

Regione Emilia Romagna
Città metropolitana di Bologna
Comune di Castel Maggiore

PROGETTO DEFINITIVO

"CASTEL MAGGIORE AFV"

Oggetto

Impianto agrivoltaico di potenza installata pari a circa 11.845,60 kWp, e delle relative opere di connessione, denominato "Castel Maggiore AFV" da realizzarsi nel Comune di Castel Maggiore (BO)

Titolo

Relazione idrologico-idraulica

Proponente:

Cedro

CEDRO S.R.L.
Via Caravaggio, 125
65125 Pescara (PE)

Coordinatore del progetto:



SYNERGY S.R.L.
Via Clodoveo Bonazzi, 2
40013 - Castel Maggiore (BO)

Progettazione:

ROVER SRL
ARCHITETTURA & INGEGNERIA

PIAZZA DEI MARTIRI 1943-1945 n.1 40121 BOLOGNA
TEL 051.220088 FAX 051.3370837 info@roversrl.com



5					
4					
3					
2					
1					
0	01.06.2026	Prima emissione	S.TOMA	M.FORESTI	L.MALSERVISI
Rev.	Data	Motivo Revisione	Eseguito	Verificato	Approvato

Tipologia: Idraulica

Formato:

Foglio:

Scala:

File: SYN142.R.IDRO

Relazione:

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI A NORMA DI LEGGE. Sono vietati la riproduzione di parti senza la presenza di un'autorizzazione scritta da parte di Synergy S.r.l.

ALL RIGHTS RESERVED BY LAW. Reproduction and extrapolation of parts are prohibited without the presence of a written mandate from Synergy S.r.l

Sistema idraulico di scolo

Relazione idraulica di dimensionamento e delle prescrizioni esecutive

Bologna, 01/06/2026

PIAZZA DEI MARTIRI 1943-1945 n. 1
40121 BOLOGNA
TEL. 051.220088
E-MAIL info@roversrl.com

ROVER SRL
ARCHITETTURA & INGEGNERIA

Responsabile di progetto:

Ing. Massimo Foresti

(firmato digitalmente)

Collaboratore:

Ing. Simone Toma

IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON POTENZA INSTALLATA PARI A CIRCA 11.845,60 KWP, E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE,
DENOMINATO "CASTEL MAGGIORE AFV" DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CASTEL MAGGIORE (BO)

Sommario

1 Premessa..... 4

2 Descrizione del sistema di drenaggio esistente e in proposta progettuale 5

3 Calcolo del volume di laminazione in progetto 6

4 Dimensionamento delle scoline e dell'invaso di laminazione 7

1 Premessa

La presente relazione tecnica illustra le scelte progettuali e dimensionali degli elementi idraulici in progetto per l'istanza di Verifica di assoggettabilità a VIA per la realizzazione e l'esercizio di un impianto agrivoltaico, denominato "Castel Maggiore AFV", per una potenza 11.845,60 kWp e relative opere di connessione all'interno di un lotto ad uso agricolo situato nel comune di Castel Maggiore (BO) e compreso tra Via Ferrarese e la strada STATALE 64 Porrettana.

Il terreno di intervento si trova a circa 2.9 km in direzione est rispetto al centro città ed ha un'estensione superficiale di circa 19.35 ha (Figura 1).



Figura 1 - Inquadramento territoriale su ortofoto (Google Earth)

L'area oggetto di intervento ricade all'interno del comprensorio di bonifica gestito dal Consorzio della Bonifica Renana, specificamente nel bacino dello scolo Lorgana Superiore.

A livello locale, il sito si colloca a poco più di 150m di distanza in direzione ovest dal torrente Savena Abbandonato, mentre è costeggiato lungo il lato ovest dallo scolo Lorgana superiore, di competenza del Consorzio della Bonifica Renana.

I dati territoriali di rilievo, le caratteristiche morfologiche dell'area, nonché le quote di scorrimento di canali e fossi esistenti sono state ricavate dagli elaborati grafici ricevuti dal committente e sono stati supportati con appositi sopralluoghi.

Le opere in proposta sono finalizzate a garantire il corretto deflusso delle acque meteoriche provenienti dalla zona in cui verrà realizzata l'impianto agrivoltaico.

La relazione definisce pertanto una soluzione idraulica compatibile con la fase progettuale in cui si inserisce, sulla base delle informazioni e scelte progettuali note. È implicito che ogni significativa variante all'impatto insediativo e/o territoriale ora previsto o a seguito della verifica, in sede di realizzazione, di quote plano-altimetriche differenti, deve comportare un conseguente riesame della applicabilità della presente soluzione.

2 Descrizione del sistema di drenaggio esistente e in proposta progettuale

L'attuale regimazione idraulica dell'area è garantita da una rete di n. 8 fossi di scolo interne al lotto. Tali condotti a cielo aperto intercettano i deflussi meteorici convogliandoli verso un fosso privato adiacente al confine Nord dell'area d'impianto; quest'ultimo, con andamento verso Nord-Ovest, recapita infine le acque nello Scolo Lorgana Superiore, corpo idrico ricadente nel comprensorio di gestione del Consorzio della Bonifica Renana.

Al fine di ottimizzare il layout spaziale dell'impianto e garantire il rispetto del principio di invarianza idraulica imposto dall'Ente di Bonifica, il sistema di drenaggio sarà oggetto di una completa riconfigurazione. L'obiettivo è trasformare l'attuale rete in un sistema di raccolta e laminazione integrato, capace di compensare l'incremento di impermeabilizzazione del suolo. Il nuovo sistema di drenaggio utilizzerà il sedime delle scoline esistenti, che verranno adeguatamente ridimensionate per fungere anche da volumi di invaso diffuso. Dimensionalmente queste saranno caratterizzate da una larghezza superficiale pari a 1.30m, una larghezza di fondo pari a 0.50m ed una profondità di 0.60m. Per ciascun fosso si prevede di realizzare una pendenza del 2-3 per mille. In corrispondenza delle intersezioni con la viabilità interna, il deflusso sarà garantito da tratti di tubazione interrata in PVC di diametro 315 mm, assicurando la continuità idraulica del lotto.

Le acque, veicolate con direzione Sud-Ovest / Nord-Est, confluiranno tramite una serie di innesti tubati in una vasca di laminazione a cielo aperto della capacità complessiva di 1699 m³. Questa sarà caratterizzata da una profondità massima di 1 m e da sponde con pendenza 1:1.5. Una rampa con pendenza dell'8‰ garantirà l'accesso in vasca ai mezzi di pulizia e manutenzione. Il fondo dell'invaso sarà sagomato con una pendenza del 2‰ per dirigere il deflusso verso lo spigolo Nord-Ovest del comparto, punto di minor quota del sistema. Qui mediante l'installazione di una chiavica sarà prevista una strozzatura verso un pozzetto prefabbricato in c.a. di dimensioni interne pari a 0.80 x 0.80 x 1.20m, composto da chiusino in c.a.. Al suo interno sarà presente un regolatore di portata tipo Steinhardt HydroSlide Flow Regulator tipo V (o prodotto idraulicamente equivalente) per regolare e rendere costante la portata d'acqua uscente verso il recapito finale secondo la portata di taglio imposta. La condotta di uscita dal pozzetto che consentirà lo scarico nello scolo Lorgana sarà in PVC con diametro esterno pari a 315 mm. Si prevede all'interno del pozzetto l'installazione di un dispositivo tipo valvola a clapet circolare di diametro 200 mm per impedire fenomeni di rigurgito in rete.

Per maggiori dettagli si rimanda alla tavola di progetto che riporta la planimetria dell'intervento con gli elementi di rete in progetto.

3 Calcolo del volume di laminazione in progetto

Per la stima del volume di laminazione è stato impiegato il metodo delle sole piogge, regolato, come noto, dalla formula di seguito riportata:

$$W = W_i - W_u$$

$$= A \cdot \phi \cdot h(\theta) - Q_u \cdot \theta$$

dove W_i e W_u sono rispettivamente i volumi in ingresso e in uscita dal sistema. Il primo valore è calcolato come il prodotto dell'area A da laminare, del coefficiente di afflusso ϕ e dell'altezza di pioggia critica h , quest'ultima stimata in funzione dei parametri a ed n delle curve di possibilità climatica - forniti dal Consorzio della Bonifica Renana e relativi alla "zona 1-Pianura" del comprensorio di competenza per un tempo di ritorno di 100 anni - e del tempo critico θ_{crit} al quale si verifica il picco di piena. Il secondo è invece calcolato come prodotto dell'area da laminare, del coefficiente udometrico u , fissato pari a 10 l/s*ha (valore tipico di un terreno a destinazione agricola) secondo le prescrizioni regolamentari, e del tempo critico θ_{crit} .

$$Q_u = A \cdot u$$

$$\theta_{crit} = \left(\frac{Q_u}{A \cdot \phi \cdot a \cdot n} \right)^{\frac{1}{n-1}}$$

I pannelli saranno installati su strutture trackers (inseguitori monoassiali), caratterizzate da un angolo di inseguimento variabile di +/- 55° e orientati in direzione Sud 22.6°. Ai fini del calcolo in oggetto, è necessario considerare come area da laminare esclusivamente la massima proiezione sull'orizzontale dei pannelli. In tal caso, la proiezione totale dell'intero impianto è pari a 4.958 ha, ai quali vanno sommate le aree relative alla viabilità interna e alle opere di pertinenza, pari a 1.226 ha, per un totale di 6.184 ha.

La seguente tabella riassume i valori del processo di calcolo che porta alla definizione del volume di laminazione corrispondente all'area impermeabile di nuova realizzazione:

A	6.184	ha
ϕ	0.9	-
a	55.656	mm/(h^n)
n	0.2269	-

u	10	l/(s*ha)
Qu	0.06184	mc/s
θcrit	4.42	h
hcrit	77.99	mm
Wi	4341	mc
Wu	985	mc
W	3356	mc
W+5%	3524	mc

Tabella 1 – Calcolo del volume di laminazione con metodo delle sole piogge

Si sottolinea come il volume complessivo finale sia stato maggiorato del 5% per garantire un ulteriore margine di sicurezza nel caso di eventi meteorici estremi.

Un'ulteriore verifica del volume minimo necessario può essere condotta considerando il volume minimo richiesto dall'art. 20 del PSAI per il Fiume Reno, considerata la superficie impermeabile in progetto totale, pari a 6.184 ha:

$$6.184 \text{ ha} \times 500 \text{ mc/ha} = \mathbf{3092 \text{ mc}}$$

Di conseguenza si nota come il volume calcolato tenendo conto dell'apporto meteorico atteso risulta essere superiore al volume minimo richiesto per norma ai fini del controllo degli apporti, condizione che risulta dunque rispettata. Si è quindi proceduto a dimensionare il sistema in funzione del volume calcolato secondo il metodo delle sole piogge.

4 Dimensionamento delle scoline e dell'invaso di laminazione

Al fine di garantire il rispetto del volume di laminazione di progetto, il sistema di accumulo è stato configurato attraverso una combinazione di due contributi tecnici idraulicamente connessi: la capacità d'invaso della rete di scoline interne al lotto e il volume di una vasca di detenzione dedicata.

Nello specifico, la rete di drenaggio superficiale esistente sarà oggetto di un intervento di risezionamento, mantenendo l'attuale tracciato ma ottimizzandone la capacità di stoccaggio. Il dimensionamento dei nuovi fossi è stato condotto garantendo per il livello idrico un franco di sicurezza di 10 cm rispetto al piano di campagna. Pertanto, considerando una larghezza in sommità pari a 1.30 m, una larghezza al fondo pari a 0.50 m e una profondità di 0.60 m, l'area utile della sezione al netto del franco risulta pari a 0.42 m². Considerando uno sviluppo lineare complessivo della rete pari a 4391 m, il volume d'invaso totale messo a disposizione dal sistema di scoli ammonta a:

$$\mathbf{W1 = 0.42 \text{ mq} * 4391 \text{ m} = 1844 \text{ m}^3}$$

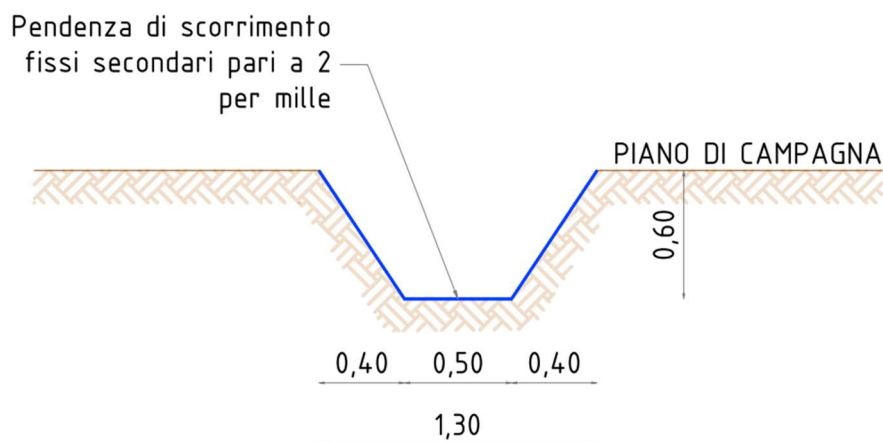


Figura 2 – Dimensioni caratteristiche di un fosso per il drenaggio

Il volume di invaso residuo, pari a 1680 m^3 , è stato destinato alla vasca che riceve i deflussi veicolati dalla rete di scoline; il relativo dimensionamento è stato condotto analizzando le quote altimetriche e i vincoli spaziali dell'impianto, assumendo come criterio limite il battente idrico massimo raggiungibile nello scavo. Al fine di impedire l'instaurarsi di fenomeni di esondazione dovuti al rigurgito idraulico nelle scoline durante eventi con tempo di ritorno centennale, è stato verificato che il livello idrico simulato in corrispondenza del punto di minor quota dell'invaso non superi mai la quota minima del piano campagna rilevata lungo lo sviluppo dei fossi. Di seguito si riporta la tabella h-V, elaborata con il metodo dei trapezi, la quale descrive come varia il volume invasato in funzione dell'altezza idrica simulata nell'invaso:

IMPIANTO AGRIVOLTAICO CON POTENZA INSTALLATA PARI A CIRCA 11.845,60 KWP, E DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE,
DENOMINATO "CASTEL MAGGIORE AFV" DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI CASTEL MAGGIORE (BO)

CURVA h-V-A — Vasca di laminazione			
Fondo inclinato 2‰ dir. NW — Sponde 1:1.5 — Integrazione con metodo dei trapezi			
h (m)	A fondo bag. (m²)	A sezione (m²)	V netto (m³)
0,00	0,0	0,0	0,0
0,01	23,4	23,8	0,1
0,02	104,6	106,1	0,8
0,03	185,0	187,8	2,2
0,04	267,8	272,5	4,5
0,05	361,6	368,3	7,7
0,06	453,4	462,2	11,8
0,07	543,0	554,4	16,9
0,08	630,4	644,7	22,8
0,09	715,7	733,3	29,7
0,10	798,9	819,9	37,4
0,11	880,0	904,8	46,0
0,12	958,9	987,8	55,4
0,13	1 035,7	1 069,0	65,6
0,14	1 110,4	1 148,4	76,6
0,15	1 182,9	1 226,0	88,4
0,16	1 253,3	1 301,7	101,0
0,17	1 321,6	1 375,6	114,3
0,18	1 387,7	1 447,7	128,3
0,19	1 451,7	1 518,0	143,0
0,20	1 513,6	1 586,4	158,5
0,21	1 573,3	1 653,0	174,6
0,22	1 630,9	1 717,8	191,3
0,23	1 686,4	1 780,8	208,7
0,24	1 739,7	1 841,9	226,7
0,25	1 790,9	1 901,3	245,3
0,26	1 840,0	1 958,7	264,4
0,27	1 888,7	2 017,5	284,2
0,28	1 914,3	2 051,3	304,4
0,29	1 914,3	2 056,2	324,8
0,30	1 914,3	2 061,1	345,2
0,31	1 914,3	2 066,0	365,7
0,32	1 914,3	2 070,9	386,2
0,33	1 914,3	2 075,8	406,8
0,34	1 914,3	2 080,7	427,4
0,35	1 914,3	2 085,6	448,1
0,36	1 914,3	2 090,5	468,8
0,37	1 914,3	2 095,4	489,5
0,38	1 914,3	2 100,3	510,3
0,39	1 914,3	2 105,3	531,2
0,40	1 914,3	2 110,2	552,0
0,41	1 914,3	2 115,1	573,0
0,42	1 914,3	2 120,0	593,9
0,43	1 914,3	2 124,9	614,9
0,44	1 914,3	2 129,8	636,0
0,45	1 914,3	2 134,8	657,1
0,46	1 914,3	2 139,7	678,2
0,47	1 914,3	2 144,6	699,4
0,48	1 914,3	2 149,5	720,7

0,49	1 914,3	2 154,4	741,9
0,50	1 914,3	2 159,4	763,3
0,51	1 914,3	2 164,3	784,6
0,52	1 914,3	2 169,2	806,0
0,53	1 914,3	2 174,2	827,5
0,54	1 914,3	2 179,1	849,0
0,55	1 914,3	2 184,0	870,5
0,56	1 914,3	2 188,9	892,1
0,57	1 914,3	2 193,9	913,8
0,58	1 914,3	2 198,8	935,4
0,59	1 914,3	2 203,7	957,2
0,60	1 914,3	2 208,7	978,9
0,61	1 914,3	2 213,6	1 000,7
0,62	1 914,3	2 218,6	1 022,6
0,63	1 914,3	2 223,5	1 044,5
0,64	1 914,3	2 228,4	1 066,4
0,65	1 914,3	2 233,4	1 088,4
0,66	1 914,3	2 238,3	1 110,4
0,67	1 914,3	2 243,3	1 132,5
0,68	1 914,3	2 248,2	1 154,6
0,69	1 914,3	2 253,2	1 176,8
0,70	1 914,3	2 258,1	1 199,0
0,71	1 914,3	2 263,0	1 221,3
0,72	1 914,3	2 268,0	1 243,6
0,73	1 914,3	2 272,9	1 265,9
0,74	1 914,3	2 277,9	1 288,3
0,75	1 914,3	2 282,9	1 310,7
0,76	1 914,3	2 287,8	1 333,2
0,77	1 914,3	2 292,8	1 355,7
0,78	1 914,3	2 297,7	1 378,3
0,79	1 914,3	2 302,7	1 400,9
0,80	1 914,3	2 307,6	1 423,6
0,81	1 914,3	2 312,6	1 446,3
0,82	1 914,3	2 317,6	1 469,0
0,83	1 914,3	2 322,5	1 491,8
0,84	1 914,3	2 327,5	1 514,6
0,85	1 914,3	2 332,4	1 537,5
0,86	1 914,3	2 337,4	1 560,4
0,87	1 914,3	2 342,4	1 583,4
0,88	1 914,3	2 347,3	1 606,4
0,89	1 914,3	2 352,3	1 629,5
0,90	1 914,3	2 357,3	1 652,6
0,91	1 914,3	2 362,3	1 675,7
0,92	1 914,3	2 367,2	1 698,9
0,93	1 914,3	2 372,2	1 722,1
0,94	1 914,3	2 377,2	1 745,4
0,95	1 914,3	2 382,2	1 768,7
0,96	1 914,3	2 387,1	1 792,1
0,97	1 914,3	2 392,1	1 815,5
0,98	1 914,3	2 397,1	1 839,0
0,99	1 914,3	2 402,1	1 862,5
1,00	1 914,3	2 407,1	1 886,0

Tabella 1 – Curva h-V-A calcolata con metodo dei trapezi

Come si può notare il volume di laminazione di progetto viene accumulato raggiungendo un tirante idrico di 0,92 m nel punto più profondo (quota del fondo da progetto 22.65 m s.l.m.), il quale corrisponde ad una quota di 23.57 m s.l.m.; tale livello risulta cautelativo rispetto alla quota minima del piano campagna, individuata tramite rilievo fotogrammetrico da

drone in 23.65 m s.l.m. nei pressi della prima scolina a Ovest, confermando così il rispetto del vincolo di sicurezza idraulica con un volume immagazzinato pari a **W2 = 1699 m³**.

Complessivamente, il sistema costituito da scoline e vasca garantisce un volume totale di:

$$W_{tot} = W1 + W2 = 1844 \text{ mc} + 1699 \text{ mc} = \mathbf{3543 \text{ mc} > 3524 \text{ mc}}$$

Si nota dunque come il volume dimensionato superi quello stimato in fase di calcolo, per cui il sistema risulta verificato.

Come anticipato, la vasca di laminazione sarà caratterizzata da una profondità massima di 1 m, e una pendenza delle sponde 1:1.5. Il fondo sarà invece costituito da una pendenza del 2‰ verso il punto a quota minore dell'invaso, in corrispondenza del quale sarà posizionato un pozzetto d'ispezione realizzato in c.a. con dimensioni interne pari a 0.80 x 0.80 x 1.20 m. Al suo interno verrà installato un regolatore di portata tipo Steinhardt HydroSlide Flow Regulator di tipo V (o prodotto idraulicamente equivalente) per regolare la portata d'acqua uscente garantendo un'uscita di 10 l/s*ha, corrispondente nel caso in esame a 62.5 l/s.

Selection		
Discharge volume (l/s)		Nominal size (DR)
1 - 5		100
5 - 25		200/150
25 - 35		200
35 - 60		250
61 - 100		300
105 - 200		400
205 - 300		500
335 - 550		600
535 - 770		700
775 - 1080		800
1080 - 1500		900
1400 - 1960		1000
• Installation in storm water only (Q_{ab} 1-5 l/s) • With hand pulley on request		

Figura 2 - Tipologie di regolatori HydroSlide in funzione della portata scaricata (Catalogo Steinhardt)

Dalle schede tecniche del prodotto si evince come, al fine di garantire il rispetto della portata uscente, sia necessario avere un diametro nominale di 300 mm. Pertanto, sarà presente in uscita dal pozzetto una condotta in PVC con diametro esterno pari a 315 mm che raggiungerà il più vicino punto di immissione nello scolo Lorgana Superiore gestito dal Consorzio della Bonifica Renana.