

REGIONE EMILIA-ROMAGNA

PROVINCIA DI FERRARA
COMUNE DI FERRARA

PROGETTAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO DA 56,07 MW DENOMINATO "CUNIOLA" LOCALIZZATO NEL COMUNE DI FERRARA (FE)

ELABORATO

PR_18

RELAZIONE OPERE DI MITIGAZIONE

PROPONENTE:

FERRARA SOLAR S.R.L.
SEDE LEGALE IN LARGO ARTURO TOSCANINI,1
20122 - MILANO (MI) P.IVA 05821240651
sicilysuntwosrl@arubapec.it



PROGETTAZIONE:

SAVESYSTEMS S.R.L.
PIAZZA DI PIETRA 26
00186 - ROMA (RM) - P.IVA 04981400650
savesystemsrl@pec.it

Dott. Ing. Attilio De Palma
Ordine ingegneri di Bari n. 9832



Dott. Ing. Cataldo Colamartino
Ordine ingegneri di Bari n. 12480

Rev	Data	Descrizione	Eseguito	Verificato	Approvato
00	GIU 2026	PROGETTO DEFINITIVO	C.C. A.D.	S.A.	S.A.

RELAZIONE DELLE OPERE DI MITIGAZIONE AMBIENTALE E PAESAGGISTICA

Impianto agrivoltaico avanzato “CUNIOLA”

Comune di Ferrara (FE) – Potenza nominale 56,07 MW

Proponente

FERRARA SOLAR S.r.l.

Largo Arturo Toscanini 1 – 20122 Milano (MI) – P.IVA 05821240651

Tecnico redattore

Dott. Agr. Michele Loiodice

Studio Agrotech – Piazza Caduti in Guerra 11, 70033 Corato (BA)
PEC: studioagrotech@pec.studioagrotech.it

Sommario

1. Premessa.....	4
1.1 Generalità e oggetto del documento.....	4
1.2 Riferimento agli altri elaborati di progetto.....	4
2. Quadro normativo di riferimento.....	5
2.1 Quadro europeo.....	5
2.2 Quadro nazionale.....	5
2.3 Quadro regionale e locale.....	5
3. Inquadramento dell’area e coerenza pedo-climatica.....	6
3.1 Inquadramento geografico.....	6
3.2 Sintesi pedologica vincolante per la scelta vegetazionale.....	6
3.3 Sintesi climatica vincolante per la scelta vegetazionale.....	6
4. Identificazione catastale degli appezzamenti.....	7
5. Descrizione del progetto agrivoltaico.....	8
5.1 Caratteristiche tecniche dell’impianto.....	8
5.2 Rotazione colturale prevista sotto pannello.....	8
5.3 Sviluppo perimetrale soggetto a mitigazione.....	8
6. Criteri progettuali per la fascia di mitigazione.....	9
6.1 Coerenza pedo-climatica.....	9
6.2 Coerenza ecologica.....	9
6.3 Coerenza normativa.....	9
6.4 Coerenza paesaggistica.....	10
7. Composizione e dimensionamento della siepe pluristratificata.....	11
7.1 Composizione specifica.....	11
7.2 Sesto e densità.....	12
7.3 Provenienza del materiale vegetale.....	13
7.4 Computo delle superfici e delle piante.....	13
8. Modalità di impianto e gestione del suolo.....	14
8.1 Lavorazioni preparatorie.....	14
8.2 Calendario di impianto.....	14
8.3 Operazioni di messa a dimora.....	14
8.4 Irrigazione di soccorso.....	15
9. Piano di manutenzione e gestione post-impianto.....	16
10. Computo metrico estimativo.....	17
11. Monitoraggio dell’efficacia delle opere.....	19
11.1 Indicatori vegetazionali.....	19
11.2 Indicatori faunistici.....	19
11.3 Indicatori di qualità strutturale.....	19

12. Considerazioni conclusive.....	20
------------------------------------	----

1. Premessa

1.1 Generalità e oggetto del documento

La presente relazione costituisce l'elaborato tecnico-progettuale a corredo del progetto definitivo dell'impianto agrivoltaico avanzato "Cuniola", finalizzato alla descrizione delle opere di mitigazione ambientale e paesaggistica perimetrali. Essa è redatta a complemento della Relazione Pedoagronomica e della Relazione Florofaunistica.

L'obiettivo specifico delle opere descritte è duplice:

- conseguire la mitigazione visiva dell'impianto verso i recettori sensibili individuati nella relazione paesaggistica, con particolare riferimento alla viabilità perimetrale e ai centri abitati più prossimi;
- realizzare un'opera di compensazione ecologica funzionale al rafforzamento della Rete Ecologica Regionale (RER) ER, alla creazione di habitat per l'avifauna agricola, gli impollinatori e l'erpetofauna, e all'incremento della complessità strutturale dell'agro-paesaggio ferrarese.

La metodologia adottata è di natura integrata: si è partiti dalla caratterizzazione pedo-climatica del sito (riportata in dettaglio nella Relazione Pedoagronomica rev. 4 e qui riassunta nei punti di interesse per la scelta vegetazionale), si è verificata la coerenza con il quadro normativo di riferimento, si è effettuata l'analisi del paesaggio agrario circostante e la consultazione della cartografia regionale (Carta degli Habitat ER, Carta dei Suoli ER 1:50.000 ed. 2021, Rete Ecologica Regionale), e si è quindi proceduto alla scelta delle specie e alla definizione del sesto e delle modalità di impianto.

1.2 Riferimento agli altri elaborati di progetto

La presente relazione si raccorda agli altri elaborati progettuali secondo lo schema seguente:

- Relazione Pedoagronomica rev. 4: fornisce i parametri pedo-climatici e idrologici di sito che condizionano la scelta vegetazionale;
- Relazione Florofaunistica rev. 4 (cap. 9): individua le criticità ecologiche e fornisce il quadro delle specie target di Direttiva Habitat e Direttiva Uccelli da supportare con le opere di mitigazione.

2. Quadro normativo di riferimento

La progettazione delle opere di mitigazione è informata ai seguenti riferimenti normativi e tecnici, ordinati per gerarchia e per pertinenza specifica:

2.1 Quadro europeo

- Direttiva 92/43/CEE "Habitat" e Direttiva 2009/147/CE "Uccelli" - conservazione degli habitat naturali e seminaturali, della flora e della fauna selvatiche, recepite con D.P.R. 357/1997 e ss.mm.ii.;
- Regolamento (UE) n. 1143/2014 sulle specie esotiche invasive (IAS), e Decreto Legislativo 230/2017 di adeguamento nazionale, con divieto di impiego di

specie incluse nell'Elenco delle specie esotiche invasive di rilevanza unionale e nei correlati elenchi nazionali e regionali;

- Regolamento (UE) 2021/2115 e Piano Strategico della PAC 2023-2027 - BCAA 8 (mantenimento elementi caratteristici del paesaggio agrario, siepi, alberi);
- Criteri DNSH ("Do No Significant Harm") del PNRR applicabili agli impianti agrivoltaici, con specifico riferimento all'obiettivo "Protezione e ripristino della biodiversità e degli ecosistemi".

2.2 Quadro nazionale

- D.Lgs. 42/2004 - Codice dei beni culturali e del paesaggio (artt. 136 e 142);
- D.Lgs. 386/2003 - Disciplina della commercializzazione dei materiali forestali di moltiplicazione, applicabile alle specie arboree autoctone impiegate;
- Linee Guida per la realizzazione di impianti agrivoltaici (MASE-MITE in concerto con CREA, ENEA, GSE, RSE);
- D.M. 21/06/2024 (Decreto Aree Idonee) e regole operative GSE 2024;
- Specifica tecnica CEI PAS 82-93:2023 - Sistemi agrivoltaici.

2.3 Quadro regionale e locale

- Rete Ecologica Regionale (RER) dell'Emilia-Romagna e relative Linee guida per le opere a verde con specie autoctone della pianura padana;
- Carta dei Suoli della Regione Emilia-Romagna in scala 1:50.000, edizione 2021;
- Carta degli Habitat dell'Emilia-Romagna (Geoportale RER);
- L.R. ER 24 aprile 2009 n. 5 (Consorzi di Bonifica) e R.D. 8 maggio 1904 n. 368 (regolamento di polizia idraulica);
- Piano Urbanistico Generale (PUG) del Comune di Ferrara e relative norme tecniche per le aree agricole;
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) della Provincia di Ferrara, sezione paesaggio e reti ecologiche.

3. Inquadramento dell'area e coerenza pedo-climatica

3.1 Inquadramento geografico

L'area di intervento ricade nel Comune di Ferrara (FE), in agro della frazione di Sant'Egidio, in località "Cuniola", in pianura ferrarese di interfluvio fra i paleoalvei del Po di Volano (a Nord) e del Po Morto di Primaro (a Sud-Est), in bassa pianura recente di origine fluviale (depositi del Reno-Primaro e dei suoi paleoalvei); il vero Delta del Po inizia circa 25 km a est del sito. La superficie opzionata è di circa 68,57 ha catastali, articolata in 20 sottocampi di superficie media compresa tra 1,2 e 4,3 ha. La quota altimetrica media è prossima al livello del mare (1-3 m s.l.m.); l'area è pianeggiante, con pendenze trascurabili ($< 0,1\%$) e drenaggio meccanico-consortile gestito dal Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara.

L'agro-paesaggio circostante è fortemente infrastrutturato dal punto di vista idraulico-agrario, con appezzamenti regolari, livellamenti di precisione, fitta rete di canali, capofossi e scoline. Il tessuto vegetazionale residuo è confinato ai bordi dei canali e ad alcune capezzagne inerbite; non sono presenti boschi planiziali residui né elementi seminaturali di significatività ecologica all'interno dell'area di progetto.

3.2 Sintesi pedologica vincolante per la scelta vegetazionale

Dalla Relazione Pedoagronomica si riprendono i seguenti elementi, che condizionano in modo non aggirabile la scelta delle specie da impiegare nelle opere di mitigazione:

- matrici parentali: depositi fluviali e fluvio-deltizi, di tessitura prevalentemente medio-fine, depositati in ambiente di palude bonificata e di rotta fluviale;
- classificazione pedologica prevalente: Eutric/Calcaric Vertisols (WRB 2014), con orizzonti superficiali argilloso-limosi, elevata capacità di scambio cationico, pH subalcalino, presenza di calcare totale di entità medio-alta, dinamica di rigonfiamento-ritiro stagionale con fessurazioni estive di rilievo;
- inclusioni associate: Calcaric Gleysols in posizione di depressione morfologica residua, con falda freatica stagionale superficiale e tracce di idromorfia entro i primi 80 cm;
- inclusioni minoritarie: suoli a tessitura più grossolana (Calcaric/Fluvic Cambisols) lungo i paleodossi del Reno-Primaro (riconosciuti in cartografia come « dossi del Reno »), con migliore drenaggio interno.

3.3 Sintesi climatica vincolante per la scelta vegetazionale

Dalla Relazione Pedoagronomica rev. 4 (§ 2.2) si riprendono i seguenti elementi climatici (dataset Eraclito v4.2, ARPAE ER, periodo standard 1991-2020):

- classificazione Köppen-Geiger: Cfa (temperato umido senza stagione secca, estati calde);
- temperatura media annua 13,9 °C; temperatura media di gennaio 2,9 °C (con minime medie estreme prossime a 0 °C e gelate frequenti dicembre-febbraio); temperatura media di luglio 25,1 °C (con massime medie estreme di 31-32 °C e ondate di calore episodiche oltre 35 °C); umidità relativa media annua 75 %;

- precipitazione media annua: 700-720 mm, distribuita su 80-85 giorni piovosi, con picchi autunnali e secondario primaverile;
- deficit idrico estivo strutturale, ma compensato in modo significativo dalla falda freatica superficiale e dall'irrigazione di soccorso da rete consortile;
- nebbie frequenti nel semestre freddo (in media 60-80 giornate/anno con visibilità < 1.000 m).

4. Identificazione catastale degli appezzamenti

L'area opzionata per la realizzazione dell'impianto agrivoltaico avanzato "Cuniola" ricade nel territorio del Comune di Ferrara, ai Fogli 303, 305, 319 e 320 del Nuovo Catasto Terreni, per una superficie complessiva di 68,57 ha articolati in 20 sottocampi (Tabella 1). La fascia di mitigazione perimetrale ricalca lo sviluppo perimetrale dei sottocampi di impianto, con tracciato continuo lungo i confini esterni e con interruzioni puntuali in corrispondenza degli accessi carrabili.

Tabella 1 - Identificazione catastale dell'impianto agrivoltaico avanzato "Cuniola".

Foglio	Particella	Comune	Superficie (ha)
303	6	Ferrara	0,9489
303	9	Ferrara	0,6430
303	14	Ferrara	0,3440
303	17	Ferrara	4,5423
303	331	Ferrara	3,4701
303	332	Ferrara	11,7123
303	333	Ferrara	3,1179
305	12	Ferrara	3,2835
305	20	Ferrara	5,6829
305	72	Ferrara	0,2230
305	73	Ferrara	0,4000
305	74	Ferrara	3,9150
305	81	Ferrara	3,1491
305	84	Ferrara	7,5371
319	11	Ferrara	1,3920
319	31	Ferrara	0,5470
319	32	Ferrara	7,2697
319	152	Ferrara	0,0496
319	163	Ferrara	0,4591
319	178	Ferrara	0,3231

Foglio	Particella	Comune	Superficie (ha)
320	1	Ferrara	0,0810
320	2	Ferrara	0,0780
320	6	Ferrara	0,0470
320	304	Ferrara	5,7774
320	305	Ferrara	3,5750
Totale			68,57

5. Descrizione del progetto agrivoltaico

Si rinvia alla Relazione Pedoagronomica rev. 4 per la descrizione completa del progetto. Si riportano nel seguito i soli dati salienti, necessari al dimensionamento delle opere di mitigazione.

5.1 Caratteristiche tecniche dell'impianto

- Tipologia: impianto agrivoltaico avanzato in attività colturale, ai sensi del D.M. 21/06/2024 e delle Linee Guida MASE.
- Potenza nominale: 56,07 MW; producibilità calcolata mediante modello PVsyst: 72,9376 GWh/anno.
- Strutture di sostegno: tracker monoassiali N-S, sesto trasversale 5,5 m, altezza minima del bordo inferiore del modulo in posizione orizzontale pari a 2,1 m dal piano di campagna.
- LAOR (Land Area Occupation Ratio) sull'intera superficie del sistema agrivoltaico (63,7601 ha netti): 31,77 %, inferiore al limite del 40 % per la qualifica "avanzato" (criterio A.2 Linee Guida MASE).
- Cavidotti interrati; assenza di linee aeree.
- Recinzione perimetrale faunisticamente permeabile, con luce a terra ≥ 20 cm e maglia non sigillata sul piano di campagna.
- Infissione dei pali tracker con battipalo idraulico a vibroinfissione, senza scavo né plinto in calcestruzzo (tecnica reversibile).

5.2 Rotazione colturale prevista sotto pannello

La rotazione colturale quinquennale prevista è la seguente:

- Anno 1 - Leguminosa da sovescio (favino, *Vicia faba* var. minor; o, in alternativa, pisello proteico, *Pisum sativum* L.);
- Anno 2 - Cipolla (*Allium cepa* L.);
- Anno 3 - Orzo (*Hordeum vulgare* L.) a destinazione granella o foraggera;
- Anno 4 - Spinacio autunno-vernino da seme (*Spinacia oleracea* L.);
- Anno 5 - Orzo (*Hordeum vulgare* L.).

5.3 Sviluppo perimetrale soggetto a mitigazione

Lo sviluppo perimetrale lordo dei sottocampi soggetto a fascia di mitigazione è pari a circa 6.500 m, di cui circa 1.500 m sul lato Est sono individuati come "mitigazione rafforzata" in ragione della maggiore esposizione visiva dell'impianto verso i ricettori sensibili individuati nella relazione paesaggistica. Si stima inoltre uno sviluppo aggiuntivo di circa 600 m lungo il perimetro Nord, anch'esso individuato come tratto "rafforzato".

Il dimensionamento delle larghezze è il seguente:

- fascia ordinaria perimetrale: larghezza 4,0 m;
- fascia rafforzata (lati Est e Nord): larghezza 6,0 m, con doppia o tripla fila di arbusti e arborei intervallati.

6. Criteri progettuali per la fascia di mitigazione

La progettazione della siepe perimetrale risponde a quattro ordini di criteri, applicati in modo gerarchico e non sostitutivo: coerenza pedo-climatica (vincolo primario di vitalità dell'opera), coerenza ecologica (vincolo di funzionalità RER), coerenza normativa (vincolo autorizzativo) e coerenza paesaggistica (efficacia mitigativa).

6.1 Coerenza pedo-climatica

Sono ammesse esclusivamente specie:

- autoctone della pianura padana orientale, con areale documentato comprendente l'alta e bassa pianura ferrarese;
- tolleranti suoli pesanti, calcarei, a drenaggio difficile e con ristagno stagionale;
- resistenti ai cicli di rigonfiamento-ritiro tipici dei Vertisuoli;
- rustiche al gelo invernale ($T \leq -8$ °C) e adattate alle nebbie persistenti del semestre freddo;
- non eccessivamente esigenti dal punto di vista idrico estivo, ovvero in grado di approfondire l'apparato radicale fino alla falda freatica superficiale (1,5-3 m di profondità).

6.2 Coerenza ecologica

Le specie selezionate concorrono al rafforzamento della Rete Ecologica Regionale ER nel suo segmento di pianura ferrarese e supportano specie target documentate nella Relazione Florofaunistica:

- avifauna agricola del Farmland Bird Index (Saltimpalo, Strillozzo, Allodola, Cutrettola, Cardellino, Verdone, Verzellino) attraverso fornitura di siti di nidificazione, posatoi e fonti trofiche (bacche, drupacee, semi);
- rapaci diurni e notturni (Gheppio, Poiana, Civetta, Barbagianni, Allocco) attraverso supporto di posatoi su alberature mature e fornitura di prede legate al bordo campo;

- impollinatori (Apoidei selvatici, *Bombus* spp., Lepidotteri ropaloceri) attraverso scalarità fenologica delle fioriture nettariifere da fine inverno (*Cornus mas*, *Salix*) a fine estate (*Hedera helix*, *Sambucus*);
- erpetofauna ed entomofauna saproxilica attraverso microhabitat ai piedi della siepe e sviluppo di legno deperiente nelle alberature.

6.3 Coerenza normativa

In conformità al Reg. UE 1143/2014 e al D.Lgs. 230/2017 sono espressamente escluse:

- specie incluse nell'Elenco delle specie esotiche invasive di rilevanza unionale e nei correlati elenchi nazionali;
- specie alloctone naturalizzate ad alto potenziale invasivo nel territorio padano: *Robinia pseudoacacia*, *Ailanthus altissima*, *Amorpha fruticosa*, *Buddleja davidii*, *Acer negundo*, *Lonicera japonica*, *Prunus serotina*, *Reynoutria japonica*, *Phytolacca americana*;
- specie ornamentali fuori contesto rispetto alla pianura padana: *Cupressus sempervirens*, *Laurus nobilis*, *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Olea europaea*, *Lavandula* spp., *Rosmarinus officinalis*, *Nerium oleander*, *Cedrus* spp., *Thuja* spp. e in genere conifere di provenienza esotica.

Le piantine impiegate sono di provenienza locale e di propagazione conforme al D.Lgs. 386/2003, accompagnate da Documento del Fornitore (DDF) ai sensi della normativa vigente.

6.4 Coerenza paesaggistica

La siepe pluristratificata riprende il modulo della siepe campestre tradizionale della pianura ferrarese ("piantata") e introduce uno schermo visivo articolato su più strati (arboreo, arbustivo, erbaceo) di altezza progressivamente decrescente verso l'esterno, con effetto schermante non rigido né a parete continua. Tale soluzione è preferibile, sotto il profilo paesaggistico-percettivo, ad una cortina monospecifica di sempreverdi a parete che, in contesto planiziale, costituisce essa stessa elemento estraneo e di forte impatto.

7. Composizione e dimensionamento della siepe pluristratificata

7.1 Composizione specifica

La fascia perimetrale è costituita da una siepe pluristratificata composta esclusivamente da specie autoctone della pianura padana, di provenienza locale, in coerenza con la Relazione Pedoagronomica e con il Piano di Sviluppo della Rete Ecologica Regionale ER. La composizione tipo è articolata su tre strati (arboreo, arbustivo, erbaceo), come riportato in Tabella 2.

Tabella 2 - Composizione specifica della siepe pluristratificata.

Specie	Nome volgare	Strato	Funzione ecologica e selvicolturale
<i>Quercus robur</i>	Farnia	Arboreo dominante	Legname maturo per avifauna nidificante; microhabitat per Coleotteri saproxilici; coerente con habitat 91F0 (foreste miste riparie planiziali); la siepe pluristratificata nel suo complesso è propriamente affine all'habitat 92A0 di IT4060017
<i>Fraxinus oxycarpa</i> (= <i>F. angustifolia</i> subsp. <i>oxycarpa</i>)	Frassino ossifillo	Arboreo igrofilo	Specie tipica della pianura ferrarese su Vertisuoli idromorfi; alimentazione di Lepidotteri; presente in IT4060017
<i>Populus alba</i>	Pioppo bianco	Arboreo a rapido accrescimento	Frangivento, supporto a nidificazione di rapaci; specie caratterizzante habitat 92A0
<i>Populus nigra</i>	Pioppo nero	Arboreo a rapido accrescimento	Stabilizzazione substrati alluvionali; supporto a rapaci e a Picidi
<i>Ulmus minor</i> (varietà resistenti a grafiosi)	Olmo campestre	Arboreo medio	Recupero di specie storica della "piantata" padana; supporto a Lepidotteri
<i>Acer campestre</i>	Acero oppio	Arboreo medio	Strutturazione della siepe; alimentazione avifauna
<i>Salix alba</i>	Salice bianco	Arboreo igrofilo (lungo fossi)	Stabilizzazione argini; nettare precoce per impollinatori
<i>Crataegus monogyna</i>	Biancospino	Arbustivo	Bacche per avifauna invernale; fioritura primaverile per impollinatori
<i>Prunus spinosa</i>	Prugnolo	Arbustivo	Drupacee per avifauna; supporto a Lepidotteri (<i>Iphiclides podalirius</i>)
<i>Cornus sanguinea</i>	Sanguinello	Arbustivo	Bacche autunnali; fioritura tardo-primaverile

Specie	Nome volgare	Strato	Funzione ecologica e selvicolturale
<i>Cornus mas</i>	Corniolo	Arbustivo	Fioritura precocissima (febbraio-marzo); risorsa nettariana fondamentale per impollinatori
<i>Sambucus nigra</i>	Sambuco	Arbustivo	Bacche per avifauna; fioritura per Sirfidi e Apoidei
<i>Viburnum opulus</i>	Pallon di maggio	Arbustivo	Fioritura primaverile; bacche autunnali per avifauna
<i>Euonymus europaeus</i>	Berretta del prete	Arbustivo	Frutti per avifauna; valore ornamentale autunnale
<i>Frangula alnus</i>	Frangola	Arbustivo igrofilo	Specie igrofila per fasce tampone lungo i fossi
<i>Rhamnus catharticus</i>	Spinocervino	Arbustivo	Bacche per avifauna; supporto a Lepidotteri
<i>Ligustrum vulgare</i>	Ligustro	Arbustivo	Densificazione del piano arbustivo basso; fioritura estiva
<i>Rosa canina, R. sempervirens</i>	Rosa selvatica	Arbustivo basso	Cinorodi per avifauna invernale; valore strutturale

Lo strato erbaceo della fascia, sia all'interno della struttura della siepe sia in continuità con il margine inerbito tra siepe e impianto, è costituito da un miscuglio polifita di graminacee e leguminose con specie nettariere di accompagnamento (Tabella 3), seminato a 25-30 kg/ha.

Tabella 3 - Miscuglio polifita per la componente erbacea (composizione tipo).

Specie	Nome volgare	% peso	Funzione ecologica
<i>Lotus corniculatus</i>	Ginestrino	5	Foraggera mellifera, fissa azoto
<i>Onobrychis viciifolia</i>	Lupinella	5	Foraggera mellifera, fissa azoto
<i>Hedysarum coronarium</i>	Sulla	5	Foraggera mellifera (areale meridionale, opzionale)
<i>Trifolium pratense</i>	Trifoglio violetto	8	Apoidei selvatici, miglioramento s.o.
<i>Festuca arundinacea</i>	Festuca arundinacea	20	Tappeto erboso resistente a calpestio
<i>Lolium perenne</i>	Loietto perenne	20	Inerbimento rapido, copertura iniziale
<i>Phleum pratense</i>	Coda di topo	10	Foraggio, biodiversità graminacee
<i>Centaurea cyanus</i>	Fiordaliso	5	Lepidotteri, Apoidei
<i>Papaver rhoeas</i>	Papavero	5	Apoidei, valore estetico

Specie	Nome volgare	% peso	Funzione ecologica
<i>Achillea millefolium</i>	Achillea	5	Sirfidi, Apoidei
<i>Daucus carota</i>	Carota selvatica	4	Sirfidi, Coccinellidi
<i>Echium vulgare</i>	Viperina	4	Apoidei selvatici
<i>Salvia pratensis</i>	Salvia dei prati	4	Bombus spp.

7.2 Sesto e densità

La siepe è strutturata su due file sfalsate ("quinconce"), con sesto longitudinale di 1,5 m sulla fila e interfila di 2,0 m. Sui tratti di mitigazione rafforzata (Est e Nord) si adotta una struttura a tre file sfalsate con interfila di 1,5 m. Le proporzioni di composizione, riferite al numero totale di piante, sono:

- strato arboreo dominante (Quercus, Fraxinus, Populus, Ulmus, Acer): 30 % del totale, distribuito sulla fila interna con sesto longitudinale di 5,0 m;
- strato arboreo igrofilo (Salix alba): integrato nei tratti adiacenti a fossi e capofossi consortili, in conformità alle distanze di rispetto (R.D. 368/1904);
- strato arbustivo (60 % del totale): Crataegus, Prunus, Cornus, Sambucus, Viburnum, Euonymus, Frangula, Rhamnus, Ligustrum, Rosa, distribuito sulle file esterne;
- strato erbaceo (10 % della superficie a fascia, in continuità lineare ai piedi della siepe): miscuglio polifita di Tabella 3.

La densità complessiva risulta di circa 3.300 piante/ha di siepe (3.000 sulla fascia ordinaria, 4.500 sui tratti rafforzati a tre file).

7.3 Provenienza del materiale vegetale

Le piantine sono di provenienza vivaistica locale (Regione di provenienza ER), in conformità al D.Lgs. 386/2003 e ai criteri della RER ER. Le piantine arboree sono fornite in fitocella di altezza 60-120 cm; le piantine arbustive in fitocella di altezza 40-60 cm. Sono escluse piante a radice nuda nei tratti idromorfi.

7.4 Computo delle superfici e delle piante

Tabella 4 - Sviluppo perimetrale, larghezze, superfici e numero di piante.

Tratto	Lunghezza (m)	Larghezza (m)	Superficie (ha)	Densità (p/ha)	N° piante
Fascia perimetrale ordinaria	4,400	4,0	1,7600	3.000	5.280
Fascia rafforzata Est	1,500	6,0	0,9000	4.500	4.050
Fascia rafforzata Nord	600	6,0	0,3600	4.500	1.620
Totale	6,500	-	3,0200	-	10.950

Il numero complessivo di piante arboree e arbustive da mettere a dimora è pari a 10.950, articolato in circa 3.285 piante arboree (30 %) e 7.665 piante arbustive (70 %). La superficie complessiva sviluppata è pari a 3,02 ha, equivalente al 4,4 % della superficie totale opzionata (68,57 ha).

8. Modalità di impianto e gestione del suolo

8.1 Lavorazioni preparatorie

La sequenza delle lavorazioni preparatorie del terreno è adattata alle condizioni dei Vertisuoli ferraresi e tiene conto della finestra agronomica di transitabilità:

- riconfinamento, squadratura e picchettamento (luglio-agosto, in concomitanza con la stagione asciutta);
- ripuntatura della fascia di impianto a 35–40 cm di profondità, eseguita su terreno in tempera, per rompere eventuali suole di lavorazione e migliorare l'infiltrazione;
- affinamento superficiale con erpice a dischi o erpice rotante;
- eventuale baulatura della fascia (rilievo di 15–20 cm sulla mezzeria) sui tratti più idromorfi, per garantire il drenaggio superficiale del piede pianta;
- apertura delle buche di impianto con dimensioni 40 × 40 × 40 cm (arbusti) e 60 × 60 × 60 cm (alberi), eseguite a mano o con escavatore mini-trincea;
- apporto localizzato di ammendante organico (compost di qualità ai sensi del D.Lgs. 75/2010), 5–10 L/buca, miscelato con il terreno di risulta.

8.2 Calendario di impianto

Il calendario ottimale per la messa a dimora è il riposo vegetativo (novembre-marzo), evitando i periodi di gelo intenso e di terreno saturo. Si privilegia la messa a dimora autunnale (novembre-inizio dicembre), che consente alle piantine di sfruttare le piogge invernali per l'affrancamento radicale e di affrontare la prima siccità estiva con apparato radicale già in fase di approfondimento. La messa a dimora primaverile (febbraio-marzo) è ammessa per le sole specie a foglia caduca più sensibili al freddo.

La semina del miscuglio polifita ai piedi della siepe è effettuata a fine inverno (febbraio-marzo) o in fine estate (settembre), su letto di semina raffinato e rullato dopo la semina.

8.3 Operazioni di messa a dimora

- verifica all'accettazione delle piantine (DDF, integrità del pane di terra, assenza di sintomi fitosanitari, conformità dell'altezza alla scheda tecnica);
- idratazione delle piantine prima della messa a dimora (immersione delle fitocelle per almeno 30 minuti);
- messa a dimora con colletto a livello del piano di campagna, leggera compressione del terreno attorno al pane;
- formazione di tornello di 30–40 cm di diametro per la raccolta dell'acqua di irrigazione;
- pacciamatura locale con cippato vegetale (spessore 5 cm) o disco biodegradabile, per il controllo delle infestanti nei primi 24 mesi;
- posa di tutore in canna di bambù o palina di castagno per le piantine arboree (h 1,2–1,5 m) con legatura morbida non strangolante;

- eventuale shelter in plastica biodegradabile h 0,6 m per le specie più appetite dalla fauna selvatica (Quercus, Acer, Fraxinus, Ulmus), da rimuovere dopo 3-4 anni.

8.4 Irrigazione di soccorso

Per garantire l'affrancamento delle piantine sono previsti, nei primi 3 anni:

- Anno 1: 5-6 turni irrigui di soccorso da maggio a settembre, 20-30 L/pianta arborea e 10-15 L/pianta arbustiva, mediante mezzo agricolo con cisterna e ala gocciolante mobile, oppure manichetta di soccorso;
- Anno 2: 3-4 turni di soccorso, in caso di prolungate fasi di siccità (> 30 giorni senza precipitazioni significative);
- Anno 3: 1-2 turni di soccorso solo nei sottocampi a maggior aridità estiva (paleodossi del Reno-Primaro).

L'alimentazione idrica è attinta dalla rete irrigua del Consorzio di Bonifica Pianura di Ferrara, ai sensi del Regolamento per il servizio di derivazione d'acqua dai canali di bonifica del CBPF (Deliberazione CdA n. 25/2016). Dal quarto anno in avanti la siepe non richiede irrigazione, salvo eventi siccitosi eccezionali.

9. Piano di manutenzione e gestione post-impianto

La gestione della siepe è articolata su un orizzonte temporale coincidente con la vita tecnica dell'impianto agrivoltaico (30 anni), con intensità di interventi decrescente dopo la fase di affrancamento. Il piano di manutenzione è sintetizzato in Tabella 5.

Tabella 5 - Piano di manutenzione della siepe pluristratificata.

Anno	Operazione	Specifiche tecniche
1-2	Sostituzione fallanze	Verifica autunnale, sostituzione delle piantine non attecchite (soglia max 10 % del totale)
1-3	Controllo infestanti	Sarchiature manuali o decespugliamento del tornello, 2-3 interventi/anno; pacciamatura
1-3	Irrigazione di soccorso	Cfr. § 8.4
2-5	Sfalcio dell'interfila e fascia erbacea	Sfalcio differenziato 2 volte/anno (giugno e fine settembre), con turnazione tra fasce per garantire continuità di habitat per impollinatori
3-5	Potatura di formazione	Spalcatura delle alberature dominanti a 2,5-3 m, eliminazione concorrenze e rami mal disposti
5-10	Potatura di mantenimento	Su arbusti, ringiovanimento ciclico ("ceduazione di siepe") per file alterne ogni 5 anni, con conservazione di rifugio per fauna nei tratti non potati
1-30	Monitoraggio fitosanitario	Sopralluoghi annuali da parte di tecnico abilitato; segnalazione tempestiva di patogeni invasivi (es. <i>Hymenoscyphus fraxineus</i> , <i>Anoplophora glabripennis</i>)
10-20	Diradi selettivi	Ove necessario per regolare la concorrenza interna; mantenimento di legno deperiente in piedi ("snags") per Picidi e Coleotteri saproxilici

Il regime di sfalcio dell'interfila e della fascia erbacea è differenziato e a turnazione: su almeno il 30 % della lunghezza della fascia lo sfalcio è ritardato a fine settembre ("sfalcio tardivo"), per garantire la presenza di copertura erbacea fiorita per impollinatori durante l'estate e la presenza di rifugio invernale per piccoli mammiferi e per la fauna del bordo campo.

Non saranno usati diserbanti chimici di sintesi per il controllo delle infestanti nella fascia di mitigazione, nelle interfila e ai piedi della siepe; il controllo sarà esclusivamente meccanico (sfalcio, decespugliamento) e fisico (pacciamatura).

Le piante non attecchite verranno sostituite con piantine di pari età e specie entro la prima stagione vegetativa successiva al rilievo della fallanza, con un tasso massimo di sostituzione del 15 % nei primi due anni; oltre tale soglia è prevista la verifica delle cause (idromorfia residua, patologie, attacchi di fauna) e la riformulazione locale del mix specifico.

10. Computo metrico estimativo

Il computo metrico estimativo dell'opera di mitigazione, comprensivo di lavorazioni preparatorie, fornitura del materiale vegetale, posa in opera e cure colturali post-impianto per i primi tre anni, è riportato in Tabella 6. I prezzi unitari sono desunti dal Prezzario Regionale Emilia-Romagna delle opere pubbliche (edizione vigente, sezione "Sistemazioni a verde e opere agroforestali"), opportunamente integrati con prezzi di mercato per le piantine forestali di provenienza locale.

Tabella 6 - Computo metrico estimativo delle opere di mitigazione (anni 0-3).

Voce	U.M.	Quantità	Costo unit. (€)	Importo (€)
A. Lavorazioni preparatorie				
Riconfinamento, squadatura, picchettamento	ha	3,02	350,00	1.057,00
Ripuntatura a 35-40 cm	ha	3,02	180,00	543,60
Affinamento e baulatura locale	ha	3,02	220,00	664,40
B. Apertura buche				
Buche per piante arboree (60×60×60 cm)	n.	3.285	3,50	11.497,50
Buche per piante arbustive (40×40×40 cm)	n.	7.665	1,80	13.797,00
C. Fornitura materiale vegetale				
Piantine arboree in fitocella, h 60-120 cm, provenienza locale ER	n.	3.285	8,50	27.922,50
Piantine arbustive in fitocella, h 40-60 cm, provenienza locale ER	n.	7.665	3,80	29.127,00
Sementi miscuglio polifita	kg	85	12,00	1.020,00
Pacciamatura biodegradabile (cippato/dischi)	n.	10.950	0,80	8.760,00
Tutori in legno + legature	n.	3.285	1,50	4.927,50
Shelter biodegradabili (Quercus, Acer, Fraxinus, Ulmus)	n.	1.500	2,20	3.300,00
D. Posa in opera e semina				
Messa a dimora manuale piantine arboree	n.	3.285	4,50	14.782,50
Messa a dimora manuale piantine arbustive	n.	7.665	2,20	16.863,00
Semina miscuglio polifita	ha	3,02	180,00	543,60
TOTALE OPERA				134.805,6

Il costo medio dell'opera, riferito allo sviluppo perimetrale lordo (6.500 m), è pari a circa 20,74 €/m lineare; riferito alla superficie sviluppata (3,02 ha), è pari a circa

44.637,6 €/ha. Tale costo è coerente con il Prezzario Regionale ER per opere a verde di pregio ecologico, e produce un'opera durevole, autosostenibile e di forte valenza compensativa.

11. Monitoraggio dell'efficacia delle opere

Il monitoraggio dell'efficacia delle opere di mitigazione costituisce parte integrante del Piano di Monitoraggio Agronomico ed Ambientale dell'impianto agrivoltaico avanzato (cfr. Relazione Pedoagronomica rev. 4, § 9.4) e si articola sui seguenti indicatori, soglie di attenzione e azioni correttive:

11.1 Indicatori vegetazionali

- tasso di attecchimento delle piantine al termine della prima stagione vegetativa (soglia di attenzione: $< 90\%$; azione correttiva: sostituzione fallanze e revisione locale del mix specifico);
- altezza media e copertura percentuale dello strato arbustivo a 3, 5 e 10 anni (parametri di riferimento: copertura $> 70\%$ a 3 anni, $> 90\%$ a 5 anni);
- indice di diversità floristica della componente erbacea (Shannon H'), monitorato con transetti standard a maggio-giugno e settembre-ottobre.

11.2 Indicatori faunistici

- Farmland Bird Index calcolato sui transetti perimetrali (n° specie nidificanti, n° specie di passo); confronto con il baseline ante-operam;
- ricchezza specifica e abbondanza degli impollinatori (transetti pan-trap a maggio, giugno, luglio, agosto);
- frequenza dei contatti notturni di chirotteri (bat-detector D500X o equivalente, rilievi standardizzati a luglio e settembre).

11.3 Indicatori di qualità strutturale

- integrità della siepe (assenza di interruzioni > 5 m), verificata annualmente;
- presenza di legno deperiente in piedi (parametro di qualità ecologica) a partire dal 10° anno;
- incidenza di specie alloctone naturalizzate spontaneamente (soglia di attenzione: $> 5\%$ copertura; azione correttiva: rimozione meccanica selettiva).

12. Considerazioni conclusive

L'opera, nella configurazione qui definita, rispetta la conformità al Reg. UE 1143/2014 sulle specie aliene invasive, alle indicazioni della Rete Ecologica Regionale dell'Emilia-Romagna e ai requisiti del PUG comunale di Ferrara. Essa produce un beneficio ecologico misurabile e duraturo nel tessuto agrario ferrarese, contribuendo concretamente alla riduzione della frammentazione ecologica e al rafforzamento della Rete Ecologica Regionale.

Si ritiene tuttavia opportuno segnalare che l'opera, per essere realmente efficace nel medio-lungo periodo, richiede:

- un controllo rigoroso della provenienza vivaistica del materiale vegetale (Regione di provenienza ER, conformità al D.Lgs. 386/2003);
- la garanzia di una manutenzione attiva nei primi 5 anni, sotto la responsabilità di un agronomo iscritto all'Albo;
- il rispetto del divieto di impiego di erbicidi nelle fasce di mitigazione, anche in fase di gestione ordinaria post-impianto;
- l'integrazione delle attività di monitoraggio nel piano di monitoraggio agronomico-ambientale del progetto, con report annuali pubblici.

Tanto in adempimento del mandato conferito.

Corato, maggio 2026

Il tecnico progettista
Dott. Agr. Michele Loiodice