



L'OLONA ENTRA IN CITTA' RICOSTRUZIONE DEL CORRIDOIO ECOLOGICO FLUVIALE NEL TESSUTO METROPOLITANO DENSO - REALIZZAZIONE

Partner di progetto:



Comune di Rho



Comune di Pregnana



Con il cofinanziamento di:



fondazione
cariplo

Azione 3 - Creazione di una area umida con funzioni ecologiche

Comuni di Pregnana Milanese e Rho (MI)

PROGETTO DEFINITIVO ED ESECUTIVO

TAVOLA

E1 01.3

Relazioni tecniche specialistiche

Calcoli esecutivi

PROGETTO
RHO_2015

REV 01				
REV 00	Dicembre 2015	EMISSIONE	R.B.	N.M.
	DATA	SCOPO REVISIONE	DISEGNATO	APPROVATO

R.U.P.	PROGETTISTI	
Arch. Angelo Lombardi		
DIRETTORE TECNICO		
Dr. Fabio Masi		
ASPETTI PAESAGGISTICI		
Arch. Barbara Bonadies	dott. ing. Nicola Martinuzzi	dott. ing. Riccardo Bresciani



IRIDRA S.r.l.

Via La Marmora, 51 50121 FIRENZE

tel. 055470729 - fax 055475593

Email: info@iridra.com - www.iridra.com



Indice della Relazione

1.	RELAZIONI TECNICHE SPECIALISTICHE	4
1.1	BILANCIO IDROLOGICO.....	4
1.2	VERIFICHE IDRAULICHE	7
1.2.1	<i>Verifica trincea filtrante</i>	7
1.2.1.1	Capacità filtrante della trincea filtrante	7
1.2.1.2	Verifica trincea filtrante per acque in eccesso dalla wetland per le piogge medie annuali.....	8
1.2.1.3	Verifica trincea filtrante per piogge intense	9

1. RELAZIONI TECNICHE SPECIALISTICHE

1.1 BILANCIO IDROLOGICO

Il bilancio idrologico della zona umida costruita di progetto, non essendoci alcun effluente, risulta essere

$$\frac{dV}{dt} = (P - ET)A - Q_{\text{troppo pieno}} + Q_{\text{valvola galleggiante}}$$

dove

- V volume d'acqua nella zona umida
- t tempo
- P pioggia
- ET evapotraspirazione
- A area della zona umida
- $Q_{\text{troppo pieno}}$ portata smaltita dal troppo pieno garantito dalla trincea filtrante ($V > V_{\text{max}}$)
- $Q_{\text{valvola galleggiante}}$ portata immessa dall'alimentazione d'emergenza controllata dalla valvola galleggiante ($V > V_{\text{min}}$)

L'equazione del bilancio idrologico è stata risolta a scala mensile, simulando il livello medio del pelo libero medio mensile.

Le piogge e le temperature medie mensili per il comune di Rho sono riportate di seguito

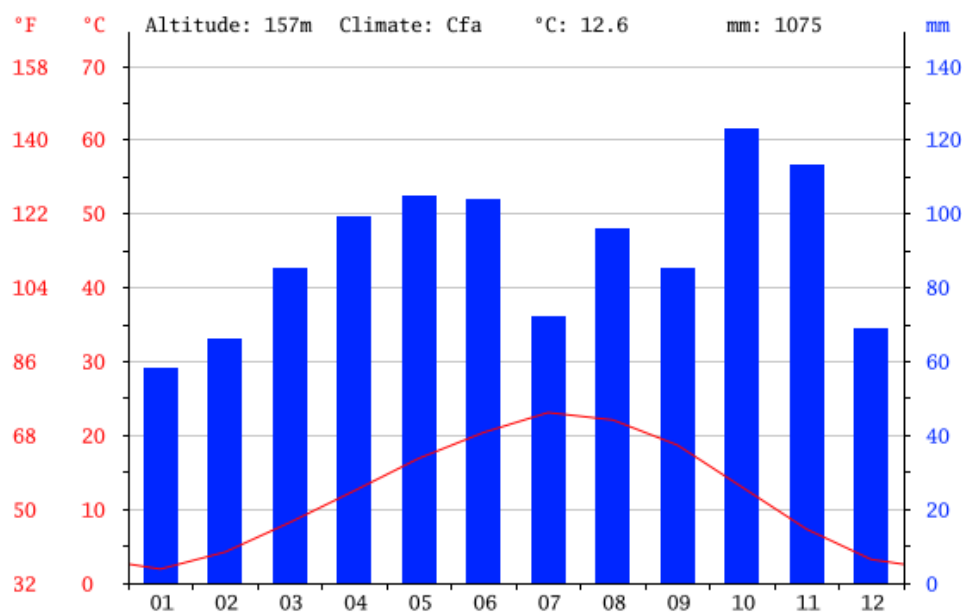


Figura 1 Andamento medio precipitazioni e delle temperature per il comune di Rho (fonte: <http://it.climate-data.org/>)

month	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	58	66	85	99	105	104	72	96	85	123	113	69
°C	1.9	4.2	8.2	12.5	16.9	20.4	23.1	22.1	18.7	13.0	7.3	3.2
°C (min)	-1.3	0.4	3.6	7.3	11.5	15.0	17.4	16.9	13.8	8.7	3.9	0.0
°C (max)	5.2	8.0	12.9	17.7	22.3	25.9	28.8	27.4	23.7	17.4	10.8	6.4

Tabella 1 Caratterizzazione climatica (fonte: <http://it.climate-data.org/>)

L'evapotraspirazione è stata stimata col metodo empirico semplificato di Thornthwaite in funzione delle temperature medie mensili e della latitudine

$$ET = K \left[1,6 \left(10 \frac{T}{I} \right)^\alpha \right]$$

- K coefficiente di correzione di latitudine riferito al mese i -esimo, pari al rapporto tra le ore diurne e la metà (12) delle ore giornaliere
- T temperatura media mensile
- I indice annuo di calore
- α esponente funzione di I

Per il comune di Rho (latitudine 45,3°), date le temperature medie mensili riportate in Tabella 1 si ottengono le seguenti evapotraspirazioni medie mensili

Località Rho

mese	Epi (mm)
1	3.0
2	8.9
3	27.9
4	54.8
5	93.7
6	122.1
7	146.8
8	127.7
9	87.4
10	48.1
11	18.4
12	5.7

Evapotraspirazione totale annua (mm) = 744.5

Indice annuo di calore $I = 55.376$

Coefficiente $a = 1.363$

Tabella 2 Calcolo Evapotraspirazione potenziale media mensile e totale annua secondo Thornthwaite (<http://www.fmulas.net/geologia/evapo/>)

L'evapotraspirazione totale annua ottenuta è in linea coi valori riportati dal Osservatorio agroclimatico del Mipaaf per la provincia di Milano per gli ultimi 10 anni (770–914 mm).

Trascurando la variazione dell'area della wetland al variare del livello d'acqua (i.e., trascurata la forma trapezia delle sponde) e assumendo un'altezza media di progetto tra zone di acque basse e zone di acque alte (altezza massima regolata da valvola a galleggiante), i dati per il calcolo del livello del pelo libero nella zona umida sono riportati di seguito

Dati		
Area wetland	3400	m ²
altezza media wetland di progetto	0.35	m
Coefficiente per ingombro piante (Kadlec and Wallace, 2009)	0,75	
Volume d'acqua wetland di progetto	892	m ³
dh massimo per troppo pieno (quota trincea filtrante)	20	cm
Volume massimo d'acqua wetland (a quota trincea filtrante)	1402	m ³
dh minimo per alimentazione d'emergenza da canale irriguo (governata da valvola galleggiante)	-10	cm

L'equazione di bilancio idrologico è stata risolta con l'ausilio per programma open source *GNU-Octave 4.0.0*. Come condizione iniziale si è assunto la zona umida piena al valore di progetto. Si sono simulati 3 anni dopo l'avvio, assumendo costanti negli anni i valori medi mensili di pioggia ed evapotraspirazione riportati in Tabella 1 e Tabella 2. I valori simulati del pelo libero sono riportati in Figura 2 e evidenziano come, una volta instauratosi un comportamento stazionario nel tempo, sia previsto lo scarico per troppo pieno da Novembre a Maggio. Le portate scaricate per troppo pieno sono riportate in Figura 3, e prevedono un picco medio giornaliero dell'ordine di 7 m³/giorno.

L'attivazione della valvola galleggiante per livello idrico troppo basso non è quindi prevista in condizioni di funzionamento standard e viene quindi installata solo come alimentazione di emergenza. Tale funzionamento è previsto negli anni in cui la piovosità risulti meno del tasso di evapotraspirazione, come registrato dal Mipaaf per la provincia di Milano ad esempio negli anni 2005, 2005 e 2007 (vedasi Tabella 3).

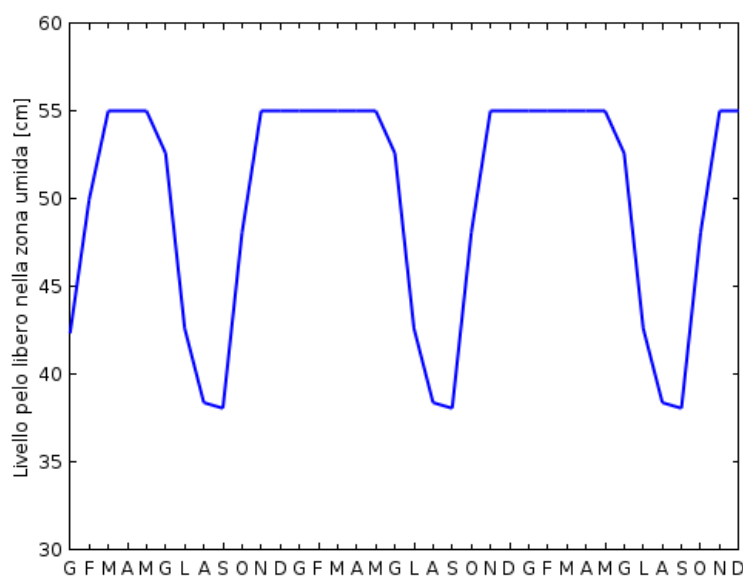


Figura 2 Simulazione dell'andamento del pelo libero per 3 anni dopo l'avvio.

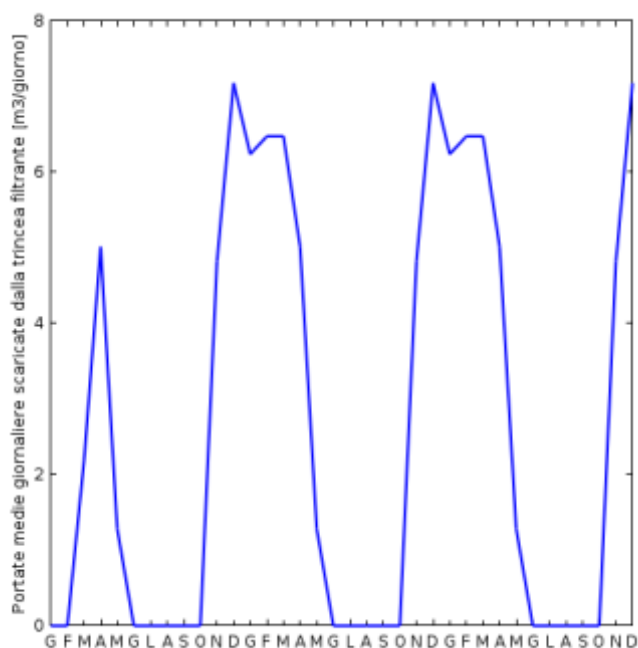


Figura 3 Simulazione delle portate scaricate per troppo pieno per 3 anni dopo l'avvio.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Temp. minima (°C)	8,2	8,9	8,8	8,9	8,4	7,8	8,4	8,2	8,5	9,4
Media climatica (°C)	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Scarto dal clima (°C)	0,2	0,9	0,8	0,9	0,4	-0,2	0,4	0,2	0,5	1,4
Temp. massima (°C)	17,5	18,3	19,0	18,4	18,4	16,5	18,4	18,1	17,4	18,4
Media climatica (°C)	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1	17,1
Scarto dal clima (°C)	0,4	1,2	1,9	1,3	1,3	-0,6	1,3	1,0	0,3	1,3
Precipitazione (mm)	700,6	681,5	650,2	913,8	850,5	1104,4	700,4	835,3	1058,0	1400,8
Media climatica (mm)	1016,0	1016,0	1016,0	1016,0	1016,0	1016,0	1016,0	1016,0	1016,0	1016,0
Scarto dal clima (%)	-31,0	-32,9	-36,0	-10,1	-16,3	8,7	-31,1	-17,8	4,1	37,9
Evapotraspirazione (mm)	869,7	913,8	901,3	848,0	867,8	815,0	914,0	913,6	864,9	770,5
Media climatica (mm)	746,0	746,0	746,0	746,0	746,0	746,0	746,0	746,0	746,0	746,0
Scarto dal clima (%)	16,6	22,5	20,8	13,7	16,3	9,3	22,5	22,5	15,9	3,3

Tabella 3 Caratterizzazione climatica medio annuale per il comune di Rho (<https://www.politicheagricole.it/>)

1.2 VERIFICHE IDRAULICHE

1.2.1 Verifica trincea filtrante

1.2.1.1 Capacità filtrante della trincea filtrante

La trincea filtrante è stata inserita per drenare

- le portate in eccesso nella zona umida dovute ad eventi di pioggia
- le portate in arrivo dall'Oloni nel caso di eventi di allagamenti dovute a eventi intensi di pioggia (previsti con tempo di ritorno 10 anni)

La capacità di drenaggio della trincea filtrante è stata stimata in modo del tutto cautelativo facendo riferimento alla classificazione dei suoli proposta dal metodo SCS, modello ampiamente

utilizzato nei modelli idrologico-idraulici per l'infiltrazione nei suoli durante eventi di piena (Maione 1995). Il metodo SCS cataloga i suoli in 4 categorie

- Classe A **Scarsa potenzialità di deflusso:** comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
- Classe B **Potenzialità di deflusso moderatamente bassa:** comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità d'infiltrazione anche a saturazione.
- Classe C **Potenzialità di deflusso moderatamente alta:** comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D; il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
- Classe D **Potenzialità di deflusso molto alta:** comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie.

L'infiltrazione del terreno è modellata nel metodo SCS per mezzo della formulazione di Horton

$$f(t) = f_c + (f_o - f_c)e^{-t/k}$$

dove:

- $f(t)$ capacità d'infiltrazione
- f_c capacità d'infiltrazione a saturazione
- f_o capacità d'infiltrazione a suolo insaturo
- k rapidità di decadimento della capacità d'infiltrazione
- t tempo

e per ognuna delle quattro classi di suolo il metodo SCS fornisce i valori di riferimento per i parametri f_c , f_o e k di seguito riportati

GRUPPO SCS	f_o [mm/h]	f_c [mm/h]	k [min]
A	250	25,4	30
B	200	12,7	30
C	125	6,3	30
D	76	2,5	30

Tabella 4 Parametri del modello d'infiltrazione di Horton per le categorie di suolo del SCS (Maione 1995)

Dalla descrizione delle categorie di suoli è evidente come la trincea filtrante possa essere catalogata come di classe A. A titolo ampiamente cautelativo si verifica la trincea filtrante assumendo la capacità di infiltrazione pari al valore minimo a saturazione, cioè 25,4 mm/h, ipotizzando il caso più critico in cui la trincea possa lavorare (a saturazione). Si noti come tale valore sia in linea con la capacità d'infiltrazione minima pari a 13 mm/h suggerita dal manuale EPA del 2009 per la progettazione di trincee filtranti.

La trincea ha le seguenti caratteristiche geometriche:

- larghezza 1 m
- perimetro 356 m
- Area 356 m²

La portata giornaliera che la trincea filtrante è in grado di drenare risulta quindi pari a **217 m³/giorno**.

1.2.1.2 Verifica trincea filtrante per acque in eccesso dalla wetland per le piogge medie annuali

Dalla risoluzione dell'equazione di bilancio idrologico (paragrafo 1.1), si sono stimate in massimo 7 m³/giorno le portate in eccesso per le piogge medie annuali. La trincea filtrante è quindi ampiamente in grado di smaltire tali eccessi senza compromettere il funzionamento della wetland.

1.2.1.3 Verifica trincea filtrante per piogge intense

Si verifica ora il caso in cui la trincea filtrante debba drenare le acque provenienti da piogge intense, trascurando eventuali contributi da run-off dovuto delle zone limitrofe e da tracimazione delle portate di piena dell'Olon. Con tale casistica si vuole verificare che l'intervento attuale, prevedendo l'impermeabilizzazione, non risulti peggiorativa delle condizioni di allagamento durante piogge intense ed eventi di piena. A tal scopo si verifica che la trincea filtrante sia in grado di drenare le piogge ricadenti nell'area d'intervento senza generare run-off in eccesso.

Il caso più critico prevede, quindi, che la wetland sia già piena, e che quindi la trincea filtrante cominci a scaricare da subito le piogge ricadenti sia sulla trincea filtrante che sulla wetland (area complessiva pari a 3756 m²). Per eventi di pioggia estremi l'altezza di pioggia cumulata, h , durante l'evento di pioggia di durata d viene stimata con la ben nota curva di possibilità climatica (anche chiamata LSPP)

$$h = a d^n$$

dove a e n sono coefficienti stimati statisticamente dai dati di pioggia per diversi tempi di ritorno.

I parametri delle curve LSPP sono presi dallo studio idraulico realizzato da Italferr per il potenziamento della linea ferroviaria Rho-Gallarate.

Cella	Tr 20		Tr 100		Tr 200		Tr 500	
	a (mm)	n	a (mm)	n	a (mm)	n	a (mm)	n
CO72 (Gallarate)	65.28	0.235	85.34	0.221	93.87	0.216	105.19	0.211
CX80 (Rho)	56.39	0.245	73.09	0.234	80.11	0.230	89.47	0.226

Tabella 5 Parametri di possibilità climatica dalla studio del potenziamento della linea ferroviaria Rho-Gallarate

Si prende come riferimento il tempo di ritorno 20 anni, dato che per tempi di ritorno anche minori (10 anni) le carte PAI già prevedono allagamenti dovuti alle piene dell'Olon.

Le altezze di pioggia e i volumi ricadenti nell'area d'interesse per la trincea (wetland e area della trincea stessa) per l'evento con tempo di ritorno 20 anni con durata fino a 60 minuti è riassunto di seguito

Durata evento di pioggia		h LSPP Tr 20 anni		V Tr 20 anni
[min]	[h]	[mm]		[m3/evento]
5	0.08	30.7		115
10	0.17	36.4		137
15	0.25	40.2		151
20	0.33	43.1		162
25	0.42	45.5		171
30	0.50	47.6		179
35	0.58	49.4		186
40	0.67	51.1		192
45	0.75	52.6		197
50	0.83	53.9		203
55	0.92	55.2		207
60	1.00	56.4		212

Tabella 6 Altezze e volumi di pioggia per eventi con tempo di ritorno 20 anni

La trincea filtrante, di cui si è assunta una capacità filtrante pari a **217 m³/giorno**, è in grado di smaltire le piogge ricadenti sulla wetland e sulla trincea stessa per eventi con tempo di ritorno di 20 anni per una durata fino a 60 minuti, mantenendo un corretto funzionamento della wetland e non generando run-off significativi che possano peggiorare le condizioni di allagamento durante eventi di piena.