

Progetto: **IMPIANTO AGRIVOLTAICO E
RELATIVE OPERE DI
CONNESSIONE**

STMG: Codice Pratica 202400840 - TERNA s.p.a.

Localizzazione: Via Ro snc, Ferrara (FE)

Firma Elaborato:

Gruppo di Lavoro:

Elettrica: Ing Giovanni Cis
Ambientale: Arch Emiliano Manzato
Dott Geol. Loris Tietto
Dott ssa Irene Corà
Dott Archeologo Davide Brombo
Idraulica e geologica: Dott Geol. Matteo Mastellari
Agronomica: Dott Agr Stefano Pesavento
Acustica: Dott Matteo Compri

Società proponente:

OPR SUN 55 SRL
Via Ceresio 7 - 20154 Milano
PEC: oprsun55@legalmail.it
P iva 13511810965

Titolo elaborato:

Relazione Compatibilità Idraulica

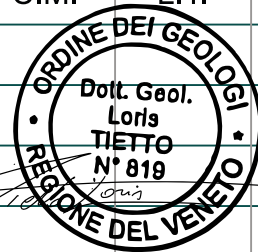
Codice Elaborato:

VIA-02_Rel_12_RelazIdraulica_01

Formato:

Scala:

Rev	Data	Descrizione	Redige	Verifica	Approva
00	03/26	Prima Emissione	C.M.	L.T.	L.T.
01					
02					
03					
04					



Sommario

1.	DATI GENERALI DI PROGETTO	2
2.	PREMESSA	3
3.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	4
4.	CARATTERISTICHE DEL SITO	5
4.1.	Inquadramento idraulico del sito	7
5.	CARATTERISTICHE DI PROGETTO	14
6.	VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LUOGHI AI FINI DELLA DETERMINAZIONE DELLE MISURE COMPENSATIVE CARATTERISTICHE DELLA RETE DRENANTE ESISTENTE.....	18
7.	DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO ANTE E POST OPERAM	20
8.	DEFINIZIONE DELL'EVENTO DI PIOGGIA, CURVE PLUVIOMETRICHE E PARAMETRI ASSUNTI	22
8.1.	Metodo delle piogge	26
8.2.	Metodo dell'invaso.....	28
8.3.	Parametri idrogeologici	30
9.	MISURE COMPENSATIVE PROPOSTE	31
10.	TABELLA RIASSUNTIVA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA.....	39

1. DATI GENERALI DI PROGETTO

Ubicazione	
Regione	Emilia Romagna
Provincia	Ferrara
Comune	Ferrara
Riferimenti catastali FTV	Fg. 85 mp. 7-9-20-21-23-24-30-39-53-54-57-68 Fg. 81 mp. 72
Superficie totale di impianto	42,2 ha
Società proponente	
Ragione sociale	OPR SUN 55 S.r.l.
P.iva e c.f.	13511810965
Indirizzo sede legale	Via Ceresio, 7, Milano
PEC	oprsun55@legalmail.it
Grandezze principali di impianto	
Potenza DC	25.662 kWp
Potenza AC - Potenza nominale	22.500 kW
Componenti principali di impianto	
Cabina di trasformazione	n.8 skid con trasformatori in olio da 3300 kVA
Inverter di stringa	n.75 inverter da 300 kWac
Moduli	n.34.216 moduli 750 Wp
Stringhe	n. 1222 stringhe da 28 moduli
Tracker	Mono-assiali 1P con azimuth 0°
Opere di connessione alla rete	
Tensione di connessione	36 kV
Gestore di rete	Terna S.p.A.
Cod. pratica	202400840
PTO	Ampliamento 380/132 kV SE RTN "Ferrara Focomorto"

2. PREMESSA

La presente relazione di valutazione della compatibilità idraulica è redatta, ai sensi DGR 2948/2009 della Regione Veneto, recanti le linee guida per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica, per la determinazione dei volumi e delle modalità di compensazione dell'aggravio idraulico indotto dalla realizzazione di un impianto fotovoltaico nel comune di Ferrara (FE), nella regione Emilia-Romagna ai fini della realizzazione di un impianto fotovoltaico avente una superficie totale pari a 42.2 ha ed una potenza pari a 22.662 kWp.

Nella Figura seguente si riporta la posizione del sito su ortofoto.



Figura 1: Ortofoto impianto di progetto

3. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- "Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto" Circ.Min. LL.PP. n.11633/74;
- "Norme tecniche generali per la regolamentazione dell'installazione e dell'esercizio degli impianti di fognatura e depurazione" - Legge n. 319 10/5/1976;
- "Norme tecniche relative alle tubazioni" - D.M 12/12/1985,
- "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole" – D.Lgs. 11 maggio 1999, n.152;
- "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento" Decreto Legislativo 3 Aprile 2006, n. 152;
- Legge Regionale Emilia-Romagna n.20/2000– Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio.
- Piano per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po – Norme di attuazione e cartografia di pericolosità idraulica.
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Idrografico del Po, redatto ai sensi della Direttiva 2007/60/CE e recepito con il Decreto Legislativo 49/2010.

4. CARATTERISTICHE DEL SITO

Secondo la carta dei Vincoli del PUG del comune di Ferrara, l'area in esame non rientra in nessun tipo di vincolo o rischio descritto nella legenda.

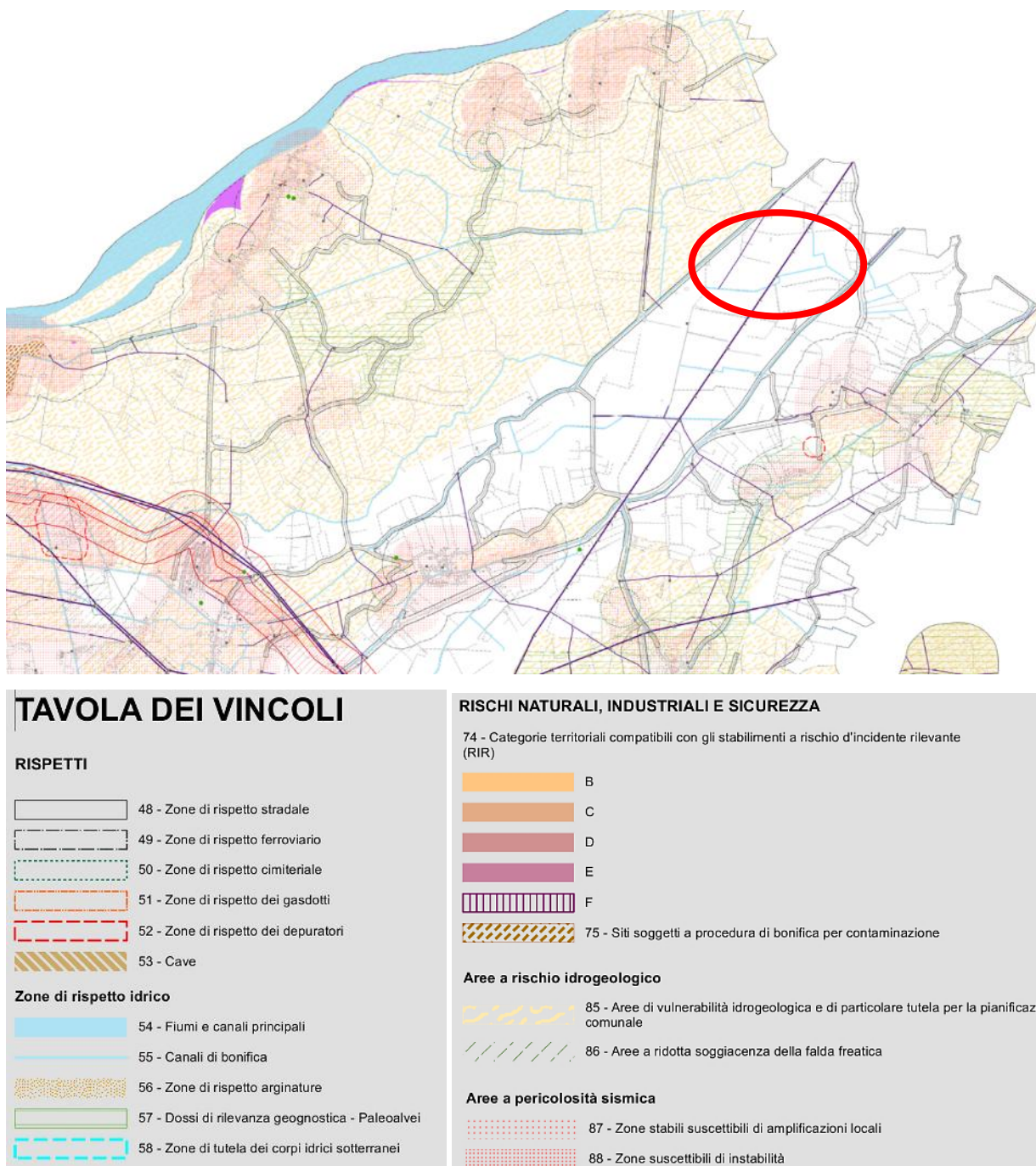


Figura 2 – Estratto Carta dei Vincoli – P.U.G. Comune di Ferrara

Secondo la Carta delle Trasformazioni del Comune di Ferrara, l'area in esame ricade tra le aree a

rischio di allagamento, ai sensi dell'art. 118.4 del RUE.

All'interno del comparto sono inoltre presenti canali di bonifica, che costituiscono elementi del reticolo idraulico locale, nonché linee elettriche a media tensione con conduttori nudi, soggette alle relative fasce di rispetto.

Infine, lungo i margini est e nord-ovest dell'area si riscontrano fasce di rispetto stradale, che comportano ulteriori limitazioni edificatorie e prescrizioni specifiche in fase progettuale.

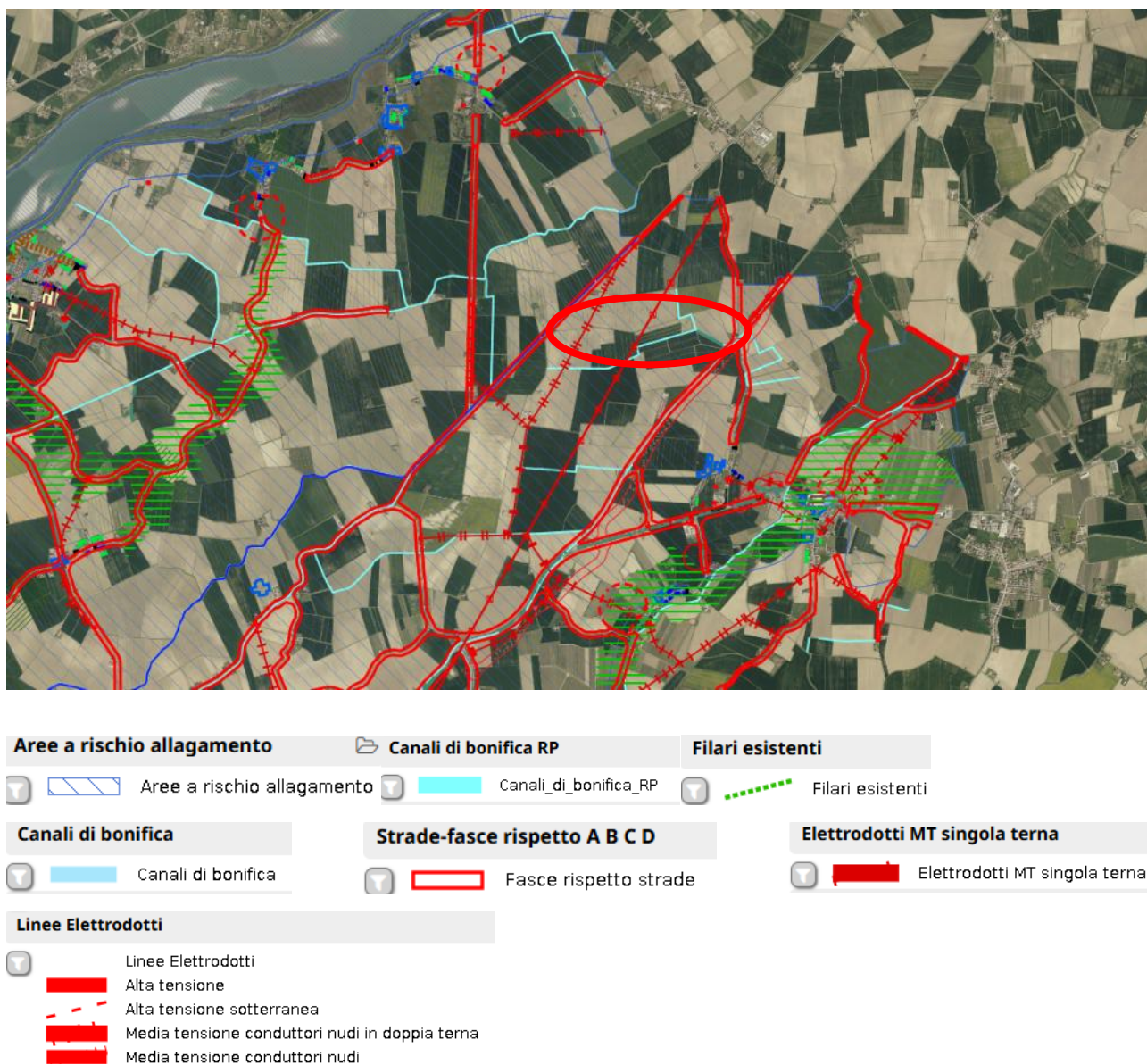


Figura 3 – Estratto Carta dei vincoli-TRASFORMAZIONI –Comune di Ferrara

4.1. Inquadramento idraulico del sito

Come si può notare nella carta della pericolosità per alluvione l'area in esame rientra negli scenari di alluvioni rare_L_P1.

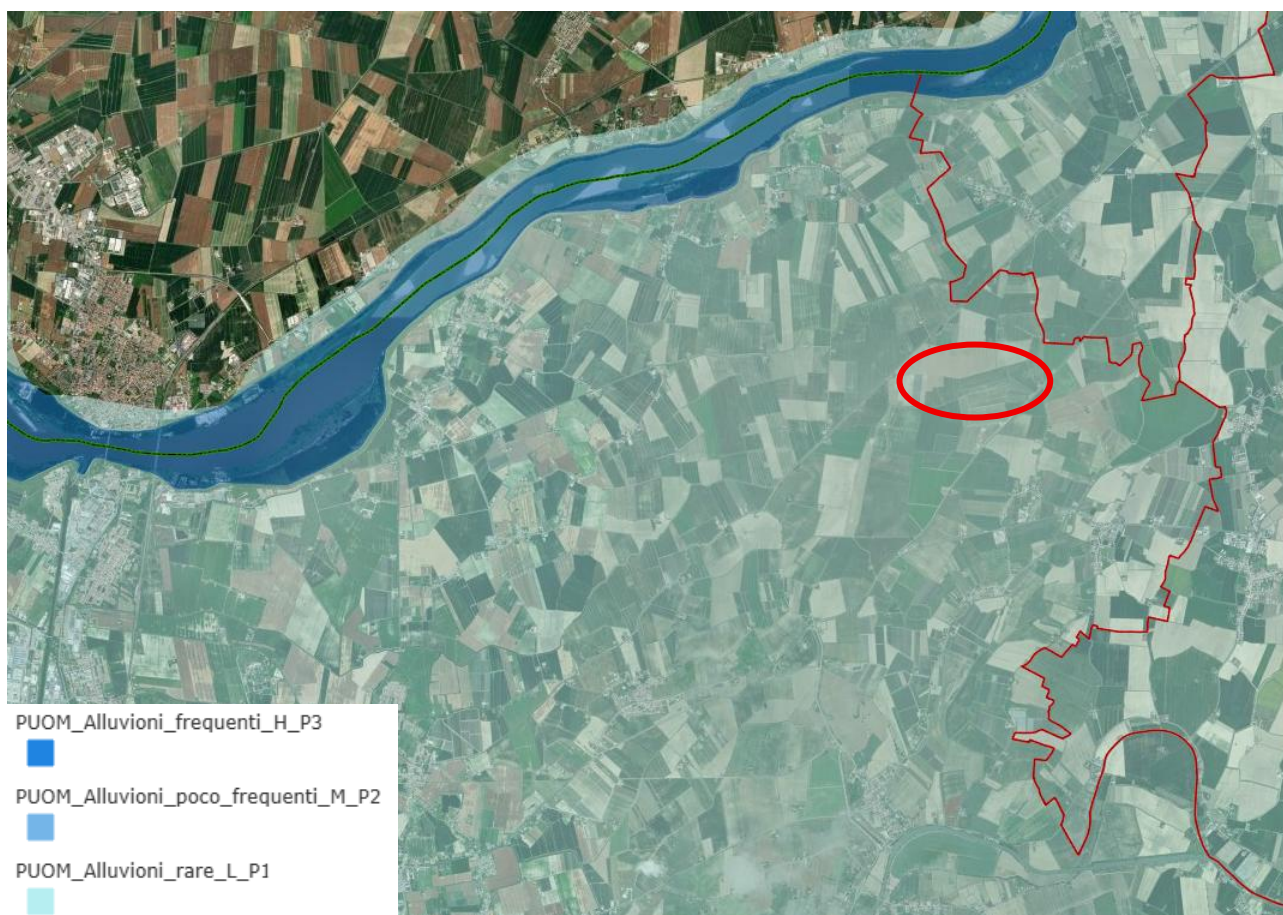


Figura 5 – Estratto carta della pericolosità per alluvione – PUOM Distretto Po 2022 reticolo principale

Dalla carta del rischio idraulico dell'Autorità di Bacino di bacino distrettuale del fiume Po si evince che l'area in esame rientra per la maggior parte nella classe di rischio moderato, alcune parti della zona interessata invece rientrano nella classe di rischio medio.

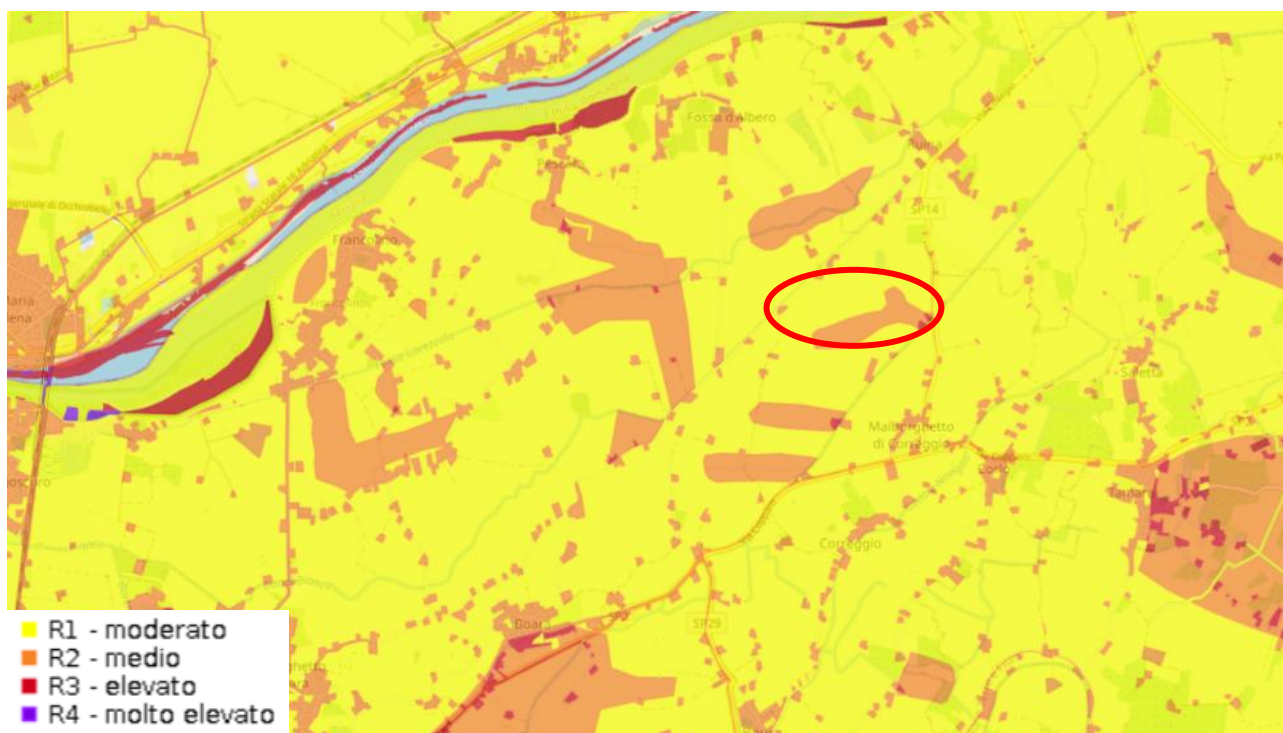
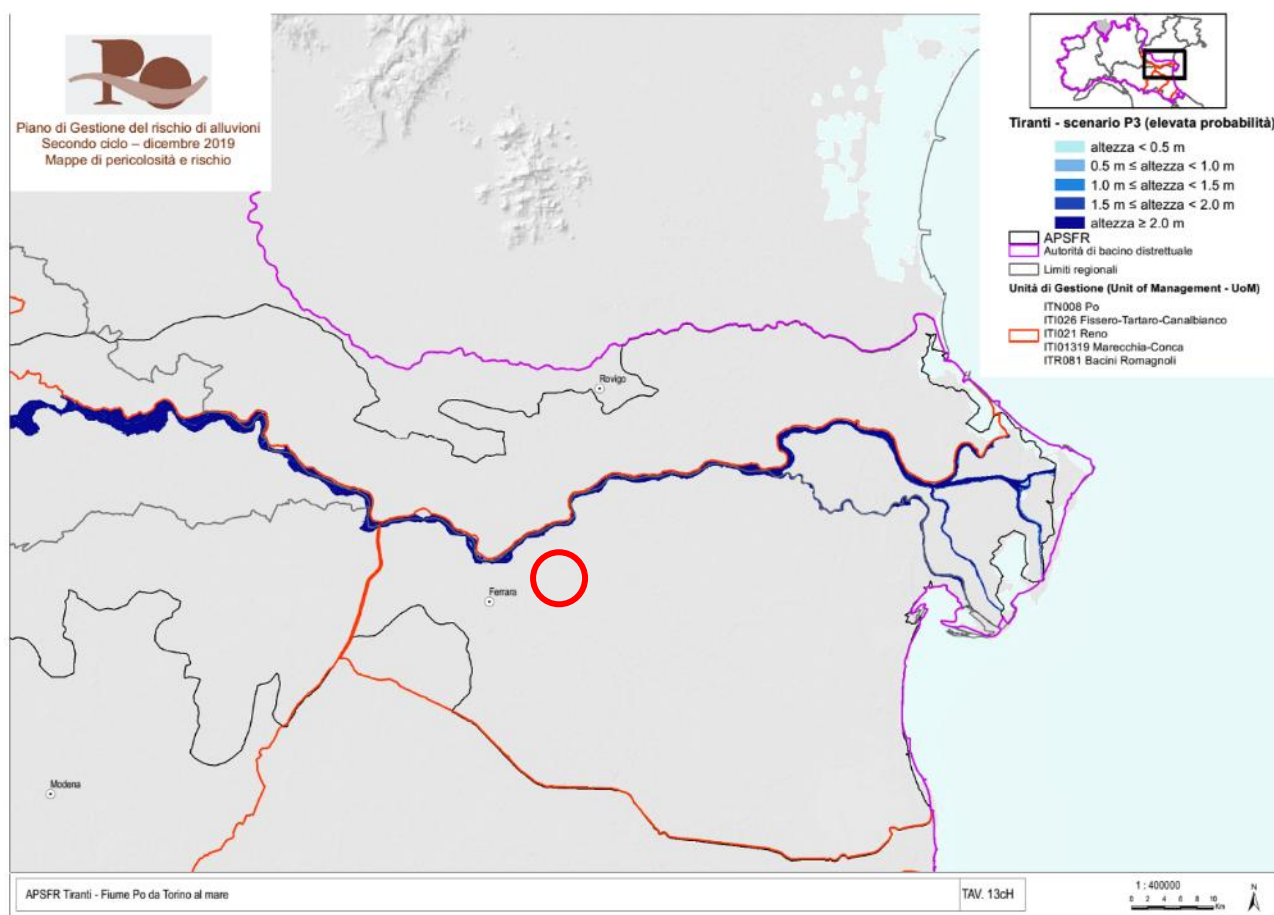
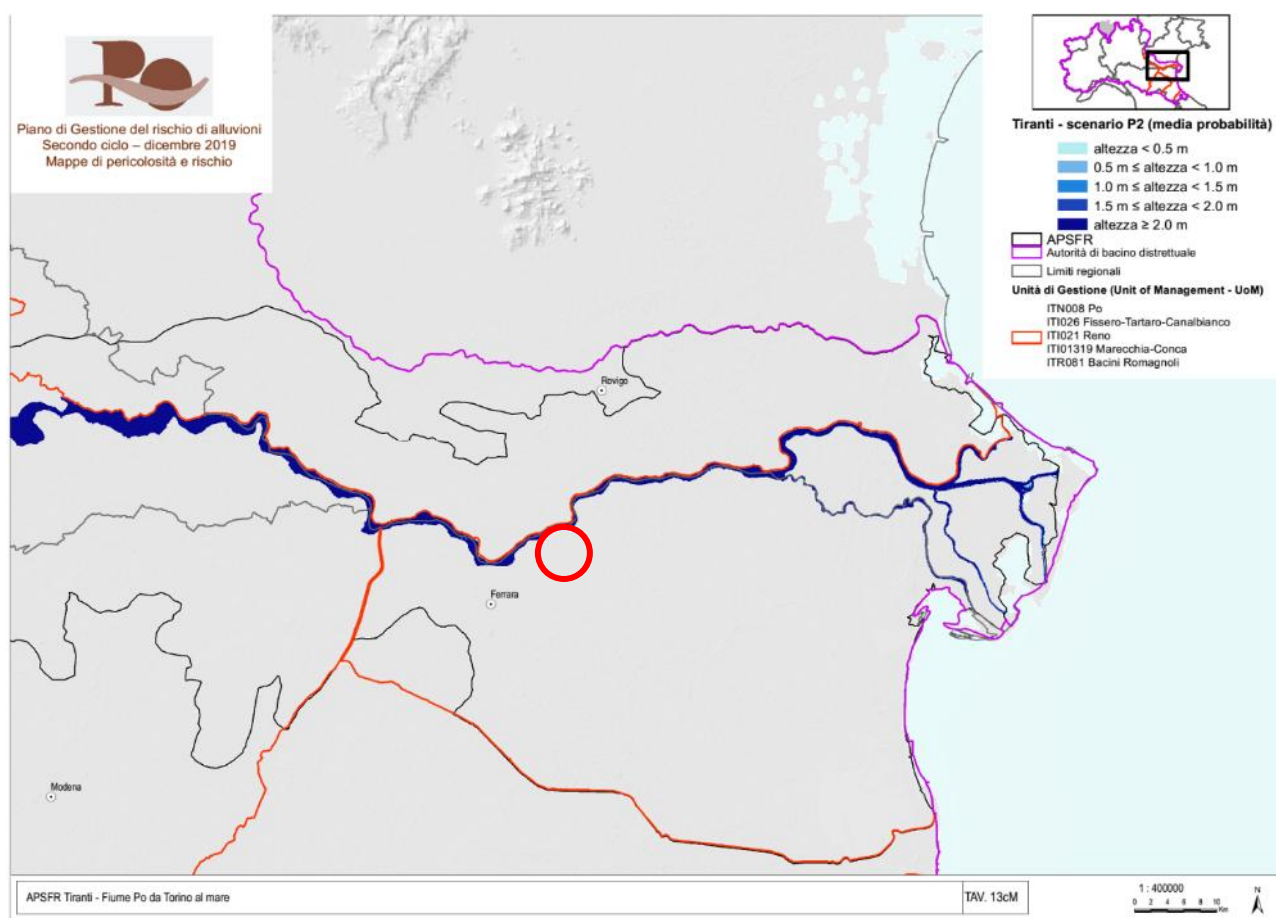


Figura 6 - Carta del rischio idraulico, [Autorità di bacino distrettuale del fiume Po](#)

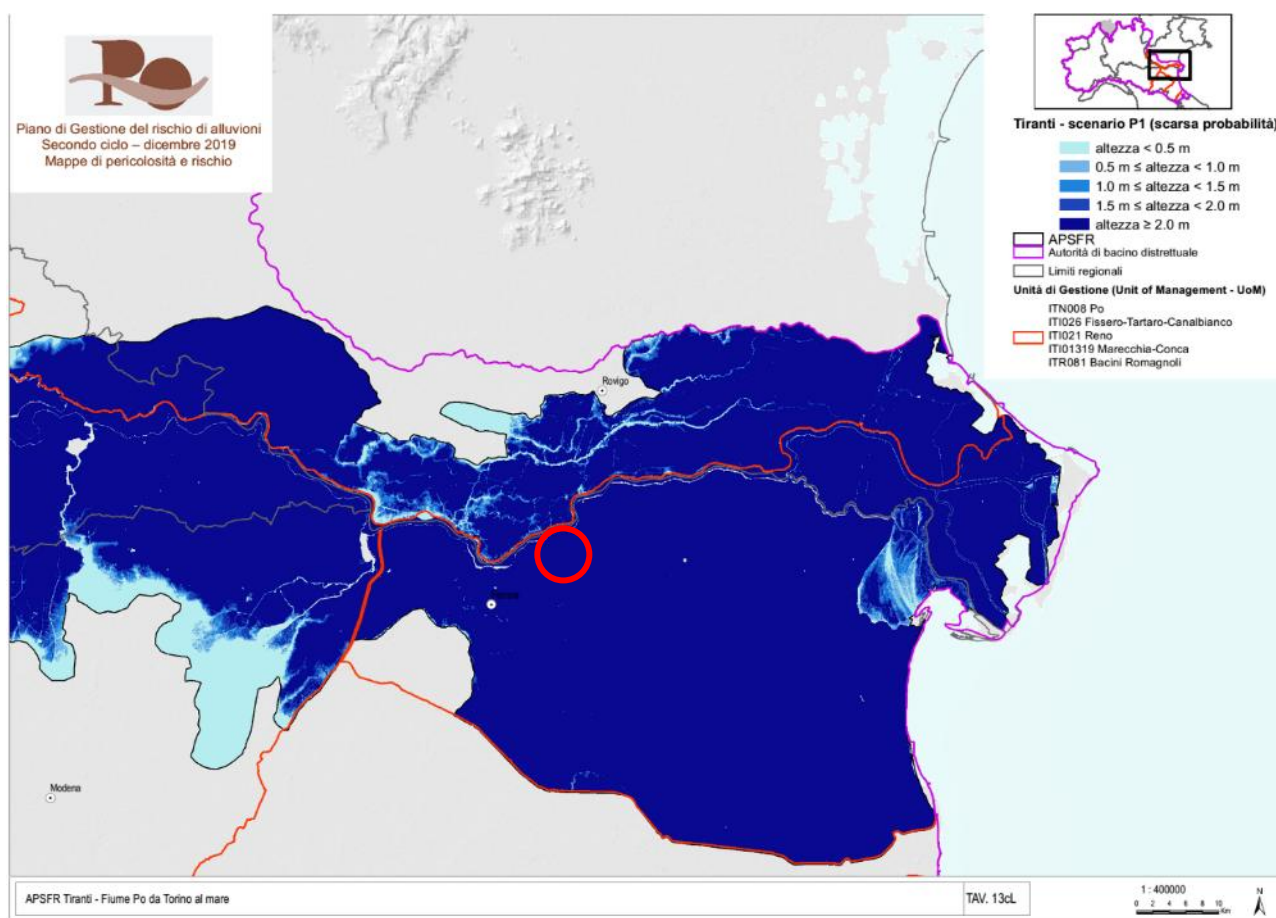
Dall'analisi cartografica emerge che l'area in esame ricade esclusivamente nello scenario di pericolosità P1 (bassa probabilità), corrispondente a un tempo di ritorno fino a 500 anni ($TR \leq 500$ anni), con battente idrico previsto maggiore o uguale a 2,0 m.



*Figura 7 - Estratto carta pericolosità Bacino Idrografico del Fiume Po
Aree a Potenziale Rischio Significativo di Alluvione (APSFR)
TR 30-50 anni*



*Figura 8 - Estratto carta pericolosità Bacino Idrografico del Fiume Po
Aree a Potenziale Rischio Significativo di Alluvione (APSFR)
TR 100-200 anni*



*Figura 9 - Estratto carta pericolosità Bacino Idrografico del Fiume Po
Aree a Potenziale Rischio Significativo di Alluvione (APSFR)
TR fino a 500 anni*

Come si evince dalla carta del reticolo idrografico della Regione Emilia-Romagna, l'area oggetto di studio è caratterizzata dalla presenza di una rete di scoli perimetrali, tra cui lo scolo Maranina e lo scolo Fieniletto, oltre a canali di maggiore rilevanza, come il Canal Bianco e la Fossetta Val d'Albero, che convogliano le acque raccolte nel fiume Po.

Dalla Figura 11 si osserva inoltre che all'interno dell'area sono presenti ulteriori scoline destinate alla raccolta e al drenaggio delle acque meteoriche, in quanto si tratta prevalentemente di aree a destinazione agricola.



Figura 10 – Carta del Reticolo Idrografico – Regione Emilia-Romagna



Figura 11 – Carta del Reticolo Idrografico con dettaglio sulle scoline – Regione Emilia-Romagna

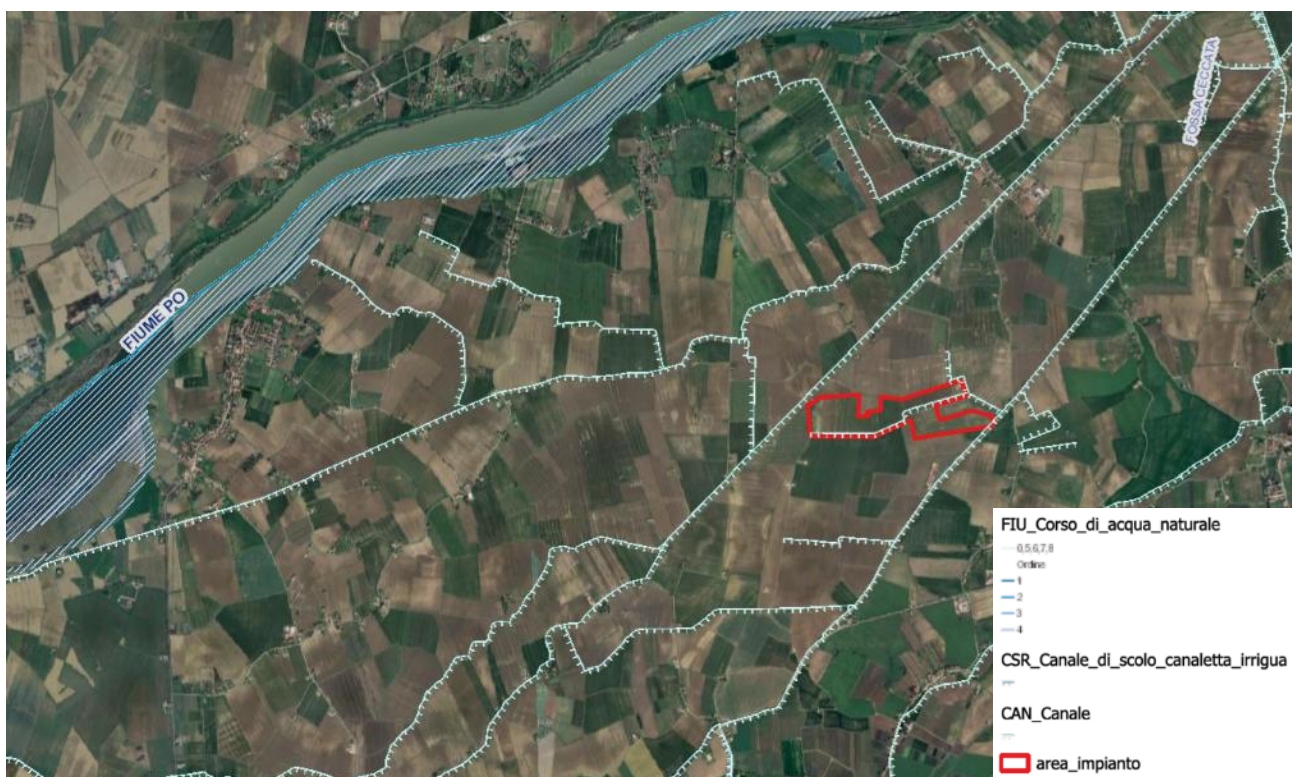


Figura 12 – Carta del Reticolo Idrografico con fiume Po – Regione Emilia-Romagna

5. CARATTERISTICHE DI PROGETTO

Per le caratteristiche di dettaglio dell'impianto si vedano gli elaborati progettuali.

Per esigenze di carattere idraulico, ai fini del calcolo dei volumi di laminazione, l'area è stata suddivisa in due sottocampi, denominati 1 e 2, come di seguito illustrato.

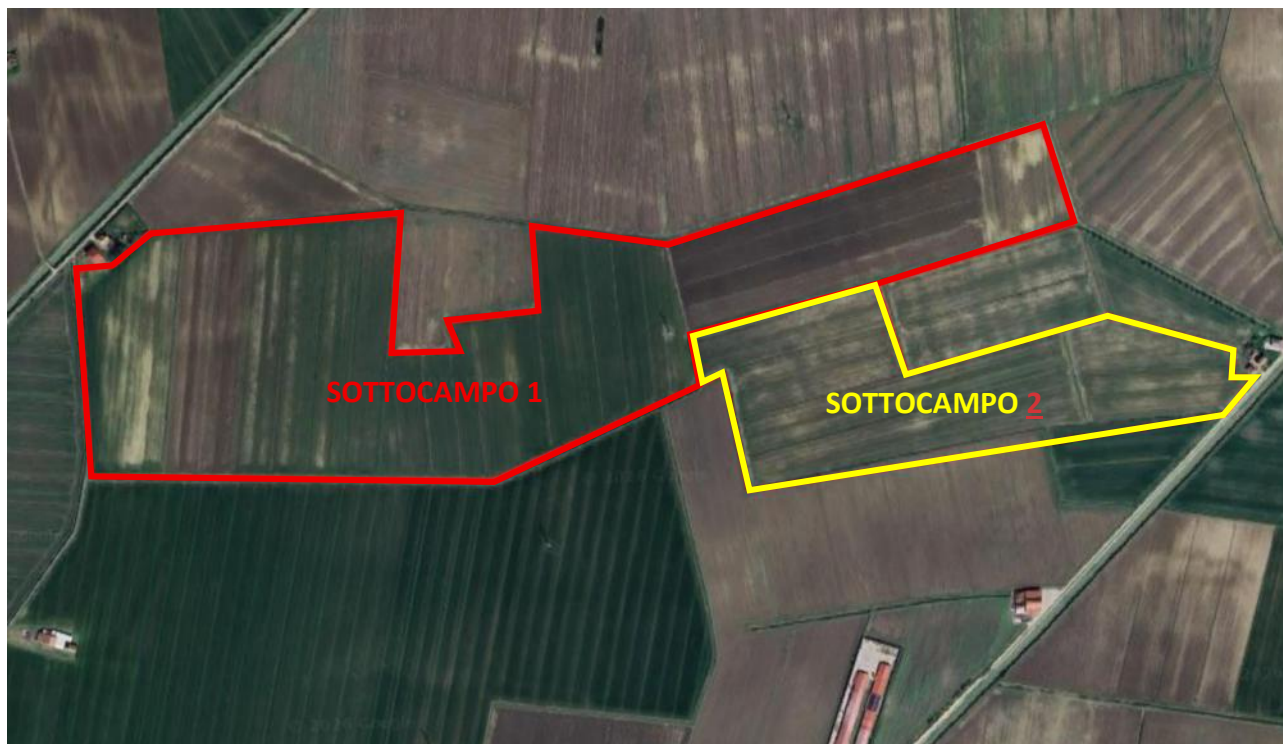


Figura 13 – Suddivisione dell'area in sottocampi

Si riportano di seguito i dati pertinenti alla verifica idraulica.

Le superfici nel dettaglio risultano le seguenti:

SOTTOCAMPO 1	
Superficie Pannelli	82,976.87
Superficie Edifici Tecnici	162.05
Viabilità interna: terra battuta e/o misto stabilizzato	11980.63
TOTALE	95.119,55
Superficie fondiaria	303.378,46
Superficie a verde	208.258,91
SOTTOCAMPO 2	
Superficie Pannelli	23.310,07
Superficie Edifici Tecnici	29,54
Viabilità interna: terra battuta e/o misto stabilizzato	4.860,84
TOTALE	28.200,45
Superficie fondiaria	110.458,54
Superficie a verde	82.258,09



Figura 14 - Layout generale impianto

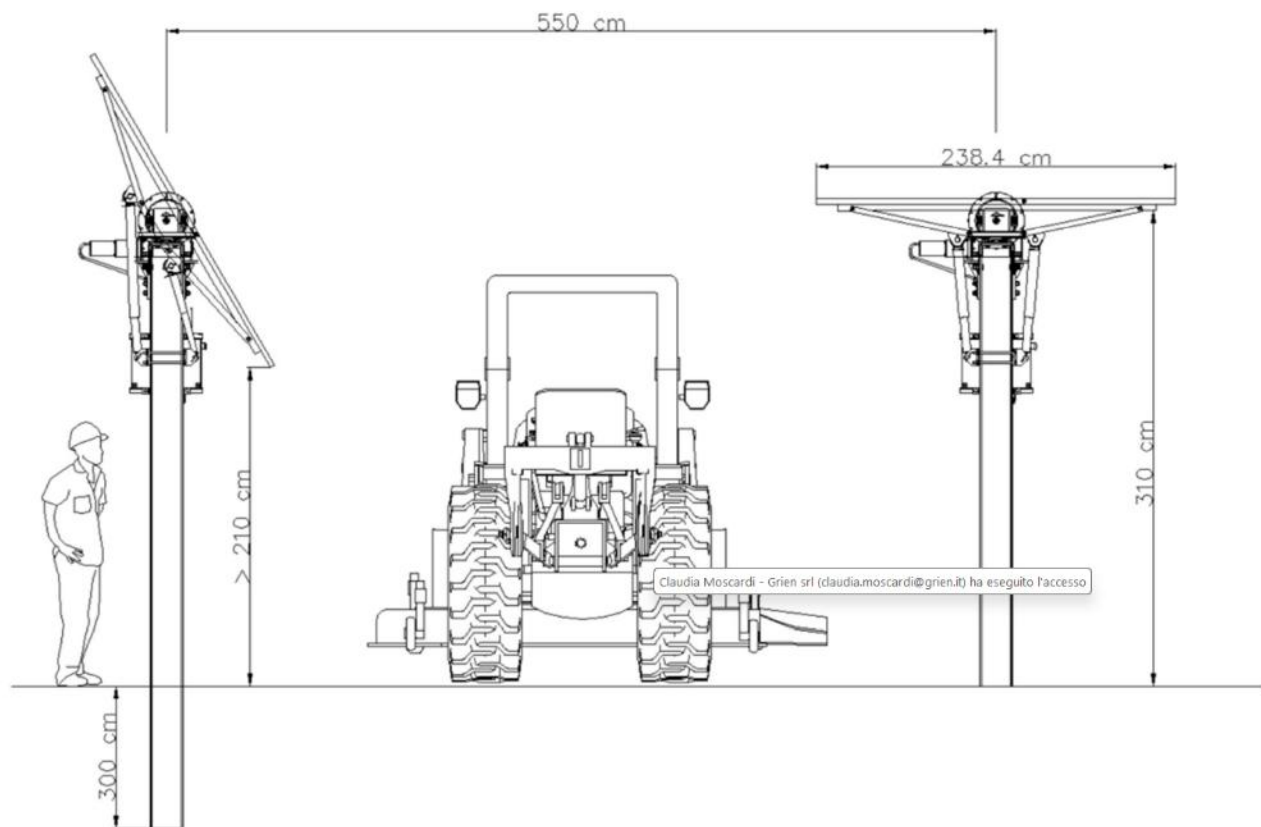


Figura 15 - Particolare traker

I pannelli sono sopraelevati rispetto al suolo e quindi modificano poco il regime, in quanto la pioggia giunge comunque al suolo senza che vengano modificati sostanzialmente i tempi. Inoltre al contorno dell'impianto, sarà realizzata la viabilità interna, distribuendo della ghiaia non compressa per evitare ristagni e consentire il passaggio dei mezzi necessari per la periodica pulizia dei pannelli e la manutenzione del verde.

La viabilità interna, necessaria in fase di cantiere e per la manutenzione è stata ridotta al minimo, mantenendo a verde quanto più possibile, compatibilmente con la necessità di garantire l'accesso ai mezzi, in particolare per le periodiche manutenzioni e pulizia dei pannelli.

6. VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LUOGHI AI FINI DELLA DETERMINAZIONE DELLE MISURE COMPENSATIVE CARATTERISTICHE DELLA RETE DRENANTE ESISTENTE

L'area si presenta ad andamento topografico prevalentemente pianeggiante e ad utilizzo agricolo. È rilevabile una direzione di massima pendenza da ovest verso est. Sull'area insiste una rete di drenaggio perimetrale delle acque meteoriche costituita unicamente da fossati perimetrali, con recapito finale nel Po di Volano.



Figura 16 - Carta della rete idrografica – Regione Emilia-Romagna



Figura 17 - DSM Area - Carta del microrilievo

7. DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI DEFLUSSO ANTE E POST OPERAM

L'area attualmente è ad utilizzo agricolo. Successivamente verranno installati i tracker di pannelli fotovoltaici, verranno realizzate piste di accesso agli impianti in misto granulare ed in terra battuta. Tutta la rimanente area, compresa quella sottostante ai pannelli FV rimarrà destinata a verde e ad aree agricole, così come le aree di mitigazione ambientale ed idraulica.

Sulla base di tali caratteristiche è stata effettuata la valutazione dei coefficienti di afflusso medi dell'area ante e post operam, utilizzando i valori di riferimento delle linee guida regionali.

Tipo di superficie	Coefficiente di deflusso (Ψ)
Aree agricole	0.2
Superfici permeabili (aree verdi)	0.2
Superfici semi-permeabili (grigliati drenanti con sottostante materasso ghiaioso, strade in terra battuta o stabilizzato, ...)	0.6
Superfici impermeabili (tetti, terrazze)	0.9
Superfici impermeabili (strade, piazzali,.....)	0.9
Impianti fotovoltaici su terreni senza pavimentazione	0.3

CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM

SOTTOCAMPO 1

Tipo copertura	ANTE OPERAM		
	Area	Coefficiente afflusso	Coefficiente afflusso medio ANTE OPERAM
Aree agricole	303.378,46	0,2	60.675,69
Totali	303.378,46	60.675,69	0,20

Tipo copertura	POST OPERAM		
	Area	Coefficiente afflusso	Coefficiente afflusso medio POST OPERAM
Superficie Edifici Tecnici	162,05	0,9	145,85
Superficie Pannelli	82.976,87	0,3	24.893,06
Viabilità interna: terra battuta e misto stabilizzato	11.980,63	0,6	7.188,38
Aree a verde	208.258,91	0,2	41.651,78
Totali	303.378,46	73.879,07	0,24

SOTTOCAMPO 2

Tipo copertura	ANTE OPERAM		
	Area	Coefficiente afflusso	Coefficiente afflusso medio ANTE OPERAM
Aree agricole	110.458,54	0,2	22.091,71
Totali	110.458,54	22.091,71	0,20

Tipo copertura	POST OPERAM		
	Area	Coefficiente afflusso	Coefficiente afflusso medio POST OPERAM
Superficie Edifici Tecnici	29,54	0,9	26,59
Superficie Pannelli	23.310,07	0,3	6.993,02
Viabilità interna: terra battuta e misto stabilizzato	4.860,84	0,6	2.916,50
Aree a verde	82.258,09	0,2	16.451,62
Totali	110.458,54	26.387,73	0,24

8. DEFINIZIONE DELL'EVENTO DI PIOGGIA, CURVE PLUVIOMETRICHE E PARAMETRI ASSUNTI

Per il caso in esame si è provveduto all'individuazione delle altezze massime di pioggia registrate per la durata di 15 -30-45 minuti (piogge intense) e 1, 3, 6, 12, 24 ore.

I dati si riferiscono alla stazione pluviometrica di Ferrara e riguardano osservazioni dal 1949 al 2020 (ad esclusione dell'anno 2006) per un totale, nel caso della serie più completa, di 69 dati, secondo la seguente tabella

PRECIPITAZIONI DI MASSIMA INTENSITA' {1949-2020} - stazione Ferrara Urbana (ARAPE) [mm]

Anno	Durata (min)			Durata (ore)				
	15	30	45	1	3	6	12	24
1949				13,4	22	27	32,8	56,2
1950				17,4	20,6	26,4	29,8	30
1951				15,6	27	43	68,8	86,4
1952				27,6	32	32	32,6	47,8
1953				30,4	33,4	40,6	43,2	53,8
1954				29,8	36	36	40,2	42,4
1955				52,4	53,4	56,6	86,4	92,6
1956				23	24,6	24,8	24,8	30,6
1957				18,4	23,4	24,4	31,2	50,6
1958				20	29,8	45,6	77	90,2
1959				20,4	21,4	34,4	39,6	75,2
1960				30,6	50,6	61,4	75,4	81,8
1961				14,6	23,8	28,8	33,2	36,2
1962				14,6	21,6	29,2	35,2	37
1963				40	43,4	43,4	43,4	43,4
1964				15,4	17,8	23,8	25	26,2
1965				18,8	26,8	29,2	32,2	39,8
1966				90	107,8	110,2	110,2	157,8
1967				29	32	32	33,4	34
1968				33,2	35,2	35,2	35,4	39,8
1969				31	31,2	42,6	47	47
1970				24	25,4	26,2	26,2	29,6

1971				18,4	20,4	20,6	23,2	24,6
1972				14,6	23	23,2	29,8	32,6
1973				22,8	36,4	47,8	58,8	84,4
1974				16	29	31,4	32,4	46,4
1975				28,6	34,6	34,8	35,2	42,8
1976				50,6	58	58,2	58,2	70
1977				26	37,4	40	42,6	42,8
1978				31,4	43,2	45	45,6	67
1979				22,2	39	52,6	70,6	122,2
1980				23,80	27,20	27,40	36,20	61,20
1981		31,40		31,40	44,20	48,40	55,60	59,40
1982	14,60	24,00		31,00	51,80	51,80	51,80	57,00
1983		16,00		23,00	27,80	28,60	36,00	53,20
1984		17,40		20,00	26,60	27,40	44,00	57,80
1985		17,20		17,20	17,20	17,20	31,60	33,60
1986		24,00		31,20	41,00	53,00	55,00	56,40
1987	15,60			18,20	18,40	20,40	28,80	42,00
1988	20,60			23,80	34,20	41,00	41,60	51,00
1989		28,20		32,60	46,20	56,40	56,40	63,60
1990	11,00	16,00	20,80	23,80	39,40	48,20	69,00	70,80
1991	21,60	42,80	48,00	51,20	53,40	53,40	53,40	53,60
1992	10,20	11,20	13,00	15,00	25,00	25,40	29,20	48,20
1993	5,00	8,40	11,20	13,40	27,00	32,00	42,40	42,40
1994	11,40	14,20	15,40	17,00	28,80	43,40	45,40	67,80
1995		15,80		16,40	20,20	25,40	34,20	46,40
1996		40,00		41,00	43,80	46,40	55,40	71,00
1997		33,40		38,60	39,80	39,80	46,20	66,00
1998		16,60		20,20	26,00	33,00	36,60	38,60
1999				22,80	36,20	36,60	44,20	50,20
2000		26,60		29,00	42,40	42,60	59,00	64,80
2001		20,40		36,60	60,80	65,00	75,20	81,00
2002		16,00		24,80	40,80	44,80	48,00	48,20
2003		23,00		45,80	46,60	46,60	51,00	52,00
2004	7,80	12,60	14,60	16,60	21,20	23,20	29,20	42,60

2005				28,80	31,40	31,40	36,20	58,00
2006								
2007	27,80	33,80	37,40	39,20	43,00	43,40	44,60	47,80
2008	17,80	30,40	35,80	38,60	45,60	52,20	52,40	72,00
2009	8,00	12,40	16,00	11,20	23,80	27,60	37,00	40,00
2010	14,80	26,60	32,00	37,00	60,00	69,20	91,20	109,60
2011	18,80	13,60	15,20	16,40	18,00	18,60	24,20	24,20
2012	18,60	31,00	41,40	53,80	56,80	57,40	57,40	57,40
2013	12,00	18,00	20,00	21,20	37,60	39,00	39,20	40,20
2014	20,60	23,20	25,60	25,80	41,60	49,40	55,00	63,80
2015	12,00	12,80	15,00	17,80	27,80	27,80	29,20	36,80
2016	15,40	24,00	25,40	25,40	29,60	40,60	52,80	64,40
2017	18,60	32,80	37,20	41,00	44,60	44,60	44,60	44,60
2018	15,80	21,80	28,60	35,20	41,60	41,80	43,40	43,60
2019	19,60	35,40	36,00	36,00	36,00	36,20	40,40	41,60
2020	17,60	20,80	21,80	22,00	22,80	30,40	39,20	39,20

I parametri della curva di possibilità pluviometrica risultano:

TR	piogge < 1ora		piogge 1-24 ore	
	a	n	a	n
2	27,79	0,454	25,48	0,216
5	39,59	0,510	36,05	0,203
10	47,42	0,533	43,05	0,197
25	57,33	0,554	51,87	0,193
50	64,69	0,566	58,42	0,190
100	71,99	0,576	64,92	0,188

Figura 18 – Parametri delle curve di possibilità pluviometrica (Ferrara)

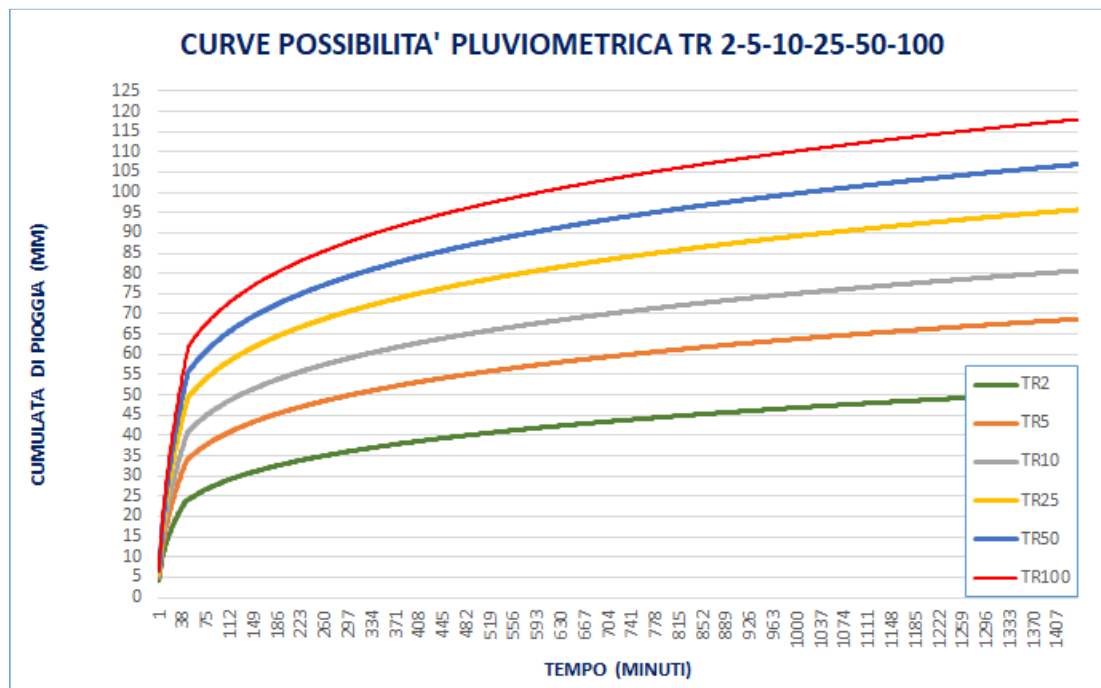


Figura 19 – Grafico curve di possibilità pluviometrica (Ferrara)

8.1. Metodo delle piogge

METODO delle SOLE PIOGGE

VERIFICA DELLA VOLUMETRIA PER PIOGGE CON TR 50 ANNI E DURATA d 2h

Superficie fondiaria	30.34 ha	superficie totale dell'intervento
TR	50 anni	tempo di ritorno di riferimento
a	58.4	coeff. pluviometrico orario
n	0.190	coeff. di scala
tp	2.00 ore	durata di pioggia
ϕ	0.24	coeff. di deflusso dopo la trasformazione
h	66.64 mm	altezza pioggia in tp
Vp	20,218.18 mc	Volume piovuto in tp
Ve	4,923.55 mc	Volume effluente in vasca in tp
Qu	132.89 l/sec	Portata scaricabile dalla strozzatura adottata
Vu	956.82 mc	Volume scaricato dalla vasca nel ricettore in tp
Ve-Vu	3,966.73 mc	Volume da laminare per evento TR 50 d 2 ore
W	1,760.02 mc	Volume di laminazione

NON VERIFICATO: NECESSARIO ADEGUAMENTO VOLUME

W FINALE da adottare= 3,966.73 mc

130.75

Figura 20 – Metodo delle sole piogge –Sottocampo 1

METODO delle SOLE PIOGGE

VERIFICA DELLA VOLUMETRIA PER PIOGGE CON TR 50 ANNI E DURATA d 2h

S	fondiaria	11.05 ha	superficie totale dell'intervento
TR		50 anni	tempo di ritorno di riferimento
a		58.4	coeff. pluviometrico orario
n		0.190	coeff. di scala
tp		2.00 ore	durata di pioggia
φ		0.24	coeff. di deflusso dopo la trasformazione
h		66.64 mm	altezza pioggia in tp
Vp		7,361.33 mc	Volume piovuto in tp
Ve		1,758.57 mc	Volume effluente in vasca in tp
Qu		47.84 l/sec	Portata scaricabile dalla strozzatura adottata
Vu		344.46 mc	Volume scaricato dalla vasca nel ricettore in tp
Ve-Vu		1,414.11 mc	Volume da laminare per evento TR 50 d 2 ore
W		640.81 mc	Volume di laminazione

NON VERIFICATO: NECESSARIO ADEGUAMENTO VOLUME

W FINALE da adottare= 1,414.11 mc

128.02

Figura 21 – Metodo delle sole piogge –Sottocampo 2

8.2. Metodo dell'invaso

METODO DELL'INVASO

CALCOLO DEI VOLUMI MINIMI PER L'INVARIANZA IDRAULICA

	Superficie fondiaria =	303,378.46	mq
ANTE OPERAM	Superficie impermeabile esistente =	0.00	mq
	Imp° =	0.00	
	Superficie permeabile esistente =	303,378.46	mq
	Per° =	1.00	
	Imp°+Per° =	1.00	
POST OPERAM	Superficie impermeabile di progetto =	95,119.55	mq
	Imp =	0.31	
	Superficie permeabile progetto =	208,258.91	mq
	Per =	0.69	
	Imp+Per =	1.00	
INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA	Superficie trasformata/livellata =	303,378.46	mq
	I =	1.00	
	Superficie agricola inalterata =	0.00	mq
	P =	0.00	
	I+P =	1.00	

CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM

Ante Operam ϕ°	0.20
Post Operam ϕ	0.24

CALCOLO DEL VOLUME MINIMO DI INVASO

$$w = w^{\circ} (f/f^{\circ})^{(1/(1-n))} - 15 I - w^{\circ} P = 50 \times 1.46 - 15 \times 1.00 - 50 \times 0.00 = 58.01 \text{ mc/ha} \quad w$$

$$W = w \times \text{Superficie fondiaria (ha)} = 58.01 \times 303,378 : 10,000 = 1,760.02 \text{ mc} \quad W$$

DIMENSIONAMENTO STROZZATURA

Portata amm.le (Qagr.=5 l/sec/ha*		
Perm ₀ +90l/sec/ha*Imp ₀)	151.69	l/sec
Battente massimo h	0.50	m
Sezione massima condotta di scarico	80718	mm ²
DN max condotta di scarico	320.58	mm
Si adotta condotta DN	300.00	mm
Portata uscente con la condotta adottata	132.89	l/sec
	0.133	mc/sec

Figura 22 – Metodo dell'invaso –Sottocampo 1

METODO DELL'INVASO

CALCOLO DEI VOLUMI MINIMI PER L'INVARIANZA IDRAULICA

Superficie fondiaria = 110,458.54 mq

ANTE OPERAM

Superficie impermeabile esistente = 0.00 mq

Imp° = 0.00

Superficie permeabile esistente = 110,458.54 mq

Per° = 1.00

Imp°+Per° = 1.00

POST OPERAM

Superficie impermeabile di progetto = 28,200.45 mq

Imp = 0.26

Superficie permeabile progetto = 82,258.09 mq

Per = 0.74

Imp+Per = 1.00

INDICI DI TRASFORMAZIONE DELL'AREA

Superficie trasformata/livellata = 110,458.54 mq

I = 1.00

Superficie agricola inalterata = 0.00 mq

P = 0.00

I+P = 1.00

CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI DEFLUSSO ANTE OPERAM E POST OPERAM

Ante Operam ϕ° 0.20

Post Operam ϕ 0.24

CALCOLO DEL VOLUME MINIMO DI INVASO

$$w = w^\circ (f/f^\circ)^{(1/(1-n))} - 15 I - w^\circ P = 50 \times 1.46 - 15 \times 1.00 - 50 \times 0.00 = 58.01 \text{ mc/ha } w$$

$$= w \times \text{Superficie fondiaria (ha)} = 58.01 \times 110,459 : 10,000 = 640.81 \text{ mc } W$$

DIMENSIONAMENTO STROZZATURA

Portata amm.le (Qagr.=5

l/sec/ha*

Perm₀+90l/sec/ha*Imp₀) 55.23

Battente massimo h 0.50

Sezione massima condotta di sc 29389

l/sec

m

mm²

DN max condotta di scarico 193.44 mm

Si adotta condotta DN 180.00

Portata uscente con la condotta 47.84

0.048

mm

l/sec

mc/sec

Figura 23 – Metodo dell'invaso –Sottocampo 2

8.3. Parametri idrogeologici

Constatato che i terreni nell'area di studio sono costituiti superficialmente prevalentemente da materiali argillosi, sabbiosi e limosi, è possibile affermare che il coefficiente di permeabilità idraulica è verosimilmente sull'ordine di grandezza dei 10^{-7} m/s.

La soggiacenza della falda freatica è compresa fra 0,5 e 1,4 m da piano campagna.

Tipo di suolo	Permeabilità idraulica K (m/s)
Ciottoli, ghiaia (senza elementi fini)	$10^{-2} - 1.0$
Sabbia pulita, sabbia e ghiaia	$10^{-5} \div 10^{-2}$
Sabbia molto fine	$10^{-6} \div 10^{-4}$
Limo e sabbia argillosa	$10^{-9} \div 10^{-5}$
Limo	$10^{-8} \div 10^{-6}$
Argilla sovraconsolidata fessurata	$10^{-8} \div 10^{-4}$
Argilla omogenea sotto falda	$< 10^{-9}$
Roccia non fessurata	$10^{-12} \div 10^{-10}$

9. MISURE COMPENSATIVE PROPOSTE

Il volume finale di laminazione di circa 3.966,73 mc per il sottocampo 1 e 1.414,11 mc per il sottocampo 2 è gestito mediante la realizzazione di n. 02 bacini di laminazione per il sottocampo 1 e n.01 bacino di laminazione per il sottocampo 2 con recapito finale nel Fossetta val d'Albero.

Il volume calcolato dei bacini deve risultare pari, o leggermente superiore, al volume di laminazione determinato mediante il metodo delle piogge, così da garantire un adeguato contenimento dei volumi d'acqua previsti.

Le acque meteoriche seguiranno il declivio naturale dell'area, defluendo entro i bacini di detenzione dentro cui confluiranno. Successivamente scaricherà entro i corpi recettori gestiti dal Consorzio, mediante n. 02 condotta di scarico DN 300 mm per il sottocampo 1 e n.01 condotta di scarico DN 180 mm per il sottocampo 2.

Nella fattispecie verranno installati pozzetti di scarico tassati con luce di scarico pari al DN indicato con tubo di scarico DN 300 e presidio di sponda per evitare ostruzioni delle tubazioni.

Il Piano di Manutenzione prevede lo sfalcio periodico della vegetazione, al fine di mantenere funzionale il sistema di raccolta, garantendo inoltre la pulizia delle condotte di scarico.

ID Bacino	Volume (mc)	Volume totale (mc)	Profondità (m)	Corpo recettore	Corpo recettore finale
Bacino 1 SOTTOCAMPO 1	2.543,62	4.005,72	0,40	Scolo Maranina	Scolo Maranina ↓ Scolo Fieniletto ↓ Fossetta val d'Albero
Bacino 2 SOTTOCAMPO 1	1.462,10		0,40	Scolo Maranina	
Bacino 3 SOTTOCAMPO 2	1.460,96	1.460,96	0,30	Canale consortile	Canale consortile ↓ Fossetta val d'Albero

Alla luce delle opere di compensazione idraulica proposte, ne deriva un volume di laminazione specifico pari a 132,04 mc/Ha per il sottocampo 1 e un volume di laminazione pari a 132,26 mc/Ha per il sottocampo 2.

In figura 29 si riporta la sezione tipologica del presidio di sponda nel punto di scarico dai sistemi di mitigazione idraulica, dotati di valvola di non ritorno a clapet. Il presidio sarà costituito da una massicciata di contenimento realizzata con blocchi in roccia, tali da dissipare le forze di erosione

spondale derivanti dalle massime portate di scarico del manufatto. La massicciata sarà poggiata su geotessuto in TNT ed al piede della scarpata sarà infissa una berlina di pali in legno di pioppo, necessari ad evitare fenomeni di scivolamento ed instabilità delle scarpate per una lunghezza pari a 10 m, 5 m a monte e 5 m a valle del punto di scarico.

Al fine di rispettare le portate di scarico massime previste per il corpo recettore, pari a 5 litri/sec*ha, le tubazioni di scarico terminali effluenti dalle opere di mitigazione idraulica, dovranno rispettare i seguenti parametri:

ID Bacino	DIAMETRO MAX	Q _{max}	Q _{prog}
SOTTOCAMPO 1	DN 300	133,89 l/s	151,69 l/s
SOTTOCAMPO 2	DN 450	47,84 l/s	55,23 l/s

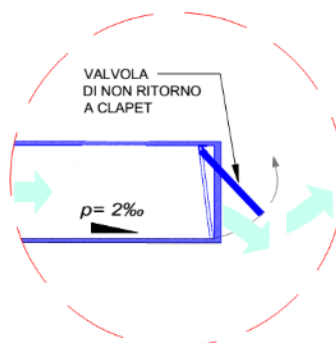


Figura 24 - Dispositivi idraulici: particolare valvola a clapet

Nella fattispecie, si prevede l'installazione di n. 02 scarichi da DN 300 nel sottocampo 1 e n.01 scarico DN 180 nel sottocampo 2.

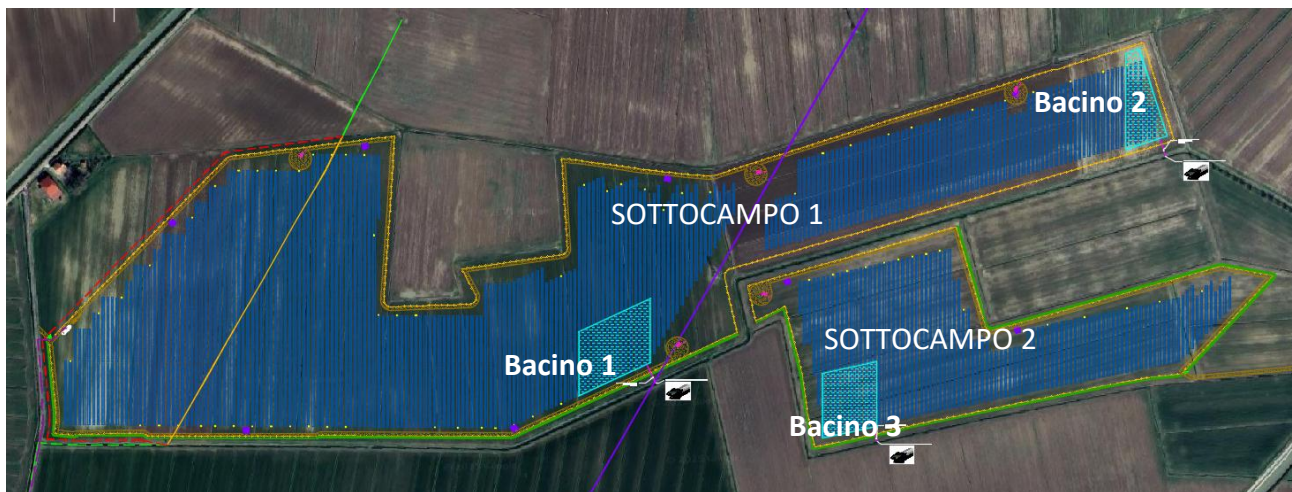


Figura 25 - Schema impianto drenaggio acque meteoriche

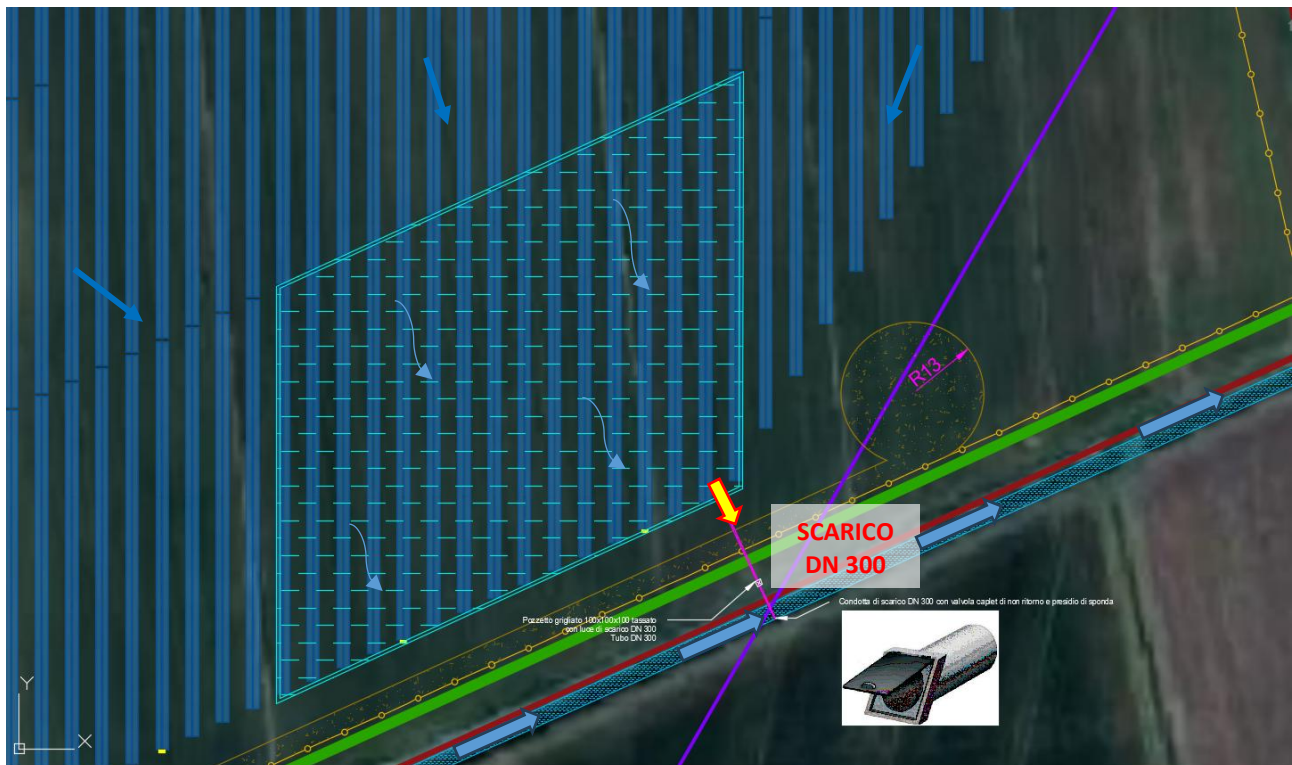


Figura 26 - Schema impianto drenaggio acque meteoriche sottocampo 1 – bacino 1



Figura 27 - Schema impianto drenaggio acque meteoriche sottocampo 1 – bacino 2



Figura 28 - Schema impianto drenaggio acque meteoriche sottocampo 2 – bacino 3

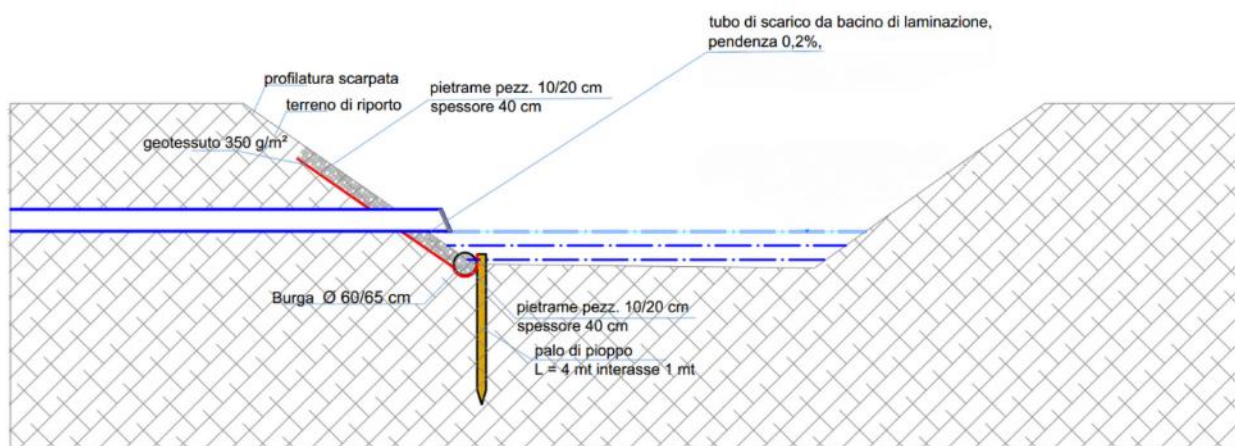


Figura 29 - Sezione tipologica punto scarico e protezione spondale

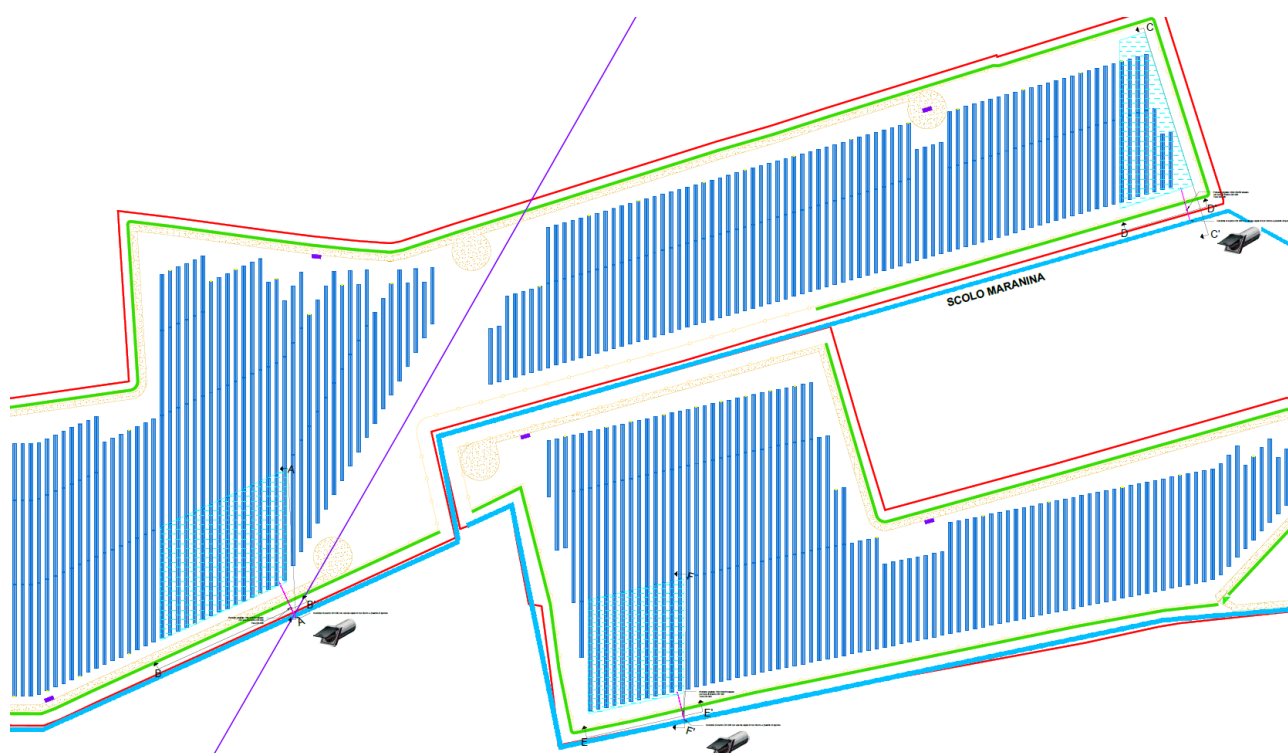


Figura 30 – ubicazione delle sezioni

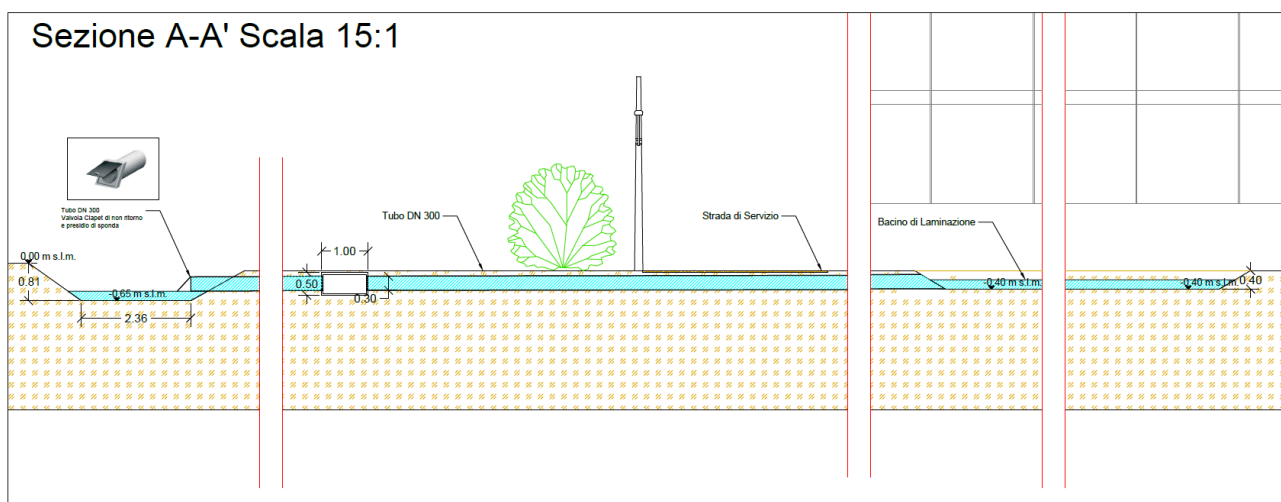


Figura 31 - Sezione A-A' – sottocampo 1 vasca 1

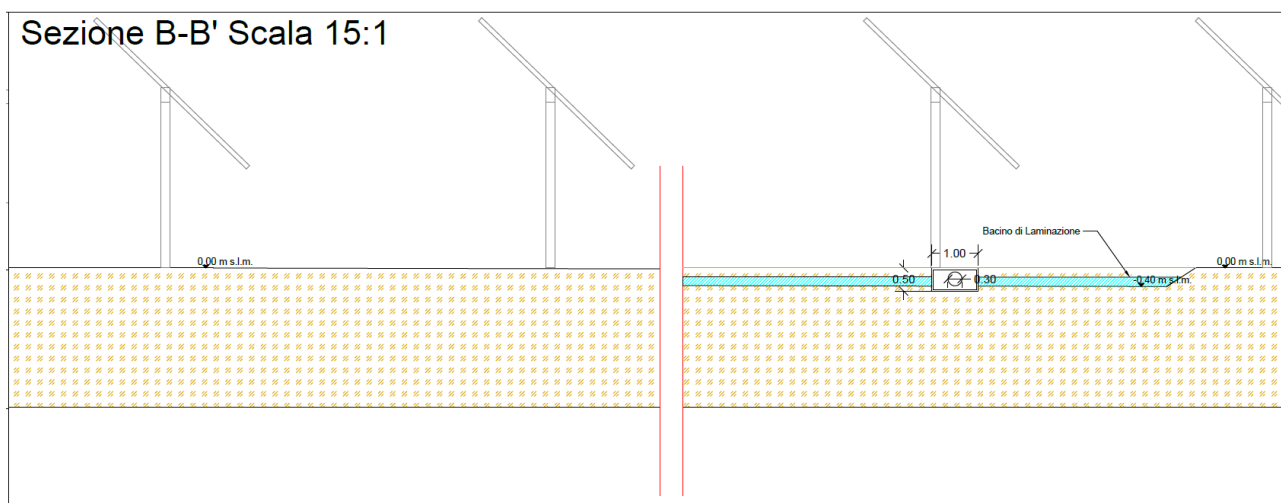


Figura 32 - Sezione B-B' – sottocampo 1 vasca 1

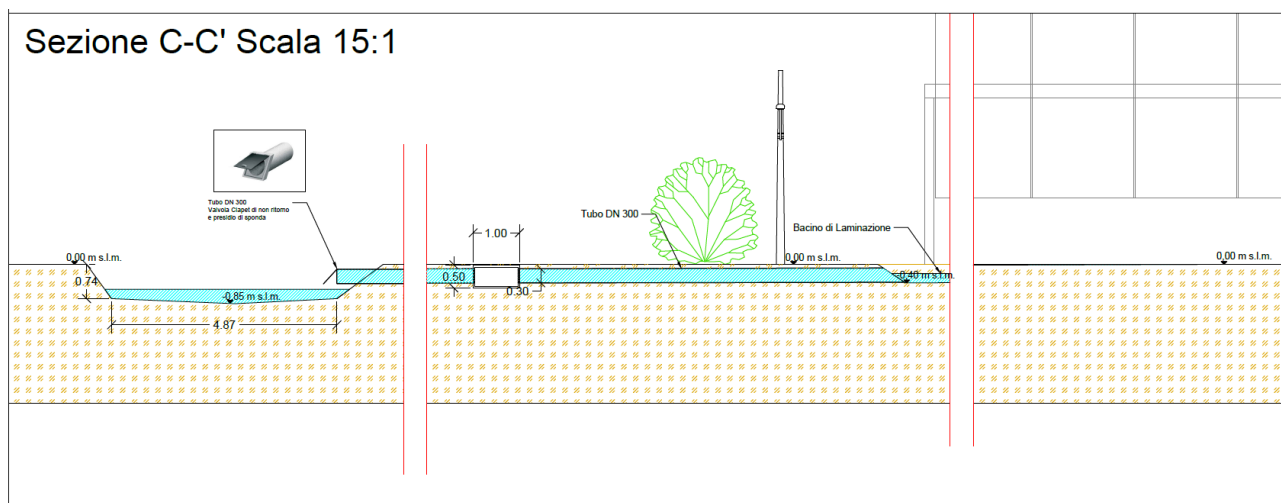


Figura 33 - Sezione C-C' – sottocampo 1 vasca 2

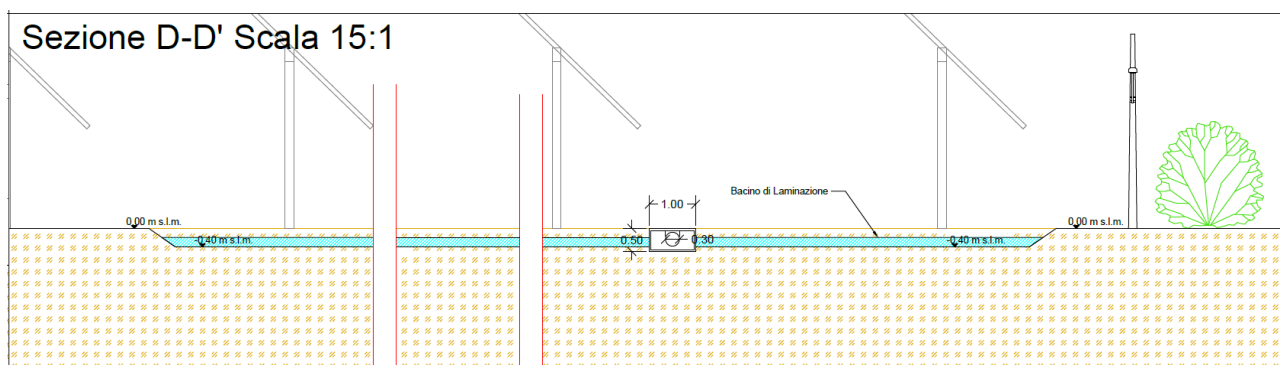


Figura 34 - Sezione D-D' – sottocampo 1 vasca 2

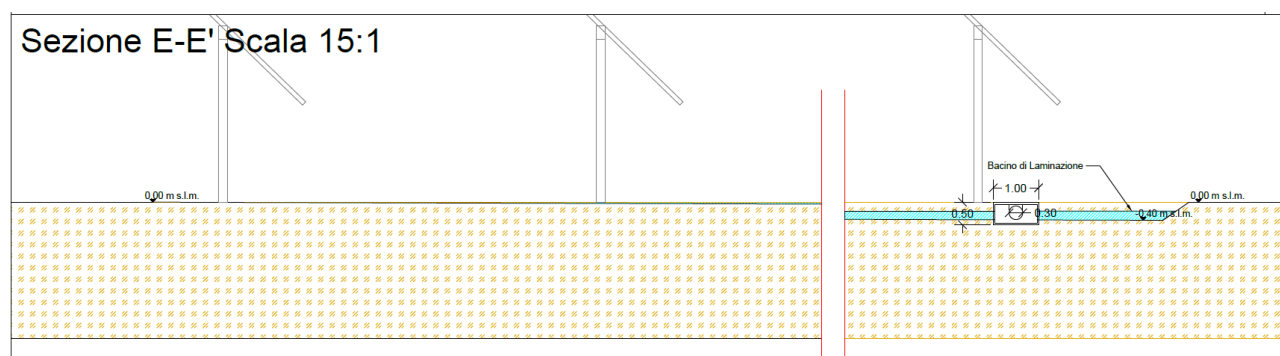


Figura 35 - Sezione E-E' – sottocampo 2 vasca 3

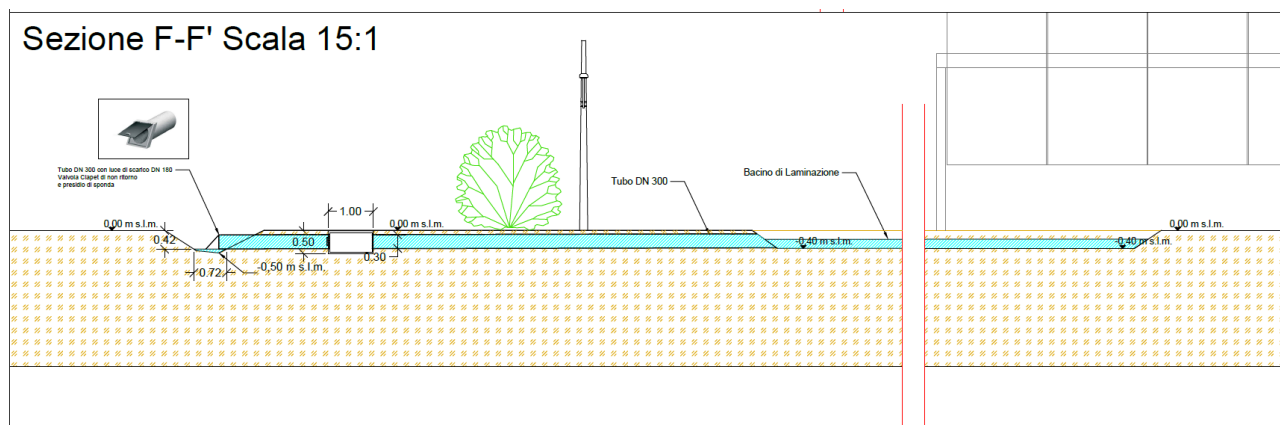


Figura 36 - Sezione E-E' – sottocampo 2 vasca 3

10. TABELLA RIASSUNTIVA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

DESCRIZIONE DELLA TRASFORMAZIONE OGGETTO DELLO STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	
Nome della trasformazione e sua descrizione	Impianto Agrovoltaiico Ferrara
Località, Comune, Provincia	FERRARA (FE)
Tipologia della trasformazione	Realizzazione di un impianto Agrovoltaiico
Presenza di altri pareri precedenti relativamente all'invarianza idraulica sulla proposta trasformazione	/
DESCRIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LUOGHI	
Bacino idrografico di riferimento	Fiume Po
Presenza di eventuali vincoli PAI (Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico di cui al DLgs. 152/2006) che interessano, in parte o totalmente, la superficie di trasformazione S	/
Sistema di drenaggio esistente	Fossati perimetrali
Sistema di drenaggio di valle	Fossati perimetrali → Fossetta val d'Albero → Po di Volano
Ente gestore	Consorzio di bonifica PIANURA DI FERRARA Via Borgo dei Leoni, 28, 44121 Ferrara (FE) Tel: 0532 218211 Sito web: Consorzio di bonifica Pianura di Ferrara PEC: posta.certificata@pec.bonificaferrara.it
VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI LUOGHI AI FINI DELLA DETERMINAZIONE DELLE MISURE COMPENSATIVE	
Coordinate geografiche (GB EST ed GB OVEST) del baricentro della superficie di trasformazione S per la quale viene fatta l'analisi pluviometrica	Latitudine: 44°53'39.85"N Longitudine: 11°43'50.42"E
Coefficienti della curva di possibilità pluviometrica (Tr=50 anni):	a= 58,42 n= 0,19
Estensione della superficie di riferimento S espressa in ha	S = 41,38 ha
Quota altimetrica media della superficie S (+ mslmm)	9 m slm
Valori coefficiente afflusso Ψ_{medio} ANTE OPERAM (%)	Sottocampo 1: $\Psi_{medio} = 0,20$ % Sottocampo 2: $\Psi_{medio} = 0,20$ %
Valori coefficiente afflusso Ψ_{medio} POST OPERAM (%)	Sottocampo 1: $\Psi_{medio} = 0,24$ % Sottocampo 2: $\Psi_{medio} = 0,24$ %

Portata unitaria massima ammessa allo scarico (l/s · ha) e portata totale massima ammessa allo scarico (m³/s) dal sistema di drenaggio ai fini del rispetto dell'invarianza idraulica	Sottocampo 1: $u_{MAX} = 5 \text{ l/s} \cdot \text{ha} = 151,69 \text{ l/s}$ $Q_{MAX} = 0,152 \text{ m}^3/\text{s}$ Sottocampo 2: $u_{MAX} = 5 \text{ l/s} \cdot \text{ha} = 55,23/\text{s}$ $Q_{MAX} = 0,055 \text{ m}^3/\text{s}$ Vincolo allo scarico indicato dall'Ente gestore e calcolato dal tecnico professionista nella condizione ANTE OPERAM
DESCRIZIONE DELLE MISURE COMPENSATIVE PROPOSTE	
Metodo idrologico-idraulico utilizzato per il calcolo dei volumi compensativi	Metodo dell'Invaso e delle sole Piogge
Volume di invaso ottenuto con il metodo idrologico-idraulico utilizzato (m³) che si intende adottare per la progettazione (m³)	Sottocampo 1: $V = 3.966,73 \text{ m}^3$ Sottocampo 2: $V = 1.414,11 \text{ m}^3$
Dispositivi di compensazione	n. 03 bacini di laminazione Bacino 1 sottocampo 1 con h_{max} di laminazione 0,4 m e $V = 2.543,62 \text{ mc}$ Bacino 2 sottocampo 1 con h_{max} di laminazione 0,4 m e $V = 1.462,10 \text{ mc}$ Bacino 3 sottocampo 2 con h_{max} di laminazione di 0,3 m e $V = 1.460,96 \text{ mc}$
Dispositivi idraulici	Valvola clapet di non ritorno allo scarico
Portata massima di scarico di progetto del sistema ed indicazione della tipologia del manufatto di scarico	Sottocampo 1: $Q_{PROG MAX} = 0,133 \text{ m}^3/\text{sec}$ ed 132,89 litri/s Scarico a gravità a mezzo n. 02 condotte DN 300 mm Sottocampo 2: $Q_{PROG MAX} = 0,048 \text{ m}^3/\text{sec}$ ed 47,84 litri/s Scarico a gravità a mezzo n. 01 condotta DN 180 mm
Buone pratiche costruttive e buone pratiche agricole	realizzazione di fasce tampone vegetate a bordo campo: l'inerbimento e l'inserimento di specie arboree permette di ridurre il flusso idrico superficiale, di aumentare l'infiltrazione dell'acqua nel suolo e di trattenere i materiali trasportati. pavimentazioni permeabili: pista perimetrale in ghiaia non compattata; Presidio di sponda: in corrispondenza dei manufatti di scarico e costituito da massiciata con blocchi in roccia, poggianti su geotessuto TNT ed infissione di pali in legno di pioppo al piede della scarpata al fine di evitare fenomeni di erosione ed instabilità di

	versante.
Descrizione complessiva dell'intervento di mitigazione (opere di raccolta, convogliamento, invaso, infiltrazione e scarico) a seguito della proposta trasformazione con riferimento al piano di manutenzione delle opere	L'intervento di mitigazione idraulica prevede la realizzazione di n. 03 bacini di detenzione per la regimazione delle acque meteoriche in scarico, a portata controllata, entro il Canale Fossetta val d'Albero Il mantenimento ad agricolo ed a verde di ben oltre la metà del sito, oltre alla realizzazione di una pista di manutenzione in ghiaia e la piantumazione di fasce tampone vegetate favorirà inoltre l'infiltrazione nel terreno dell'acqua.