

REGIONE EMILIA-ROMAGNA
PROVINCIA DI FERRARA
COMUNE DI CODIGORO

PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO A TERRA CON PRODUZIONE AGRICOLA E DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE RINNOVABILE FOTOVOLTAICA, DI POTENZA PARI A 24,9 MW E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN DA UBICARSI NEL COMUNE DI CODIGORO (FE)

Timbri autorizzativi




RELAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello prog.	Codice Pratica Terna	Tipo Elabor.	N.ro Elabor.	Project ID Cliente	Project ID Interno	NOME FILE	DATA	SCALA
PDef	202401788	Relazione	-	COD	COD	COD-DEV.IDR-1000	19/03/2026	-

REVISIONI

VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
Dft.00	19/03/2026	Prima Emissione	GM	FM	FM

IL PROPONENTE	PROGETTO DI	TECNICO INCARICATO
		
ELEMENTS CODIGORO SRL Sede in via Beato S. Valfrè n. 14, Torino (TO), 10121 CF e P.iva: 13328390011 Mail: elements.codigoro@legalmail.it	I-PERGOLA SRL SOCIETÀ BENEFIT Sede legale: Via Flero 28, Brescia (BS), 25125 P.Iva: 00747010197 PEC: i-pergolasrl@pec.it	SMART INGEGNERIA STP srl Sede legale: Via Malta 12/b, Brescia (BS), 25124 P.iva: 04577720982 PEC:smartingegneriastp@lamiapec.it

SOMMARIO

1 PREMESSE E NORMATIVA DI RIFERIMENTO..... 6

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E VINCOLI..... 7

 2.1 REGOLAMENTO URBANISTICO E EDILIZIO DEL COMUNE DI
 CODIGORO8

 2.2 PIANO STRUTTURALE COMUNALE DEL COMUNE DI CODIGORO.....8

 2.3 PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI – P.G.R.A..... 10

 2.4 DOCUMENTAZIONE CONSORZIO DI BONIFICA PIANURA DI
 FERRARA 11

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO..... 13

4 STATO DI FATTO 15

5 INTERVENTI DI PROGETTO..... 20

 5.1 DEFINIZIONE DEI DATI DI PROGETTO E DELLE MODALITÀ DI
 CALCOLO20

6 DETERMINAZIONE DEL VOLUME DI LAMINAZIONE 24

 6.1 METODI DI CALCOLO.....24

 6.2 OPERE DI LAMINAZIONE E MITIGAZIONE DELLE PORTATE.....26

7 CONCLUSIONI 30

1 PREMESSE E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è riferita al progetto per la realizzazione di un nuovo impianto agrivoltaico a terra di produzione di energia elettrica in un lotto sito nel Comune di Codigoro (FE) e valuta il possibile impatto del progetto da un punto di vista idrologico e idraulico definendo gli interventi atti a garantire il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica.

Gli interventi edilizi previsti in progetto che comportano una riduzione della permeabilità del suolo rispetto alla sua condizione preesistente all'urbanizzazione, e quindi soggetti ai requisiti di invarianza idraulica, sono l'installazione di pannelli solari e delle cabine elettriche.

COMMESSA: COD	RELAZIONE IDRAULICA	REV.00	19/03/2026	PAGINA 6
---------------	---------------------	--------	------------	----------

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E VINCOLI

Il lotto oggetto di intervento è sito in un'area rurale a nord-ovest dal centro del Comune di Codigoro in provincia di Ferrara (FE), accessibile da Via Bagaglione.

Si riporta di seguito l'inquadramento dell'area:

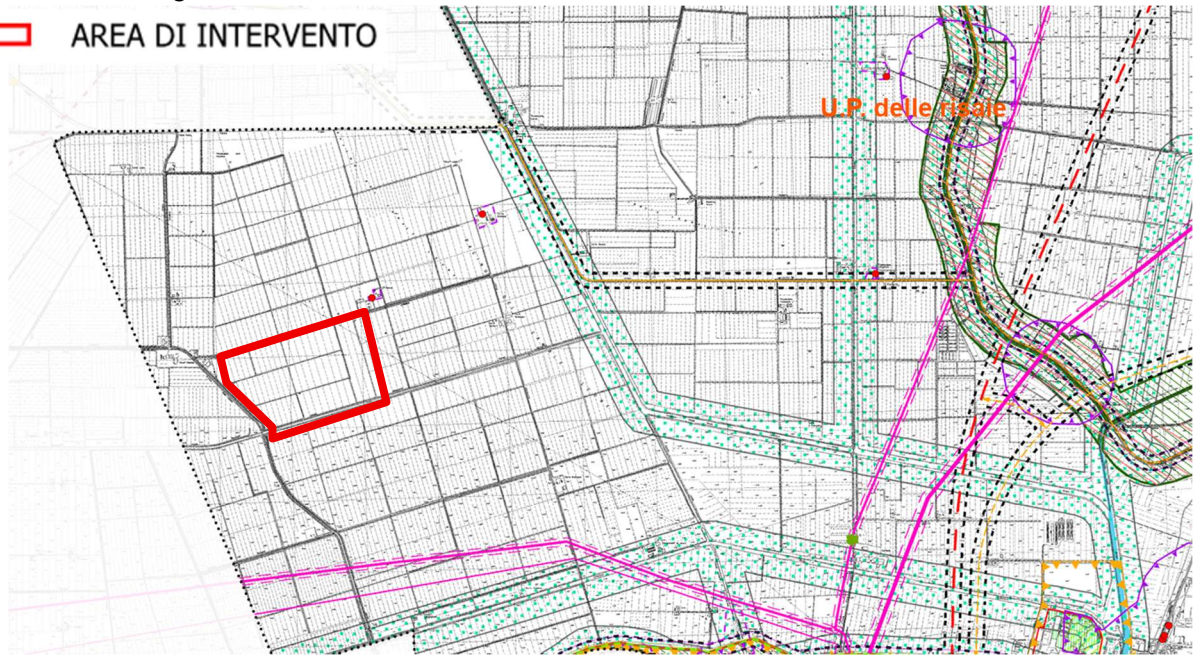


Il terreno in analisi è identificato catastalmente ai Mappali 74, 76, 80, 82, 88, 90 e 92 del Foglio 61.

2.1 REGOLAMENTO URBANISTICO E EDILIZIO DEL COMUNE DI CODIGORO

Si riporta di seguito un estratto della Tavola dei vincoli (Allegato alla Valutazione di Sostenibilità ambientale e territoriale), del Regolamento Urbanistico ed Edilizio (RUE) del Comune di Codigoro.

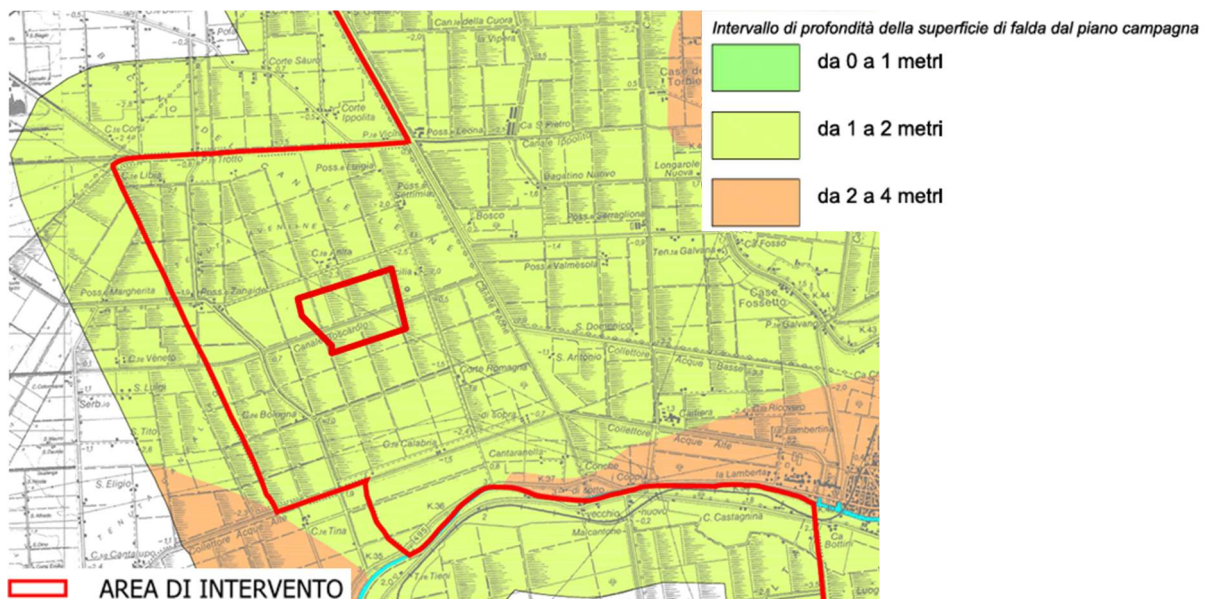
 AREA DI INTERVENTO



Il terreno oggetto di intervento non rientra in nessun'area vincolata dal R.U.E.

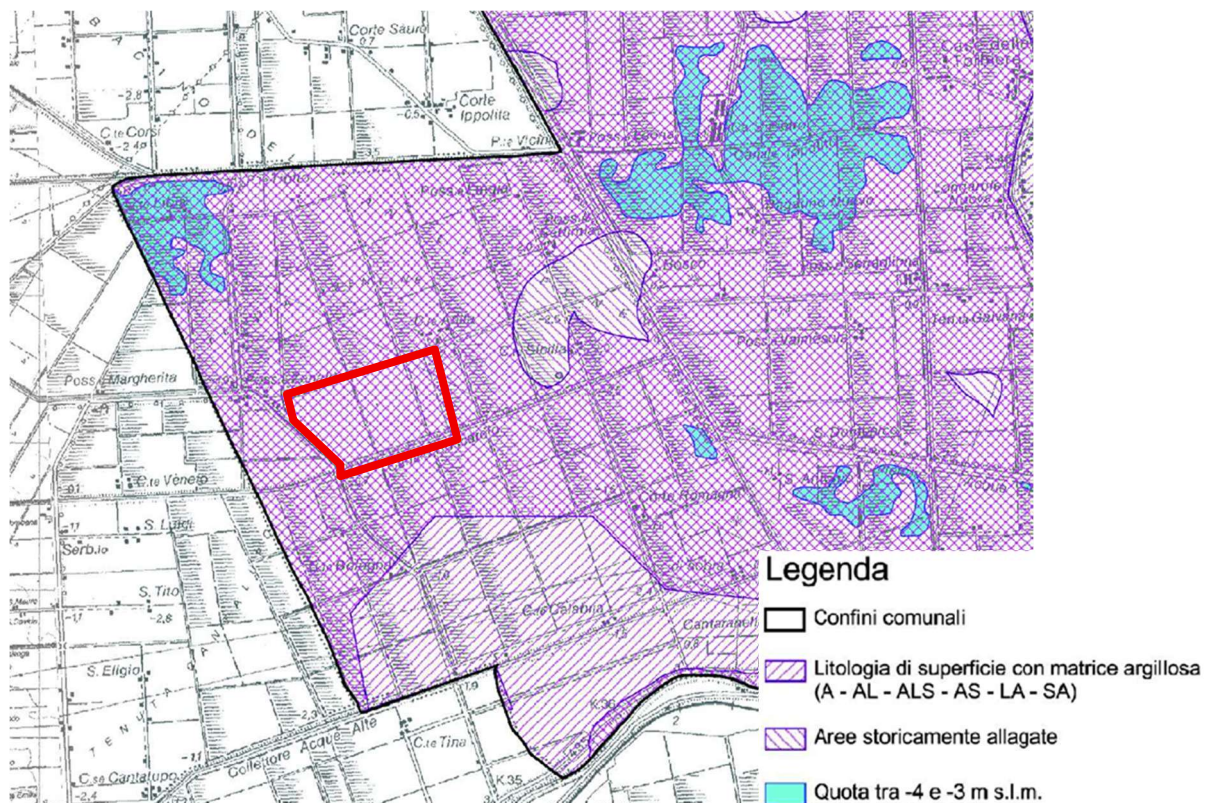
2.2 PIANO STRUTTURALE COMUNALE DEL COMUNE DI CODIGORO

Si riporta di seguito un estratto della Carta delle isobare dal Piano Strutturale Comunale (PSC) del Comune di Codigoro, dove è rappresentata la profondità della falda rispetto al piano campagna.



Il livello piezometrico della falda, nell'area oggetto del presente studio, si attesta a una profondità compresa tra 1.0 e 2.0 metri dal piano campagna.

Si riporta di seguito un estratto della Carta delle Criticità idrauliche allegata al Piano Strutturale Comunale (PSC) del Comune di Codigoro, dove emerge che il terreno oggetto di analisi ricade nella perimetrazione delle aree storicamente allagate.



2.3 PIANO DI GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI – P.G.R.A.

Il PGRA, Piano di Gestione del Rischio Alluvioni II ciclo (2021-2027) dell’Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po, definisce le vigenti zone di pericolosità e rischio idraulico.

Di seguito viene riportato uno stralcio della mappa delle aree allagabili relativa all’area oggetto di intervento, evidenziante le aree potenzialmente interessate da eventi alluvionali.



Mappa pericolosità da alluvione da reticolo principale (PGRA II ciclo)



Mappa pericolosità da alluvione da reticolo secondario di pianura (PGRA II ciclo)

L’area oggetto di intervento ricade nella mappatura del P.G.R.A. Il ciclo delle aree soggette a pericolosità da alluvione fluviale P2- M (Alluvioni poco frequenti, tempo di ritorno 200 anni) dovuta a reticolo secondario di pianura e in area di pericolosità da alluvione fluviale P1- L (Alluvioni poco frequenti, tempo di ritorno 500 anni) dovuta al reticolo principale.

È in corso di stesura la mappatura del III ciclo di pianificazione del PGRA.



L'area di progetto si trova in una zona interessata dalla presenza di tre canali in gestione al Consorzio di Bonifica pianura di Ferrara:

- lungo il lato nord scorre, con direzione ovest-est, il canale irriguo Collettore Lodigiana Nuovo
- lungo il lato ovest scorre, con direzione sud-nord, il canale irriguo Collettore Tieni
- lungo il lato sud scorre, con direzione ovest-est, il canale ad uso promiscuo Canale Boscarolo Navigabile

Il campo presenta inoltre al suo interno dei canali di irrigazione e di scolo privati che non rientrano nella rete irrigua in capo al Consorzio di Bonifica.

Si riporta di seguito un estratto della tavola 43 del Piano di Classifica - Carta della permeabilità dei suoli, dove è riportato che il lotto in esame rientra nella categoria di terreni mediamente permeabili.



3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La geomorfologia dell'area, limitatamente alla zona interessata dall'intervento, si presenta ad una quota altimetrica media di -4.00 m s.l.m.

I dati di permeabilità e la stratigrafia del terreno utilizzati nel progetto sono stati dedotti dai risultati delle indagini geognostiche eseguite dal Dott. Geol. Giuliano Donaera e riportate nella *Relazione geologica, idrogeologica e sismica con modello geotecnico* del 15/06/2025.

Si riporta di seguito quanto indicato nella relazione in merito alla profondità della falda rilevata nell'area:

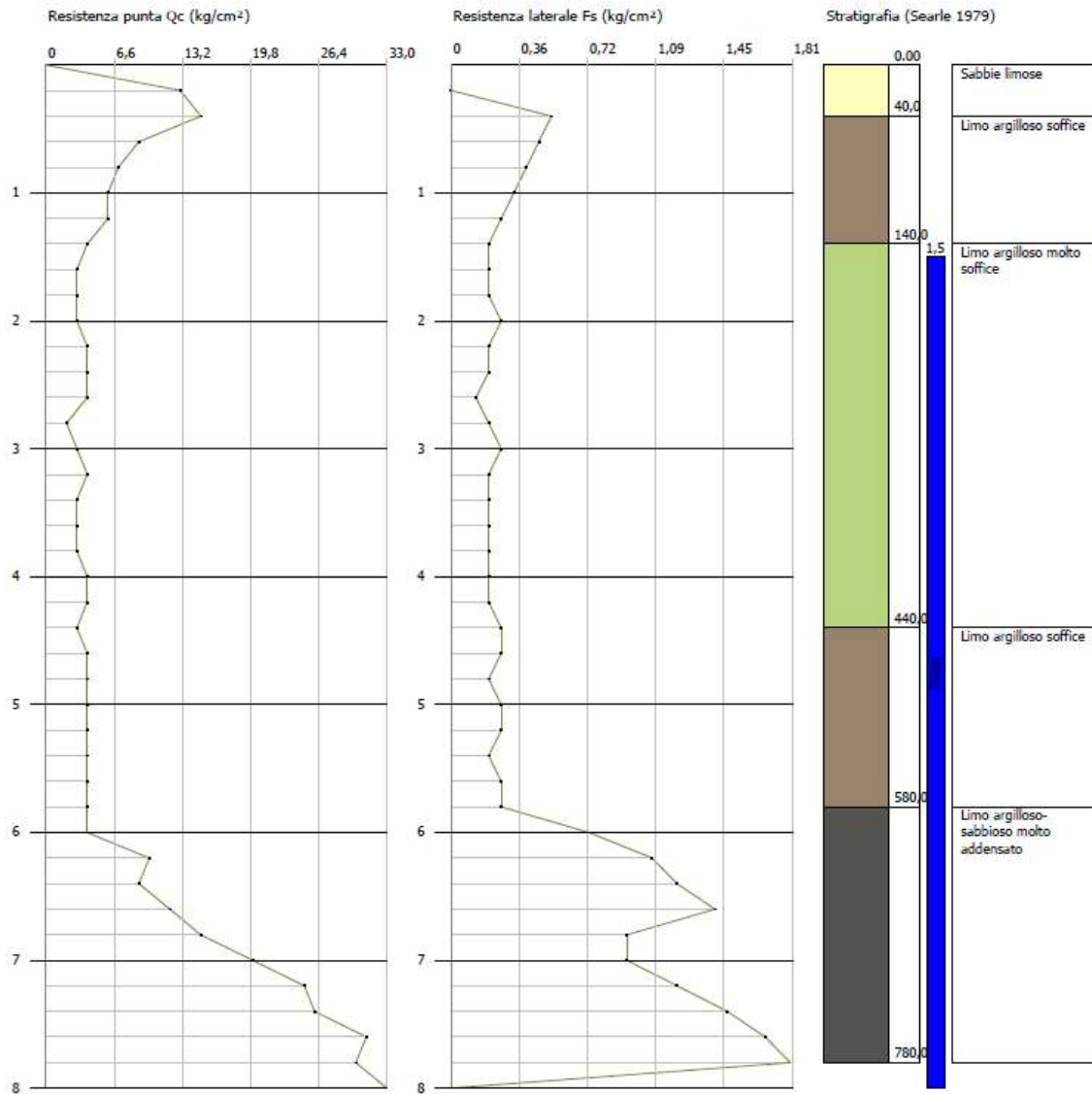
“Dalla Carta delle Isobare (Tav. 24) allegata al PSC vigente, il livello piezometrico della prima falda, nell'area oggetto del presente studio, si attesta a profondità comprese tra 1.0 e 2.0 metri dal piano campagna. Durante la campagna di indagini geognostiche appositamente eseguita nell'area di studio è stato intercettato il livello statico della falda a quote variabili da -0.30 m da p.c. in corrispondenza della prova CPT 3 (zona sud-occidentale dell'area) a -2.00 m da p.c. in corrispondenza della prova CPT 6 (zona centro occidentale dell'area). Il livello piezometrico, nel corso dell'anno, è infatti soggetto ad oscillazioni in positivo ed in negativo rispetto alla misura rilevata”.

Di seguito vengono mostrati l'ubicazione dei sondaggi effettuati in data 04/06/2025 e due stratigrafie del terreno nell'area d'intervento:



Committente: I-PERGOLA SRL SOC. BENEFIT
Cantiere: REALIZZAZIONE DI NUOVI CAMPI AGRIVOLTAICI
Località: CODIGORO (FE)

Data: 04/06/2025



4 STATO DI FATTO

L'area oggetto di intervento allo stato di fatto si presenta come un terreno agricolo coltivato, suddiviso in sette settori, delimitati da una viabilità interna, privata, a quote superiori rispetto al terreno coltivo. Il terreno è delimitato a nord dal Collettore Lodigiana Nuovo, a sud dal canale consortile Boscarolo Navigabile, a ovest dal Collettore Tieni e ad est da un terreno ad uso agricolo di altra proprietà. Durante il sopralluogo, effettuato in data 23 luglio 2025, è emerso che i settori 1, 2 e 3 sono attualmente coltivati a riso mentre i settori 4, 5, 6 e 7 sono coltivati a soia. I terreni vengono irrigati tramite l'acqua dei canali consortili perimetrali. Lungo il lato ovest sono presenti due punti di carico dal Collettore Tieni, uno per i settori 1 e 2 e un altro per il settore 3. Il punto di carico per l'irrigazione dei settori 4, 5, 6 e 7 si trova a nord-ovest nei pressi del Collettore Lodigiana Nuovo. L'acqua, dai manufatti di ingresso, viene collettata tramite dei canali di gronda, perimetrali ad ogni settore, nei fossi centrali, di dimensioni inferiori. I fossi centrali sono connessi ai canali di gronda tramite dei tubi in PVC $\phi 315$. Le acque di scolo vengono infine scaricate nel canale Boscarolo, in quattro differenti punti, tramite tubazioni $\phi 400$. Lo scarico delle acque è regolato da paratoie. Si rimanda alla planimetria seguente per lo schema di irrigazione dei terreni allo stato di fatto e alle tavole allegate T01 e T02 per ulteriori dettagli.

Di seguito si riportano delle foto del terreno oggetto di intervento visto dall'alto, dei canali consortili perimetrali, della viabilità e dei fossi di scolo presenti all'interno.



Figura 1. Terreno oggetto di intervento



Figura 2. Collettore Tieni e manufatto di carico settori 1 e 2



Figura 3. Collettore Lodigiana Nuovo e manufatto di carico settori 4, 5, 6 e 7



Figura 4. Canale Boscarolo e strade interne al lotto



Figura 5. Manufatto di scarico settore 1



Figura 6. Canale di gronda settore 6



Figura 7. Fossi interni settore 7



Figura 8. Canale di gronda e fossi interni nei settori destinati a risaia



Figura 9. Schema di irrigazione allo stato di fatto

5 INTERVENTI DI PROGETTO

L'area allo stato di fatto si presenta come un terreno agricolo coltivato con superficie complessiva di circa 522.900 m². Il progetto dell'impianto prevede la realizzazione di un parco agrivoltaico a terra per la produzione di energia elettrica con potenza pari a 24.9 MWp. Si prevede di mantenere la viabilità interna e la suddivisione del lotto in settori come presente allo stato di fatto.

Gli interventi di progetto riguardando:

1. L'installazione di n. 1 cabina elettrica utente, 1 cabina di consegna e n.12 cabine elettriche di campo (di dimensioni 2.5m x 4.5m)
2. L'installazione di n.34656 pannelli fotovoltaici (superficie singolo pannello 3.11 m²) rotabili, posti a distanza di circa 7.5 metri tra un filare e quello successivo
3. Viabilità interna lungo l'interno perimetro in materiale stabilizzato
4. Aree di piazzale in prossimità delle cabine elettriche in materiale stabilizzato

5.1 DEFINIZIONE DEI DATI DI PROGETTO E DELLE MODALITÀ DI CALCOLO

Ai sensi della delibera consorziale n. 61 del 04/12/2009 "*Procedure di calcolo dei volumi di accumulo per l'applicazione del principio di invarianza idraulica – determinazioni*" emanata dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara, sono soggetti al principio di invarianza idraulica ed idrologica, gli interventi che prevedono un incremento della superficie impermeabile. Per la tipologia di intervento previsto, l'incremento della superficie impermeabile è dovuto alla posa dei pannelli fotovoltaici e all'installazione delle cabine elettriche.

Le superfici scolanti dell'intervento sono state valutate utilizzando i seguenti coefficienti di afflusso:

- $\varphi = 1$ per tutte le coperture, quindi i pannelli fotovoltaici e le cabine elettriche;
- $\varphi = 0.7$ per la viabilità perimetrale di progetto e i piazzali delle cabine elettriche;
- $\varphi = 0$ per le superfici quelle di uso agricolo e quelle incolte (strade di collegamento interne al lotto esistenti, private).

Per il calcolo della superficie impermeabile derivante dall'installazione dell'impianto fotovoltaico si è preso in considerazione la proiezione a terra del singolo pannello nella sua configurazione più sfavorevole, ossia quella parallela al terreno.

La superficie totale oggetto di intervento è di 522.900 m², quella impermeabile sottoposta alla Delibera 61/2009 a seguito della realizzazione dell'intervento sarà di 117.060 m², e suddivisa come di seguito riportato:

COMMESSA: COD	RELAZIONE IDRAULICA	REV.00	19/03/2026	PAGINA 20
---------------	---------------------	--------	------------	-----------

TERRENO TOTALE						
Tipologia	STATO DI FATTO			INTERVENTI DI PROGETTO		
	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2
pannelli fotovoltaici	0	1.0	0	107654	1.0	107654
cabine elettriche	0	1.0	0	206	1.0	206
viabilità interna + piazzali	0	0.7	0	13143	0.7	9200
terreno agricolo e strade interne	522900	0.0	0	401897	0.0	0
Totale	522900	0.00	0	522900	0.22	117060

Dato che i pannelli fotovoltaici, le cabine elettriche con i rispettivi piazzali e la viabilità perimetrale di progetto verranno realizzati all'interno dei singoli settori, che sono idraulicamente separati gli uni dagli altri, si è quindi suddiviso il lotto di intervento in sette bacini corrispondenti ai sette settori presenti. Si riporta di seguito la suddivisione delle aree, il calcolo delle superfici impermeabili e dei coefficienti di deflusso medio ponderale:

SETTORE 1						
Tipologia	STATO DI FATTO			INTERVENTI DI PROGETTO		
	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2
pannelli fotovoltaici	0	1.0	0	10214	1.0	10214
cabine elettriche	0	1.0	0	172	1.0	172
viabilità interna + piazzali cabine	0	0.7	0	3249	0.7	2274
terreno agricolo e strade esistenti	53180	0.0	0	39546	0.0	0
Totale	53180	0.00	0	53180	0.24	12660

SETTORE 2						
Tipologia	STATO DI FATTO			INTERVENTI DI PROGETTO		
	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2
pannelli fotovoltaici	0	1.0	0	17147	1.0	17147
cabine elettriche	0	1.0	0	23	1.0	23
viabilità interna + piazzali cabine	0	0.7	0	1016	0.7	711
terreno agricolo e strade esistenti	78560	0.0	0	60374	0.0	0
Totale	78560	0.00	0	78560	0.23	17881

SETTORE 3						
Tipologia	STATO DI FATTO			INTERVENTI DI PROGETTO		
	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2
pannelli fotovoltaici	0	1.0	0	19607	1.0	19607
cabine elettriche	0	1.0	0	23	1.0	23
viabilità interna + piazzali cabine	0	0.7	0	2652	0.7	1856
terreno agricolo e strade esistenti	89766	0.0	0	67484	0.0	0
Totale	89766	0.00	0	89766	0.24	21486

SETTORE 4						
Tipologia	STATO DI FATTO			INTERVENTI DI PROGETTO		
	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2
pannelli fotovoltaici	0	1.0	0	13718	1.0	13718
cabine elettriche	0	1.0	0	11	1.0	11
viabilità interna + piazzali cabine	0	0.7	0	1584	0.7	1109
terreno agricolo e strade esistenti	64790	0.0	0	49478	0.0	0
Totale	64790	0.00	0	64790	0.23	14838

SETTORE 5						
Tipologia	STATO DI FATTO			INTERVENTI DI PROGETTO		
	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2
pannelli fotovoltaici	0	1.0	0	16625	1.0	16625
cabine elettriche	0	1.0	0	23	1.0	23
viabilità interna + piazzali cabine	0	0.7	0	112	0.7	78
terreno agricolo e strade esistenti	73477	0.0	0	56718	0.0	0
Totale	73477	0.00	0	73477	0.23	16726

SETTORE 6						
Tipologia	STATO DI FATTO			INTERVENTI DI PROGETTO		
	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2
pannelli fotovoltaici	0	1.0	0	16103	1.0	16103
cabine elettriche	0	1.0	0	23	1.0	23
viabilità interna + piazzali cabine	0	0.7	0	1660	0.7	1162
terreno agricolo e strade esistenti	72440	0.0	0	54654	0.0	0
Totale	72440	0.00	0	72440	0.24	17288

SETTORE 7						
Tipologia	STATO DI FATTO			INTERVENTI DI PROGETTO		
	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2
pannelli fotovoltaici	0	1.0	0	14240	1.0	14240
cabine elettriche	0	1.0	0	23	1.0	23
viabilità interna + piazzali cabine	0	0.7	0	3256	0.7	2279
terreno agricolo e strade esistenti	79053	0.0	0	61535	0.0	0
Totale	79053	0.00	0	79053	0.21	16541

La superficie impermeabile, a seguito dell'installazione dei pannelli, delle cabine elettriche e i piazzali e la viabilità in materiale stabilizzato, per ogni singolo settore risulta pari a:

- settore 1: 12.660 m²
- settore 2: 17.881 m²
- settore 3: 21.486 m²
- settore 4: 14.838 m²
- settore 5: 16.726 m²
- settore 6: 17.288 m²
- settore 7: 16.541 m²

6 DETERMINAZIONE DEL VOLUME DI LAMINAZIONE

6.1 METODI DI CALCOLO

La delibera consortile 61/2009 in materia di invarianza idraulica individua la portata massima accettabile e il volume di invaso minimo a seconda dell'aumento della superficie impermeabile prevista dal progetto.

Per le superficie urbanizzate oltre 1.00 ha (fascia nella quale ricade l'area oggetto di intervento) la portata massima ammessa allo scarico nella rete demaniale è pari a $Q_i = 8 \text{ L/s/}$ per ogni ettaro di superficie totale del sottobacino afferente a ciascun punto di scarico, mentre il volume minimo invasabile corrisponde a $W_i = 500 \text{ m}^3/\text{ha}$ di superficie impermeabilizzata.

Si riportano di seguito i volumi di accumulo secondo d.c. 61/2009 per ogni settore in cui è suddiviso il lotto:

SETTORE 1							
Tipologia	STATO DI FATTO			INTERVENTI DI PROGETTO			volume laminazione da d.c. 61/2009 m3
	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	
pannelli fotovoltaici	0	1.0	0	10214	1.0	10214	633
cabine elettriche	0	1.0	0	172	1.0	172	
viabilità interna + piazzali cabine	0	0.7	0	3249	0.7	2274	
terreno agricolo e strade esistenti	53180	0.0	0	39546	0.0	0	
Totale	53180	0.00	0	53180	0.24	12660	

SETTORE 2							
Tipologia	STATO DI FATTO			INTERVENTI DI PROGETTO			volume laminazione da d.c. 61/2009 m3
	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	
pannelli fotovoltaici	0	1.0	0	17147	1.0	17147	894
cabine elettriche	0	1.0	0	23	1.0	23	
viabilità interna + piazzali cabine	0	0.7	0	1016	0.7	711	
terreno agricolo e strade esistenti	78560	0.0	0	60374	0.0	0	
Totale	78560	0.00	0	78560	0.23	17881	

SETTORE 3							
Tipologia	STATO DI FATTO			INTERVENTI DI PROGETTO			volume laminazione da d.c. 61/2009 m3
	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	
pannelli fotovoltaici	0	1.0	0	19607	1.0	19607	1074
cabine elettriche	0	1.0	0	23	1.0	23	
viabilità interna + piazzali cabine	0	0.7	0	2652	0.7	1856	
terreno agricolo e strade esistenti	89766	0.0	0	67484	0.0	0	
Totale	89766	0.00	0	89766	0.24	21486	

SETTORE 4							
Tipologia	STATO DI FATTO			INTERVENTI DI PROGETTO			
	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	volume laminazione da d.c. 61/2009 m3
pannelli fotovoltaici	0	1.0	0	13718	1.0	13718	742
cabine elettriche	0	1.0	0	11	1.0	11	
viabilità interna + piazzali cabine	0	0.7	0	1584	0.7	1109	
terreno agricolo e strade esistenti	64790	0.0	0	49478	0.0	0	
Totale	64790	0.00	0	64790	0.23	14838	

SETTORE 5							
Tipologia	STATO DI FATTO			INTERVENTI DI PROGETTO			
	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	volume laminazione da d.c. 61/2009 m3
pannelli fotovoltaici	0	1.0	0	16625	1.0	16625	836
cabine elettriche	0	1.0	0	23	1.0	23	
viabilità interna + piazzali cabine	0	0.7	0	112	0.7	78	
terreno agricolo e strade esistenti	73477	0.0	0	56718	0.0	0	
Totale	73477	0.00	0	73477	0.23	16726	

SETTORE 6							
Tipologia	STATO DI FATTO			INTERVENTI DI PROGETTO			
	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	volume laminazione da d.c. 61/2009 m3
pannelli fotovoltaici	0	1.0	0	16103	1.0	16103	864
cabine elettriche	0	1.0	0	23	1.0	23	
viabilità interna + piazzali cabine	0	0.7	0	1660	0.7	1162	
terreno agricolo e strade esistenti	72440	0.0	0	54654	0.0	0	
Totale	72440	0.00	0	72440	0.24	17288	

SETTORE 7							
Tipologia	STATO DI FATTO			INTERVENTI DI PROGETTO			
	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	Area m2	coeff. di deflusso -	superficie impermeabile m2	volume laminazione da d.c. 61/2009 m3
pannelli fotovoltaici	0	1.0	0	14240	1.0	14240	827
cabine elettriche	0	1.0	0	23	1.0	23	
viabilità interna + piazzali cabine	0	0.7	0	3256	0.7	2279	
terreno agricolo e strade esistenti	79053	0.0	0	61535	0.0	0	
Totale	79053	0.00	0	79053	0.21	16541	

Il volume di invaso, per ogni singolo settore, richiesto dal d.c. 61/2009 risulta pari a 5853 m3 così suddiviso nei sottobacini:

- settore 1: $W_i = 633 \text{ m}^3$
- settore 2: $W_i = 894 \text{ m}^3$
- settore 3: $W_i = 1074 \text{ m}^3$
- settore 4: $W_i = 742 \text{ m}^3$
- settore 5: $W_i = 836 \text{ m}^3$
- settore 6: $W_i = 864 \text{ m}^3$
- settore 7: $W_i = 827 \text{ m}^3$

6.2 OPERE DI LAMINAZIONE E MITIGAZIONE DELLE PORTATE

Ad oggi i terreni sono coltivati prevalentemente a riso e irrigati mediante una rete di canali interni. Le acque eccedenti, unitamente ai deflussi raccolti dalla rete scolante, vengono convogliate nei canali di gronda, che svolgono anche funzione di scolo, con recapito finale nel canale consortile Boscarolo posto a sud dell'area.

La presenza dei pannelli non comporta una impermeabilizzazione continua del suolo, in quanto il terreno sottostante rimarrà coltivato e permeabile. Il dimensionamento delle opere di laminazione è stato comunque sviluppato secondo i criteri cautelativi assunti nella presente relazione ai fini della verifica dell'invarianza idraulica.

Ai fini della laminazione non si prevede una modifica sostanziale dell'assetto idraulico generale dell'area, in quanto la rete di canali esistente viene mantenuta e utilizzata, previa riqualificazione e adeguamento geometrico, come sistema di invaso dei volumi richiesti dalla delibera di riferimento. Per il collettamento delle acque meteoriche si prevede pertanto il mantenimento dei canali di gronda esistenti. Al fine di garantire il regolare deflusso delle acque, è prevista la rimozione del materiale sedimentato sul fondo e delle ramaglie, nonché il risezionamento dei canali con aumento della sezione utile di deflusso, secondo quanto riportato nelle tavole T03 e T04, cui si rimanda.

Poiché il progetto del parco fotovoltaico prevede la disposizione dei filari di pannelli con andamento nord-sud, i fossi interni esistenti con andamento est-ovest verranno reinterrati e sostituiti da nuovi fossi di scolo in terra, a sezione trapezia (scarpa 2:1), aventi funzione di intercettazione e convogliamento delle acque verso i canali di gronda perimetrali di ciascun settore. Per le sezioni tipologiche dei canali si rimanda alle tavole T03 e T04 allegate.

Nel settore 7, in considerazione del fatto che i fossi interni esistenti risultano già disposti parallelamente ai filari dei pannelli previsti in progetto, si prevede il loro mantenimento.

L'invaso di laminazione di ciascun settore sarà pertanto costituito dal volume utile ricavato nei canali di gronda esistenti, opportunamente risezionati, e dal volume accumulabile nei fossi di scolo interni.

Si riportano di seguito i volumi di laminazione di progetto previsti per ciascun settore;

- settore 1: 776 m³, suddiviso tra canali di gronda 572 m³ e canali interni 204 m³;
- settore 2: 1009 m³, suddiviso tra canali di gronda 720 m³ e canali interni 289 m³;
- settore 3: 1111 m³, suddiviso tra canali di gronda 822 m³ e canali interni 289 m³;
- settore 4: 900 m³, suddiviso tra canali di gronda 628 m³ e canali interni 272 m³;
- settore 5: 982 m³, suddiviso tra canali di gronda 693 m³ e canali interni 289 m³;
- settore 6: 998 m³, suddiviso tra canali di gronda 709 m³ e canali interni 289 m³;
- settore 7: 1810 m³, suddiviso tra canali di gronda 912 m³ e canali interni 898 m³.

COMMESSA: COD	RELAZIONE IDRAULICA	REV.00	19/03/2026	PAGINA 26
---------------	---------------------	--------	------------	-----------

VOLUMI DI LAMINAZIONE PROGETTO								
BACINO		SETTORE 1	SETTORE 2	SETTORE 3	SETTORE 4	SETTORE 5	SETTORE 6	SETTORE 7
sezione canale di gronda	m2	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.31	1.39
lunghezza canale di gronda	m	438	552	630	481	531	543	656
volume laminato da canale di gronda	m3	572	720	822	628	693	709	912
sezione media canali interni	m2	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.43	0.57
lunghezza canali interni progetto	m	160	170	170	160	170	170	525
numero canali interni		3	4	4	4	4	4	3
volume laminato da canali interni	m3	204	289	289	272	289	289	898
volume laminato con canali di gronda e canali interni	m3	776	1009	1111	900	982	998	1810
volume da laminare secondo d.c. 61/2009	m3	633	894	1074	742	836	864	827

L'acqua temporaneamente invasata sarà scaricata in modo controllato nel canale consortile Boscarolo, come già tutt'ora avviene per la coltivazione del riso, mantenendo i recapiti esistenti e l'ubicazione degli scarichi allo stato di fatto.

Si rimanda alle tavole in allegato per ulteriori dettagli del progetto.

L'eventuale traslazione dei canali interni, in funzione delle esigenze di posizionamento dei pannelli fotovoltaici, dovrà avvenire garantendo l'invarianza del volume utile di laminazione e la continuità della funzionalità idraulica del singolo sottobacino.

Per lo scarico dei volumi di invaso si prevede la realizzazione di un manufatto di regolazione delle portate in c.a. con tubazione di scarico in uscita in Di400 (esistente).

La portata scaricata sarà regolata mediante l'installazione di una paratoia a regolazione manuale in modo da garantire lo scarico di una portata non superiore a 8 L/s per ettaro come da prescrizioni. Si prevede l'installazione di una valvola di non ritorno, del tipo a clapet, per evitare la risalita delle acque dai canali di scarico nelle reti di progetto. Nel manufatto di regolazione delle portate sarà presente una soglia per lo sfioro del troppo pieno della portata cinquantennale.

Si riporta il calcolo idraulico della portata scaricata, determinata con la formula per una luce a battente con paratoia.

SCARICO SETTORE 1	
<u>Tubazione di scarico regolata da paratoia</u>	
Di tubazione scarico	400 mm
Quota fondo invaso	0.00 m
Massimo livello idrico acqua in punto di scarico	0.90 m
Apertura paratoia dal fondo	0.081 m
Rapporto riempimento h/r	0.405 m
Sezione liquida	0.02 m
<u>Portata teorica massima di scarico</u>	
Battente luce paratoia	0.70 m
Coefficiente di efflusso (bocca a battente)	0.62 -
Max portata della tubazione sotto battente	41.8 L/s
Portata di scarico massima consentito da d.c. 61/20	42.5 L/s

SCARICO SETTORI 2 - 3 - 5 - 6	
<u>Tubazione di scarico regolata da paratoia</u>	
Di tubazione scarico	400 mm
Quota fondo invaso	0.00 m
Massimo livello idrico acqua in punto di scarico	0.90 m
Apertura paratoia dal fondo	0.325 m
Rapporto riempimento h/r	1.625 m
Sezione liquida	0.11 m
<u>Portata teorica massima di scarico</u>	
Battente luce paratoia	0.70 m
Coefficiente di efflusso (bocca a battente)	0.62 -
Max portata della tubazione sotto battente	251.3 L/s
Portata di scarico massima consentito da d.c. 61/20	251.4 L/s

SCARICO SETTORE 4	
<u>Tubazione di scarico regolata da paratoia</u>	
Di tubazione scarico	400 mm
Quota fondo invaso	0.00 m
Massimo livello idrico acqua in punto di scarico	0.90 m
Apertura paratoia dal fondo	0.094 m
Rapporto riempimento h/r	0.470 m
Sezione liquida	0.02 m
<u>Portata teorica massima di scarico</u>	
Battente luce paratoia	0.70 m
Coefficiente di efflusso (bocca a battente)	0.62 -
Max portata della tubazione sotto battente	51.7 L/s
Portata di scarico massima consentito da d.c. 61/20	51.8 L/s

SCARICO SETTORE 7	
<u>Tubazione di scarico regolata da paratoia</u>	
Di tubazione scarico	400 mm
Quota fondo invaso	0.00 mslm
Massimo livello idrico acqua in punto di scarico	0.90 mslm
Apertura paratoia dal fondo	0.108 m
Rapporto riempimento h/r	0.540 m
Sezione liquida	0.03 m
<u>Portata teorica massima di scarico</u>	
Battente luce paratoia	0.70 m
Coefficiente di efflusso (bocca a battente)	0.62 -
Max portata della tubazione sotto battente	62.9 L/s
Portata di scarico massima consentito da d.c. 61/20	63.2 L/s

Lo scarico massimo consentito secondo d.c. 61/2009 è di:

- scarico settore 1: 42.5 L/s che verrà garantito con un'apertura della paratoia tenuta a 8.1 cm di altezza dal fondo del foro, con luce $\phi 400$
- scarico settori 2, 3, 5 e 6: 251.4 L/s che verrà garantito con un'apertura della paratoia tenuta a 32.5 cm di altezza dal fondo del foro, con luce $\phi 400$
- scarico settore 4: 51.8 L/s che verrà garantito con un'apertura della paratoia tenuta a 9.4 cm di altezza dal fondo del foro, con luce $\phi 400$
- scarico settore 7: 63.2 L/s che verrà garantito con un'apertura della paratoia tenuta a 10.8 cm di altezza dal fondo del foro, con luce $\phi 400$

Si rimanda alla fase di esecuzione dei lavori per ulteriori valutazioni in accordo con la D.L.

COMMESSA: COD	RELAZIONE IDRAULICA	REV.00	19/03/2026	PAGINA 29
---------------	---------------------	--------	------------	------------------

7 CONCLUSIONI

Il terreno oggetto di intervento, destinato all'installazione dell'impianto agrivoltaico, è attualmente coltivato ed è suddiviso in sette settori, distinti in funzione dell'assetto colturale e del relativo schema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche. Nello stato di fatto, le acque meteoriche si infiltrano nel terreno e si accumulano temporaneamente nei fossi e nei canali esistenti; le portate eccedenti vengono recapitate, attraverso quattro punti di scarico, nel canale consortile Boscarolo posto lungo il margine sud dell'area.

Le opere in progetto, costituite da pannelli fotovoltaici e cabine elettriche, sono state verificate ai sensi della delibera consortile n. 61 del 04/12/2009 in materia di invarianza idraulica. In relazione alle superfici impermeabilizzate considerate nella presente relazione, il volume minimo di laminazione richiesto risulta pari a 500 m³/ha di superficie impermeabilizzata.

Il volume di invaso complessivamente richiesto risulta pertanto pari a 5.853 m³, così ripartito nei singoli sottobacini:

- settore 1: 633 m³, corrispondenti a un incremento di superficie impermeabilizzata pari a 12.660 m²;
- settore 2: 894 m³, corrispondenti a un incremento di superficie impermeabilizzata pari a 17.881 m²;
- settore 3: 1.074 m³, corrispondenti a un incremento di superficie impermeabilizzata pari a 21.486 m²;
- settore 4: 742 m³, corrispondenti a un incremento di superficie impermeabilizzata pari a 14.838 m²;
- settore 5: 836 m³, corrispondenti a un incremento di superficie impermeabilizzata pari a 16.726 m²;
- settore 6: 864 m³, corrispondenti a un incremento di superficie impermeabilizzata pari a 17.288 m²;
- settore 7: 827 m³, corrispondenti a un incremento di superficie impermeabilizzata pari a 16.541 m².

La compensazione dei volumi richiesti è garantita senza alterare in modo sostanziale l'assetto idraulico generale dell'area, mediante il mantenimento e il risezionamento dei canali di gronda esistenti e la realizzazione di fossi di scolo in terra a sezione trapezia, destinati a convogliare parte delle acque intercettate verso i canali perimetrali di ciascun settore. I fossi interni esistenti con andamento est-ovest saranno reinterrati, ad eccezione di quelli ricadenti nel settore 7, che verranno mantenuti in quanto già coerenti con l'assetto di progetto.

L'eventuale traslazione dei canali interni in funzione del posizionamento dei pannelli fotovoltaici dovrà avvenire garantendo, per ciascun sottobacino, l'invarianza del volume utile di laminazione e la continuità della funzionalità idraulica.

Il volume di laminazione di progetto è pertanto assicurato dall'insieme dei volumi disponibili nei canali di gronda risezionati e nei fossi di scolo interni, per un valore pari a 7.585 m³, così ripartito nei singoli sottobacini:

- settore 1: 776 m³, di cui 572 m³ nei canali di gronda e 204 m³ nei fossi interni;
- settore 2: 1.009 m³, di cui 720 m³ nei canali di gronda e 289 m³ nei fossi interni;
- settore 3: 1.111 m³, di cui 822 m³ nei canali di gronda e 289 m³ nei fossi interni;

COMMESSA: COD	RELAZIONE IDRAULICA	REV.00	19/03/2026	PAGINA 30
---------------	---------------------	--------	------------	-----------

- settore 4: 900 m3, di cui 628 m3 nei canali di gronda e 272 m3 nei fossi interni;
- settore 5: 982 m3, di cui 693 m3 nei canali di gronda e 289 m3 nei fossi interni;
- settore 6: 998 m3, di cui 709 m3 nei canali di gronda e 289 m3 nei fossi interni;
- settore 7: 1.810 m3, di cui 912 m3 nei canali di gronda e 898 m3 nei fossi interni.

Restano invariati i quattro punti di scarico esistenti. Lo smaltimento dei volumi laminati avverrà mediante le tubazioni di scarico DN 400 esistenti, recapitate nel canale consortile Boscarolo, con regolazione della portata tramite paratoia.

In conclusione, sulla base dei criteri adottati e dei volumi di invaso previsti, le opere in progetto risultano compatibili sotto il profilo idraulico con l'assetto dei luoghi e garantiscono il rispetto del principio di invarianza idraulica per ciascun sottobacino di intervento.

Brescia, 19.03.2026

Il tecnico

Dott.Ing. Francesco Marcandelli

Ordine Ingg. Brescia n. 4890

Smart Ingegneria STP s.r.l.

Ordine Ingg. Brescia n. 27

Via Malta, 12/b 25124 Brescia (BS)

P.I. - C.F. 04577720982

smartingegneriastp@lamiaptec.it



COMMESSA: COD	RELAZIONE IDRAULICA	REV.00	19/03/2026	PAGINA 31
---------------	---------------------	--------	------------	-----------