

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J74J22000170001

DIREZIONE TECNICA

S.O. ENERGIA E TRAZIONE ELETTRICA

PROGETTO DEFINITIVO

Elettrificazione Linea Cagliari - Oristano

Progetto SSE

Relazione idraulica generale piazzali: Cagliari, Decimomannu, Villasor

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RR0S 00 D 29 RI ID0000 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	G. Festa	Giu. '22	F. Lasaponara	Giu. '22	P. Manna	Giu. '22	F. Arduini Dicembre 2022
B	Rimissione a seguito di commenti CDS/ODI	G. Zelli	Dic. '22	F. Lasaponara	Dic. '22	P. Manna	Dic. '22	

ITALFERR S.p.A.
Direzione Tecnica
Progettazione
Ufficio Progetti
Viale della Repubblica, 100
00187 Roma

File: .doc RR0S00D29RIID0000001B

n. Elab.: X

INDICE

1	PREMESSA	3
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	5
3	ANALISI IDROLOGICA	6
3.1	METODO VA.PI.....	6
3.2	CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA MEDIANTE VA.PI.....	10
4	COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELL'INTERVENTO.....	13
4.1	VINCOLO IDROGEOLOGICO	13
4.1.1	<i>SSE DI CAGLIARI</i>	13
4.1.2	<i>SSE DI DECIMOMANNU</i>	15
4.1.3	<i>SSE DI VILLASOR</i>	19
4.2	INVARIANZA IDRAULICA	23
4.2.1	<i>SSE CAGLIARI E DECIMOMANNU</i>	26
4.2.2	<i>SSE VILLASOR</i>	31
4.2.3	<i>SINTESI DELLE VERIFICHE AI FINI DELL'INVARIANZA IDRAULICA</i>	36
5	CONCLUSIONI	39

1 PREMESSA

Nell'ambito del servizio di progettazione per l'Elettrificazione della linea Cagliari-Oristano, nella Regione Sardegna è stato redatto il presente documento inerente alla valutazione di compatibilità idraulica degli interventi collocati presso il Comune di Cagliari, Decimomannu e Villasor.

Figura 1-1 – Tracciato in progetto e posizione delle sottostazioni. In alto a destra Villasor; in basso a destra: Cagliari; in basso a sinistra: Decimomannu.



	PROGETTO DEFINITIVO - ELETTRIFICAZIONE LINEA CAGLIARI-ORISTANO					
RELAZIONE IDRAULICA GENERALE PIAZZALI: CAGLIARI, DECIMOMANNU, VILLASOR	COMMESSA RR0S	LOTTO 00	CODIFICA D 29 RI	DOCUMENTO ID 00 00 001	REV. B	FOGLIO 4 di 39

I capitoli che seguono illustrano la caratterizzazione idrologica del sito, finalizzata alla determinazione delle Curve di Pioggia Critica, e analizzano la compatibilità dell'intervento rispetto alle condizioni di vincolo idrogeologico secondo le prescrizioni normative redatte dall'Autorità di Bacino Regionale della Sardegna (Piano di Assetto Idrogeologico e del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni).

Le verifiche di compatibilità vengono inoltre approfondite rispetto alle tematiche di invarianza idraulica secondo le indicazioni presenti all'interno delle "Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio dell'invarianza idraulica (art. 47 delle NTA del PAI)".

Infine, in riferimento alle indicazioni presenti all'interno della Direttiva Regionale di Disciplina degli Scarichi della Regione Autonoma della Sardegna (Art. 22), gli interventi in esame non comportano la necessità di trattamento delle acque di prima pioggia, non provenendo le stesse da *"da stabilimenti o insediamenti di attività di produzione di beni e servizi, le cui aree esterne, siano adibite al deposito e stoccaggio di materie prime o rifiuti, ed in generale allo svolgimento di fasi di lavorazione ovvero ad altri usi per i quali vi sia la possibilità di dilavamento dalle superfici scoperte di sostanze inquinanti"*.

	PROGETTO DEFINITIVO - ELETTTRIFICAZIONE LINEA CAGLIARI-ORISTANO					
RELAZIONE IDRAULICA GENERALE PIAZZALI: CAGLIARI, DECIMOMANNU, VILLASOR	COMMESSA RR0S	LOTTO 00	CODIFICA D 29 RI	DOCUMENTO ID 00 00 001	REV. B	FOGLIO 5 di 39

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Norme di Attuazione (testo coordinato) – Aggiornamento 2022;*
2. *Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio dell'invarianza idraulica (art. 47 delle NTA del PAI);*
3. *Piano per l'Assetto Idrogeologico – Relazione Generale - 2008;*
4. *Piano per l'Assetto Idrogeologico – Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia – 2004;*
5. *Piano Stralcio delle Fasce Fluviali della Regione Sardegna (P.S.F.F.);*
6. *Regio Decreto 1904.*

	PROGETTO DEFINITIVO - ELETTRIFICAZIONE LINEA CAGLIARI-ORISTANO					
	RELAZIONE IDRAULICA GENERALE PIAZZALI: CAGLIARI, DECIMOMANNU, VILLASOR	COMMESSA RR0S	LOTTO 00	CODIFICA D 29 RI	DOCUMENTO ID 00 00 001	REV. B

3 ANALISI IDROLOGICA

Il presente capitolo illustra le metodologie e i risultati ottenuti per la caratterizzazione idrologica del sito oggetto dell'intervento. Le analisi di seguito esposte, finalizzate alla determinazione delle Curve di Possibilità Pluviometrica (CPP) per la regione in esame, sono realizzate per applicazione del metodo di Regionalizzazione delle Piogge VA.PI che, per numerosità e distribuzione dei campioni, è garanzia di affidabilità e robustezza statistica del risultato.

3.1 Metodo Va.Pi

Nel presente paragrafo si illustra brevemente la metodologia di regionalizzazione delle piogge sviluppata nell'ambito del progetto Va.Pi (Valutazione Piene). Il modello probabilistico a due Componenti TCEV è basato che le grandezze idrologiche che caratterizzano un sito risultino rispondenti alla popolazione statistica relativa agli eventi ordinari e maggiormente frequenti e quelli rari ed estremi. La funzione di distribuzione che lega le due popolazione è dunque del tipo:

$$F(x) = e^{-\Lambda_1 e^{-x/\Theta_1} - \Lambda_2 e^{-x/\Theta_2}}$$

Con Λ_1 , Λ_2 , Θ_1 , Θ_2 numero medio delle occorrenze annue e intensità media degli eventi delle due popolazioni. I parametri della relazione possono essere espressi in forma sintetica come:

$$\Theta^* = \Theta_2 / \Theta_1 \quad e \quad \Lambda^* = \Lambda_2 / \Lambda_1 \cdot \Theta^*$$

A un primo livello di regionalizzazione (unica sottozona omogenea) i parametri risultano pari a $\Lambda^* = 0.5717$ e $\Theta^* = 2.207$. In considerazione della modesta numerosità del numero di stazioni a disposizione, il territorio regionale è stata ulteriormente suddiviso in tre sottozone di riferimento (secondo livello di regionalizzazione) e si è quindi determinato il valore dei parametri di pioggia in funzione del periodo di ritorno ($T \leq 10$ anni e $T > 10$ anni) e della durata.

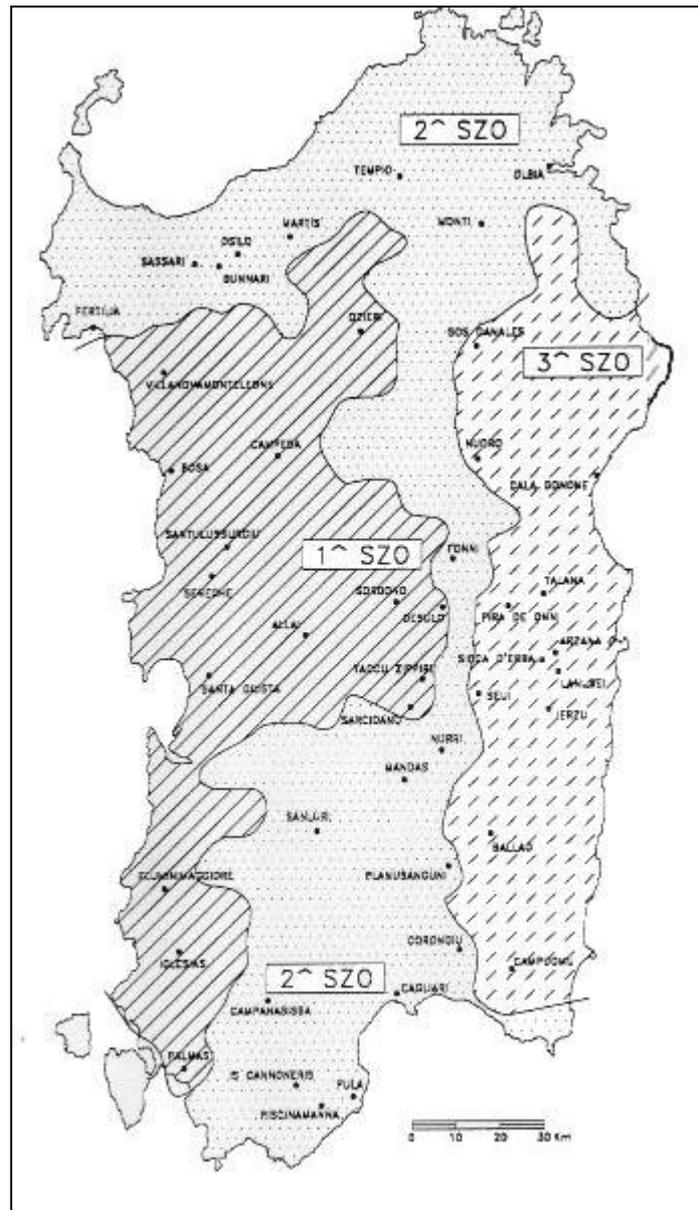


Figura 3-1 – Sottozone Omogenee - Sardegna

Tempi di ritorno $Tr \leq 10$ ANNI

- SZO 1:
 - o $a_2 = 0.66129 + 0.85935 \text{ Log}_{10} Tr$
 - o $n_2 = -1.8438 \cdot 10^{-4} - 1.5339 \cdot 10^{-2} \text{ Log}_{10} Tr$
- SZO 2:
 - o $a_2 = 0.64597 + 0.89777 \text{ Log}_{10} Tr$
 - o $n_2 = -5.6073 \cdot 10^{-3} + 7.0047 \cdot 10^{-4} \text{ Log}_{10} Tr$
- SZO 3:
 - o $a_2 = 0.62235 + 0.95656 \text{ Log}_{10} Tr$
 - o $n_2 = -2.4882 \cdot 10^{-2} + 4.5884 \cdot 10^{-2} \text{ Log}_{10} Tr$

Tempi di ritorno $Tr > 10$ ANNI

- SZO 1:
 - o $a_2 = 0.46420 + 1.0376 \text{ Log}_{10} Tr$
 - o $n_2 = -0.18488 + 0.22960 \text{ Log}_{10} Tr - 3.3216 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} Tr)^2$ (per $t \leq 1$ ora)
 - o $n_2 = -1.0469 \cdot 10^{-2} - 7.8505 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} Tr$ (per $t \geq 1$ ora)
- SZO 2:
 - o $a_2 = 0.43797 + 1.0890 \text{ Log}_{10} Tr$
 - o $n_2 = -0.18722 + 0.24862 \text{ Log}_{10} Tr - 3.6305 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} Tr)^2$ (per $t \leq 1$ ora)
 - o $n_2 = -6.3887 \cdot 10^{-3} - 4.5420 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} Tr$ (per $t \geq 1$ ora)
- SZO 3:
 - o $a_2 = 0.40926 + 1.1441 \text{ Log}_{10} Tr$
 - o $n_2 = -0.19060 + 0.264438 \text{ Log}_{10} Tr - 3.8969 \cdot 10^{-2} (\text{Log}_{10} Tr)^2$ (per $t \leq 1$ ora)
 - o $n_2 = 1.4929 \cdot 10^{-2} + 7.1973 \cdot 10^{-3} \text{ Log}_{10} Tr$ (per $t \geq 1$ ora)

Come è possibile osservare dalle relazioni di regionalizzazione, eventi caratterizzati da frequenza statistica media inferiore a 10 anni non presentano differenze di rilievo rispetto alla durata dell'evento critico ($d \leq 1h$, $d > 1h$).

Al terzo livello di regionalizzazione si assume che l'altezza di pioggia media di durata t possa essere ottenuta dall'altezza media di pioggia secondo la relazione:

$$\mu(t) = a_1 t^{n_1}$$

$$a_1 = \frac{\mu_g}{0.886 \cdot 24^{n_1}}$$

$$n_1 = -0.493 + 0.476 \cdot \log_{10} \mu_g$$

Dove a_1 ed n_1 rappresentano i parametri di pioggia necessari per ricavare l'altezza di pioggia indice di durata t e μ_g è l'altezza media giornaliera. Il valore della pioggia indice giornaliera può ottenersi dalla mappa di seguito esposta:

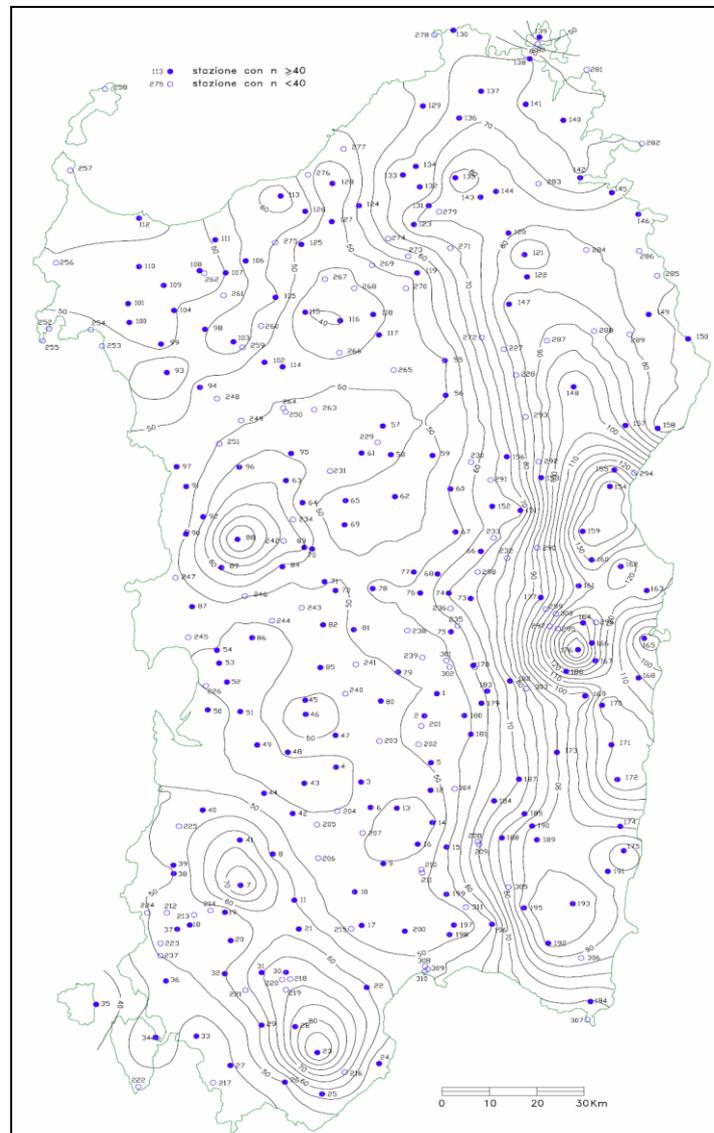


Figura 3-2 – Isoiete medie giornaliere

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO - ELETTRIFICAZIONE LINEA CAGLIARI-ORISTANO				
	RELAZIONE IDRAULICA GENERALE PIAZZALI: CAGLIARI, DECIMOMANNU, VILLASOR	COMMESSA RR0S	LOTTO 00	CODIFICA D 29 RI	DOCUMENTO ID 00 00 001

Il valore dell'altezza di pioggia di progetto è infine determinato mediante la relazione:

$$h_{t,Tr}(t, Tr) = \mu(t) \cdot K_T(t) = a_1 a_2 t^{(n_1+n_2)}$$

Dove i parametri di pioggia a_2 e n_2 sono ottenuti in riferimento alla sottozona e al periodo di ritorno.

3.2 Curve di possibilità pluviometrica mediante VA.PI

I siti in esame risultano collocati all'interno della Sottozona 2 e presentano una pioggia media giornaliera di 50mm. Si riportano di seguito le Curve di Possibilità Pluviometrica derivate a mezzo di metodo VA.PI in forma grafica e tabellare per il sito oggetto di analisi.

Tabella 1 Metodo VAPI - derivazione dei parametri inerenti alle curve di possibilità pluviometrica

DATI PLUVIOMETRICI DI BASE							
Sottozona Omogenea	SZO	2					
Pioggia indice giornaliera	μ_g [mm]	50					
Parametri pioggia indice $\mu(t) = a_1 t^{n_1}$	a_1 [mm/ora]	20.691					
	n_1	0.316					
	Tr [anni]	10	25	50	100	200	
Parametri coefficiente di crescita $K_T(t) = a_2 t^{n_2}$	a_2 [mm/ora]	1.544	1.960	2.288	2.616	2.944	
	n_2 (t ≤ 1 ora)	-0.005	0.089	0.130	0.165	0.193	
	n_2 (t ≥ 1 ora)	-0.005	-0.013	-0.014	-0.015	-0.017	
	Tr [anni]	10	25	50	100	200	
Parametri pluviometrici $= a \cdot t^n$	h	$a = a_1 \cdot a_2$ [mm/ora]	31.942	40.562	47.345	54.128	60.911
		$n = n_1 + n_2$ (t ≤ 1 ora)	0.311	0.405	0.446	0.481	0.508
		$n = n_1 + n_2$ (t ≥ 1 ora)	0.311	0.303	0.302	0.300	0.299

Tabella 2 Altezza di pioggia sintetica per assegnato periodo di ritorno

Tr [anni]	10							Tr [anni]	10						
t [min]	5	10	15	20	30	45	60	t [min]	60	180	360	540	720	1080	1440
t [ore]	0.083	0.167	0.25	0.333	0.5	0.75	1	t [ore]	1	3	6	9	12	18	24
μ (t)	9.44	11.75	13.36	14.63	16.62	18.89	20.69	μ (t)	20.69	29.27	36.43	41.41	45.34	51.53	56.43
K_T (t)	1.56	1.56	1.55	1.55	1.55	1.55	1.54	K_T (t)	1.54	1.54	1.53	1.53	1.53	1.52	1.52
$h_{t,Tr}$ [mm]	14.76	18.30	20.76	22.70	25.75	29.21	31.94	$h_{t,Tr}$ [mm]	31.94	44.94	55.75	63.23	69.15	78.43	85.77
Tr [anni]	25							Tr [anni]	25						
t [min]	5	10	15	20	30	45	60	t [min]	60	180	360	540	720	1080	1440
t [ore]	0.083	0.167	0.25	0.333	0.5	0.75	1	t [ore]	1	3	6	9	12	18	24
μ (t)	9.44	11.75	13.36	14.63	16.62	18.89	20.69	μ (t)	20.69	29.27	36.43	41.41	45.34	51.53	56.43
K_T (t)	1.57	1.67	1.73	1.78	1.84	1.91	1.96	K_T (t)	1.96	1.93	1.92	1.91	1.90	1.89	1.88
$h_{t,Tr}$ [mm]	14.82	19.63	23.13	25.99	30.63	36.10	40.56	$h_{t,Tr}$ [mm]	40.56	56.58	69.80	78.93	86.12	97.37	106.24
Tr [anni]	50							Tr [anni]	50						
t [min]	5	10	15	20	30	45	60	t [min]	60	180	360	540	720	1080	1440
t [ore]	0.083	0.167	0.25	0.333	0.5	0.75	1	t [ore]	1	3	6	9	12	18	24
μ (t)	9.44	11.75	13.36	14.63	16.62	18.89	20.69	μ (t)	20.69	29.27	36.43	41.41	45.34	51.53	56.43
K_T (t)	1.65	1.81	1.91	1.98	2.09	2.20	2.29	K_T (t)	2.29	2.25	2.23	2.22	2.21	2.20	2.19
$h_{t,Tr}$ [mm]	15.63	21.29	25.51	29.00	34.75	41.64	47.35	$h_{t,Tr}$ [mm]	47.35	65.94	81.28	91.85	100.18	113.21	123.47
Tr [anni]	100							Tr [anni]	100						
t [min]	5	10	15	20	30	45	60	t [min]	60	180	360	540	720	1080	1440
t [ore]	0.083	0.167	0.25	0.333	0.5	0.75	1	t [ore]	1	3	6	9	12	18	24
μ (t)	9.44	11.75	13.36	14.63	16.62	18.89	20.69	μ (t)	20.69	29.27	36.43	41.41	45.34	51.53	56.43
K_T (t)	1.74	1.95	2.08	2.18	2.33	2.49	2.62	K_T (t)	2.62	2.57	2.54	2.53	2.52	2.50	2.49
$h_{t,Tr}$ [mm]	16.40	22.88	27.81	31.93	38.79	47.14	54.13	$h_{t,Tr}$ [mm]	54.13	75.28	92.69	104.69	114.14	128.91	140.54
Tr [anni]	200							Tr [anni]	200						
t [min]	5	10	15	20	30	45	60	t [min]	60	180	360	540	720	1080	1440
t [ore]	0.083	0.167	0.25	0.333	0.5	0.75	1	t [ore]	1	3	6	9	12	18	24
μ (t)	9.44	11.75	13.36	14.63	16.62	18.89	20.69	μ (t)	20.69	29.27	36.43	41.41	45.34	51.53	56.43
K_T (t)	1.82	2.08	2.25	2.38	2.58	2.79	2.94	K_T (t)	2.94	2.89	2.86	2.84	2.82	2.80	2.79
$h_{t,Tr}$ [mm]	17.22	24.50	30.11	34.85	42.82	52.62	60.91	$h_{t,Tr}$ [mm]	60.91	84.59	104.06	117.46	128.01	144.50	157.47

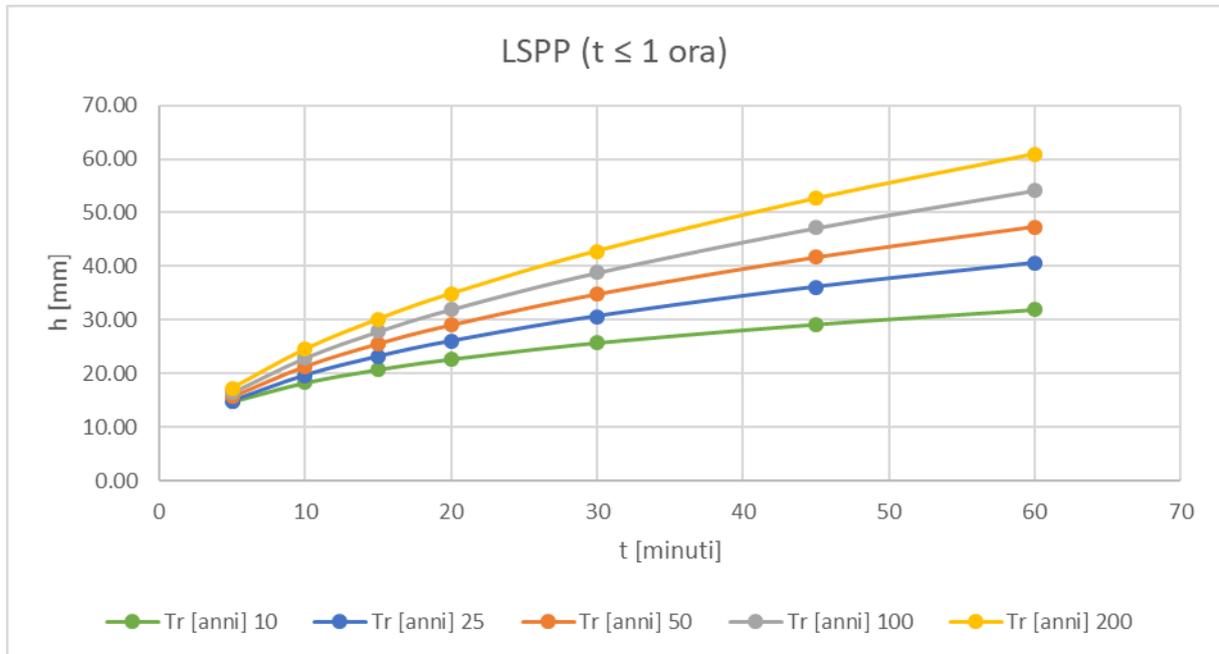


Figura 3-3 Curve di Possibilità Pluviometrica per eventi di progetto con durata inferiore a 1h.

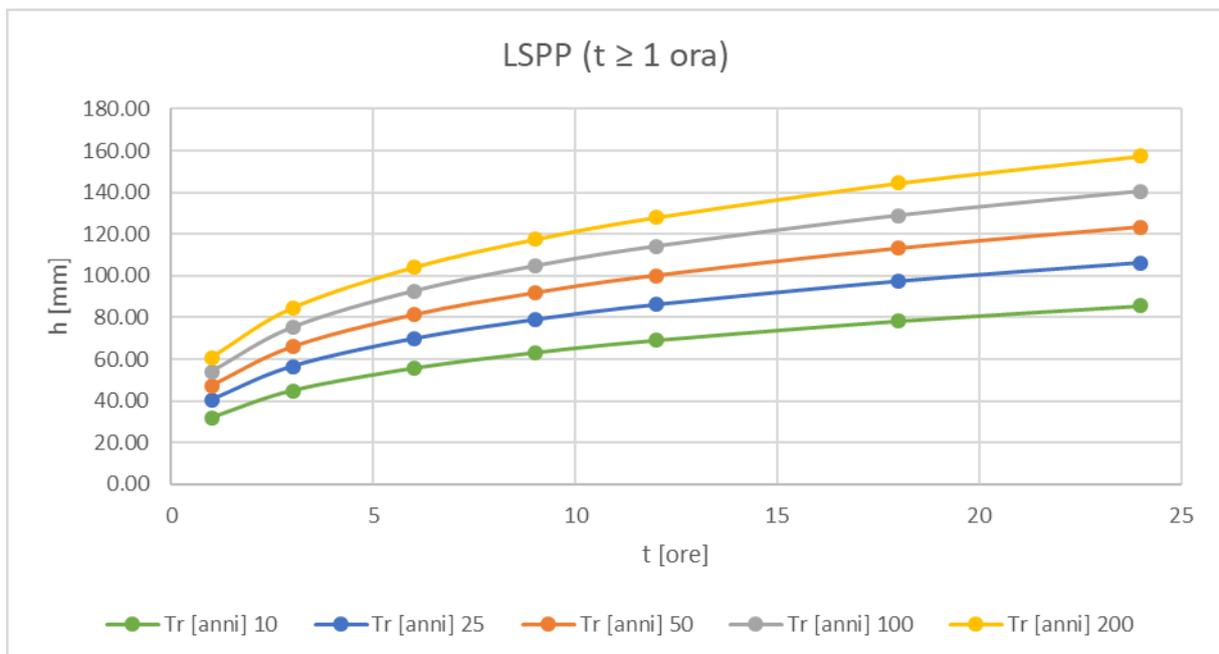


Figura 3-4 Curve di Possibilità Pluviometrica per eventi di progetto con durata superiore uguale a 1h.

	PROGETTO DEFINITIVO - ELETTRIFICAZIONE LINEA CAGLIARI-ORISTANO					
RELAZIONE IDRAULICA GENERALE PIAZZALI: CAGLIARI, DECIMOMANNU, VILLASOR	COMMESSA RR0S	LOTTO 00	CODIFICA D 29 RI	DOCUMENTO ID 00 00 001	REV. B	FOGLIO 13 di 39

4 COMPATIBILITÀ IDRAULICA DELL'INTERVENTO

Il presente capitolo illustra le verifiche realizzate ai fini della compatibilità idraulica dell'intervento di progetto. Nel dettaglio, le analisi di seguito esposte vagliano:

1. La compatibilità dell'intervento in riferimento alle fasce di pericolo e rischio idraulico individuate dall'Autorità di Bacino Regionale della Sardegna;
2. La compatibilità idraulica dell'intervento progetto rispetto all'eventuale insorgenza di condizioni che comportino l'incremento delle portate e/o volumi di pioggia conferiti al ricettore idraulico di riferimento (invarianza idraulica).

Le analisi di seguito esposte sono realizzate in ottemperanza alle prescrizioni indicate all'interno del *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, Piano Gestione Rischio Alluvioni, Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (P.S.F.F.) e delle Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio dell'invarianza idraulica (art. 47 delle NTA del PAI)*.

4.1 VINCOLO IDROGEOLOGICO

Il presente paragrafo ha come obiettivo l'individuazione delle eventuali condizioni di vincolo caratterizzanti il sito di intervento ai sensi delle perimetrazioni del PAI, del PGRA e PSFF.

4.1.1 SSE DI CAGLIARI

Come è possibile osservare, il piazzale in esame si sviluppa esternamente alle fasce di pericolo segnalate dal PAI, PGRA e PSFF. Alle condizioni indicate l'intervento può considerarsi compatibile.



Figura 4-1 Fasce PAI – in arancione: P1; in giallo: P2; in blu: P3. Sito di intervento: pallino giallo

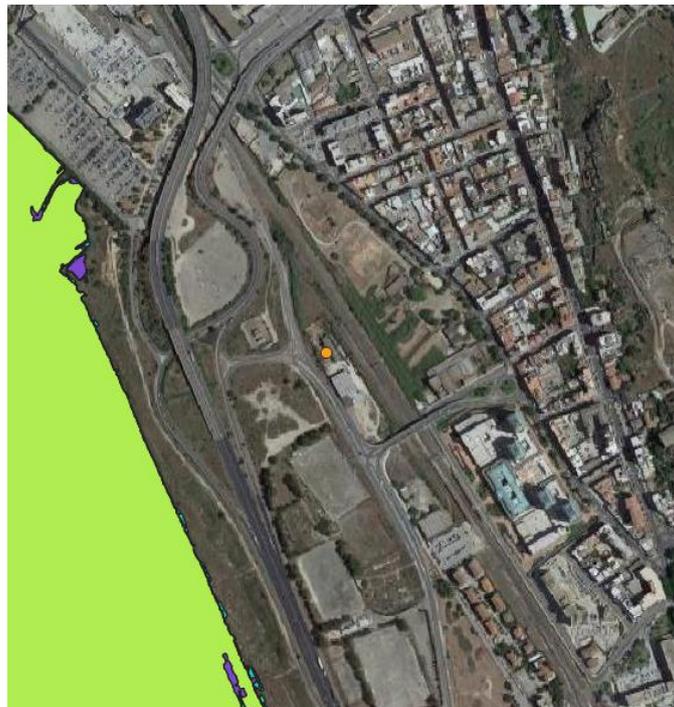


Figura 4-2 Fasce PGRA – in viola: Hi1; in ciano: Hi2; in verde: Hi3; in magenta: Hi4. Sito di intervento:

pallino giallo



Figura 4-3 Fasce PSFF – in giallo: Hi1; in viola: Hi2; in blu: Hi3; in verde: Hi4. Sito di intervento: pallino giallo

4.1.2 SSE DI DECIMOMANNU

Per la Sotto Stazione Elettrica oggetto del presente paragrafo è stato necessario analizzare le condizioni di pericolo idraulico mappate dal PAI, PGRA e PSFF rispetto agli aggiornamenti frutto degli studi realizzati dall’Autorità di Bacino della Regione Sardegna rispetto alle fasce di Pericolo del Flumini Mannu.

Come meglio rappresentato in Figura 4-4, il piazzale in esame si sviluppa all’interno della fascia di Pericolo P3 del fiume (mappe PAI). Secondo l’Art. 40 Comma 2 del Piano di Assetto Idrogeologico – NTA:

“Le mappe della pericolosità idraulica identificano le tre classi seguenti:

- *P3, ovvero aree a pericolosità elevata, con elevata probabilità di accadimento, corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno minore o uguale a 50 anni;*

	PROGETTO DEFINITIVO - ELETTTRIFICAZIONE LINEA CAGLIARI-ORISTANO				
	RELAZIONE IDRAULICA GENERALE PIAZZALI: CAGLIARI, DECIMOMANNU, VILLASOR	COMMESSA RR0S	LOTTO 00	CODIFICA D 29 RI	DOCUMENTO ID 00 00 001

- *P2, ovvero aree a pericolosità media, con media probabilità di accadimento, corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 50 anni e minore o uguale a 200 anni;*
- *P1, ovvero aree a pericolosità bassa, con bassa probabilità di accadimento, corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 200 anni e minore o uguale a 500 anni”.*

La fascia di esondazione occupata risulterebbe dunque caratterizzata da una elevata pericolosità idraulica attribuibile a eventi con moderato periodo di ritorno (TR=50anni) e sarebbe disciplinata dall’Art. 27 del PAI. Come meglio indicato all’interno del comma 3c del suddetto articolo, in fascia P3 sono ammessi gli “interventi di adeguamento per l’integrazione di innovazioni tecnologiche” cui la progettazione in esame appartiene.

A integrazione dei capoversi precedenti, nel 2021 il fiume Flumini Mannu è stato oggetto di approfondimenti da parte dell’Autorità di Bacino della Regione Sardegna al fine di definire gli interventi strategici da realizzarsi lungo il corso d’acqua per limitare le condizioni di rischio idraulico. Come è possibile osservare dall’elaborato “*Atlante cartografico delle fasce di esondazione derivanti dalla modellazione dello SCENARIO 0 (Stato Attuale)*” alle condizioni attuali il piazzale oggetto di intervento risulta collocato esternamente alle fasce di espansione del corso d’acqua (Figura 4-7).

Come meglio specificato all’interno della Relazione “Scenari di intervento strategico e coordinato: Flumini Mannu”, in prossimità del sito è inoltre prevista la realizzazione di nuove arginature che limitino l’espansione della fascia fluviale a ridosso della rete ferroviaria esistente.

Gli studi realizzati dimostrano un massimo livello di piena (TR=200 anni) in prossimità del piazzale pari a 6.75m msl. La quota di imposta del sito di progetto risulta collocata a 9.40m msl. Alle condizioni indicate, dunque, è possibile asserire l’assenza di condizioni di rischio e la piena compatibilità idraulica per l’intervento in esame.

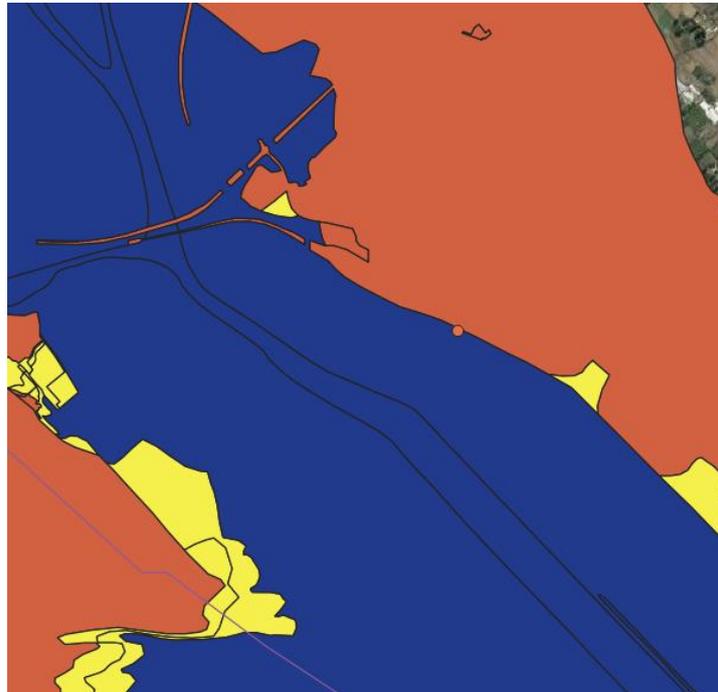


Figura 4-4 Fasce PAI – in arancione: P1; in giallo: P2; in blu: P3. Sito di intervento: pallino giallo



Figura 4-5 Fasce PGRA – in viola: Hi1; in ciano: Hi2; in verde: Hi3; in magenta: Hi4. Sito di intervento: pallino giallo

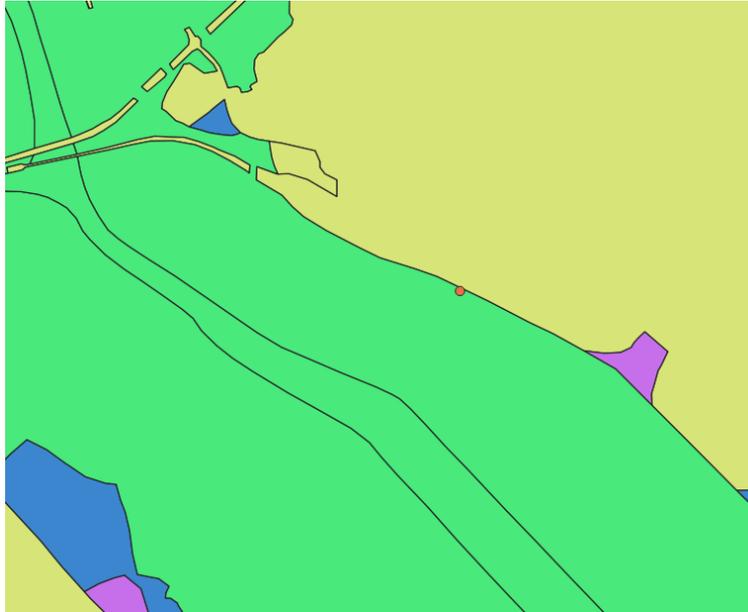


Figura 4-6 Fasce PSFF – in giallo: Hi1; in viola: Hi2; in blu: Hi3; in verde: Hi4. Sito di intervento: pallino giallo

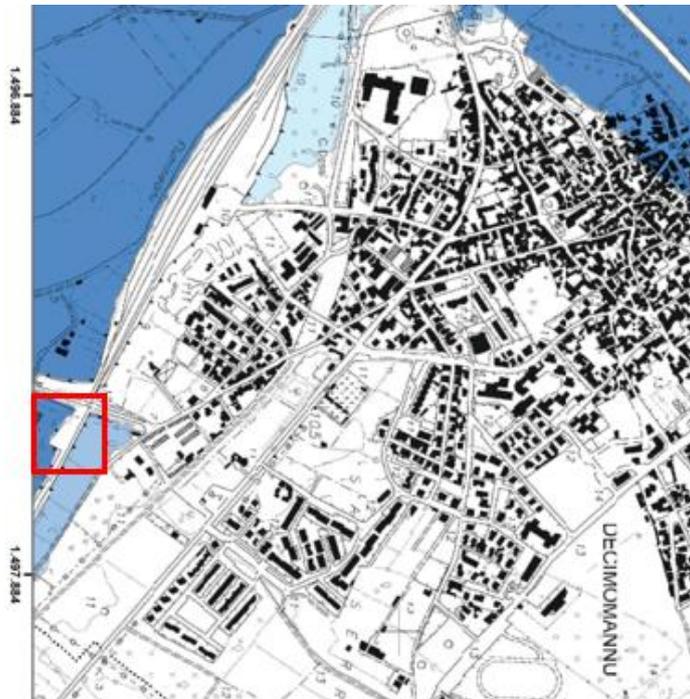


Figura 4-7 Fasce PGRA (aggiornamento 2021) – piazzale di progetto: rettangolo rosso

	PROGETTO DEFINITIVO - ELETTRIFICAZIONE LINEA CAGLIARI-ORISTANO					
	RELAZIONE IDRAULICA GENERALE PIAZZALI: CAGLIARI, DECIMOMANNU, VILLASOR	COMMESSA RR0S	LOTTO 00	CODIFICA D 29 RI	DOCUMENTO ID 00 00 001	REV. B

4.1.3 SSE DI VILLASOR

Come possibile osservare dalle immagini che seguono, il sito di Villasor ricade all'interno delle aree di vincolo idraulico relative alle fasce di esondazione del Fiume Flumini Mannu. Nel dettaglio, il piazzale è collocato all'interno della fascia di pericolo P3 del PAI disciplinata dall'Art. 41 Comma 1:

“Nelle aree P3 si applicano le norme tecniche di attuazione del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) relative alle aree di pericolosità idraulica Hi4, con particolare riferimento all'articolo 27”.

Come meglio indicato all'interno dell'Art. 27 comma 3c, in fascia P3 sono ammessi gli “interventi di adeguamento per l'integrazione di innovazioni tecnologiche” cui la progettazione in esame appartiene. Si osserva tuttavia la necessità di individuare una soluzione che permetta di compensare l'eventuale sottrazione di volume all'espansione di piena.

A seguito di confronto realizzato con l'Autorità di Bacino della Regione Sardegna, inoltre, si è evidenziata l'applicabilità per il sito di progetto dell'Art. 23 comma 9 (a, b, c, d) che disciplina gli accorgimenti tecnici da adottarsi per evitare l'aggravio delle condizioni di pericolosità e rischio idraulico nelle zone vincolate PAI. Nel dettaglio gli interventi devono essere tali da:

“a. migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo principale e secondario, non aumentando il rischio di inondazione a valle;

b. migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di equilibrio statico dei versanti

e di stabilità dei suoli attraverso trasformazioni del territorio non compatibili;

c. non compromettere la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione idrogeologica a regime;

d. non aumentare il pericolo idraulico con nuovi ostacoli al normale deflusso delle acque o con riduzioni significative delle capacità di invaso delle aree interessate”.

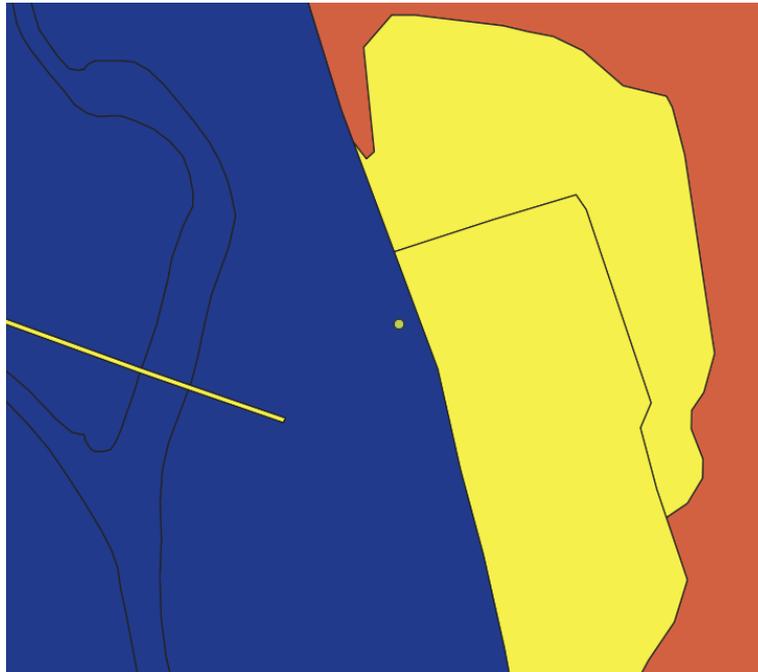


Figura 4-8 Fasce PAI – in arancione: P1; in giallo: P2; in blu: P3. Sito di intervento: pallino giallo



Figura 4-9 Fasce PGRA – in viola: Hi1; in ciano: Hi2; in verde: Hi3; in magenta: Hi4. Sito di intervento: pallino giallo

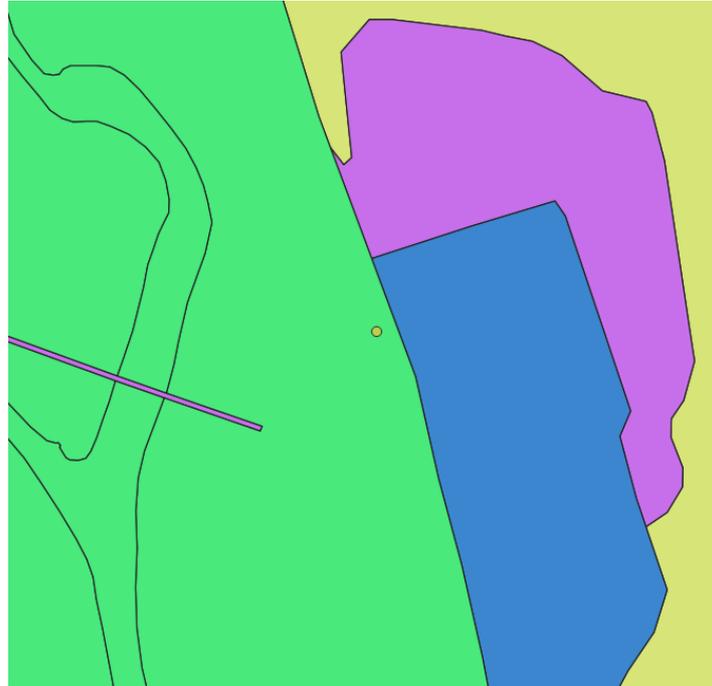


Figura 4-10 Fasce PSFF – in giallo: Hi1; in viola: Hi2; in blu: Hi3; in verde: Hi4. Sito di intervento: pallino giallo

Nel caso in esame, gli studi già realizzati dall’Autorità di Bacino della Regione Sardegna evidenziano livelli idraulici per eventi duecentennali pari a +26.52m msl, a fronte di una quota media del piazzale pari a +24.50m msl (tirante massimo: 2.02m). Come meglio rappresentato negli elaborati tecnici di dettaglio, al fine di garantire la sicurezza idraulica del fabbricato di piazzale, delle rampe di accesso e degli impianti elettrici, si è deciso di collocare gli stessi a 2.0m (piazzale) e 1.0m (impianti elettrici) dal piano di campagna rispettivamente. Alle condizioni indicate, il volume di espansione sottratto nel caso di alluvionamento con TR=200anni risulta pari a 3260m³.

Tabella 3 Volumi sottratti all’espansione della piena.

	Superficie m²	Tirante m	Volume m³
Terrapieno (fabbricato)	835	2	1670
Rampa di accesso	240	1	240
Piazzale AT	1350	1	1350

	PROGETTO DEFINITIVO - ELETRIFICAZIONE LINEA CAGLIARI-ORISTANO				
	RELAZIONE IDRAULICA GENERALE PIAZZALI: CAGLIARI, DECIMOMANNU, VILLASOR	COMMESSA RR0S	LOTTO 00	CODIFICA D 29 RI	DOCUMENTO ID 00 00 001

Gli interventi adottati a compensazione dei volumi sottratti alla piena sono di seguito illustrati:

1. Realizzazione di un canale perdente perimetrale di sezione utile rettangolare 150x150cm e di lunghezza totale pari a 390m. Il presidio idraulico, sviluppa un volume utile pari a 878m³ (esclusi i valori sottratti per infiltrazione) ed è collegato al sistema di drenaggio interrato del piazzale a mezzo di caditoie e condotte;
2. Realizzazione di una trincea perdente di laminazione 33.0x53.0x1.2m che sviluppa un volume utile pari a 2099m³ ed è collegata mediante condotta by-pass di troppo pieno al canale di cui al precedente punto;
3. Realizzazione di un'area di compensazione in ghiaia di estensione pari a 808m² e profondità media 1.0m (indice dei vuoti: 0.4). Il volume di compenso così generato è pari a 323m³.

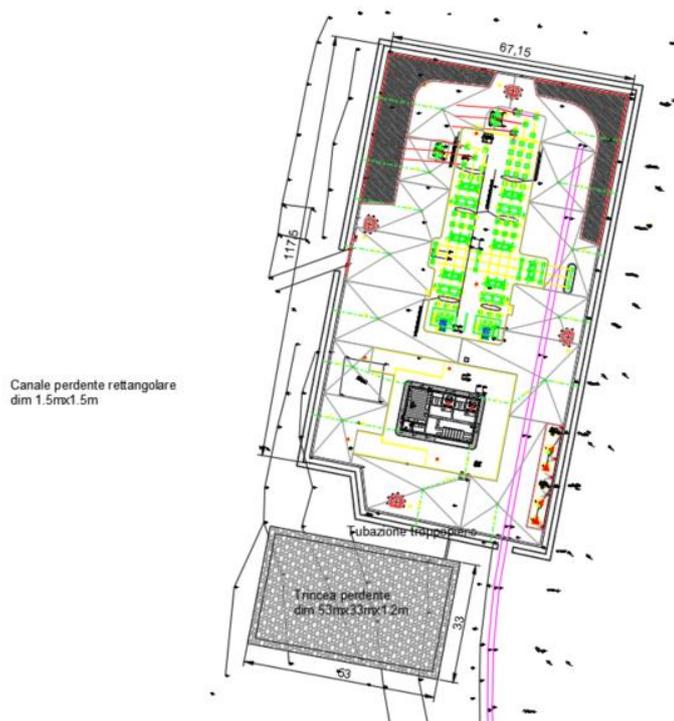


Figura 4-11 Stralcio planimetrico degli interventi di compensazione.

Gli interventi caratterizzati da un sistema a dispersione sono resi possibili in quanto i primi strati del terreno presentano una permeabilità media di 3×10^{-5} m/s e il livello della falda acquifera è stato riscontrato ad una profondità di 2,46 m da p.c., ovvero ad una quota di 22,54 m s.l.m..

La falda risulta di conseguenza ad una profondità tale da non interferire con i lavori per la realizzazione dell'opera. Per ulteriori dettagli si rimanda alla sezione idrogeologica RR0S00D69L6GE0002003A – “Carta Geologica e Profilo Geologico SSE Villasor”.

Alle condizioni indicate, dunque, gli interventi realizzati presentano un volume minimo di compensazione pari a 3300m³, garantendo di fatto la compatibilità idraulica dell'intervento.

4.2 INVARIANZA IDRAULICA

Il presente paragrafo illustra le procedure e i risultati ottenuti per il raggiungimento delle condizioni di compatibilità rispetto all'invarianza idraulica. Come meglio illustrato dagli elaborati specialistici relativi al sistema di drenaggio, i contributi meteorici attribuibili ai piazzali di progetto vengono gestiti a mezzo di rete interrata (caditoie+condotte). Appare dunque opportuno verificare che gli interventi in esame rispondano nel complesso alle prescrizioni relative al mantenimento invariato delle portate e dei volumi convogliati al ricettore idraulico di riferimento.

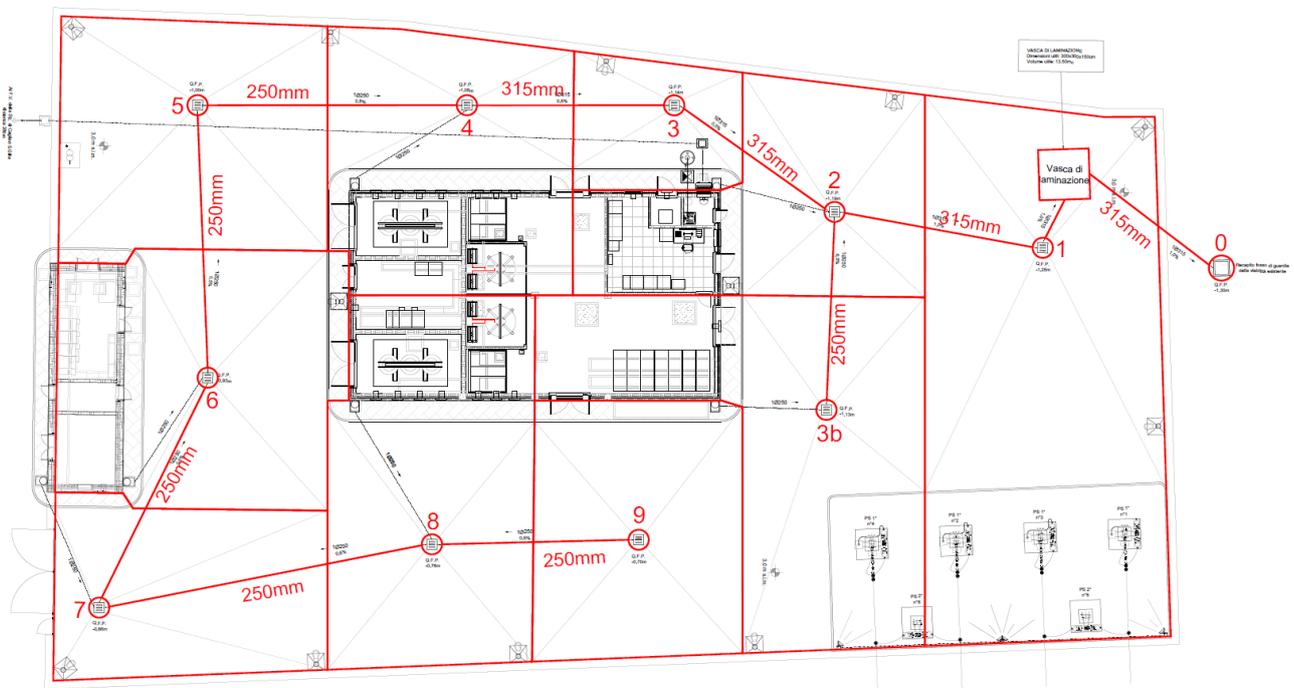


Figura 4-12 SSE Cagliari - Stralcio planimetro della rete di drenaggio adottata per il piazzale.

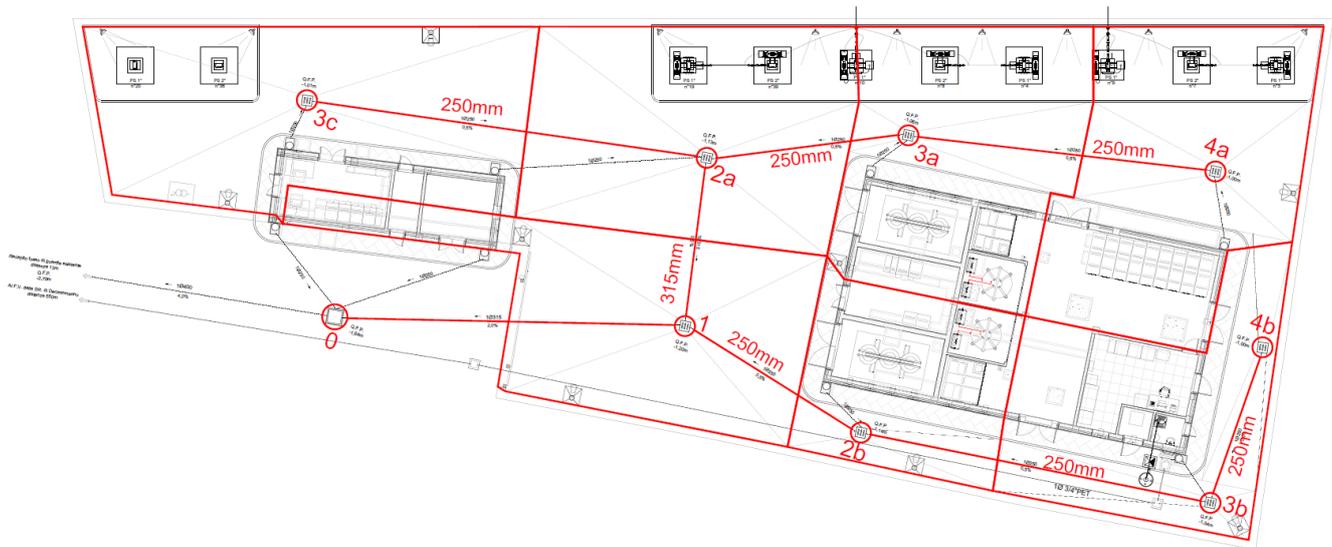


Figura 4-13 SSE Decimomannu - Stralcio planimetro della rete di drenaggio adottata per il piazzale.

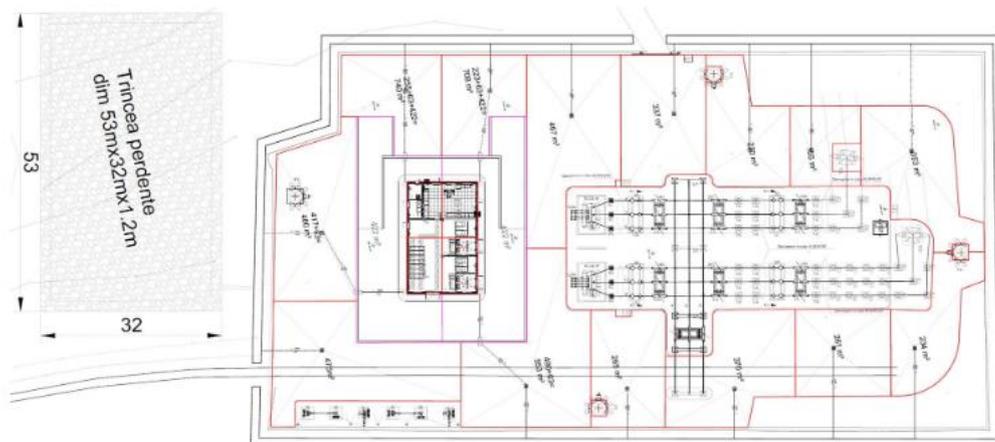


Figura 4-14 SSE Villasor - Stralcio planimetro della rete di drenaggio adottata per il piazzale.

	PROGETTO DEFINITIVO - ELETTTRIFICAZIONE LINEA CAGLIARI-ORISTANO					
	RELAZIONE IDRAULICA GENERALE PIAZZALI: CAGLIARI, DECIMOMANNU, VILLASOR	COMMESSA RR0S	LOTTO 00	CODIFICA D 29 RI	DOCUMENTO ID 00 00 001	REV. B

Come disciplinato dall'Art. 47 del PAI per:

“invarianza idraulica si intende il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione”.

Come meglio indicato all'interno delle *Linee Guida ed Indirizzi Operativi per l'Attuazione del Principio della Invarianza Idraulica*, gli aspetti da considerarsi a tal fine possono sintetizzarsi in:

1. Invarianza dei valori di portata e volume complessivamente convogliati a recapito finale;
2. Invarianza del punto di recapito, al fine di non aggravare eventuali altre reti limitrofe;
3. Invarianza delle quote altimetriche del sito. Tale trasformazione è tuttavia consentita nel caso in cui il sito di progetto si doti di sistemi di drenaggio e laminazione che permettano di escludere il manifestarsi di carichi incongrui nelle zone limitrofe dell'intervento;
4. Invarianza della capacità di dreno delle aree limitrofe.

La Normativa prevede l'individuazione di misure compensative differenti in ragione dello sviluppo superficiale della trasformazione territoriale. La tabella che segue riporta la classe dell'intervento:

Tabella 4 Classificazione dell'intervento territoriale

Classe	Livello di impermeabilizzazione potenziale	Superficie territoriale
a	trascurabile	inferiore a 0.1 ha
b	modesta	compresa tra 0.1 e 0.5 ha
c	significativa	compresa tra 0.5 e 10 ha
d	sostanziale	superiore a 10 ha

I piazzali di progetto di Cagliari e Decimomannu presentano un'estensione complessiva ovunque compresa tra i 1000m² e i 5000m² e appartengono agli interventi con livello di impermeabilizzazione potenziale “modesta”. Il Piazzale di Villasor, invece, presenta una superficie drenata complessiva di 8500m² e dunque ricade all'interno del livello di impermeabilizzazione potenziale “significativa”. I

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO - ELETTRIFICAZIONE LINEA CAGLIARI-ORISTANO				
	RELAZIONE IDRAULICA GENERALE PIAZZALI: CAGLIARI, DECIMOMANNU, VILLASOR	COMMESSA RR0S	LOTTO 00	CODIFICA D 29 RI	DOCUMENTO ID 00 00 001

paragrafi che seguono, dunque, offrono una trattazione di dettaglio in riferimento alla classe di appartenenza.

4.2.1 SSE CAGLIARI E DECIMOMANNU

Per i piazzali di Cagliari e Decimomannu si adotta la procedura che prevede il raffronto tra lo stato di impermeabilizzazione della superficie alle condizioni Ante e Post Operam.

Tabella 5 SSE Cagliari – Ante-Post Operam

	TIPOLOGIA	SUPERFICIE m²	COEFFICIENTE DI AFFLUSSO
ANTE OPERAM	ASFALTO	2341	0.80
POST OPERAM	ASFALTO	2341	0.95

Tabella 6 SSE Decimomannu – Ante-Post Operam

	TIPOLOGIA	SUPERFICIE m²	COEFFICIENTE DI AFFLUSSO
ANTE OPERAM	ASFALTO	1537	0.80
POST OPERAM	ASFALTO	1537	0.95

Come meglio illustrato all'interno delle linee guida, le trasformazioni ricadenti in Classe B comportano la necessità di determinare il volume minimo da invasare al fine di mantenere invariata la portata tra stato di fatto e di progetto.

La determinazione del picco di piena, a mezzo di formula Razionale, è realizzata nel rispetto delle ipotesi che seguono:

- Evento con periodicità statistica media pari a 50 anni;
- Tempo di corrivazione pari a 15 minuti;

- Coefficiente di afflusso Ante Operam determinato come media pesata del valore attribuibile alle superfici permeabili ($\varphi=0.50$) e impermeabili ($\varphi=0.8$);
- Coefficiente di afflusso Post Operam determinato come media pesata dei valori attribuibili per assegnata destinazione d'uso.

$$Q = \frac{\varphi \cdot ARF \cdot S \cdot h}{3.6 \cdot \tau}$$

Per i casi oggetto di studio, il coefficiente di afflusso allo stato di fatto e di progetto risulta pari a 0.80 e 0.85 rispettivamente. Il coefficiente di riduzione areale è determinato a mezzo della relazione di v. Raudkivi:

$$ARF = 1 - 0.17 A^{1/4}, A \leq 12^2 \pi \approx 452 \text{ Km}^2,$$

$$ARF = 0.2, A > 12^2 \pi \approx 452 \text{ Km}^2,$$

La tabella che segue riporta i risultati ottenuti per i piazzali di progetto.

Tabella 7 SSE Cagliari - Ante-Post Operam – portata

φ_a	φ_p	S ha	AFR	d min	I mm/h	Qa m ³ /s	Qp m ³ /s
0.8	0.95	0.2341	0.96	15	102.037	0.051	0.061

Tabella 8 SSE Decimomannu - Ante-Post Operam – portata

φ_a	φ_p	S ha	AFR	d min	I mm/h	Qa m ³ /s	Qp m ³ /s
0.8	0.95	0.1598	0.97	15	102.037	0.035	0.042

La

SSE	V_AO	V_PO	dV	Vasca

	PROGETTO DEFINITIVO - ELETTRIFICAZIONE LINEA CAGLIARI-ORISTANO				
	RELAZIONE IDRAULICA GENERALE PIAZZALI: CAGLIARI, DECIMOMANNU, VILLASOR	COMMESSA RR0S	LOTTO 00	CODIFICA D 29 RI	DOCUMENTO ID 00 00 001

	m³	m³	m³	
CAGLIARI	46.00	54.61	8.61	3.0x3.0x1.50m
DECIMOMANNU	31.50	37.41	5.91	-

Tabella 9 riporta il volume sotteso all'idrogramma triangolare alle condizioni Ante e Post Operam, il valore minimo richiesto per la compensazione ai fini dell'invarianza idraulica e le dimensioni del manufatto di laminazione di progetto.

Tabella 9 Volume minimo di compensazione ai fini dell'invarianza idraulica

SSE	V_AO m³	V_PO m³	dV m³	Vasca
CAGLIARI	46.00	54.61	8.61	3.0x3.0x1.50m
DECIMOMANNU	31.50	37.41	5.91	-

Come è dunque possibile osservare dai risultati della progettazione:

1. SSE Cagliari – la compensazione volumetrica ai fini dell'invarianza idraulica è ottenuta mediante un pozzetto 300x300x150cm dotato di condotta di troppo pieno e impianto di sollevamento (Q=5l/s - 1+1 pompa). L'accorgimento tecnico, necessario in presenza di una falda affiorante (piano di campagna), in caso di evento di pioggia prevede il preventivo riempimento della vasca a capacità e successiva entrata in funzione del dispositivo di by-pass. Al termine dell'evento il manufatto viene svuotato dall'impianto di sollevamento. I volumi disponibili (9m³ con franco di 50cm) cautelativamente non tengono in considerazione della capacità associabile alla rete (4.24m³ – GR=60% - L=136.0m). Il recapito finale del sistema è rappresentato dal fosso di guardia esistente (quota fondo pozzetto: -1.30 m da pc). L'immagine che segue riporta la posizione della vasca, della condotta di mandata e del pozzetto finale di recapito al fosso esistente.

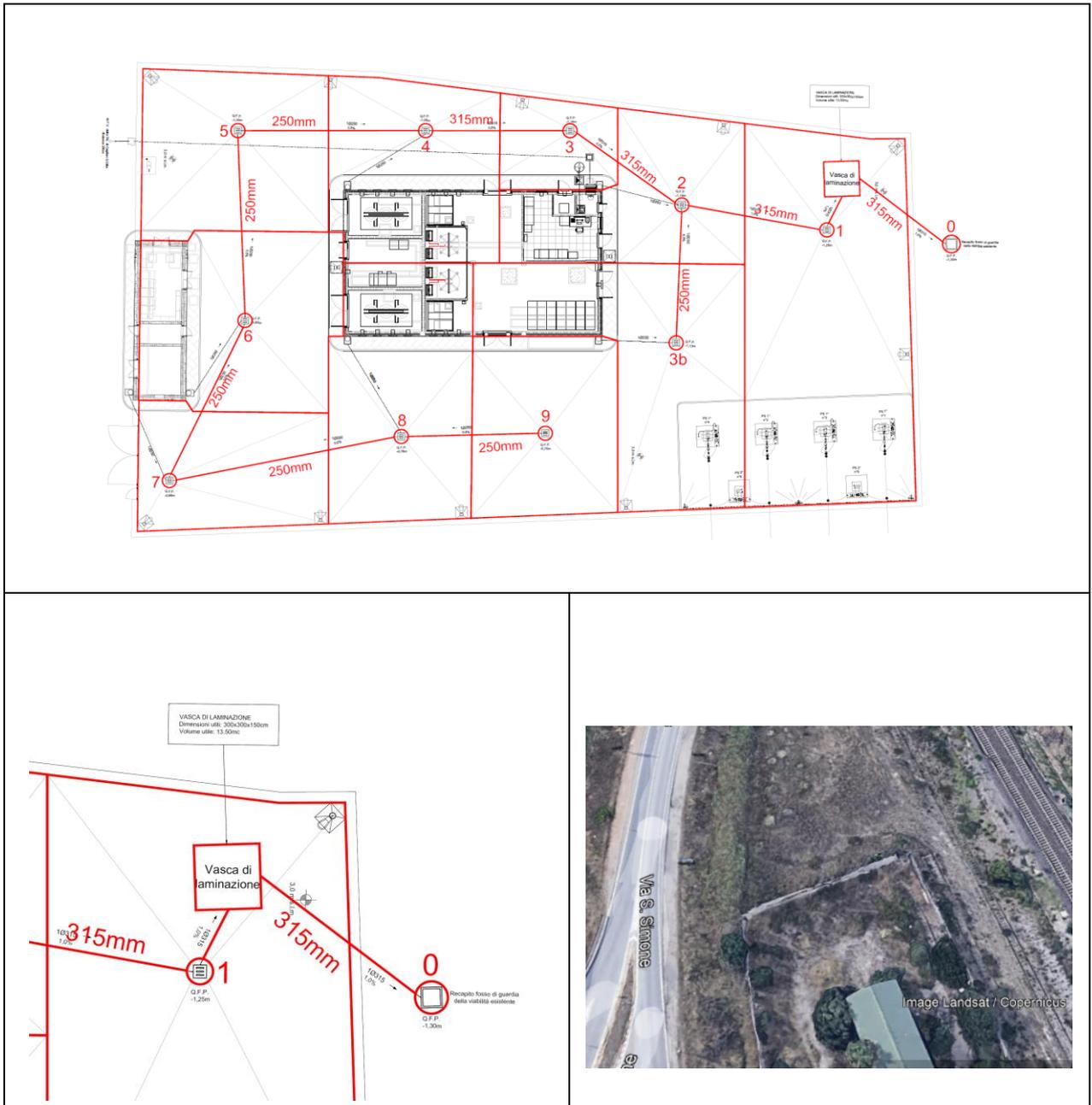
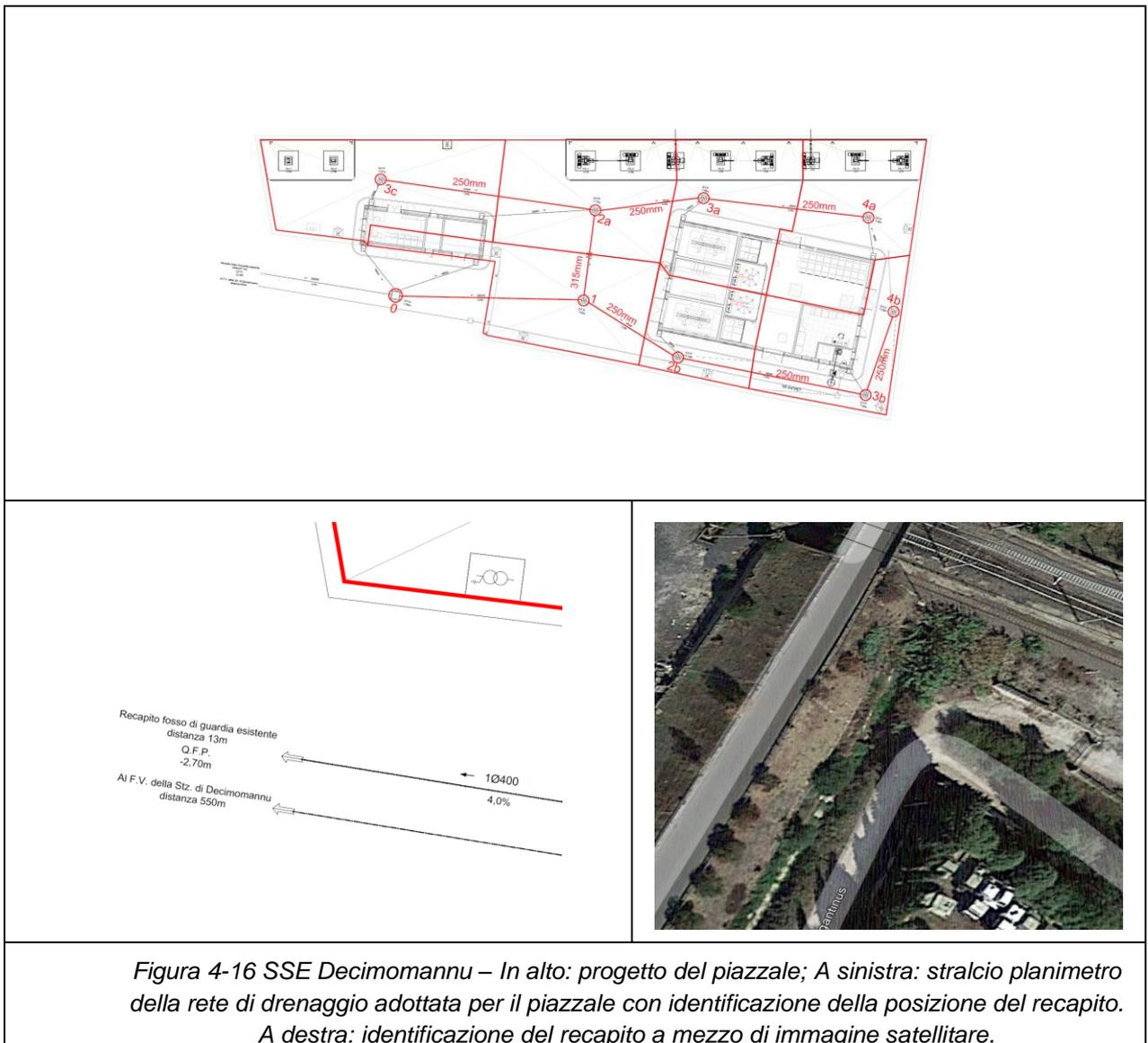


Figura 4-15 SSE Cagliari – In alto: progetto del piazzale; A sinistra: stralcio planimetro della rete di drenaggio adottata per il piazzale con identificazione della posizione della vasca di rilancio e del pozzetto di recapito. A destra: identificazione del recapito a mezzo di immagine satellitare.

2. SSE Decimomannu – la compensazione volumetrica ai fini dell’invarianza idraulica è ottenuta in ragione della capacità della rete di collettamento che, nell’ipotesi di riempimento omogeneo al 60% degli spechi, sviluppa un volume utile di 5.10m^3 a fronte di una lunghezza complessiva dei presidi di 163.0m. I risultati escludono cautelativamente i contributi ulteriori attribuibili ai pozzetti. Il recapito delle portate è realizzato direttamente all’interno del fosso di guardia perdente locale (piano di falda: -4.50m da pc; permeabilità media: 3×10^{-5} m/s). Il presidio in esame è collocato a una quota di fondo pari a -2.70m da piano di campagna.



	PROGETTO DEFINITIVO - ELETTRIFICAZIONE LINEA CAGLIARI-ORISTANO					
	RELAZIONE IDRAULICA GENERALE PIAZZALI: CAGLIARI, DECIMOMANNU, VILLASOR	COMMESSA RR0S	LOTTO 00	CODIFICA D 29 RI	DOCUMENTO ID 00 00 001	REV. B

Ai fini progettuali, considerata la collocazione dei siti in ambito urbano, lo smaltimento delle portate è realizzato allacciandosi al recapito delle acque meteoriche esistente.

4.2.2 SSE VILLASOR

Per il piazzale di Villasor, appartenente alla Classe C di impermeabilizzazione potenziale, risulta necessaria la determinazione preliminare a mezzo di metodo del Curve Number della pioggia netta che caratterizza il sito alle condizioni Ante e Post Operam.

Il valore dell'altezza di pioggia efficace, calcolata mediante applicazione del metodo CN del Soil Conservation Service, risponde alla relazione che segue:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{(P - I_a + S)}$$

$$S = 254 \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Con P_e pioggia netta, I_a perdita idrologica iniziale, S massima capacità di ritenzione idrica del suolo e CN coefficiente relativo alla tipologia e classe d'uso del suolo per un livello medio di imbibizione. La Regione Sardegna ha individuato il valore di CN attribuibile al sito in esame come pari a 89.



Figura 4-17 SSE Villasor – mappa del Curve Number

Alle condizioni di intervento, il sito risulta impermeabilizzato (CN=98) per una superficie pari a 7700m², con 800m² (ghiaia) caratterizzati dai valori di permeabilità media (CN=63). Il valore rappresentativo del CN risulta dunque pari a 94.70.

In condizioni di piena imbibizione del terreno, il valore del CNIII è determinato a mezzo della relazione:

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0,13CN(II)}$$

	PROGETTO DEFINITIVO - ELETTRIFICAZIONE LINEA CAGLIARI-ORISTANO					
	RELAZIONE IDRAULICA GENERALE PIAZZALI: CAGLIARI, DECIMOMANNU, VILLASOR	COMMESSA RR0S	LOTTO 00	CODIFICA D 29 RI	DOCUMENTO ID 00 00 001	REV. B

La tabella che segue riporta i risultati ottenuti.

Tabella 10 CNIII Ao e PO

	CN II	CNIII
AO	89.00	94.90
PO	94.71	97.63

Il valore della pioggia netta relativa alle condizioni Ante e Post Operam, nell'ipotesi di durata della pioggia pari a 30minuti e TR=50 anni risulta:

Tabella 11 Pioggia netta alle condizioni Ante e Post Operam

	CN II	CNIII	P(15,50) mm	S mm	la mm	Pe(15,50) mm
AO	89.00	94.90	34.75	13.65	2.73	22.45
PO	94.71	97.63	34.75	6.17	1.23	28.30

Come indicato dalle linee guida, l'evento di progetto si ipotizza distribuito secondo ietogramma Chigaco ($r=0.4$). L'idrogramma di progetto è determinato per applicazione del metodo della Corrivazione ($t_c=15$ min).

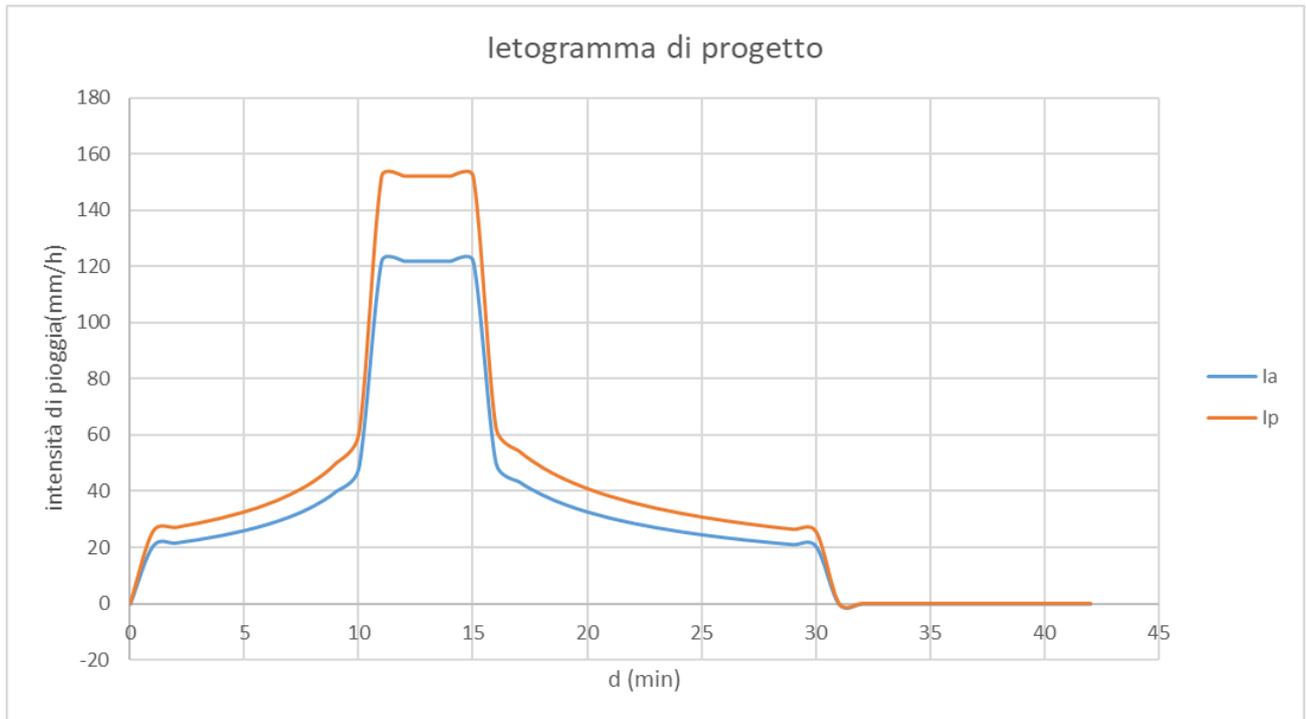


Figura 4-18 SSE Villasor – Ietogramma di progetto

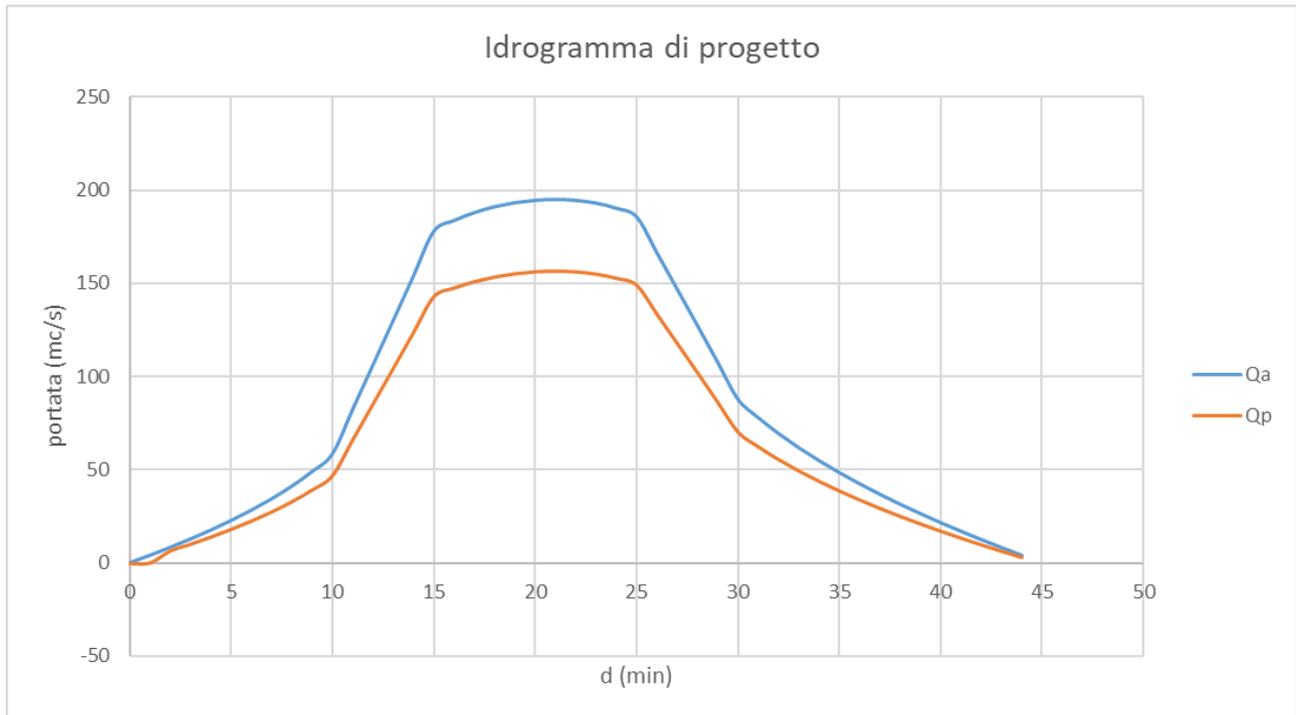


Figura 4-19 SSE Villasor – idrogramma di progetto

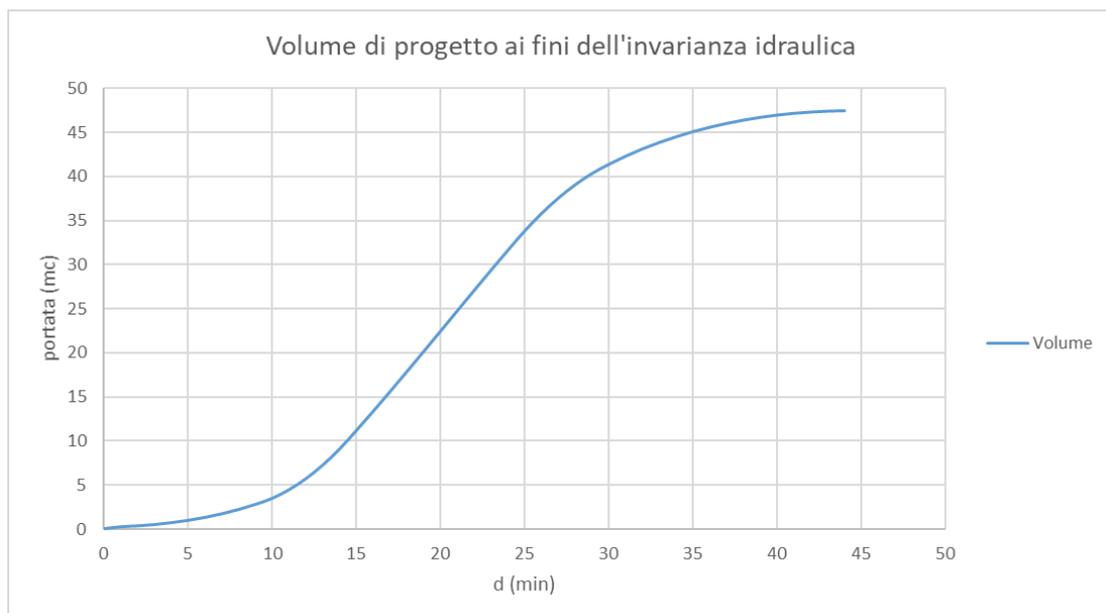


Figura 4-20 SSE Villasor – volume di progetto

	PROGETTO DEFINITIVO - ELETTTRIFICAZIONE LINEA CAGLIARI-ORISTANO				
	RELAZIONE IDRAULICA GENERALE PIAZZALI: CAGLIARI, DECIMOMANNU, VILLASOR	COMMESSA RR0S	LOTTO 00	CODIFICA D 29 RI	DOCUMENTO ID 00 00 001

Il volume di progetto da compensare ai fini dell'invarianza idraulica è pari a 47.4m³ e viene garantito dal canale laterale a presidio del piazzale (V=877m³) progettato per eventi meteorici eccezionali (TR=200 anni). I contributi raccolti sono progressivamente smaltiti per percolazione all'interno degli strati superficiali del terreno.



Figura 4-21 Stralcio planimetrico degli interventi di compensazione ai fini dell'invarianza idraulica

4.2.3 SINTESI DELLE VERIFICHE AI FINI DELL'INVARIANZA IDRAULICA

Il presente paragrafo illustra sinteticamente le condizioni che garantiscono nel complesso il rispetto dell'invarianza idraulica per i tre piazzali di progetto.

Tabella 12 SSE Cagliari - Tabella di sintesi relativa alla rispondenza della progettazione alle condizioni inerenti all'invarianza idraulica dell'intervento

Condizioni per l'Invarianza idraulica	Misure adottate in fase di progettazione
1. Invarianza della portata/volume convogliati a ricettore finale	Adozione di una vasca di laminazione a dispersione con volume minimo ottenuto secondo procedura indicata dalle Linee Guida per interventi in Classe B.

2. Invarianza del recapito	Il recapito Ante e Post Operam resta invariato (fosso di guardia esistente).
3. Invarianza delle quote altimetriche del sito	Il piazzale è collocato a un livello altimetrico superiore rispetto al terreno esistente. Al fine di non gravare i territori limitrofi si è adottato un sistema di drenaggio autonomo che permette il pieno isolamento idraulico del sito.
4. Invarianza della capacità di dreno delle aree limitrofe	L'intervento non conduce ad alcuna modifica di rilievo delle modalità di smaltimento dei contributi meteorici attualmente caratterizzanti le aree limitrofe.

Tabella 13 SSE Decimomannu - Tabella di sintesi relativa alla rispondenza della progettazione alle condizioni inerenti all'invarianza idraulica dell'intervento

Condizioni per l'Invarianza idraulica	Misure adottate in fase di progettazione
1. Invarianza della portata/volume convogliati a ricettore finale	Il volume minimo di compensazione ai fini dell'invarianza idraulica, ottenuto secondo procedura indicata dalle Linee Guida per interventi in Classe B, è garantito dalla capacità residua della rete di collettamento delle acque meteoriche.
2. Invarianza del recapito	Il recapito Ante e Post Operam resta invariato (fosso di guardia esistente).
3. Invarianza delle quote altimetriche del sito	Il piazzale è collocato a un livello altimetrico superiore rispetto al terreno esistente. Al fine di non gravare i territori limitrofi si è adottato un sistema di drenaggio autonomo che permette il pieno isolamento idraulico del sito.
4. Invarianza della capacità di dreno delle aree limitrofe	L'intervento non conduce ad alcuna modifica di rilievo delle modalità di smaltimento dei contributi meteorici attualmente caratterizzanti le aree limitrofe.

Tabella 14 SSE Villasor - Tabella di sintesi relativa alla rispondenza della progettazione alle condizioni inerenti all'invarianza idraulica dell'intervento

Condizioni per l'Invarianza idraulica	Misure adottate in fase di progettazione
1. Invarianza della portata/volume convogliati a ricettore finale	Intervento in Classe C - progettazione di una rete di drenaggio con è realizzata in riferimento a un TR=25 anni. Il volume di compensazione è determinato in funzione di un evento di pioggia con TR=50 anni di durata pari a 30 minuti e distribuzione Chicago.
2. Invarianza del recapito	Il recapito Ante e Post Operam resta invariato (infiltrazione strati superficiali del terreno).
3. Invarianza delle quote altimetriche del sito	Il piazzale è collocato a un livello altimetrico superiore rispetto al terreno esistente. Al fine di non gravare i territori limitrofi si è adottato un sistema di drenaggio autonomo che permette il pieno isolamento idraulico del sito.
4. Invarianza della capacità di dreno delle aree limitrofe	L'intervento non conduce ad alcuna modifica di rilievo delle modalità di smaltimento dei contributi meteorici attualmente caratterizzanti le aree limitrofe.

	PROGETTO DEFINITIVO - ELETTRIFICAZIONE LINEA CAGLIARI-ORISTANO					
RELAZIONE IDRAULICA GENERALE PIAZZALI: CAGLIARI, DECIMOMANNU, VILLASOR	COMMESSA RR0S	LOTTO 00	CODIFICA D 29 RI	DOCUMENTO ID 00 00 001	REV. B	FOGLIO 39 di 39

5 CONCLUSIONI

La presente relazione ha illustrato le verifiche realizzate per i piazzali delle Sotto Stazioni Elettriche di Cagliari, Decimomanni e Villasor ai fini della compatibilità idraulica degli interventi. Come meglio illustrato all'interno dei capitoli precedenti, i siti oggetto di analisi sono collocati esternamente alle aree di vincolo idrogeologico del PAI, PGRA e PSFF e per ciascuno è stata sviluppata un'analisi di compatibilità.

Nel dettaglio, il piazzale di Cagliari risulta collocato esternamente alle fasce di esondazione. Il sito di Decimomannu è stato oggetto di approfondimenti da parte dell'Autorità di Bacino della Regione Sardegna che indicano l'assenza di condizioni di vincolo. Per la sottostazione elettrica di Villasor, collocata in fascia P3 e, dunque, disciplinata dall'Art. 27 comma 3c del PAI, si sono dimensionati i volumi minimi di compensazione della capacità di espansione sottratta all'evento di piena.

Ai fini dell'invarianza idraulica si è operato secondo le indicazioni presenti all'interno della Normativa Regionale che distinguono le classi di intervento in ragione dell'entità della superficie di impermeabilizzazione.

I piazzali di Cagliari e Decimomannu ricadono in Classe B. Tale condizione comporta la necessità di laminare parte delle portate generate dal piazzale che vengono successivamente recapitate al fosso di guardia locale. Per Villasor (Classe C) il volume minimo di compensazione è stato ottenuto attraverso i presidi già realizzati ai fini della compatibilità idraulica con le fasce di espansione del Flumini Mannu.