di manovre errate;
- le misure adottate per la protezione del suolo e delle eventuali acque superficiali (con le quali, peraltro, non è prevista alcuna interferenza) consentono di affermare che anche in caso di eventi accidentali non si avranno effetti significativi a carico di tali componenti;
- gli scavi necessari per la predisposizione della piazzola e delle altre aree di lavoro non andranno ad interferire con falde sotterranee in quanto, vista la natura poco permeabile dei depositi, non sono presenti.

#### **4.2.6.2 Fase di perforazione**

Per quanto riguarda invece il rischio di incidenti durante le fasi di perforazione, si sono già viste nei paragrafi precedenti sia la loro eventuale consistenza, sia le misure di prevenzione previste. In particolare, è da sottolineare come le sostanze impiegate in questa fase (acqua, argilla bentonitica, ecc) non presentino in sé alcun potenziale di rischio, ad eccezione di quello per incendio e scoppio per i carburanti in fase di rifornimento, per i gas di saldatrici ossiacetileniche o per i contenitori di gas propano. Tale livello di rischio, peraltro, è assimilabile a quello di qualsiasi cantiere od officina di lavorazioni elettromeccaniche, per cui l'adozione delle buone pratiche correnti e delle misure previste dalle norme garantiranno un livello di prevenzione più che adeguato.

168

Per quanto riguarda la tecnologia impiegata, questa è, nelle sue linee essenziali, più che collaudata, ed i progressi tecnologici ne hanno molto accresciuto i livelli di sicurezza ed affidabilità. L'impianto di perforazione che verrà utilizzato è di ultima generazione e conforme a tutti i criteri di sicurezza; le tipiche modalità di svolgimento del lavoro saranno garantite dalla presenza in cantiere di operatori specializzati e con lunga esperienza. Il cantiere rispetterà inoltre tutte le norme di sicurezza previste dalla normativa vigente, con la produzione del relativo piano di sicurezza e l'applicazione di ogni accorgimento necessario, in parte già visto nei paragrafi precedenti.

Un'ulteriore garanzia sulla sicurezza dei cantieri di perforazione è data dalle severe normative sulla sorveglianza, comprensiva di sopralluoghi, da parte di ispettori degli organi di Polizia Mineraria sia prima, che durante, che al termine dei lavori.

Per quanto riguarda il rischio di eventi incidentali durante le fasi di montaggio dell'impianto per le prove di produzione (con possibili ripercussioni sull'ambiente), i lavori che verranno eseguiti non comportano forme di rischio specifiche in relazione ai mezzi d'opera impiegati, ai materiali, alla tecnologia ed alla metodologia operativa.

#### **4.2.6.3 Fase di esercizio**

La perforazione e il completamento dei pozzi, come descritto nei paragrafi precedenti, saranno realizzati applicando le migliori e più moderne tecnologie in modo da garantire una perfetta riuscita dei pozzi. Inoltre tutte le operazioni di cementazione e completamento saranno eseguite da ditte estremamente specializzate e di grande esperienza che provvederanno anche a rilasciare le opportune certificazioni di omologazione delle operazioni di cementazione. Pertanto in fase di esercizio dei pozzi non si prevedono eventi incidentali.

### **4.3 POSTAZIONE DI PERFORAZIONE LUCIGNANO 2**

#### **4.3.1 Uso di risorse**

La fase di perforazione di un pozzo geotermico necessita il consumo di alcune risorse naturali in quanto direttamente necessarie per il funzionamento degli impianti di perforazione utilizzati (gasolio, acqua, ecc) sia indirettamente perché legate alla preparazione delle aree per ospitare l'impianto di perforazione (suolo, cemento, inerti, ecc).

Per quanto riguarda invece la fase di esercizio dei pozzi non è previsto l'utilizzo di alcuna risorsa naturale, né, più in generale, di materie prime.

##### **4.3.1.1 Suolo e sottosuolo**

L'impianto di perforazione occupa un superficie complessiva di 8365 m<sup>2</sup>. Tale superficie è quella minima necessaria all'operatività dell'impianto in tutta sicurezza. Infatti l'impianto di perforazione è dotato di un nucleo centrale costituito dalla sottostruttura dell'impianto, dalla torre di perforazione, dai generatori elettrici e dalle vasche fango che occupano la parte centrale della postazione, tutti gli altri moduli dell'impianto (officina, box attrezzature, magazzino) sono dislocati in modo perimetrale alla postazione e posti ad una distanza di sicurezza dalla torre. In particolare i box che ospitano il personale che lavoro sull'impianto (uffici, spogliatoi, sala riunioni, bagni) devono essere posizionati ad un distanza maggiore di quella di caduta della torre di perforazione che per l'impianto considerato è di 31 m.

Lo scotico comprensivo della copertura vegetale sarà asportato e conservato in cantiere in un'area appositamente dedicata per essere poi riutilizzato nella fase di ripristino ambientale.

Il progetto, prevedendo di effettuare due pozzi geotermici con profondità da raggiungere di 3800 m, necessariamente avrà interazione con le unità rocciose del sottosuolo. Infatti per l'esecuzione della perforazione viene utilizzata la tecnica a rotazione o rotary che impiega uno scalpello che posto in rotazione esercita una azione di frantumazione della roccia e quindi di scavo verticale. La rimozione del terreno in sottosuolo è comunque circoscritta e confinata lungo l'asse del foro. Sulla base del

programma di perforazione si stima una produzione di cuttings di poco superiore ai 489 m<sup>3</sup> per il pozzo verticale e circa 511 m<sup>3</sup> per il pozzo deviato.

#### **4.3.1.2 Materiali inerti e calcestruzzo**

La preparazione della postazione di perforazione prevede la realizzazione di una massicciata con materiale inerte consolidato. Si prevede di utilizzare circa 2641 m<sup>3</sup> di inerti che saranno garantiti da cave già in attività, gestite da ditte locali operativamente presenti nelle zone limitrofe all'area di progetto, in grado di fornire i quantitativi richiesti di materiali. In alternativa si potranno utilizzare inerti derivanti da attività di recupero. Per la costruzione delle opere in cemento armato è previsto l'utilizzo di circa 1364 m<sup>3</sup> di calcestruzzo che arriverà in cantiere già confezionato tramite betoniera (Tabella 4-7).

#### **4.3.1.3 Consumo e approvvigionamento idrico**

In fase di cantiere è previsto un modesto impiego di acqua per la bagnatura dei cumuli di materiale da scavo e per usi civili che verrà approvvigionata mediante autobotte.

Il quantitativo di acqua necessario alla realizzazione del pozzo invece ha una stretta dipendenza dalla durata delle fasi di perforazione in regime di perdita totale di circolazione, dalla portata dell'assorbimento e dalla profondità a cui vengono rinvenuti gli orizzonti assorbenti. Questi orizzonti sono tipicamente strutture caratterizzate da una elevata permeabilità secondaria a carattere anisotropo la cui conoscenza a priori è impossibile, pertanto è di conseguenza difficile da stimare i volumi di acqua necessari previsti. Possono però essere fatte delle stime cautelativa partendo dalle conoscenze dei pozzi perforati in aree limitrofe. Pertanto i quantitativi previsti sono:

- Una quantità complessiva per la preparazione dei fanghi pari a circa 473 m<sup>3</sup> per il pozzo verticale e 495 m<sup>3</sup> per ognuno dei pozzi deviati;
- Una riserva idrica, nel caso di perdite improvvise di fluidi pari a 2547 m<sup>3</sup> stoccati in nelle vasche predisposte.

Tale riserva potrà garantire, infatti, l'utilizzo della portata massima stimata di 60 m<sup>3</sup>/h per un periodo di oltre 42.5 ore.

Per l'approvvigionamento idrico si prevede di prelevare l'acqua dal pozzo per acqua ubicato in località Fiumarello gestito dall'acquedotto del Fiora realizzando un acquedotto temporaneo fino alle postazioni di perforazione (Figura 4-1).

Il fabbisogno idrico massimo di circa 1 m<sup>3</sup>/giorno per i servizi igienici sarà garantito tramite una cisterna di circa 10 m<sup>3</sup> di capacità, ricaricata settimanalmente. Le acque reflue saranno raccolte in apposite vasche e inviate settimanalmente a trattamento tramite ditta specializzata.

#### 4.3.1.4 Consumo e approvvigionamento di altre materie prime

Tutte le altre materie prime necessarie per l'allestimento della postazione di perforazione e lo svolgimento dell'attività regolare di perforazione (combustibili, fanghi bentonitici, ecc.) saranno regolarmente approvvigionate dall'esterno. In Tabella 4-7 sono riportate le quantità di materie prime utilizzate per l'allestimento della postazione di perforazione mentre in Tabella 4-8 sono riportate le quantità di materie prime utilizzate per la fase di perforazione dei pozzi.

Materiale	u.m.	quantità
Inerte pezzatura 4/7 stabilizzato in curva	mc	1981
Misto granulare pezzatura 0/30 stabilizzato in curva	mc	660
Calcestruzzo magro	mc	316
Calcestruzzo C20/25	mc	1048
Ferro per armatura	ton	157
Prefabbricati per cunicoli	cad.	48
Casseratura	mq	1498
Tessuto non tessuto	mq	8365
Recinzione mobile	ml	887
Tubazioni e sottoservizi	ml	110
Pozzetti in cls	cad.	18
Chiusino in ghisa per chiusini	cad.	18
Canaletta in cls (mezzo tubo)	ml	548

Tabella 4-7. Materie prime utilizzate per la preparazione della postazione di perforazione.

Materiale	u.m.	quantità
Gasolio	t	2100
Fango bentonitico	mc	473 (pozzo verticale) 495 (pozzo deviato)
Soda caustica	t	150
Olio vegetale	t	50
Additivi fango	t	80
Acido cloridico	t	500
Acido fluoridrico	t	50
Casing	t	222 (pozzo verticale) 223 (pozzo deviato)
Cemento	t	328
Acqua dolce	mc	32153 (pozzo verticale) 56655 (pozzo deviato)

Tabella 4-8. Quantità di materie prime utilizzate durante la fase di perforazione di ogni pozzo.

### **4.3.2 Emissioni in atmosfera**

#### **4.3.2.1 Fase di cantiere**

Gli impatti previsti sulla qualità dell'aria nella fase di cantiere sono dovuti principalmente al sollevamento di polveri derivante dagli scavi e alle emissioni dei motori dei veicoli coinvolti nelle operazioni di cantiere. Per quanto riguarda invece il montaggio dell'impianto, le sorgenti emissive sono i mezzi alimentati da motori diesel, ossia Fork Lift e Autogru. Data la ridotta velocità dei mezzi non si prevedono invece sollevamenti di polveri significativi per le fasi di trasporto dei materiali da costruzione e da scavo, nonché delle attrezzature e dell'impianto.

Gli accorgimenti da adottare per il contenimento di tutte queste emissioni consisteranno principalmente in:

- formazione degli addetti ai lavori ai fini di una movimentazione dei materiali finalizzata al contenimento di polveri;
- eventuale bagnatura delle sedi viarie;
- formazione di cumuli di inerti di dimensioni ridotte e il più compattati possibile;
- copertura con teloni dei materiali trasportati, dove necessario in base alla relativa tipologia.

In ragione delle modalità tecniche previste e degli accorgimenti adottati, del contenuto incremento del traffico veicolare e della reversibilità immediata dell'impatto al termine dei lavori, e in virtù del fatto che nelle immediate vicinanze della piazzola di perforazione non sono presenti recettori sensibili, si ritiene che le operazioni di cantiere non determineranno impatti significativi sulla qualità dell'aria, anche considerando che queste attività avranno una durata limitata (circa 60 giorni).

172

#### **4.3.2.2 Fase di perforazione**

##### **4.3.2.2.1 Emissioni dei motori diesel necessari al funzionamento dell'impianto di perforazione**

Per quanto riguarda la fase di perforazione, le emissioni sono invece quelle dei gruppi elettrogeni (e di quello di emergenza) di cui è provvisto l'impianto Drillmec HH. I motori diesel sono omologati e certificati per rispettare i limiti di emissione imposti dalla normativa europea e nazionale.

In Tabella 4-9 sono riportati i risultati delle analisi dirette delle emissioni di inquinanti condotte su un generatore in dotazione ad un impianto simile a quello che verrà utilizzato in questo progetto. Le emissioni rispettano i limiti del D.Lgs 3 aprile 2006 n. 152 (Tabella 4-10).

Inquinanti emessi (O <sub>2</sub> rif. 5%)	Concentrazione (mg/Nm <sup>3</sup> )	Flusso massa (g/h)	Metodo
PM	97,1	108,1	UNI EN 13284-1
CO	50,1	55,8	UNI 9969
NO <sub>2</sub>	2793,3	3110,9	ISTISAN 98/2

Tabella 4-9. Emissioni di inquinanti da un generatore in dotazione all'impianto di perforazione.

Inquinante	Valore limite (mg/Nm <sup>3</sup> )
PM	130
CO	650
NO <sub>2</sub>	4000

Tabella 4-10. Valori limite secondo il D.lgs152/06.

Al riguardo, gli accorgimenti adottati riguardano principalmente la salute dei lavoratori che operano all'interno del cantiere, ottenuta grazie ad un opportuno posizionamento della piazzola e, al suo interno, della macchina di perforazione, che sarà orientata sulla base della direzione prevalente dei venti nel periodo di attività, in modo da minimizzare il trasporto degli inquinanti verso l'area della perforazione, dove per gran parte del tempo operano gli addetti al cantiere.

#### **4.3.2.2 Emissioni dovute al traffico dei mezzi che riforniscono l'impianto**

Una volta che l'impianto è montato sulla postazione di perforazione è necessario rifornirlo dei materiali utili alla perforazione (aste, fanghi, gasolio, ecc) e contemporaneamente prelevare i materiali di scarto e i rifiuti (fanghi esausti, cutting, rifiuti urbani). Al traffico indotto da queste attività si deve aggiungere quello generato dai mezzi che portano le attrezzature per i log di pozzo. In Tabella 4-11 sono elencate le tipologia di mezzi utilizzati per queste operazioni. Il traffico indotto per trasportare i materiali verso l'impianto e portare via i rifiuti è di circa 1-2 trasporti il giorno. Si ritiene pertanto che non si avranno impatti sulla qualità dell'aria da questo tipo di attività.

173

Macchinario	Potenza (kW)	numero	tipologia
Camion trasporto materiali per perforazione e cuttings	370	2	Mezzo commerciale pesante, diesel, 30 ton
Autocarro per trasporto rifiuti	100	2	Mezzo commerciale leggero (<3.5 t), diesel
Autocarro per attrezzature log	300	3	Mezzo commerciale leggero (<3.5 t), diesel

Tabella 4-11. Macchinari utilizzati per il rifornimento dell'impianto di perforazione.

#### **4.3.2.3 Eventuale fuoriuscita di fluidi dal pozzo**

Durante la perforazione potrebbero avvenire possibili emissioni di fluidi geotermici. L'accadimento di questi fenomeni potrebbe avvenire sia nel corso che immediatamente dopo la fine delle operazioni di perforazione. Riguardo a ciò va evidenziato che il profilo del pozzo secondo il programma di perforazione si svolge per la sua prima parte

all'interno di unità costituite da conglomerati, sabbie e lignite per poi passare alle unità delle Argille a Palombini e Fylsch calcareo/marnoso. Queste unità costituiscono la copertura del campo geotermico e per loro natura hanno poca probabilità di essere sede di fluidi geotermici. Tuttavia allo stato attuale delle conoscenze non si può totalmente escludere che il pozzo possa intercettare una frattura superficiale, o qualche livello permeabile anche all'interno della copertura. Nella restante parte della perforazione (quella più profonda), il pozzo attraverserà le formazioni carbonatiche appartenenti alla serie toscana e la serie metamorfica, formazioni dove è collocato il serbatoio geotermico. Proprio in queste formazioni dovrebbe verificarsi il rinvenimento di fluidi geotermici.

L'insorgere di potenziali emissioni incontrollate di fluidi endogeni dal pozzo è controllata tramite i fanghi di perforazione e la presenza sulla testa pozzo di un *Blow Out Preventer* (BOP). Il primo sistema di controllo per evitare che fluidi geotermici entrino in modo incontrollato nel pozzo è l'utilizzo del fango di perforazione. Infatti il fango con il suo peso avrà il compito di contrastare l'ingresso di fluidi di strato. Affinché questa condizione sia sempre verificata la pressione del fango verrà mantenuta costantemente uguale o superiore di quella dello strato. Tuttavia nel caso in cui si vengono a creare condizioni geologiche per le quali i fluidi di strato hanno pressioni superiori al gradiente idrostatico e alla pressione esercitata dal fango di perforazione, si ha un ingresso dei fluidi di strato nel pozzo. Questi essendo più leggeri del fango di perforazione risalgono verso la superficie. Questa condizione generalmente si manifesta in superficie con l'aumento del volume di fango nelle vasche. Al fine di evitare la fuoriuscita incontrollata dei fluidi, sulla testa pozzo è installato un BOP con il compito di chiudere in modo automatico il pozzo preservando il personale di servizio e le attrezzature da incidenti e la diffusione in atmosfera delle emissioni.

174

Al fine di evidenziare tempestivamente la presenza di eventuali gas fuoriusciti dal pozzo ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$ ), l'impianto di perforazione è dotato di appositi rilevatori ubicati sia all'interno del cantiere che lungo il suo perimetro. I sensori sono provvisti di sistemi di allarme acustico e luminoso che si attivano quando vengono superate determinate soglie di concentrazione. La ACGIH (American Conference of Governmental and Industrial Hygienist) ha stabilito i valori di soglia TLV-TWA che esprimono la concentrazione limite, calcolata come media ponderata nel tempo su 8 ore/giorno e 40 ore settimanali, alle quali tutti i lavoratori possono essere esposti, giorno dopo giorno senza effetti avversi per la salute per tutta la vita lavorativa. Per l'idrogeno solforato ( $\text{H}_2\text{S}$ ) si tratta di 1 ppm, per l'anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ) 5000 ppm, per il metano ( $\text{H}_4$ ) 1000 ppm.

Inoltre al fine di monitorare ulteriormente l'andamento della perforazione e di eventuali venute di gas, sono previsti dei sensori che misurano e controllano il valore del pH e del volume del fango di perforazione. Infatti variazioni di questi due parametri possono indicare probabili venute di gas all'interno del pozzo.

#### **4.3.2.2.4 Fuoriuscita di gas dal pozzo durante le prove di produzione**

Una volta completata la perforazione, raggiunto l'obiettivo minerario e rinvenuti fluidi geotermici si procederà con la loro caratterizzazione tramite l'esecuzione di prove di produzione. L'impianto per le prove di produzione è dotato di un separatore atmosferico a cui è collegato un silenziatore. Nel separatore avviene la separazione a pressione atmosferica tra vapore e acqua. Il vapore viene rilasciato in atmosfera mentre l'acqua geotermica in uscita dalla base del separatore sarà accumulata nelle apposite vasche in dotazione all'impianto di produzione. La durata della prova sarà condizionata dalla reale capacità produttiva del pozzo e dalle dimensioni della vasca di contenimento. Si ritiene che una prova di 1 giorno sia da ritenersi significativa ai fini della caratterizzazione del *reservoir* per ottenere dati di produzione sufficientemente stabilizzati.

La potenziale alterazione della qualità dell'aria durante l'esecuzione delle prove è stata valutata in relazione:

- alle caratteristiche chimico-fisiche dei fluidi;
- alle modalità esecutive delle prove.

Per quanto riguarda le caratteristiche dei fluidi ci si aspetta una composizione del gas in linea con quella dei fluidi provenienti da pozzi geotermici più prossimi all'area di progetto e relativi al campo geotermico di Larderello. I fluidi rilasciati in atmosfera sono costituiti per circa il 90% da vapore d'acqua e il restante 10% da gas. Il gas è costituito prevalentemente da anidride carbonica con la presenza per la parte rimanente di azoto e metano con tracce di idrogeno solforato, non è presente di norma l'anidride solforosa.

175

In base a queste considerazioni e tenendo presente che la prova di produzione avrà una durata limitata nel tempo è possibile ritenere che i fluidi emessi in atmosfera sono principalmente vapore d'acqua e quantità limitate di anidride carbonica. Pertanto tenendo conto anche della distanza dei ricettori di circa 240 m si ritiene che non vi siano apprezzabili ricadute delle emissioni gassose dal pozzo presso le strutture abitate.

Il sistema di sensori presente sull'impianto di perforazione visto nel paragrafo precedente sarà in grado di rilevare il superamento dei valori di soglia per l'idrogeno solforato, l'anidride carbonica e per il metano.

#### **4.3.2.3 Fase di esercizio**

Per quanto riguarda la fase di esercizio dei pozzi di reiniezione non sono previste emissioni in atmosfera. Infatti il fluido geotermico che proviene dall'impianto ORC attraverso la rete di trasporto dei fluidi rimane completamente isolato dall'ambiente esterno.

### **4.3.3 Interazione con le acque superficiali e sotterranee**

#### **4.3.3.1 Fase di cantiere**

In merito alle acque superficiali possono essere individuati le seguenti interazioni:

- possibilità di avere uno sversamento accidentale di materiale inquinante per eventi accidentali dovuti ai mezzi meccanici che operano sul cantiere;
- possibili interazione con le acque piovane;
- approvvigionamento idrico per confezionamento cemento;
- scarichi di origine civile.

Per quanto riguarda le eventuali interferenze con falde superficiali va sottolineato che il progetto si trova ubicato in parte su depositi argillosi (Argille del Torrente Fosci) all'interno dei quali difficilmente è presente una falda superficiale, e in parte su depositi alluvionali. Questi ultimi in funzione della granulometria possono essere sede di falde superficiali magari di tipo stagionale. L'eventuale presenza di falde superficiali in questi depositi sarà comunque accertata in fase esecutiva attraverso specifiche indagini. Al di sotto di questi depositi neogenici i pozzi si troveranno ad attraversare un substrato roccioso impermeabile (Formazione delle Argille a Palombini) che agisce da setto di separazione tra la superficie e le unità di sottosuolo che possono essere sede di acquiferi, per questo motivo non si andranno a verificare potenziali impatti sulle acque sotterranee.

Il cantiere per la realizzazione della piazzola di perforazione tuttavia è del tutto simile ai classici cantieri edili e pertanto anche in questo caso verranno adottati i normali accorgimenti per una buona gestione del cantiere che permetteranno di evitare potenziali impatti sulla componente acqua.

Per quanto riguarda il consumo di acqua per il confezionamento del cemento che sarà utilizzato per la costruzione del piano sonda, delle vasche fanghi, delle vasche acque e della vasca gasolio, si deve precisare che il cemento arriverà in cantiere già confezionato tramite autobotte per cui non si prevede consumo di acqua per questa operazione.

#### **4.3.3.2 Fase di perforazione**

In merito invece alle fase di perforazione si possono individuare i seguenti potenziali impatti sulle acque superficiali e sotterranee.

##### **4.3.3.2.1 Scarichi di origine civile**

Gli scarichi civili provenienti dai servizi igienici contenuti nelle baracche del personale, per un carico totale di 11 abitanti equivalenti, vengono trattati conformemente alla Legge n° 319/76, al D.Lgs. 152/99 e successive integrazioni, nonché alla Legge Regionale n° 5/86; essi vengono indirizzati mediante tubazione in P.V.C. ad una vasca interrata monoblocco prefabbricata a tenuta stagna in ca.v. da 15 mc. Con cadenza settimanale, si provvederà allo svuotamento mediante aspirazione con pompa mobile; i liquami saranno caricati su autobotte e avviati all'impianto di depurazione per il successivo smaltimento.

#### **4.3.3.2 Interazione con le acque meteoriche**

La postazione di perforazione è dotata di un sistema di regimazione delle acque meteoriche in grado di regolare il deflusso delle acque che ricadono all'interno delle varie aree del cantiere e dirigerle verso le vasche di raccolta in modo che non si creino ristagni superficiali. Per una descrizione di dettaglio si rimanda al paragrafo 3.3.2.6- Sistema di regimazione idrica.

#### **4.3.3.2.3 Interferenze con le falde superficiali da parte del fluido geotermico o del fango di perforazione**

In merito alla potenziale interferenza con falde acquifere superficiali si sottolinea come la prima parte della perforazione (490 m) avverrà all'interno di argille, conglomerati, sabbie e ligniti che di per se difficilmente possono contenere falde superficiali. Non si può escludere comunque la presenza di eventuali falde superficiali nei livelli conglomeratici o sabbiosi. L'immissione del tubo guida fino alla profondità di 35-40 m garantirà la protezione di eventuali falde presenti negli strati più superficiali. Dalla profondità di 490 m a 820 m la perforazione attraverserà le unità afferenti alla Formazione delle Argille a Palombini e del Flysch calcareo-marnoso. Per la loro natura prevalentemente impermeabili, all'interno di queste rocce difficilmente può essere presente una falda acquifera. Tuttavia per evitare contaminazioni di un eventuale acquifero superficiale, la perforazione dei primi 200 m di pozzo verrà condotta utilizzando solo acqua e bentonite senza uso di additivi, adottando quindi la stessa metodologia operativa che si utilizza per la perforazione dei pozzi per acqua. Al termine della perforazione di questo tratto sarà inserita una colonna da 20" e verrà cementata la scarpa e l'intercapedine a giorno. Il successivo tratto di pozzo, una volta perforato, verrà rivestito con il *casing* da 13"3/8, la scarpa sarà posizionata a quota di 850 m e cementato a giorno. Raggiunta la profondità di 1700 m sarà inserito il *casing* da 9"5/8 e cementato a giorno. Operando con queste modalità l'acquifero sarà completamente isolato dal pozzo garantendone una completa protezione da eventuali rischi di inquinamento. Si deve ricordare che il fango è uno strumento necessario e irrinunciabile per la corretta conduzione della perforazione e in grado di garantire il controllo della pressione di formazione del serbatoio geotermico. Il fango bentonico è una miscela di acqua e minerali argillosi, in genere viene utilizzata la bentonite, e pertanto ha una composizione naturale che non può in alcun modo recare modificazioni nocive sulla qualità delle eventuali acque di falda incontrate durante la perforazione.

In merito ad una eventuale interazione tra acquifero superficiale e fluidi geotermici presenti nel serbatoio, si deve sottolineare che la presenza del *casing* e della cementazione impone al fluido geotermico di risalire verso la superficie attraverso l'interno del pozzo senza interazione con gli eventuali acquiferi presenti.

#### **4.3.3.2.4 Interazione con le acque superficiali e sotterranee durante la prova di produzione.**

Durante le prove di produzione il fluido geotermico risalirà attraverso il pozzo direttamente dal serbatoio geotermico alla testa pozzo senza interazioni con i corpi idrici superficiali. Dalla testa pozzo sarà convogliato tramite una tubazione verso il separatore/silenziatore dove avverrà la separazione tra fase vapore e fase liquida. Come precedentemente spiegato la fase vapore verrà rilasciata in atmosfera. La fase liquida (acqua geotermica) all'uscita dal separatore verrà convogliata all'interno delle vasche acqua. Visto che queste opere sono realizzate in cemento armato non si avranno perdite di fluido verso l'esterno. A fine prova i fluidi geotermici saranno reiniettati nel pozzo direttamente nelle formazioni di provenienza.

#### **4.3.3.3 Fase di esercizio**

Per quanto riguarda la fase di esercizio dei pozzi non sono previste interazioni con le acque superficiali o sotterranee in virtù delle modalità di realizzazione dei pozzi descritte nei paragrafi precedenti.

#### **4.3.4 Produzione di rifiuti e di residui di lavorazione**

##### **4.3.4.1 Fase di cantiere**

Nella fase di cantiere la realizzazione della viabilità e della piazzola possono originare rifiuti assimilabili a quelli di un tipico cantiere edile ed essenzialmente riconducibili alle seguenti tipologie:

- sfridi di ferro;
- parti di cassetture;
- pezzi di tubazione in PVC, acciaio, PEAD;
- sfridi di tessuto non tessuto;
- parti di recinzione di cantiere danneggiate (le recinzioni con pannelli di tipo mobile saranno tutte recuperate);
- rifiuti solidi urbani o assimilabili (imballaggi, cartoni, legni, plastiche etc.);
- liquami derivanti da fosse biologiche.

##### **4.3.4.2 Fase di perforazione**

Nella fase di perforazione i materiali di scarto sono riconducibili alla seguente tipologia:

- detriti di perforazione a base di acqua derivanti dalle rocce fratturate durante la perforazione (*cuttings*);
- fango di perforazione in eccesso o esausto, ossia scartato per esaurimento delle proprietà chimico - fisiche;
- additivi del fango di perforazione, utilizzati per diminuire gli attriti;

- acque reflue (fluidi esausti, acque provenienti dalla disidratazione del fango in eccesso, acque di lavaggio impianto, acque meteoriche e acque da fossa biologica);
- rifiuti solidi urbani e assimilabili;
- oli esausti;
- liquami civili derivanti dalle fosse biologiche.

Tutti questi materiali saranno smaltiti nel rispetto della vigente normativa. Per una descrizione di dettaglio sulla gestione dei rifiuti e dei residui di lavorazione si rimanda all'Allegato LCG-RP01-A05-V00-“Piano preliminare di gestione dei rifiuti”.

#### **4.3.4.3 Fase di esercizio**

Durante la fase di esercizio dei pozzi non è prevista la produzione di rifiuti se non quelli legati alle normali attività di pulizia ordinaria delle aree pozzi (taglio di erba o piante).

#### **4.3.5 Emissioni sonore**

##### **4.3.5.1 Fase di cantiere**

Durante la fase di cantiere il rumore è generato dall'utilizzo e dal movimento dei mezzi necessari per la costruzione delle opere in progetto e dal movimento dei mezzi da e verso il cantiere. In generale all'interno del cantiere le perturbazioni sonore sono dovute al movimento e alle operazioni di scavo degli escavatori e delle pale meccaniche, ai martelli pneumatici, alle operazioni di carico e scarico dei materiali dagli autocarri, al funzionamento dei generatori elettrici. All'esterno del cantiere l'unica sorgente di rumore è quella dovuta alla movimentazione degli autocarri e delle betoniere necessaria per l'approvvigionamento dei materiali per il cantiere. Il cantiere per la realizzazione delle opere in progetto è pertanto assimilabile ad un normale cantiere edile che rimarrà aperto per circa 8h al giorno nella fascia oraria dalle 8:00 alle 17:00. Le macchine usate sono quelle tipiche utilizzate in tutti i cantieri edili per cui si avranno le stesse sorgenti sonore.

Da notare che successivamente alla preparazione della piazzola è previsto il montaggio dell'impianto di perforazione questa fase tuttavia risulta meno impattante di quella precedente in quanto della durata di una decina di giorni.

Per un maggiore dettaglio sulle emissioni sonore in fase di preparazione della piazzola di perforazione si rimanda alla relazione acustica.

##### **4.3.5.2 Fase di perforazione**

Una potenziale sorgente di rumore si avrà nella fase di montaggio e smontaggio dell'impianto di perforazione. Infatti durante questa fase si avrà il passaggio dei mezzi che trasportano le varie parti dell'impianto di perforazione e sul cantiere dai mezzi che servono per il montaggio delle strutture.

Durante la perforazione del pozzo l'impatto sulla componente rumore è dovuto principalmente alle parti meccaniche dell'impianto di perforazione, in particolare:

- ai motori diesel in dotazione all'impianto;
- alle pompe che servono per far circolare i fluidi di perforazione;
- ai gruppi generatori;
- al vibrovaglio;
- al movimento del mast dell'impianto;
- al rumore generato dalle prove di produzione.

Altri impatti sono generati dal rumore degli automezzi che si muovono nel cantiere e da quelli che portano il materiale di approvvigionamento per il funzionamento dell'impianto.

L'impianto di perforazione adottato per questo progetto è un Drillmec serie HH considerato tra quelli più moderni attualmente disponibili. Su questa tipologia di impianto sono state adottate soluzioni tecniche volte alla riduzione degli spazi occupati e del rumore emesso attraverso sistemi di insonorizzazione per i vari componenti come per il sistema di ventilazione dei generatori diesel.

La riduzione delle emissioni sonore di questo impianto rispetto ad uno tradizionale quindi è raggiunta attraverso l'utilizzo di un sistema di perforazione elettroidraulico con emissioni sonore prevalentemente a bassa frequenza e senza componenti tonali o impulsive.

180

Per quanto riguarda le prove di produzione si stima che il livello di rumore sarà dell'ordine di 90 dB.

#### **4.3.5.3 Fase di esercizio**

In fase di esercizio, i pozzi non producono rumore significativo.

#### **4.3.6 Analisi degli eventi accidentali**

##### **4.3.6.1 Fase di cantiere**

I rischi di eventi accidentali in fase di cantiere che qui interessano sono quelli che possono comportare conseguenze a danno dell'ambiente. Si rimanda invece ad altri ambiti di competenza per le problematiche strettamente associate alla tutela dei lavoratori, in particolare per quanto riguarda le misure di protezione passiva (direttamente connesse alla limitazione del danno a carico delle persone) e per le tipologie di eventi incidentali che non hanno, in generale, rilevanza ambientale (folgorazioni, urti, cadute, ecc.).

Naturalmente, una parte significativa degli eventi che possono determinare danno alla salute dei lavoratori sono potenzialmente dannosi anche per l'ambiente (collisioni e ribaltamenti dei mezzi d'opera, rotture di serbatoi, sversamenti di sostanze tossiche, ecc.): da questo punto di vista, pertanto, gli accorgimenti e le misure adottate per

prevenire queste situazioni di rischio presentano pari benefici anche dal punto di vista ambientale.

Una ulteriore quota di eventi accidentali, invece, si presenta potenzialmente più critica dal punto di vista meramente ambientale (ad esempio, interferenze non previste con la falda sia in fase di perforazione che in fase di scavo, ovvero dispersione nel suolo e/o nel sottosuolo di sostanze inquinanti dovute a non corretta esecuzione di operazioni di varia natura, ecc.) e non viene quindi espressamente considerata nell'ambito della tutela dei lavoratori. Da questo punto di vista, peraltro, è necessario precisare che le procedure operative di cantiere prevedono esplicite misure per la gestione di tutte le evenienze citate, anche ove non direttamente attinenti alla sicurezza dei lavoratori. Ciò posto, i potenziali fattori di impatto ambientale legati ad eventi imprevisti in fase di realizzazione delle opere non presentano specifiche criticità, in quanto:

- le attività di cantiere non prevedono l'utilizzo e la gestione di sostanze tossiche o inquinanti in quantità significative;
- non sono previste, al momento, aree di stoccaggio di carburante per il rifornimento dei mezzi, da considerarsi potenziali fonti di inquinamento accidentale in caso di manovre errate;
- le misure adottate per la protezione del suolo e delle eventuali acque superficiali (con le quali, peraltro, non è prevista alcuna interferenza) consentono di affermare che anche in caso di eventi accidentali non si avranno effetti significativi a carico di tali componenti;
- gli scavi necessari per la predisposizione della piazzola e delle altre aree di lavoro non andranno ad interferire con falde sotterranee in quanto, vista la natura poco permeabile dei depositi, non sono presenti.

181

#### **4.3.6.2 Fase di perforazione**

Per quanto riguarda invece il rischio di incidenti durante le fasi di perforazione, si sono già viste nei paragrafi precedenti sia la loro eventuale consistenza, sia le misure di prevenzione previste. In particolare, è da sottolineare come le sostanze impiegate in questa fase (acqua, argilla bentonitica, ecc) non presentino in sé alcun potenziale di rischio, ad eccezione di quello per incendio e scoppio per i carburanti in fase di rifornimento, per i gas di saldatrici ossiacetileniche o per i contenitori di gas propano. Tale livello di rischio, peraltro, è assimilabile a quello di qualsiasi cantiere od officina di lavorazioni elettromeccaniche, per cui l'adozione delle buone pratiche correnti e delle misure previste dalle norme garantiranno un livello di prevenzione più che adeguato.

Per quanto riguarda la tecnologia impiegata, questa è, nelle sue linee essenziali, più che collaudata, ed i progressi tecnologici ne hanno molto accresciuto i livelli di sicurezza ed affidabilità. L'impianto di perforazione che verrà utilizzato è di ultima generazione e conforme a tutti i criteri di sicurezza; le tipiche modalità di svolgimento del lavoro saranno garantite dalla presenza in cantiere di operatori specializzati e con lunga esperienza. Il cantiere rispetterà inoltre tutte le norme di sicurezza previste dalla

normativa vigente, con la produzione del relativo piano di sicurezza e l'applicazione di ogni accorgimento necessario, in parte già visto nei paragrafi precedenti.

Un'ulteriore garanzia sulla sicurezza dei cantieri di perforazione è data dalle severe normative sulla sorveglianza, comprensiva di sopralluoghi, da parte di ispettori degli organi di Polizia Mineraria sia prima, che durante, che al termine dei lavori.

Per quanto riguarda il rischio di eventi incidentali durante le fasi di montaggio dell'impianto per le prove di produzione (con possibili ripercussioni sull'ambiente), i lavori che verranno eseguiti non comportano forme di rischio specifiche in relazione ai mezzi d'opera impiegati, ai materiali, alla tecnologia ed alla metodologia operativa.

#### **4.3.6.3 Fase di esercizio**

La perforazione e il completamento dei pozzi, come descritto nei paragrafi precedenti, saranno realizzati applicando le migliori e più moderne tecnologie in modo da garantire una perfetta riuscita dei pozzi. Inoltre tutte le operazioni di cementazione e completamento saranno eseguite da ditte estremamente specializzate e di grande esperienza che provvederanno anche a rilasciare le opportune certificazioni di omologazione delle operazioni di cementazione. Pertanto in fase di esercizio dei pozzi non si prevedono eventi incidentali.

### **4.4 RETE DI TRASPORTO DEI FLUIDI**

#### **4.4.1 Uso di risorse**

182

La messa in opera delle linee di trasporto dei fluidi necessita il consumo di alcune risorse naturali in quanto direttamente necessarie per il funzionamento delle macchine operatrici del cantiere (gasolio, acqua, ecc) nonché i materiali con cui viene realizzata l'opera (suolo, cemento, inerti, ecc).

Per quanto riguarda invece la fase di esercizio delle linee non è previsto l'utilizzo di alcuna risorsa naturale, né, più in generale, di materie prime.

##### **4.4.1.1 Suolo e sottosuolo**

Le linee di trasporto dei fluidi hanno una dimensione ridotta a soli 50 cm di diametro per la rete di produzione e 20 cm per quella di reiniezione che di per sé non comportano una particolare occupazione di suolo sia per la linea fuori terra che per quella interrata. Tuttavia essendo parti collegate ad un impianto geotermoelettrico all'interno delle quali è previsto il passaggio di un fluido caldo necessitano di un'area di rispetto che coincide con quella della pista di cantiere di larghezza a fine lavori pari a 4 m. Pertanto è possibile stimare una occupazione di suolo complessiva di circa 324 m<sup>2</sup> per la rete di produzione e 16268 m<sup>2</sup> per la reiniezione.

I lavori di messa in opera delle linee di trasporto dei fluidi necessitano la realizzazioni di scavi per il loro posizionamento. Tutto il materiale scavato tuttavia sarà riutilizzato all'interno del cantiere per le operazioni di rinterro e livellamento delle aree. Lo scotico

comprensivo della copertura vegetale sarà asportato e conservato in cantiere in un'area appositamente dedicata e poi riutilizzato nella fase di ripristino ambientale.

#### 4.4.1.2 *Materiali inerti e calcestruzzo*

Per la costruzione delle opere in cemento (plinti e attraversamenti stradali) sarà necessario utilizzare inerti e calcestruzzo che saranno garantiti da cave già in attività, gestite da ditte locali operativamente presenti nelle zone limitrofe all'area di progetto, in grado di fornire i quantitativi richiesti di materiali. In alternativa si potranno utilizzare inerti derivanti da attività di recupero. Per la costruzione delle opere in cemento armato è previsto l'utilizzo di circa 17 m<sup>3</sup> di calcestruzzo che arriverà in cantiere già preconfezionato tramite betoniera (Tabella 4-12).

Materiale	u.m.	quantità
Calcestruzzo magro	mc	3
Calcestruzzo C20/25	mc	14
Sabbia per riempimento	ton	2398
Ferro per armatura	ton	2
Sostegni per linea aerea	cad.	22
Casseratura	mq	65
Tubazioni	ml	4284
Tubazioni in PVC	ml	4284
Pozzetti in cls	Cad.	81
Chiusino in cls	Cad.	81

Tabella 4-12. Quantità di materie prime utilizzate per la realizzazione delle linee di trasporto dei fluidi.

#### 4.4.1.3 *Consumo e approvvigionamento idrico*

In fase di cantiere è previsto un modesto impiego di acqua per la bagnatura dei cumuli di materiale da scavo che verrà approvvigionata mediante autobotte. Non si prevede l'utilizzo di acqua per il confezionamento del cemento in quanto verrà fatto arrivare in cantiere già preconfezionato tramite autobetoniera.

Il fabbisogno idrico massimo di circa 1 m<sup>3</sup>/giorno per i servizi igienici sarà garantito tramite una cisterna di circa 10 m<sup>3</sup> di capacità, ricaricata settimanalmente. Le acque reflue saranno raccolte in apposite vasche e inviate settimanalmente a trattamento tramite ditta specializzata.

#### 4.4.1.4 *Consumo e approvvigionamento di altre materie prime*

Durante la fase di costruzione ed esercizio delle linee di trasporto dei fluidi geotermici non è previsto l'uso di altre materie prime diverse da quelle di Tabella 4-12.

## **4.4.2 Emissioni in atmosfera**

### **4.4.2.1 Fase di cantiere**

Gli impatti previsti sulla qualità dell'aria nella fase di cantiere sono dovuti principalmente al sollevamento di polveri derivante dagli scavi e alle emissioni dei motori dei veicoli coinvolti nelle operazioni di cantiere. Data la ridotta velocità dei mezzi non si prevedono invece sollevamenti di polveri significativi per le fasi di trasporto delle tubazioni.

Gli accorgimenti da adottare per il contenimento di tutte queste emissioni consisteranno principalmente in:

- formazione degli addetti ai lavori ai fini di una movimentazione dei materiali finalizzata al contenimento di polveri;
- eventuale bagnatura delle sedi viarie;
- formazione di cumuli di inerti di dimensioni ridotte e il più compattati possibile;
- copertura con teloni dei materiali trasportati, dove necessario in base alla relativa tipologia.

In ragione delle modalità tecniche previste e degli accorgimenti adottati, del contenuto incremento del traffico veicolare e della reversibilità immediata dell'impatto al termine dei lavori, e in virtù del fatto che nelle immediate vicinanze delle aree di lavoro non sono presenti recettori sensibili, si ritiene che le operazioni di cantiere non determineranno impatti significativi sulla qualità dell'aria, anche considerando che queste attività avranno una durata limitata.

184

### **4.4.2.2 Fase di esercizio**

Per quanto riguarda la fase di esercizio delle linee di trasporto dei fluidi non sono previste emissioni in atmosfera. Infatti il fluido geotermico che si muove all'interno della rete di trasporto dei fluidi rimane completamente isolato dall'ambiente esterno.

## **4.4.3 Interazione con le acque superficiali e sotterranee**

### **4.4.3.1 Fase di cantiere**

In merito alle acque superficiali possono essere individuati le seguenti interazioni:

- possibilità di avere uno sversamento accidentale di materiale inquinante per eventi accidentali dovuti ai mezzi meccanici che operano sul cantiere;
- possibili interazione con le acque piovane;
- approvvigionamento idrico per confezionamento cemento;
- scarichi di origine civile.

Il cantiere per la realizzazione della rete di trasporto dei fluidi geotermici è del tutto simile ai classici cantieri edili e pertanto anche in questo caso verranno adottati i

normali accorgimenti per una buona gestione del cantiere che permetteranno di evitare potenziali impatti sulla componente acqua.

Per quanto riguarda il consumo di acqua per il confezionamento del cemento che sarà utilizzato per la costruzione dei plinti di sostegno e dei sottopassi, arriverà in cantiere già confezionato tramite autobotte per cui non si prevede consumo di acqua per questa operazione.

#### **4.4.3.2 Fase di esercizio**

Per quanto riguarda la fase di esercizio non sono previste interazioni con le acque superficiali o sotterranee in virtù delle modalità di realizzazione delle linee descritte nei paragrafi precedenti.

#### **4.4.4 Produzione di rifiuti e di residui di lavorazione**

##### **4.4.4.1 Fase di cantiere**

Nella fase di cantiere si possono originare rifiuti assimilabili a quelli di un tipico cantiere edile ed essenzialmente riconducibili alle seguenti tipologie:

- sfridi di ferro;
- parti di cassetture;
- pezzi di tubazione in PVC, acciaio, PEAD;
- sfridi di tessuto non tessuto;
- parti di recinzione di cantiere danneggiate (le recinzioni con pannelli di tipo mobile saranno tutte recuperate);
- rifiuti solidi urbani o assimilabili (imballaggi, cartoni, legni, plastiche etc.);
- liquami derivanti da fosse biologiche.

185

##### **4.4.4.2 Fase di esercizio**

Durante la fase di esercizio delle linee non è prevista la produzione di rifiuti se non quelli legati alle normali attività di pulizia ordinaria delle aree (taglio di erba o piante).

#### **4.4.5 Emissioni sonore**

##### **4.4.5.1 Fase di cantiere**

Durante la fase di cantiere il rumore è generato dall'utilizzo e dal movimento dei mezzi necessari per la costruzione delle opere in progetto e dal movimento dei mezzi da e verso il cantiere. In generale all'interno del cantiere le perturbazioni sonore sono dovute al movimento e alle operazioni di scavo degli escavatori e delle pale meccaniche, ai martelli pneumatici, alle operazioni di carico e scarico dei materiali dagli autocarri, al funzionamento dei generatori elettrici. All'esterno del cantiere l'unica sorgente di rumore è quella dovuta alla movimentazione degli autocarri e delle betoniere necessaria per l'approvvigionamento dei materiali per il cantiere. Il cantiere per la realizzazione delle opere in progetto è pertanto assimilabile ad un normale cantiere edile che rimarrà

aperto per circa 8h al giorno nella fascia oraria dalle 8:00 alle 17:00. Le macchine usate sono quelle tipiche utilizzate in tutti i cantieri edili per cui si avranno le stesse sorgenti sonore.

#### **4.4.5.2 Fase di esercizio**

In fase di esercizio, le linee di trasporto dei fluidi non producono rumore.

#### **4.4.6 Analisi degli eventi accidentali**

##### **4.4.6.1 Fase di cantiere**

I rischi di eventi accidentali in fase di cantiere che qui interessano sono quelli che possono comportare conseguenze a danno dell'ambiente. Si rimanda invece ad altri ambiti di competenza per le problematiche strettamente associate alla tutela dei lavoratori, in particolare per quanto riguarda le misure di protezione passiva (direttamente connesse alla limitazione del danno a carico delle persone) e per le tipologie di eventi incidentali che non hanno, in generale, rilevanza ambientale (folgorazioni, urti, cadute, ecc.).

Naturalmente, una parte significativa degli eventi che possono determinare danno alla salute dei lavoratori sono potenzialmente dannosi anche per l'ambiente (collisioni e ribaltamenti dei mezzi d'opera, rotture di serbatoi, sversamenti di sostanze tossiche, ecc.): da questo punto di vista, pertanto, gli accorgimenti e le misure adottate per prevenire queste situazioni di rischio presentano pari benefici anche dal punto di vista ambientale.

Una ulteriore quota di eventi accidentali, invece, si presenta potenzialmente più critica dal punto di vista meramente ambientale (ad esempio, interferenze non previste con la falda sia in fase di perforazione che in fase di scavo, ovvero dispersione nel suolo e/o nel sottosuolo di sostanze inquinanti dovute a non corretta esecuzione di operazioni di varia natura, ecc.) e non viene quindi espressamente considerata nell'ambito della tutela dei lavoratori. Da questo punto di vista, peraltro, è necessario precisare che le procedure operative di cantiere prevedono esplicite misure per la gestione di tutte le evenienze citate, anche ove non direttamente attinenti alla sicurezza dei lavoratori. Ciò posto, i potenziali fattori di impatto ambientale legati ad eventi imprevisti in fase di realizzazione delle opere non presentano specifiche criticità, in quanto:

- le attività di cantiere non prevedono l'utilizzo e la gestione di sostanze tossiche o inquinanti in quantità significative;
- non sono previste, al momento, aree di stoccaggio di carburante per il rifornimento dei mezzi, da considerarsi potenziali fonti di inquinamento accidentale in caso di manovre errate;
- le misure adottate per la protezione del suolo e delle eventuali acque superficiali (con le quali, peraltro, non è prevista alcuna interferenza) consentono di affermare che anche in caso di eventi accidentali non si avranno effetti significativi a carico di tali componenti;

- gli scavi necessari per la predisposizione delle tubazioni non andranno ad interferire con falde sotterranee in quanto, vista la natura poco permeabile dei depositi, non sono presenti.

#### **4.4.6.2 Fase di esercizio**

Una volta poste in opera le tubazioni saranno eseguiti i test di collaudo e di perfetta tenuta (verifica delle saldature) che garantiranno un lavoro eseguito a regola d'arte. Inoltre tutto il sistema di tubazioni sarà dotato di un sistema di monitoraggio delle pressioni di rete e un sistema di rilevamento perdite. Il sistema di rilevamento perdite permette di rilevare tempestivamente sia interruzioni dovute a problemi meccanici (rottura dovuta a mezzi meccanici o frane) sia individuare infiltrazioni di umidità nel materiale isolante che avvolge la tubazione dovute a rottura della tubazione stessa o dell'isolante.

## 5 DISMISSIONE DELL'IMPIANTO

Il programma di ripristino territoriale per le postazioni a terra verrà attuato al termine della fase di sperimentazione (nel caso in cui la stessa si concluda con esito negativo), ovvero alla scadenza della concessione di coltivazione (nel caso, viceversa, di esito positivo).

In tale fase verrà effettuato lo smontaggio di tutti i componenti dell'impianto (impianto ORC, aree pozzi) e degli edifici annessi, la demolizione di tutte le opere in c.a., la rimozione dei sottofondi, lo stendimento di materiale terroso di spessore adeguato e la semina di specie erbacee e arbustive autoctone. Le strade di cantiere, se non diversamente richiesto dagli enti interessati dall'impianto, saranno rimosse e il terreno sarà ripristinato.

I proponenti presenteranno comunque, con un anticipo di almeno 12 mesi sulla data di dismissione, un programma dettagliato degli interventi di ripristino.

## 6 MONITORAGGIO

La Lucignano Pilot Project S.r.l. (LPP S.r.l.) prevede di implementare tutte le fasi relative al progetto LUCIGNANO basandosi sull'applicazione di metodi moderni e delle migliori tecnologie in linea con le migliori prassi internazionali per la protezione dell'ambiente e della salute.

188

Al fine di raggiungere tale obiettivo, la LPP S.r.l. ha sviluppato una proposta di piano specifico per il monitoraggio ambientale nell'area di intervento, riconoscendo il ruolo fondamentale ricoperto da tale documento nell'ambito dell'intero progetto (Allegato LCG-RP01-A06-V00-Proposta di piano di monitoraggio).

L'obiettivo primario del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) è quello di porsi ad ulteriore garanzia che tutte le attività del progetto siano realizzate secondo le normative vigenti e nel pieno rispetto della sicurezza per le persone e per l'ambiente nonché verificare che le misure di prevenzione e mitigazione adottate siano effettivamente efficaci.

Considerata la tipologia di attività da svolgersi e la significatività dei potenziali impatti residui, il monitoraggio sarà eseguito sulle seguenti componenti:

- Monitoraggio della qualità dei suoli;
- Monitoraggio della qualità delle acque superficiali e sotterranee;
- Monitoraggio della qualità dell'aria;
- Monitoraggio microsismico
- Monitoraggio di fenomeni di subsidenza
- Monitoraggio emissioni.

Le modalità tecniche con cui verranno realizzate le campagne di monitoraggio saranno conformi alle specifiche di legge. Per garantire la massima trasparenza delle varie fasi del monitoraggio ambientale, la LPP S.r.l. valuterà l'opportunità di affidare tale attività, in conto terzi, ad Enti pubblici quali ARPA Toscana, Università, CNR, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Il monitoraggio si articola in tre fasi:

- *Monitoraggio ante-operam*: viene effettuato prima dell'inizio dei cantieri e dei lavori ed ha come obiettivo quello di fornire un quadro delle condizioni dell'ambiente prima della realizzazione delle opere;
- *Monitoraggio in corso d'opera*: riguarda il periodo durante il quale vengono realizzate le opere a partire dall'apertura dei cantieri fino al loro completo smantellamento ed al ripristino del sito. Le indagini verranno svolte per tutta la durata dei lavori definendo un intervallo temporale di campionamento in funzione della componente ambientale da analizzare e della tipologia di intervento;
- *Monitoraggio post-operam*: comprende le fasi di pre-esercizio ed esercizio dell'opera. In questo caso specifico si tratta del periodo successivo al completamento dei pozzi e all'entrata in esercizio della centrale. La durata del monitoraggio sarà valutata in funzione della componente ambientale oggetto del monitoraggio.

Al fine di garantire la riproducibilità e l'attendibilità delle misure nelle varie fasi di monitoraggio (ante, durante e post operam), e permettere il confronto dei risultati ottenuti e dei controlli svolti, verranno utilizzate metodologie di campionamento nonché apparecchiature di rilevamento uniformi e utilizzando procedure standardizzate di analisi.

Nell'Allegato LCG-RP01-A06-V00 viene presentata una proposta di Piano di Monitoraggio, la frequenza dei monitoraggi proposti ed un eventuale approfondimento degli stessi sarà poi valutato e concordato congiuntamente all'Autorità di Controllo e agli Enti Competenti.

Nel corso delle attività di monitoraggio verranno prodotte informazioni che potrebbero risultare di potenziale interesse per la comunità. La LPP S.r.l. è consapevole del valore di tali informazioni per migliorare la conoscenza dello stato ambientale dei luoghi oggetto di studio. Pertanto, fatta salva la salvaguardia della proprietà delle informazioni e qualunque aspetto di riservatezza, LPP S.r.l. sarà lieta di comunicare i dati raccolti ai portatori di interesse.

Per i motivi appena espressi il Piano di Monitoraggio Ambientale è stato strutturato in modo da poter garantire:

- il controllo e la validazione dei dati;
- l'archiviazione e l'aggiornamento dei dati in modo semplice e congruo;



- la possibilità di realizzare confronti, comparazioni e analisi spaziali;
- elaborare carte tematiche;
- preparare report per le Autorità e i cittadini.