



COMUNE DI
LOREO



REGIONE DEL VENETO



PROVINCIA DI
ROVIGO



IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO COMPOSTO DA DUE SEZIONI DI PRODUZIONE E SISTEMA DI ACCUMULO (STORAGE SYSTEM)

ALLEGATO		TITOLO			SCALA
REL. D		RELAZIONE DI COMPATIBILITA' IDRAULICA			---
Data	Rev.	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione
30/09/2022	00	EMISSIONE	A.M.	A.M.	E.C.

IL COMMITTENTE



Eridano S.r.l. - Via Vittorio Veneto n° 137
45100 ROVIGO p.lva 01620970291

PROGETTAZIONE
ed integrazione attività tecniche specialistiche
Arch. Enrico CAVALLARO

ATTIVITA' TECNICHE SPECIALISTICHE
Sistemazione idraulica:
Ing. Anna MARINELLI

COMUNE di LOREO
Provincia di ROVIGO

COMMITTENTE:

Eridano S.r.l.
Via Vittorio Veneto 137
45100 R O V I G O

PROGETTO:

Impianto combinato agro energetico in Comune di Loreo (RO)
Località Cà Bianca
Provincia di Rovigo

OGGETTO:

VALUTAZIONE DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Il tecnico

Ing. Anna Marinelli

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO	4
3. LINEE GUIDA DELLA VALUTAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA	5
4. CONTESTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO	6
4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO	6
4.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLITOLOGICO	6
4.3 IDROGEOLOGIA DI DETTAGLIO	6
4.4 ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO	8
5. CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA.....	11
6. COEFFICIENTI DI DEFLUSSO	14
7. PORTATA AMMESSA ALLO SCARICO	14
8. DETERMINAZIONE DEI VOLUMI DI INVASO	15
8.1 PREMESSA.....	15
8.2 CALCOLO DEI VOLUMI	16
8.3 DESCRIZIONE DELLE OPERE PER LA LAMINAZIONE.....	18
8.4 PREMESSA.....	18
8.5 OPERE DI PROGETTO PER L'INVARIANZA	20
8.6 DISPOSITIVO PER LA LIMITAZIONE DELLA PORTATA	21

1. PREMESSA

La presente relazione riporta la valutazione di compatibilità idraulica relativa al progetto per la realizzazione di un nuovo Impianto combinato agro energetico in Comune di Loreo (RO)
Località Cà Bianca, che occuperà un superficie di circa 28.5 ha.



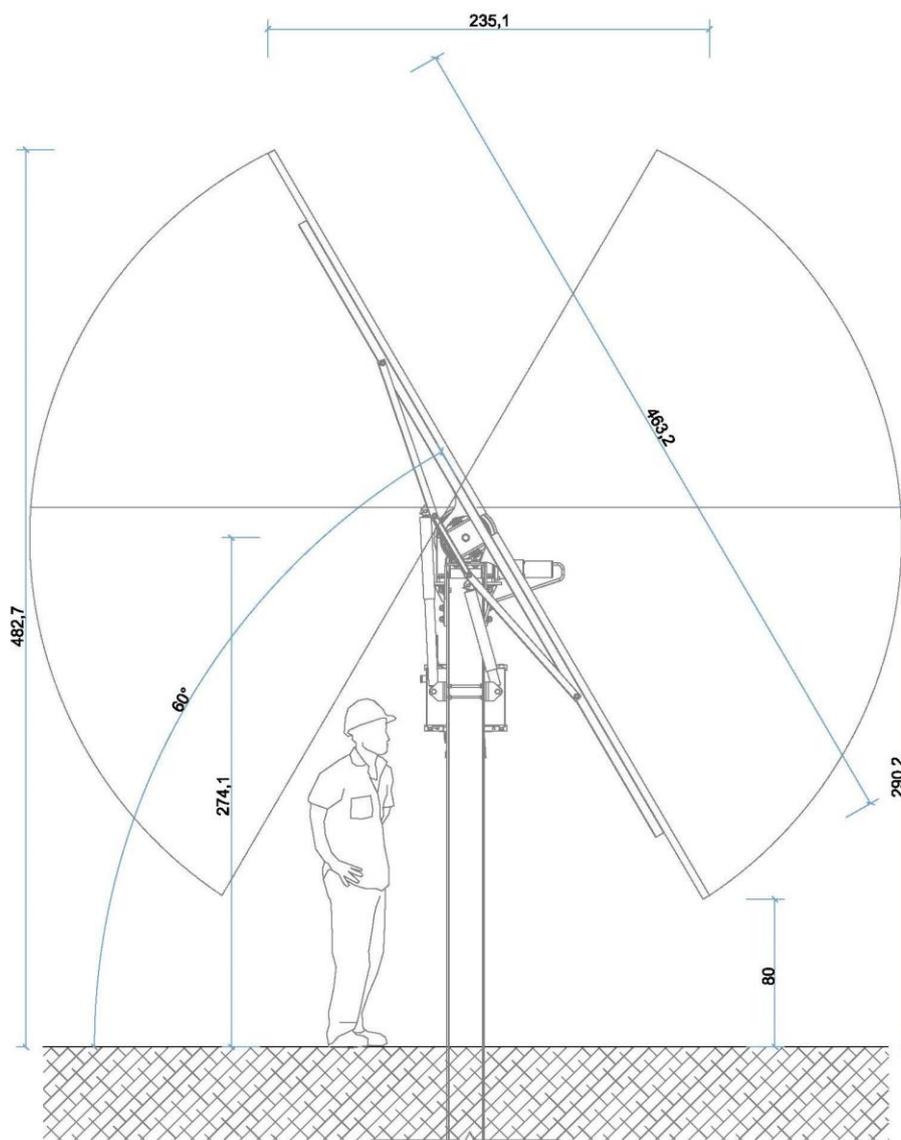
Figura 1: planimetria generale dell'area di intervento

I riferimenti normativi utilizzati nella presente sono di seguito riassunti:

- D.G.R. VENETO n.2948 del 06/10/2009 e relativi allegati;
- Linee Guida per la redazione della Valutazione di Compatibilità Idraulica, Regione Veneto, 3 agosto 2009
- Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento – Unione Veneta bonifiche – dicembre 2011

2. DESCRIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO

Il progetto prevede l'installazione di 35.880 moduli, su un'area di circa 28.5 ha attualmente ad uso agricolo.
La figura seguente riporta le dimensioni del pannello tipo, composto da due moduli.



Stante quanto indicato dalla committenza, i pannelli fotovoltaici in occasione dei eventi piovosi, si portano ad un'inclinazione pari a 60° con il piano orizzontale.

Completano il progetto la realizzazione di strade perimetrali con finitura in stabilizzato, la costruzione di cabine elettriche BT/MT ed altre attrezzature funzionali al parco fotovoltaico.

3. LINEE GUIDA DELLA VALUTAZIONE DI INVARIANZA IDRAULICA

La presente relazione viene redatta con le modalità previste dalla D.G.R. (Deliberazione della Giunta Regionale del Veneto) n. 2948 del 06.10.2009.

Scopo della valutazione è l'individuazione delle modifiche all'assetto idrogeologico esistente, conseguenti alle trasformazioni del suolo, con l'obiettivo di definire le misure compensative e gli accorgimenti tecnici necessari ad evitare l'aggravio delle condizioni idrauliche dell'ambito territoriale interessato.

Stante quanto indicato al paragrafo 6, si determina che il coefficiente Imp. è calcolato pari a 0.32.

L'intervento si estende per circa 28 ha e pertanto è classificato come "marcata impermeabilizzazione potenziale".

Nei paragrafi successivi saranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima defluente dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione.

Il tempo di ritorno adottato è di 50 anni.

Nelle pagine seguenti si riporta la descrizione della metodologia di calcolo utilizzata ed i risultati ottenuti per il caso in esame.

4. CONTESTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Le informazioni riportate in questo paragrafo sono una sintesi della relazione "INDAGINI E RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E GEOTECNICA DELL'AREA, INTEGRATA DALLE VALUTAZIONI DELLA RISPOSTA SISMICA DEI TERRENI" fornita dal committente, a firma del Dott. Geol. Corrado Ballotta. Tale relazione era stata redatta nell'ambito della progettazione del limitrofo Parco Fotovoltaico, ubicato al confine Est dell'attuale area di intervento.

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La genesi dell'area esaminata nello studio è legata agli apporti terrigeni derivanti dalle alluvioni congiunte e sovrapposte del sistema fluviale Adige – Po e dall'azione del mare e del vento.

Nel sottosuolo si possono distinguere due complessi sedimentari ben definiti quali il *continentale tardo-pleistocenico* di base sul quale si è depositato il *lagunare olocenico*.

Il complesso continentale tardo-pleistocenico è rappresentato da alternanze di orizzonti argilloso-limosi e sabbie con frequenti intercalazioni torbose. Al tetto di questo complesso si trova il "Caranto", argilla limosa sovraconsolidata.

La potenza del livello "Caranto" è variabile da luogo a luogo (da 2 a 20 m circa).

Il complesso olocenico è prevalentemente limo-sabbioso. In generale le sabbie iniziali sono ricche di resti conchigliiferi; gli orizzonti sovrastanti sono argillosi o limosi, infine nei livelli più superficiali ed in particolare lungo i cordoni litoranei, i sedimenti sono francamente sabbiosi.

4.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLITOLOGICO

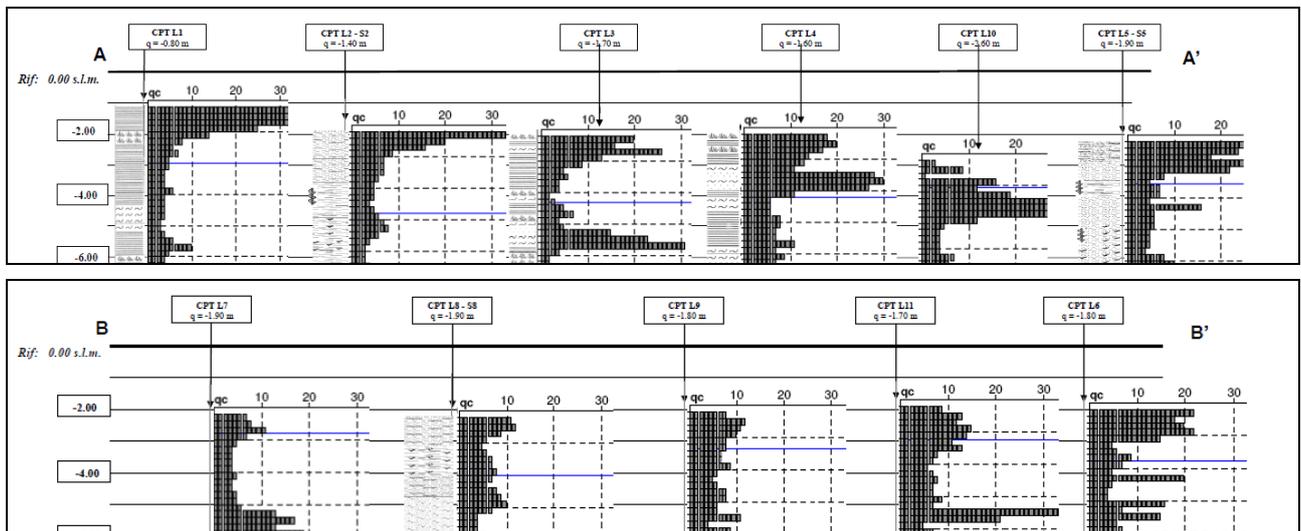
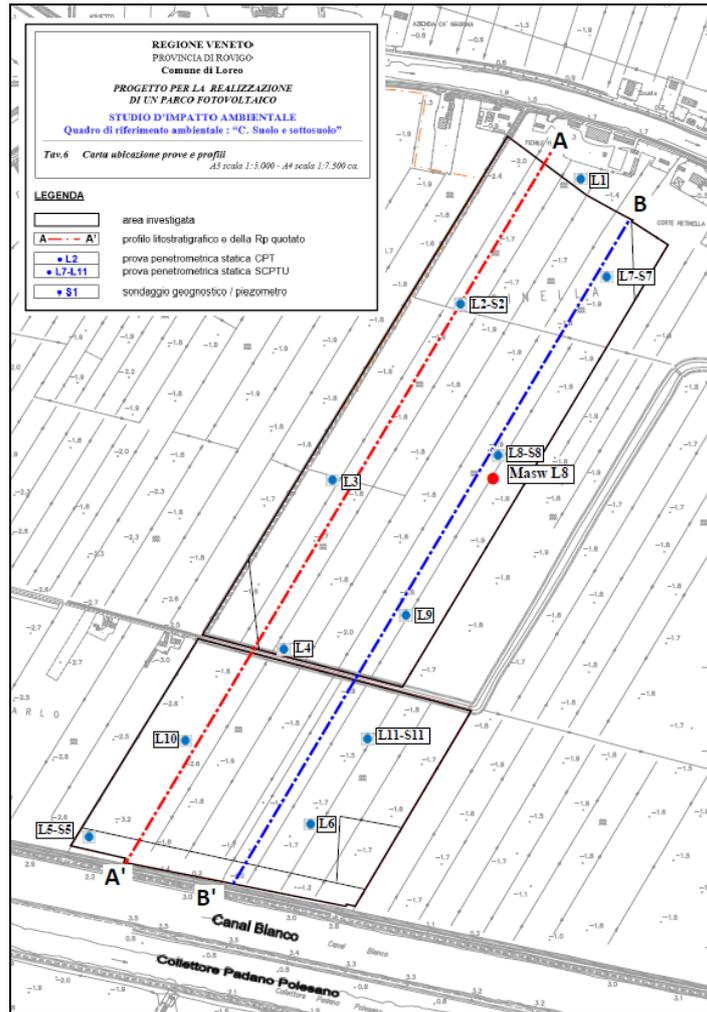
Il sito in esame è racchiuso per tre lati (Ovest, Nord, Est) da un paleoalveo di notevoli dimensioni riferibile al corso dell'Adigetto. Si osserva inoltre che la parte più meridionale dell'area è di studio è interessata dalla presenza di cordoni dunosi recenti e d'incerta ubicazione.

Il territorio comunale di Loreo risulta costituito in prevalenza da miscele binarie di sabbia e limo (SL) e in misura più ridotta da miscele ternarie di sabbia limo argilla (SLA).

4.3 IDROGEOLOGIA DI DETTAGLIO

Si riporta un estratto della "Carta con ubicazione delle prove e profili" allegata alla relazione geologica, oltre alla parte superiore dei due profili elaborati.

Tenuto conto che le prove sono state eseguite dopo un lungo periodo di piogge, si può assumere che il livello falda massimo sia a quota -1.00 dal p.c.



4.4 ANALISI DEL RISCHIO IDRAULICO

Il Consorzio di Bonifica Adige-Po nel proprio Piano Generale di Bonifica e Tutela del Territorio (PGBTT) ha individuato le zone a rischio di allagamento.

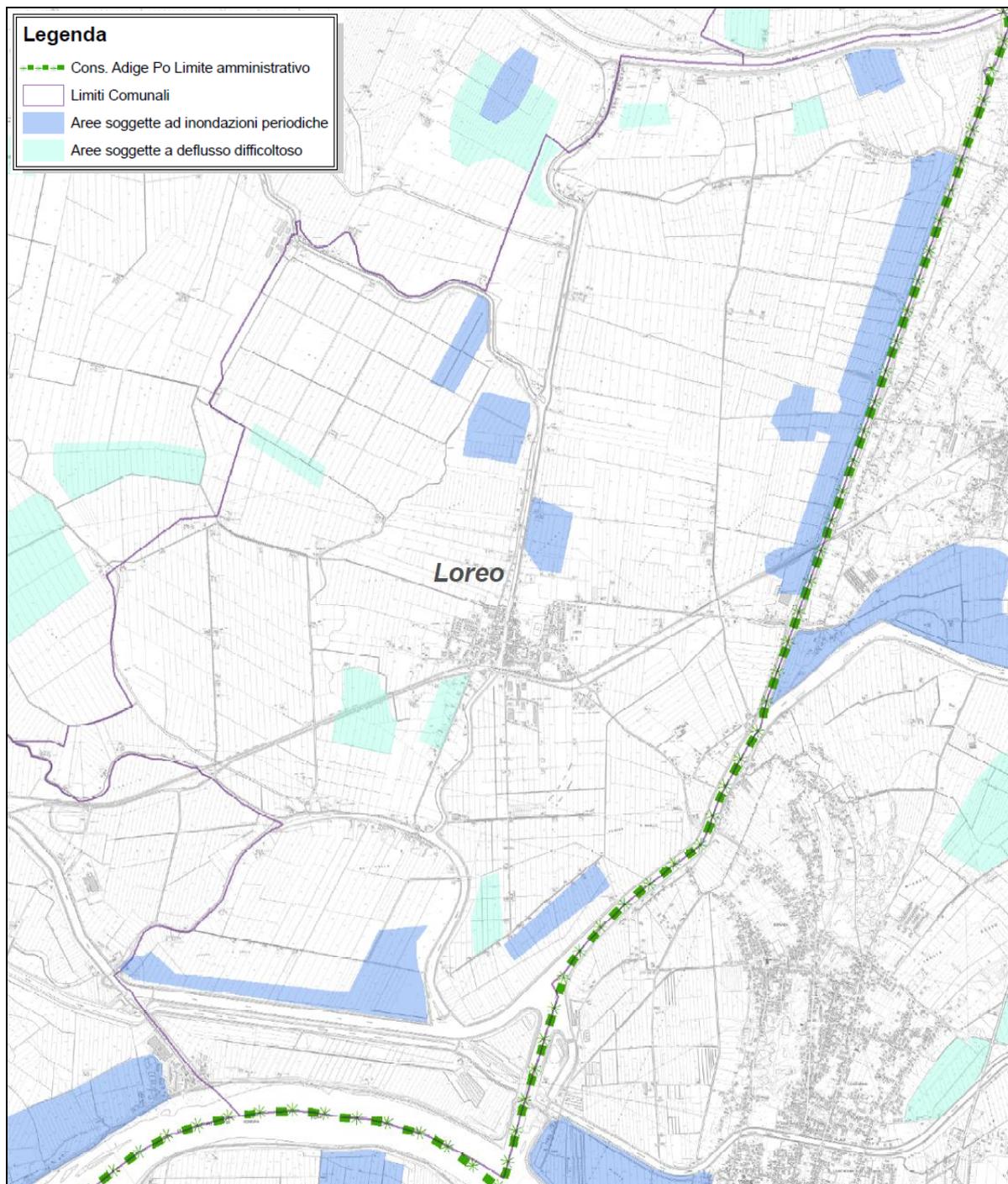


Figura 42 – Estratto (riduzione della scala 1:50.000) della carta del rischio idraulico. Fonte PGBTT Consorzio Adige-Po

In base a quanto riportato nelle cartine di seguito riportate estratte dal PAI l'area del comune di Loreo rientra in quelle classificate a "pericolosità moderata" essendo la criticità del territorio collegata all'asservimento a sollevamento meccanico e a pericolosità nulla per quanto concerne il rischio di inondazione.

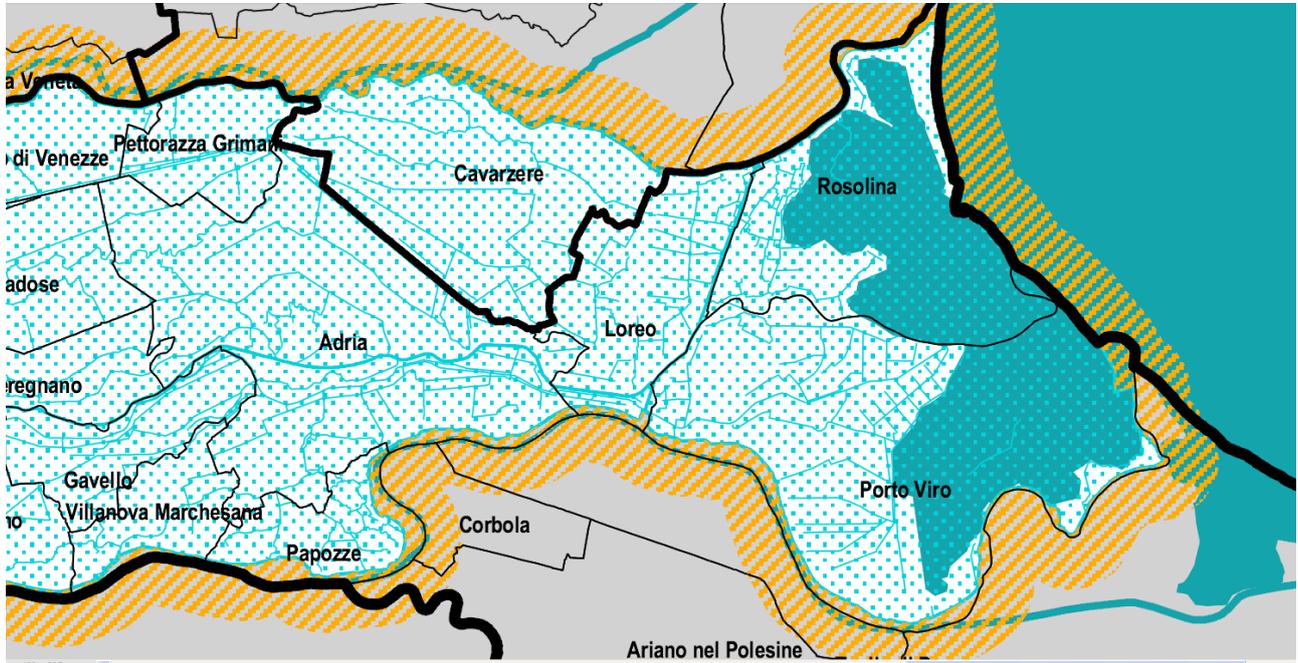
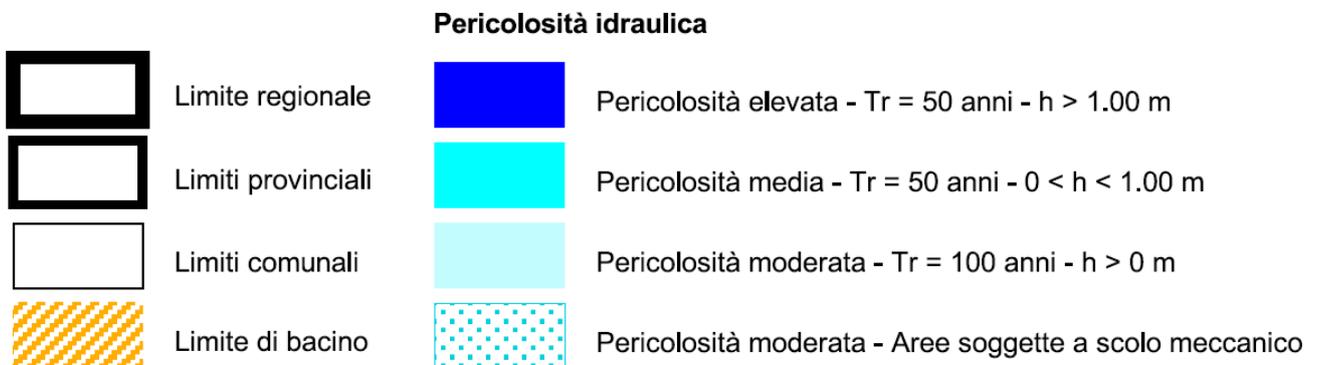


Figura 3: ESTRATTO DEL PROGETTO PAI – pericolosità idraulica



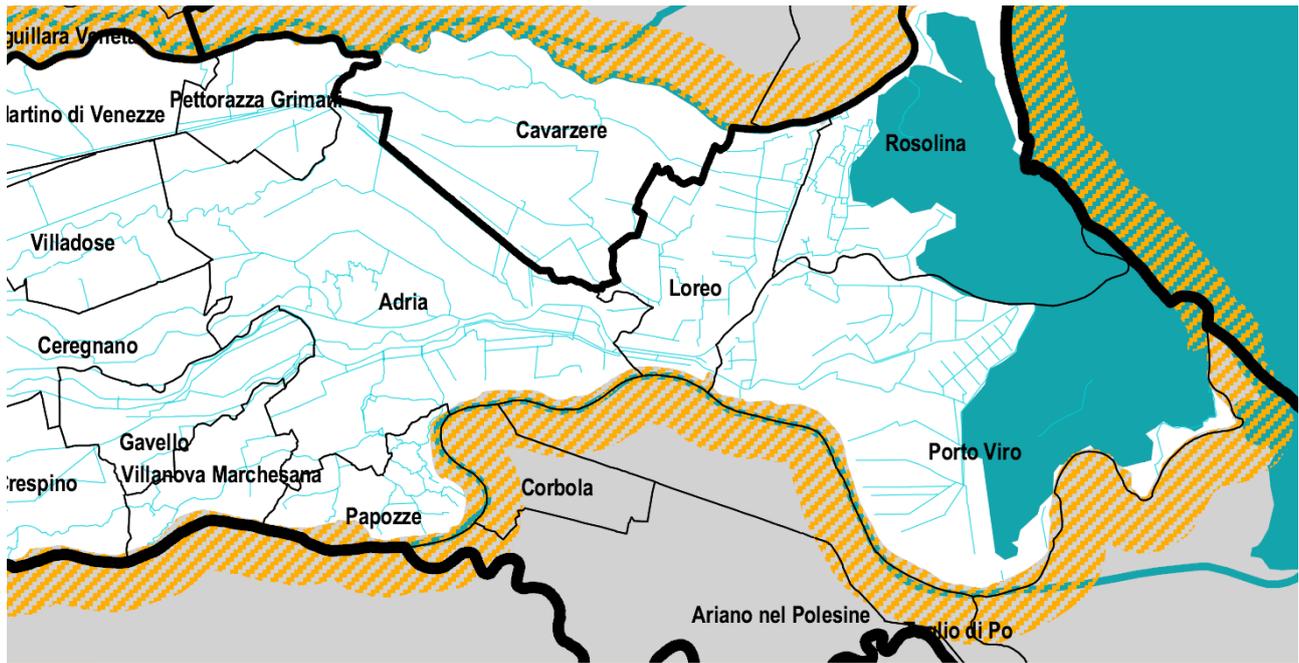
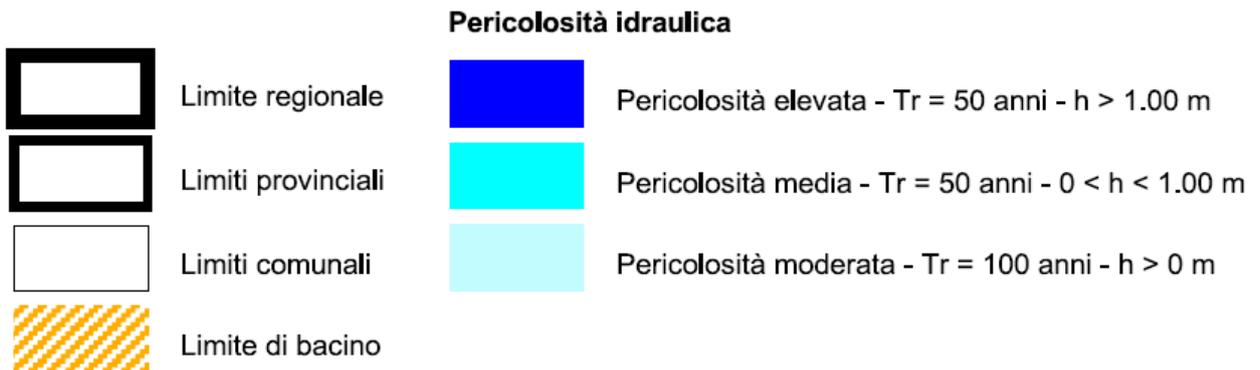


Figura 4: ESTRATTO DEL PROGETTO PAI – pericolosità idraulica per inondazione



5. CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

La curva di possibilità pluviometrica fornisce la relazione tra l'altezza di precipitazione h e la durata dell'evento di pioggia t per un prefissato tempo di ritorno T_r , intendendo per tempo di ritorno quel periodo nel quale un determinato evento pluviometrico è mediamente uguagliato o superato.

L'espressione che definisce le curve di possibilità pluviometrica è del tipo:

$$h = a \cdot t^n$$

in cui l'altezza di precipitazione h è espressa in mm, il tempo di pioggia t è espresso in ore o minuti, mentre a ed n sono due parametri che devono essere ricavati dall'elaborazione dei dati di pioggia.

L'espressione sopra riportata tuttavia, per meglio seguire l'andamento dei dati di pioggia, deve essere spezzata in più intervalli di tempo.

In alternativa è possibile utilizzare la curva a tre parametri, in questo caso l'espressione diventa la seguente:

$$h = \frac{a \cdot t}{(b + t)^c}$$

dove a , b , c sono tre parametri ricavati dall'elaborazione dei dati di pioggia.

I parametri delle curve di possibilità pluviometrica sono stati forniti dai Consorzi di Bonifica, e derivano da uno studio che ha eseguito la regionalizzazione dei dati di pioggia utilizzando tutti i pluviometri disponibili. Le zone omogenee ricavate sono le seguenti:

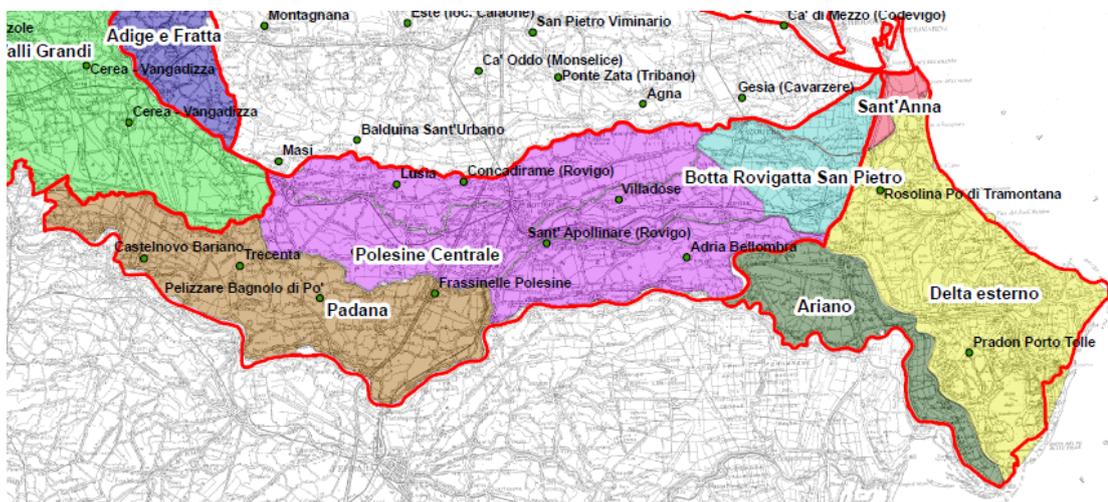


Figura 5 - Suddivisione in zone omogenee

Il Comune di Loreo in particolare ricade all'interno della zona denominata "Botte Rovigatta San Pietro". Di seguito si riportano i parametri a , b e c validi per la curva di possibilità pluviometrica a tre parametri (con t espresso in minuti) al variare del tempo di ritorno:

TR (anni)	a	b	c
5	28,2	15,3	0,848
10	33,5	17,0	0,842
20	38,7	18,9	0,835
30	41,9	20,3	0,831
50	46,0	22,2	0,825

Tabella 1 - Parametri della curva di possibilità pluviometrica a tre parametri validi per t espresso in minuti

La curva di possibilità pluviometrica cercata risulta pertanto fornisce l'altezza di precipitazione in millimetri per una assegnata durata t in minuti e per un tempo di ritorno Tr.

Nella seguente figura sono riportate le curve di possibilità pluviometrica per i vari tempi di ritorno

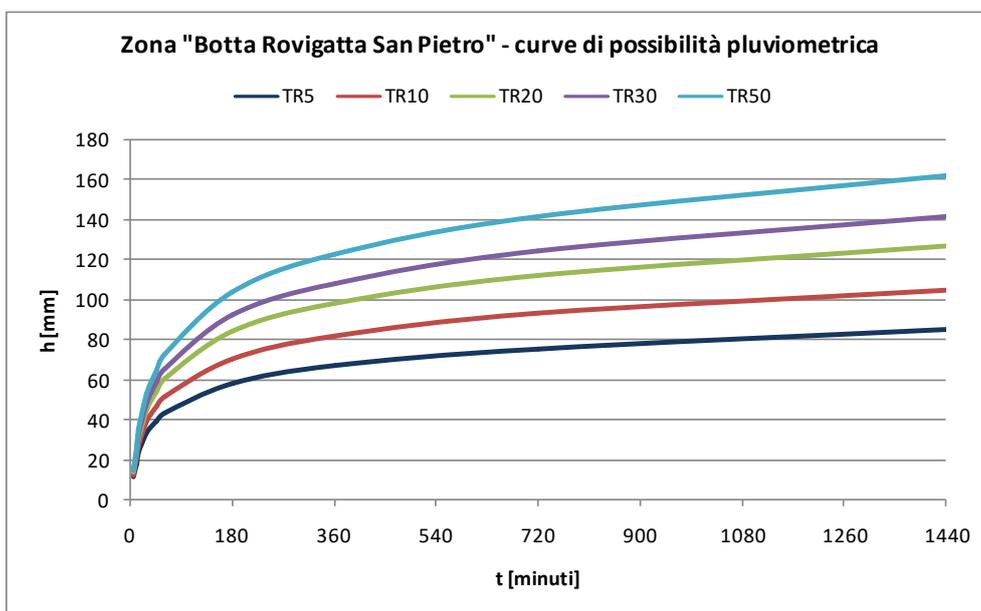


Figura 6 - Curve di possibilità pluviometrica zona Polesine Centrale

Nella seguente tabella sono riportate le altezze di pioggia ricavate per vari tempi di ritorno e varie durate di pioggia.

Zona Polesine Centrale					
t (min)	TR5 h (mm)	TR10 h (mm)	TR20 h (mm)	TR30 h (mm)	TR50 h (mm)
5	11,12	12,54	13,75	14,41	15,17
10	18,03	20,65	22,99	24,29	25,87
15	22,85	26,44	29,74	31,61	33,95
30	31,66	37,26	42,68	45,85	50,01
45	36,76	43,65	50,49	54,56	60,02
60	40,25	48,08	55,95	60,69	67,14
180	52,53	63,82	75,67	83,02	93,41
360	59,78	73,16	87,50	96,50	109,43
720	67,05	82,59	99,48	110,20	125,76
1440	74,66	92,47	112,10	124,67	143,09

Tabella 2 - altezze di pioggia ricavate con le curve a tre parametri per varie durate e diversi tempi di ritorno

6. COEFFICIENTI DI DEFLUSSO

Una volta determinata l'equazione di possibilità pluviometrica e quindi l'altezza della lama d'acqua che si stende sul terreno, resta da determinare quale frazione di essa vada a interessare l'area destinata alla sistemazione agraria e quale, invece vada dispersa in altro modo: per infiltrazione nel suolo, per evapotraspirazione, etc.

A questo punto si introduce il coefficiente di deflusso definito come il rapporto tra il volume defluito attraverso una sezione in un certo intervallo di tempo, ed il volume meteorico precipitato nello stesso intervallo.

I valori dei coefficienti di deflusso cui fare riferimento, secondo quanto riportato nell'allegato A al D.G.R. 1322/06 al capitolo "Indicazioni operative" relativi ad una pioggia di durata oraria, sono riportati nella tabella seguente.

Superficie scolante	ϕ
Aree agricole	0,10
Aree verdi	0,20
Superfici semipermeabili (grigliati drenanti, strade in terra battuta e stabilizzato)	0,60
Superfici impermeabili (coperture, viabilità)	0,90

Figura 7: Coefficienti di deflusso indicati dalla DGR n° 2948 del 10/2009

Su indicazione del competente consorzio di bonifica si assume, a favore di sicurezza, che la proiezione in pianta dei pannelli fotovoltaici (che in occasione di eventi piovosi si portano ad un'inclinazione pari a 60° sull'orizzontale) abbia un coefficiente di deflusso pari a 0.9.

Sono anche presenti le strade di viabilità interna (finitura in stabilizzato o analogo) e le cabine elettriche. Queste ultime hanno un'incidenza infinitesima sulla superficie totale, pertanto non vengono prese in conto per il calcolo del coefficiente di deflusso mediato.

Per il resto della superficie si assume un coefficiente di deflusso pari a 0.20.

Visto che sono previsti 35.880 moduli, e che ciascun modulo ha una proiezione in pianta di 1.18*1.13m, risulta una superficie coperta pari a 4.76 Ha.

La viabilità con finitura in stabilizzato copre un superficie di 8.000 mq.

Risulta un coefficiente di deflusso mediato pari a 0.328.

	S	Φ
	ha	---
strada bianca	0,8	0,6
proiezione pannelli	4,8	0,9
area verde	22,9	0,2
	Φmedio	0,328

7. PORTATA AMMESSA ALLO SCARICO

Pertanto in base a quanto indicato nel al DGR n 2948 del 06/10/2009, si assume la portata udometrica per aree agricole pari a 5 l/sec x ha.

8. DETERMINAZIONE DEI VOLUMI DI INVASO

8.1 Premessa

Il calcolo del volume compensativo per laminare le portate di picco, deve essere fatto ricercando la durata di precipitazione che massimizza la differenza tra volume in grado di essere smaltito dalla batteria di pozzi, ed il volume che verrà scaricato in seguito all'attuazione del nuovo intervento di urbanizzazione.

Nel caso si utilizzino le CPP a tre parametri,

Per le curve a tre parametri, dunque, il massimo volume invasato, una volta fissata la durata della precipitazione, è data dalla

$$V = S \cdot \varphi \cdot \frac{a \cdot t}{(b+t)^c} - Q_{out} \cdot t \quad (1)$$

La derivata prima del volume di invaso, in funzione del tempo, da imporre nulla per la determinazione della durata critica è:

$$\frac{dV_{inv}}{dt} = \frac{d \left(S \cdot \varphi \cdot \frac{a \cdot t}{(b+t)^c} - Q_{out} \cdot t \right)}{dt} = 0$$

Quindi dalla risoluzione della seguente equazione si ottiene la durata critica

$$\frac{S \cdot \varphi \cdot a \cdot \left[(b+t)^c - t \cdot c \cdot (b+t)^{c-1} \right]}{(b+t)^{2c}} - Q_{out} = 0$$

Che esplicitato in t e sostituito nella (1) fornisce il massimo volume di invaso.

8.2 CALCOLO DEI VOLUMI

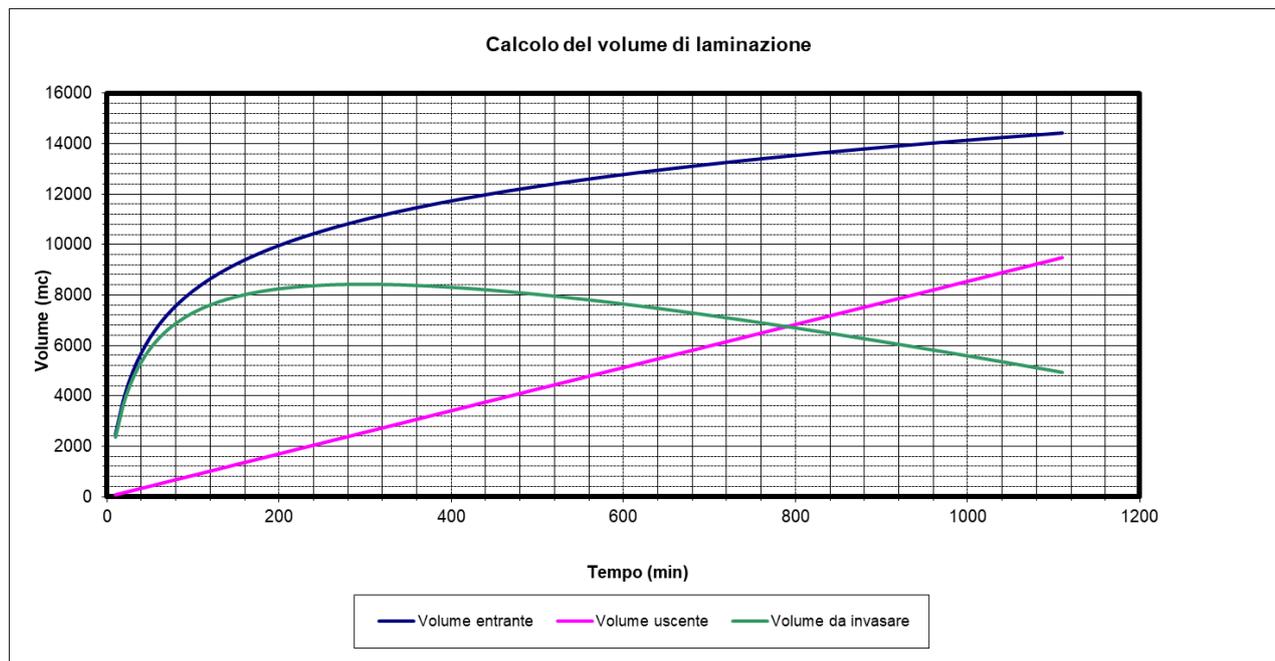
L'area oggetto di intervento copre una superficie di circa 28.5 ha.

Con l'ausilio di un foglio di calcolo tipo Excel, si è potuto determinare il volume di invaso necessario a laminare le portate in eccesso:

tp [minuti]	tp [ore]	h [mm]		V _{eff}	V(Qscar)		DV
10	0,17	26,23		2452	86		2366
20	0,33	41,97		3923	171		3752
30	0,50	52,82		4938	257		4681
40	0,67	60,95		5697	342		5355
50	0,83	67,37		6297	428		5870
60	1,00	72,63		6790	513		6277
70	1,17	77,08		7206	599		6607
80	1,33	80,92		7564	684		6880
90	1,50	84,29		7879	770		7110
100	1,67	87,28		8159	855		7304
110	1,83	89,98		8411	941		7471
120	2,00	92,43		8640	1026		7614
130	2,17	94,67		8850	1112		7738
140	2,33	96,74		9043	1197		7846
150	2,50	98,66		9222	1283		7940
160	2,67	100,44		9390	1368		8022
170	2,83	102,12		9546	1454		8093
180	3,00	103,70		9693	1539		8154
190	3,17	105,18		9833	1625		8208
200	3,33	106,59		9964	1710		8254
210	3,50	107,93		10089	1796		8294
220	3,67	109,20		10208	1881		8327
230	3,83	110,42		10322	1967		8356
240	4,00	111,58		10431	2052		8379
250	4,17	112,70		10535	2138		8397
260	4,33	113,77		10635	2223		8412
270	4,50	114,80		10731	2309		8423
280	4,67	115,79		10824	2394		8430
290	4,83	116,75		10914	2480		8434
300	5,00	117,67		11000	2565		8435
310	5,17	118,57		11084	2651		8433
320	5,33	119,43		11165	2736		8429
330	5,50	120,27		11243	2822		8422
340	5,67	121,09		11319	2907		8412
350	5,83	121,88		11393	2993		8401
360	6,00	122,65		11465	3078		8387
370	6,17	123,40		11535	3164		8372
380	6,33	124,13		11604	3249		8355
390	6,50	124,84		11670	3335		8336
400	6,67	125,54		11735	3420		8315
410	6,83	126,21		11798	3506		8293
420	7,00	126,87		11860	3591		8269
430	7,17	127,52		11921	3677		8244
440	7,33	128,15		11980	3762		8218
450	7,50	128,77		12037	3848		8190
460	7,67	129,38		12094	3933		8161
470	7,83	129,97		12149	4019		8131
480	8,00	130,55		12204	4104		8100
490	8,17	131,12		12257	4190		8068
500	8,33	131,68		12309	4275		8034



E' possibile anche diagrammare i risultati, come riportato nell'immagine seguente.



Il volume necessario risulta pari a 8.500 mc, corrispondente ad un volume specifico pari a circa 300 mc/ha.

8.3 DESCRIZIONE DELLE OPERE PER LA LAMINAZIONE

8.4 Premessa

Il volume di laminazione necessario è ottenuto per mezzo di tre contributi:

- Il volume delle tubazioni di drenaggio posto sotto il piano campagna;
- Il volume dei fossi interni l'area di intervento;
- Il volume dei bacini predisposti.

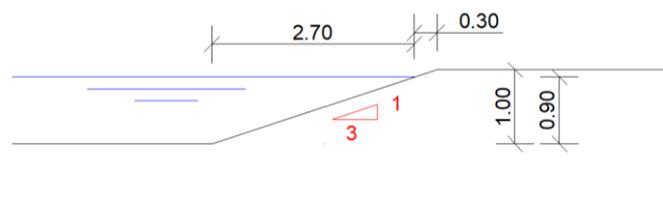
Le tubazioni di drenaggio saranno realizzate con tubazioni DN110 in PEAD e avranno una lunghezza complessiva di 26.000m. Le tubazioni saranno posate ad una profondità media di 80cm dal p.c. e pertanto sopra il livello medio di falda. E' previsto un fosso sul lato Est dell'area, di lunghezza 1.030 m, a sezione trapezia, base minore 80cm, base maggiore 4.00m e altezza 2,00m. A favore di sicurezza, ai fini del calcolo, si considera come utile il solo volume sopra il livello massimo di falda (assunto pari a 1.00 cm dal p.c.). Pertanto la superficie utile è pari a 3.2 mq per ogni metro di fosso.

Il volume dei bacini di laminazione viene determinato sulla base dei volumi residui necessari:

tubazioni DN110	
diametro interno	0,093 m
area	0,007 mq
lunghezza totale	26000 m
volume invaso	176,53 mc
fosso sezione ridotta da falda	
b	2,4 m
B	4,000 m
H	1 m
area	3,2 mq/m
Lunghezza	1030 m
volume invaso	3296,00 mc
INVASI	
vol necessario invasi	4963 mc

E' necessario pertanto che le vasche coprano un volume di 4.963 mc.

Le vasche hanno profondità 1metro, ma Hutile pari a 90 cm. La pendenza delle sponde è 1/3, pertanto il volume viene calcolato con la formula del tronco di piramide.



$$V = \frac{(S_B + S_b + \sqrt{S_B \times S_b}) \times h}{3}$$

Vasca sud		
SB	3574	mq
Sb	2784	mq
h	0,9	mq
V	2853,709	mc
Vasca nord		
SB	3032	mq
Sb	1767	mq
h	0,9	mq
V	2134,091	mc
Vtot	4987,8	mc

Come desumibile dagli elaborati di progetto e dagli schemi grafici riportati al paragrafo seguente, sono previste due vasche di laminazione che complessivamente hanno una superficie di 6.850 mq ed un volume utile dei 4.988 mc, maggiore di quello residuo richiesto (4.963mc).

8.5 Opere di progetto per l'invarianza

Stante quanto indicato ai paragrafi precedenti si prevede di realizzare sistema composto dalle tubazioni di drenaggio che scaricano in un fosso da cui, prima dello scarico alla rete consortile presidiato da bocca tarata, si diparte una tubazione che carica/scarica il bacino di laminazione di progetto.

Lo scarico è previsto nello scolo consortile Rezinella.

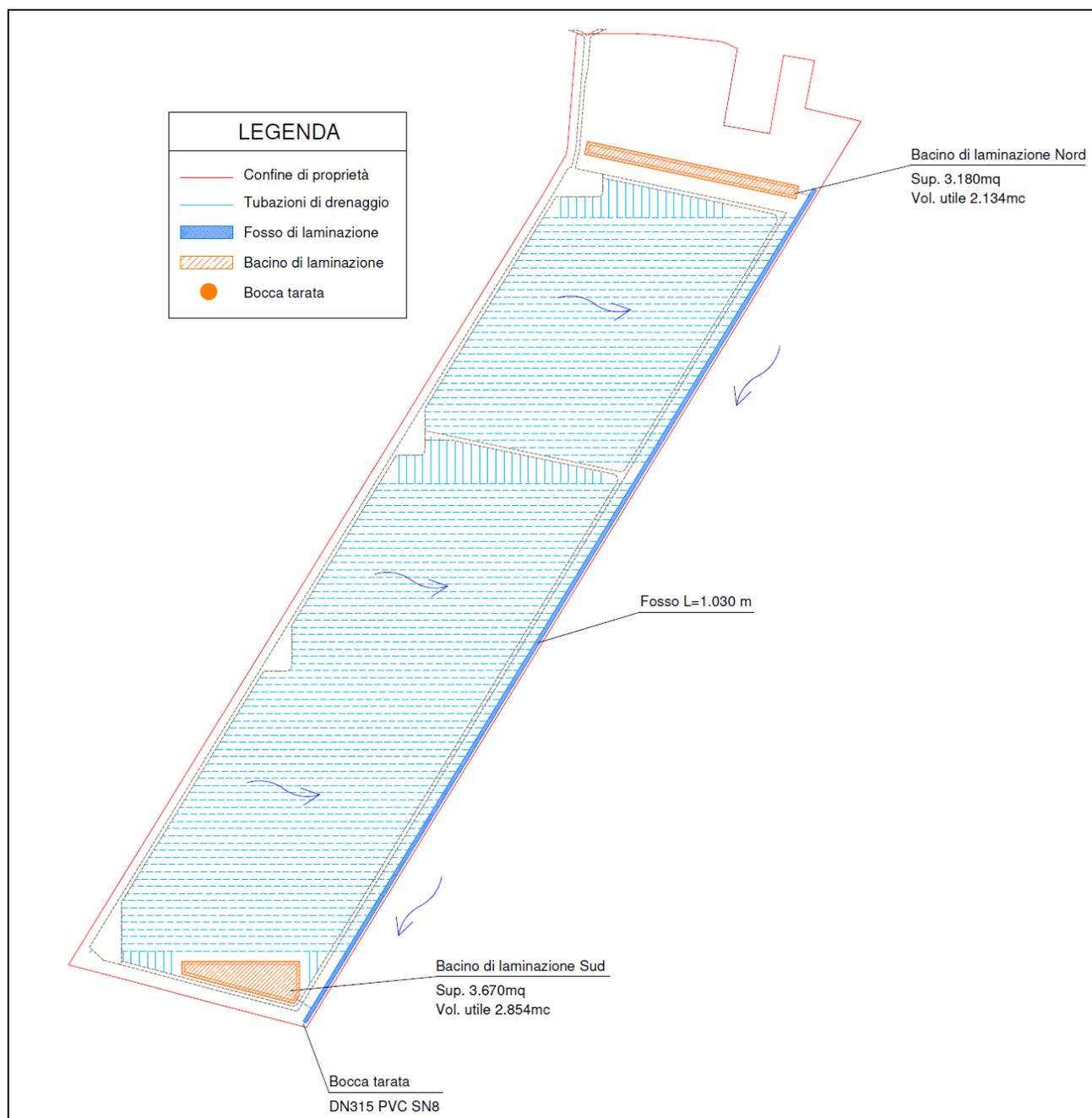


Figura 8 – Sistemazione idraulica area di progetto

8.6 Dispositivo per la limitazione della portata

La massima portata che è consentito scaricare è pari a:

$$28.5 \text{ ha} * 5 \text{ l/s*Ha} = 142 \text{ l/s.}$$

La tubazione che funge da bocca tarata è prevista in PVC SN8; la tabella seguente riassume le caratteristiche dimensionali delle diverse classi di diametro.

Tubi in PVC SN8 - SDR 34

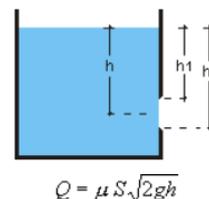
Ø esterno mm	Spessore mm	Ø interno mm	Ø est. bicchiere mm	Peso kg/m	Prezzo Euro/m
110	3,2	103,6	128,4	1,78	10,40
125	3,7	117,6	146,4	2,32	13,60
160	4,7	150,6	186,2	3,76	22,20
200	5,9	188,2	230,8	5,87	34,00
250	7,3	235,4	290,2	9,14	53,00
315	9,2	296,6	364,4	14,49	85,80
400	11,7	376,6	455,4	23,36	140,70
500	14,6	470,8	573,6	36,44	215,60
630	18,4	593,2	-	58,07	367,20

Poiché è previsto un solo punto di scarico, la bocca tarata sarà costituita da una tubazione DN315 PVC SN8, che risulta essere la tubazione con diametro commerciale disponibile immediatamente maggiore rispetto a quello risultante dal calcolo seguente:

Q m³/s
h * m
D * m

Le cifre decimali devono essere separate dal punto e non dalla virgola.
Prima del punto occorre sempre digitare una cifra (ad es: 0.2).

* I campi contrassegnati dall'asterisco sono obbligatori per il funzionamento del calcolo



Legenda

- Q** = Portata effluente dalla luce
- h** = distanza tra il baricentro della luce e il pelo libero
- D** = Diametro della luce circolare

Basi e formule di calcolo