

COMUNE DI SORSO

Provincia di Sassari

PIANO DI LOTTIZZAZIONE DI INIZIATIVA PRIVATA “SANTA MARIA” ZONA C - comparto C 3.6

Fase di elaborazione

PROGETTO URBANISTICO

Allegato	Elaborato	Data
F	STUDIO DI INVARIANZA IDRAULICA	aprile 2024

Progettista

TEC MED Ingegneria S.r.l.

Via Marche 22, Cagliari (CA)

e-mail: info@tecmedingegneria.it

Dott. Ing. Maurizio Sassu - Ordine Ingegneri Cagliari n. 5984

Dott. Ing. Giovanni Oggiano - Ordine Ingegneri Cagliari n. 4898

Lottizzanti - il procuratore

Ing. Salvatore Serra

Gestione documento

Revisione N°

Data

Prot. N°

Data

La proprietà di questo disegno è riservata al progettista a termini di legge.
E' vietata la riproduzione e divulgazione anche parziale senza preventiva e specifica autorizzazione.

INDICE

1.	PREMESSA	2
2.	INVARIANZA IDRAULICA	2
3.	VALUTAZIONE DELLE CAPACITÀ DI DEFLUSSO DEI SUOLI ANTE E POST INTERVENTO	3
4.	CALCOLO DELLA VARIAZIONE DI PORTATA TRA ANTE (QA) E POST (QP) PER TR = 50 ANNI	12
4.1	Comparto 1	13
4.2	Comparto 2	15
4.3	Comparto 3	16
4.4	Comparto 4	18
5.	MISURE COMPENSATIVE: DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI ACCUMULO	19
5.1	Comparto 1	20
5.2	Comparto 2	21
5.3	Comparto 3	23
5.4	Comparto 4	24
5.5	Indicazioni sulla predisposizione delle vasche	25
6.	DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENO INTERNA	26
7.	CONCLUSIONI	28

1. PREMESSA

La presente relazione si riferisce allo studio dei principi dell'invarianza idraulica, come previsto dall'art.47 delle N.T.A. del Piano di Assetto Idrogeologico per i piani attuativi, per il PIANO DI LOTTIZZAZIONE DI INIZIATIVA PRIVATA "SANTA MARIA" ZONA C - comparto C 3.6.

L'intervento, secondo il progetto urbanistico, occupa una superficie di 24.500 mq.



Fig. 1 Inquadramento su ortofoto del piano di lottizzazione in oggetto

2. INVARIANZA IDRAULICA

La D.C.I. n. 2 del 23/11/2016 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Sardegna in attuazione di quanto previsto dal dall'art. n. 47 delle N.A. del PAI, del D.Lgs. n. 152/2006, art. 13, e dal D.Lgs. n. 49/2010, art. 7 oltre che dalla Direttiva 2007/60/CE ha approvato le "Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica di cui all'articolo 47 delle NA del PAI"

in base alle quali vengono fornite indicazioni operative in merito alla corretta applicazione del principio dell'invarianza idraulica e al fine di indirizzare e supportare la redazione degli strumenti attuativi di pianificazione locale. La valutazione delle specifiche tematiche legate a tale ambito è in capo al singolo Comune, che ha il compito di vigilare sull'effettiva attuazione degli interventi e a garantire il rispetto del principio della invarianza idraulica a seguito della trasformazione dei luoghi.

La valutazione dell'invarianza idraulica, tende a scongiurare situazioni per le quali le portate scaricate dalle aree edificate in seguito a trasformazioni urbanistiche incrementano le portate conferite nei recettori naturali o artificiali, rispetto alla situazione preesistente.

Per invarianza idraulica si intende il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.

Ai fini delle valutazioni dell'invarianza idraulica, si precisa che l'area, come previsto dal progetto, presenta una superficie complessiva di circa 24.500 mq, pertanto la classe d'intervento di trasformazione territoriale secondo Le linee guida e gli indirizzi per il calcolo dell'invarianza idraulica ricade nella classe **"C"** con un livello di impermeabilizzazione potenziale, significativo e superficie territoriale interessata compresa tra 0,5 e 10 ha.

3. VALUTAZIONE DELLE CAPACITÀ DI DEFLUSSO DEI SUOLI ANTE E POST INTERVENTO

La valutazione delle capacità di deflusso dei suoli è legata alla determinazione dell'indice CN, calcolato con il metodo SCS-Curve Number, come peraltro previsto dalle linee guida del PAI.

L'indice CN, adimensionale, è un valore compreso tra 0 e 100 ed è espresso in funzione di tre aspetti:

- natura del suolo;
- tipo di copertura vegetale;
- condizioni di umidità al suolo antecedenti la precipitazione.

I suoli. I suoli sono stati classificati partendo dalla Carta geologica - elementi areali della Sardegna, disponibile sul sito www.sardegnageoportale.it, nella quale sono stati suddivisi in quattro gruppi, come previsto dal metodo del Curve Number, in funzione delle caratteristiche geologiche delle aree in questione. La tipologia di suolo è stata classificata assegnando la classe di permeabilità dell'area in questione secondo la classificazione definita dal metodo del Curve Number del Soil conservation service "hydrologic soil group", che è brevemente riassunta di seguito:

Tipo di suolo: - A: elevata infiltrazione, per suoli con strati sabbiosi o di loess profondi, a siltosi aggregati (diametro 0,002-0,05 mm); - B: infiltrazione moderata, per suoli con tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana, quali limi sabbiosi; - C: infiltrazione lenta, per suoli con tessitura fine,

quali argille limose, deboli strati di limo sabbioso, suoli con debole contenuto organico; - D: infiltrazione molto lenta, per argille plastiche e compatte.

L'uso del suolo. Analogamente a quanto previsto per i suoli, il riferimento per l'uso del suolo è derivato dal database Unico del SITR per la parte di competenza, disponibile sul sito www.sardegnageoportale.it. In particolare, è stato assegnato un valore di CN per ogni tipologia di copertura del territorio, come indicato nella classificazione della metodologia CIMA (Centro di Ricerca Interuniversitario in Monitoraggio Ambientale, Savona) per conto e in coordinamento della Protezione Civile Nazionale Protezione Civile Nazionale.

I valori di CN e le tipologie di superfici sono state ricavate dall'Allegato 1 alla Deliberazione del Comitato Istituzionale n.2 del 17.05.2017.



Fig. 2 CN stato attuale.

L'area, per consentire la gestione delle opere di laminazione previste, è stata suddivisa in n. 4 comparti, così come rappresentati in figura n.2 e tabella n. 1. Ciascun comparto sarà dimensionato singolarmente così come le opere previste. La parcellizzazione, oltre che una gestione più ottimale delle aree, ha anche dei riflessi sulla gestione dei picchi di portata che verranno immessi in fognatura, che solo nei casi di eventi meteorologici estremi e di lunga durata raggiungeranno il picco massimo dovuto ai deflussi dell'intera area, altrimenti saranno dilazionati nel tempo garantendo un funzionamento ottimale dei tratti di collettori fognari ricettori.

Tab. n. 1 – Valutazione della permeabilità dei suoli ante intervento.

	COMPARTO	Categoria di superficie	Area	Codice tabella	CN	CN _{II} pesato	CN _{III}
ATTUALE	1	S3 - Incolto - sterrato - Superfici naturali degradate 74-84	6604	S3	84	22.679	
	2	S3 - Incolto - sterrato - Superfici naturali degradate 74-84	7173	S3	84	24.633	
	3	S3 - Incolto - sterrato - Superfici naturali degradate 74-84	3405	S3	84	11.693	
	4	S3 - Incolto - sterrato - Superfici naturali degradate 74-84	7278	S3	84	24.994	
			24.460			84.00	92.35

Per definire la permeabilità dei suoli dello stato di progetto si considerano gli indici di fabbricazione previsti dal piano, che prevedono un indice di copertura pari a 0,5 per i lotti residenziali, indice pari a 0,1 per superfici pavimentate e 0,4 come aree verdi. Per il lotto commerciale si considera un indice di copertura pari a 0,4, mentre le restanti aree vengono inquadrare con indice 0,3 pavimentazioni impermeabili in asfalto e indice 0,3 pavimentazioni drenanti. Nelle tabelle seguenti vengono riportate le ripartizioni di dettaglio per ogni singolo comparto.

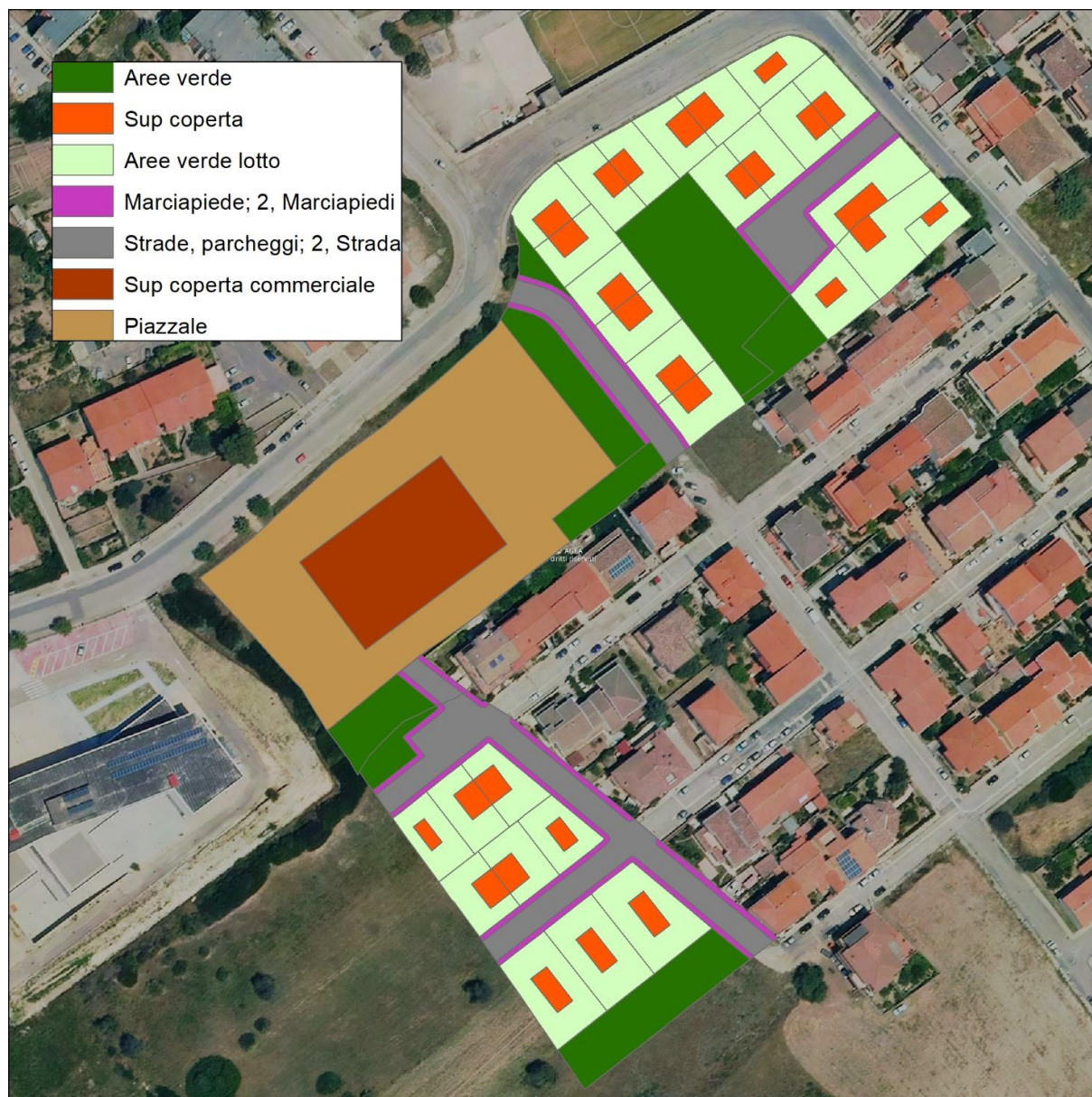


Fig. 4 CN Stato di progetto.

Tab. n. 2 – Valutazione della permeabilità dei suoli post intervento **COMPARTO 1**

Id lotto	Tipologia lotto	Categoria di superficie	Area	Codice tabella	CN	CN _{II} pesato	CN _{III}
CC1	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	372	S1	71	3.999	
CC2	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	327	S1	71	3.513	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	82	P4	82	1.014	
	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	409	C7	99	6.124	
	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	152	C7	99	2.271	
LC1	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	30	P4	82	0.376	
	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	121	S1	71	1.303	
LC2	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	152	C7	99	2.271	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	30	P4	82	0.376	
	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	121	S1	71	1.303	
	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	152	C7	99	2.279	
LC3	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	30	P4	82	0.377	
	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	122	S1	71	1.307	
	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	242	C7	99	3.628	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	48	P4	82	0.601	
LC4	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	194	S1	71	2.081	
	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	209	C7	99	3.133	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	42	P4	82	0.519	
	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	167	S1	71	1.798	
LC5	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	271	C7	99	4.063	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	54	P4	82	0.673	
	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	217	S1	71	2.331	
	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	271	C7	99	4.063	
LC6	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	54	P4	82	0.673	
	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	217	S1	71	2.331	
	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	286	C7	99	4.280	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	57	P4	82	0.709	
LC7	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	228	S1	71	2.456	
	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	1520	P10	99	22.786	
VC1	Marciapiedi	P10 - Pavimentazioni in asfalto o cls 93-99	428	P10	99	6.416	
	Strada	P10 - Pavimentazioni in asfalto o cls 93-99	1520	P10	99	22.786	
			6604			89.050	94.93

Tab. n. 3 – Valutazione della permeabilità dei suoli post intervento **COMPARTO 2.**

PROGETTO 2	Id lotto	Tipologia lotto	Categoria di superficie	Area	Codice tabella	CN	CN _{II} pesato	CN _{III}
	CA3	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	523	S1	71	5.177	
	LA1	pavimentazioni	P7 - Pavimentazioni in elementi drenanti, su sabbia - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 85-93	1995	P7	85	23.641	
		pavimentazioni	P10 - Pavimentazioni in asfalto o cls 93-99	1330	P10	99	18.356	
		Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	3325	C7	99	45.891	
				7173			93.060	96.86

 Tab. n. 4 – Valutazione della permeabilità dei suoli post intervento **COMPARTO 3.**

PROGETTO COMPARTO 3	Id lotto	Tipologia lotto	Categoria di superficie	Area	Codice tabella	CN	CN _{II} pesato	CN _{III}
	LA3	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	156	C7	99	4.536	
		pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	31	P4	82	0.751	
		Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	125	S1	71	2.602	
	LA4	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	156	C7	99	4.536	
		pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	31	P4	82	0.751	
		Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	125	S1	71	2.602	
	LA5	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	155	C7	99	4.507	
		pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	31	P4	82	0.747	
		Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	124	S1	71	2.586	
	LA6	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	165	C7	99	4.783	
		pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	33	P4	82	0.792	
		Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	132	S1	71	2.744	
	LA7	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	164	C7	99	4.754	
		pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	33	P4	82	0.787	
		Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	131	S1	71	2.727	
	LA18	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	324	S1	71	6.756	
		Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	685	S1	71	14.283	
		Marciapiede	P10 - Pavimentazioni in asfalto o cls 93-99	185	P10	99	5.379	
	CA2	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	685	S1	71	14.283	
	VA1	Marciapiede	P10 - Pavimentazioni in asfalto o cls 93-99	185	P10	99	5.399	
		Strada	P10 - Pavimentazioni in asfalto o cls 93-99	661	P10	99	19.278	
				3405			84.680	92.71

Tab. n. 5 – Valutazione della permeabilità dei suoli post intervento COMPARTO 4

Id lotto	Tipologia lotto	Categoria di superficie	Area	Codice tabella	CN	CNII pesato	CNIII
LB1	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	87	C7	99	1.177	PROGETTO COMPARTO 4
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	17	P4	82	0.195	
	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	69	S1	71	0.675	
LB2	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	277	C7	99	3.761	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	55	P4	82	0.623	
	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	221	S1	71	2.158	
LB3	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	184	C7	99	2.503	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	37	P4	82	0.415	
	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	147	S1	71	1.436	
LA2	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	157	C7	99	2.129	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	31	P4	82	0.353	
	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	125	S1	71	1.221	
LA8	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	155	C7	99	2.108	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	31	P4	82	0.349	
	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	124	S1	71	1.210	
LA9	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	150	C7	99	2.034	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	30	P4	82	0.337	
	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	120	S1	71	1.167	
LA10	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	154	C7	99	2.088	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	31	P4	82	0.346	
	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	123	S1	71	1.198	
LA11	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	152	C7	99	2.061	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	30	P4	90	0.375	
	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	121	S1	71	1.182	
LA12	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	160	C7	99	2.170	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	32	P4	82	0.359	
	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	128	S1	71	1.245	
LA13	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	150	C7	99	2.040	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	30	P4	82	0.338	
	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	120	S1	71	1.171	
LA14	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	155	C7	99	2.108	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	31	P4	82	0.349	

	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	124	S1	71	1.210	
	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	150	C7	99	2.040	
LA15	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	30	P4	82	0.338	
	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	120	S1	71	1.171	
LA16	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	150	C7	99	2.040	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	30	P4	82	0.338	
	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	120	S1	71	1.171	
LA17	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	222	C7	99	3.013	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	44	P4	82	0.499	
	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	177	S1	71	1.729	
CA1	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	1004	S1	71	9.795	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	251	P4	82	2.828	
	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	538	C7	99	7.317	
CB1	Aree verde	S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78	135	S1	71	1.315	
	pavimentazioni	P4 - Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto - Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale - Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s 100 - 10-5 - 82-90	34	P4	82	0.380	
	Sup coperta	C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99	169	C7	99	2.292	
VA2	Strada	P10 - Pavimentazioni in asfalto o cls 93-99	434	P10	99	5.904	
	Marciapiede	P10 - Pavimentazioni in asfalto o cls 93-99	116	P10	99	1.578	
			7278			87.108	93.95

Le specifiche delle superfici utilizzate per lo stato di progetto sono riportate nell'immagine seguente.





	SEZIONE INDICATIVA O IMMAGINE TIPO	DESCRIZIONE SUPERFICIE	SPECIFICHE O VARIANTI	NORME DI RIFERIMENTO, VALORI LIMITE O INDICAZIONI	Φ	CN
S1		Superfici a verde su suolo profondo, prati, orti, superfici boscate ed agricole			0,1	71-78
P4		Pavimentazione in prefabbricati in cls o materiale sintetico, riempiti di substrato e inerbiti posati su apposita stratificazione di supporto	Percentuale di superficie inerbita > 40% del totale Percentuale di superficie inerbita < 40% del totale Qualsiasi tipologia	Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s $10^0 - 10^5$ Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s $10^0 - 10^5$ Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s $< 10^5$	0,4 Valore da determinare analiticamente e documentare in funzione alla capacità ritenitiva del sottofondo 1	82-90 100
P10		Pavimentazioni in asfalto o cls		Quando le superfici siano parte integrante di un sistema per il riutilizzo delle acque piovane	0,9 Valore da determinare analiticamente e documentare in funzione alla capacità ritenitiva del sottofondo	93-99
C7		Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili)		Quando le superfici siano parte integrante di un sistema per il riutilizzo delle acque piovane	0,90 Valore da determinare analiticamente e documentare in funzione al sistema di riutilizzo	93-99

Fig. 5 Specifiche tipologie di superfici in previsione nello stato di progetto.

I diversi valori di CN corretti zona per zona sono stati pesati in funzione della superficie relativa mediante la formula:

$$CN = \frac{\sum_i S_i \cdot CN_i}{\sum_i S_i}$$

in cui S_i è la superficie i-esima associata al valore i-esimo di C.

Si definisce poi un ulteriore incremento del CN in funzione delle condizioni di umidità del terreno nei cinque giorni antecedenti l'evento meteorico di riferimento in base alla relativa classe AMC (Antecedent Moisture Condition) che varia in funzione del grado di saturazione del terreno stesso:

AMC I: terreno poco saturo

AMC II: terreno mediamente saturo;

AMC III: terreno molto saturo.

In particolare la formula impiegata riguarda la cosiddetta condizione AMCIII, definita dalla formula

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0,13 \cdot CN(II)}$$

individuando in tal modo un valore del parametro significativamente più cautelativo, essendo associato alla condizione di terreno molto saturo, quindi con un maggiore deflusso superficiale.

4. CALCOLO DELLA VARIAZIONE DI PORTATA TRA ANTE (QA) E POST (QP) PER TR = 50 ANNI

La metodologia impiegata per il calcolo delle altezze di pioggia nel comparto si basa sulla inferenza statistica del modello probabilistico TCEV esplicitato con le curve di possibilità pluviometrica di Deidda, Piga e Sechi (a. 1993).

Le *Linee guida*, ai fini del calcolo della portata di piena per il dimensionamento delle misure di compensazione, impongono un tempo di ritorno pari a 50 anni ed uno ietogramma Chicago avente una durata di 30 minuti con posizione del picco $r=0.4$. Mentre per il dimensionamento della rete di drenaggio interna si considera la portata corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 20 anni e sempre uno ietogramma Chicago avente una durata di 30 minuti con posizione del picco $r=0.4$.

Il modello di trasformazione afflussi deflussi e l'andamento dei corrispondenti idrogrammi di piena (ante e post intervento) è ricavato dal calcolo della pioggia netta con l'equazione del Soil Conservation Service (SCS) Curve Number (CN) che valuta la precipitazione come funzione della pioggia cumulata, la tipologia di suolo, il tipo di copertura, l'umidità antecedente. Mentre gli idrogrammi sono stati valutati sempre con l'equazione del Soil Conservation Service (SCS) dell'Idrogramma Unitario, il modello si basa sulla media delle piogge unitarie "UH" stimate dalle precipitazioni e dal deflusso calibrato di un campione di piccoli

bacini idrografici agricoli.

Il calcolo della portata e il conseguente idrogramma di piena sono stati elaborati mediante l'approccio modellistico e il software Hydrologic Modeling System (HEC-HMS) dell'U.S. Army Corps of Engineers, i cui risultati sono riportati di seguito, suddivisi per comparto di interesse.

4.1 Comparto 1

Tab. n. 6 – Parametri per il calcolo della portata di progetto e portate alla base del calcolo per il dimensionamento delle misure di compensazione.

Tr	[anni]	50
μ_g	[mm]	55
SZO		2
durata ietogramma	[min]	30
d	[h]	0.5
a1	[adim]	21.3791
n1	[adim]	0.3354
a2	[adim]	2.2796
n2	[adim]	0.1239
H _m	[mm]	16.94
ARF	[adim]	1
superficie Lotto	[m ²]	6604
h	[mm]	35.4474
intensità costante	[mm/h]	70.8948

Tr	[anni]	50
Q stato attuale	[m ³ /s]	0.070
Q post intervento	[m ³ /s]	0.086
Q stato attuale	[l/s]	70.0
Q post intervento	[l/s]	86.0
ΔQ	[l/s]	0.016

Si riporta di seguito inoltre lo ietogramma "Chicago" che mette in relazione l'andamento dell'altezza di precipitazione al variare del tempo imponendo una durata di 30 minuti e una posizione del picco pari a R = 0,4.

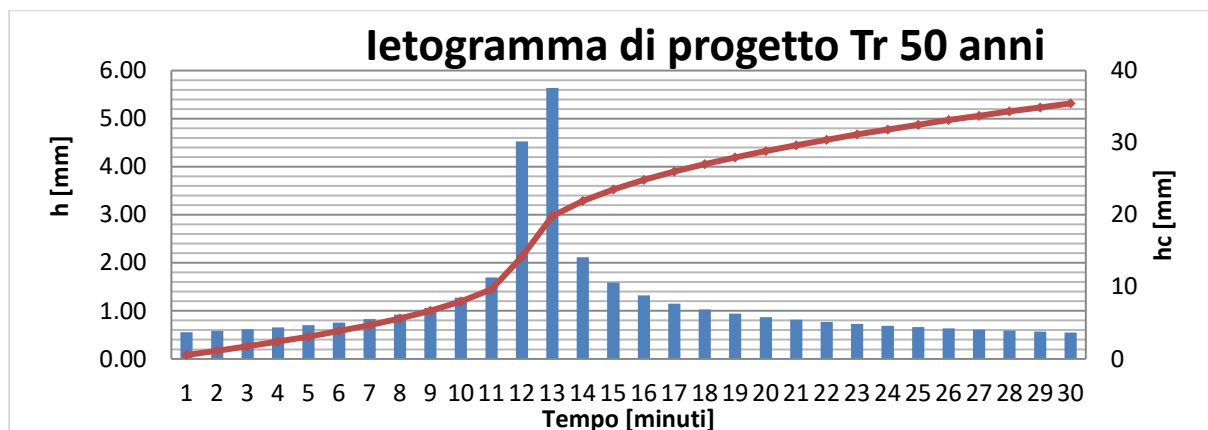


Fig. 6 Ietogramma *Chicago* della portata di progetto (Tr = 50 anni)

L'andamento dell'idrogramma relativo alla due condizioni (stato attuale e stato di progetto) mette in evidenza i dati indicati nella precedente tabella.

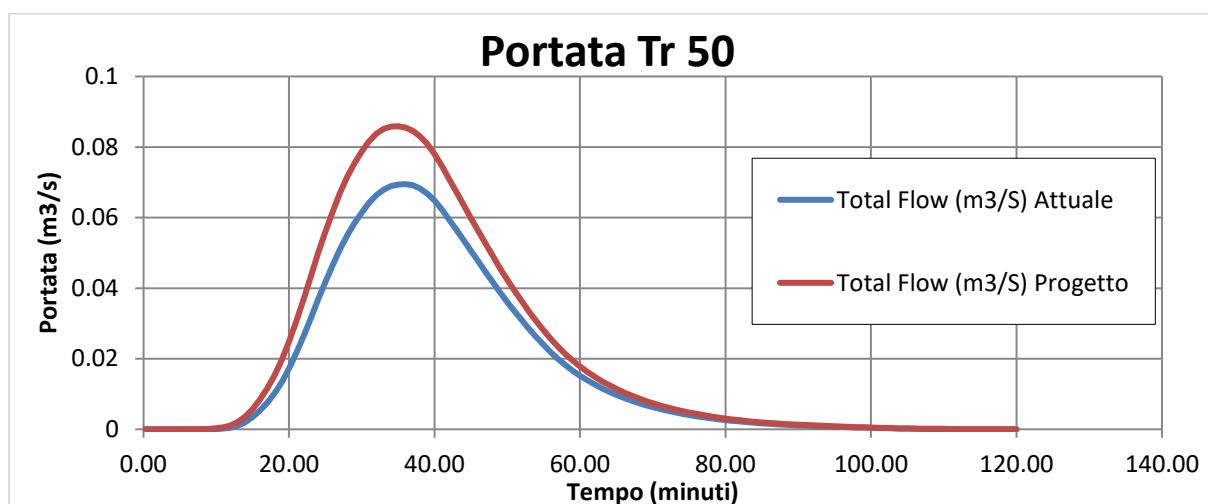


Fig. 7 Idrogramma di piena nel caso delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per Tr = 50 anni

4.2 Comparto 2

Tab. n. 7 – Parametri per il calcolo della portata di progetto e portate alla base del calcolo per il dimensionamento delle misure di compensazione.

Tr	[anni]	50
μ_g	[mm]	55
SZO		2
durata ietogramma	[min]	30
d	[h]	0.5
a1	[adim]	21.3791
n1	[adim]	0.3354
a2	[adim]	2.2796
n2	[adim]	0.1239
H _m	[mm]	16.94
ARF	[adim]	1
superficie Lotto	[m ²]	7173
h	[mm]	35.4474
intensità costante	[mm/h]	70.8948

Tr	[anni]	50
Q stato attuale	[m ³ /s]	0.075
Q post intervento	[m ³ /s]	0.109
Q stato attuale	[l/s]	75
Q post intervento	[l/s]	109
ΔQ	[l/s]	34

Si riporta di seguito inoltre lo ietogramma “Chicago” che mette in relazione l’andamento dell’altezza di precipitazione al variare del tempo imponendo una durata di 30 minuti e una posizione del picco pari a $R = 0,4$.

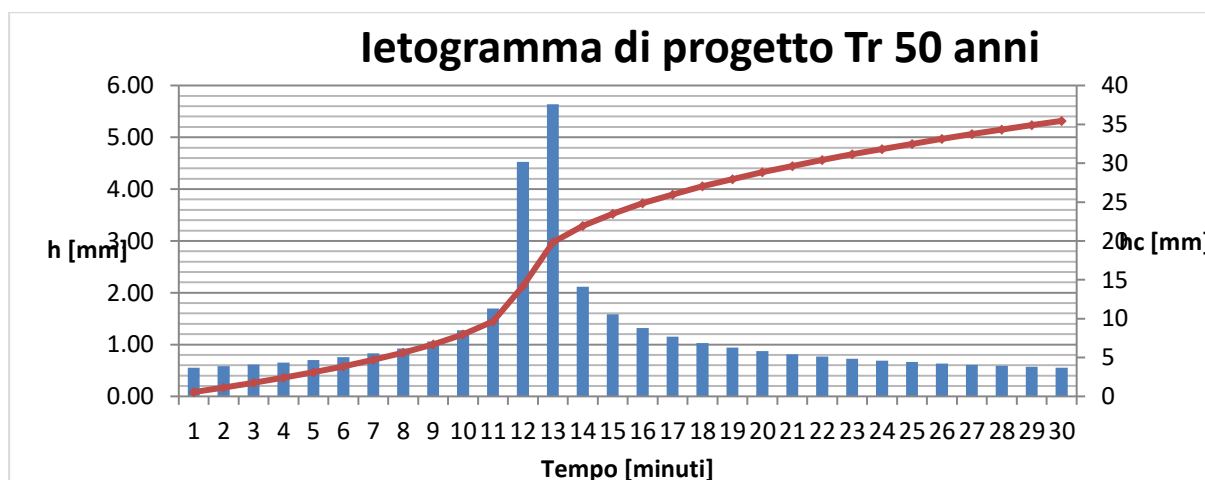


Fig. 8 Ietogramma Chicago della portata di progetto (Tr = 50 anni)

L'andamento dell'idrogramma relativo alla due condizioni (stato attuale e stato di progetto) mette in evidenza i dati indicati nella precedente tabella.

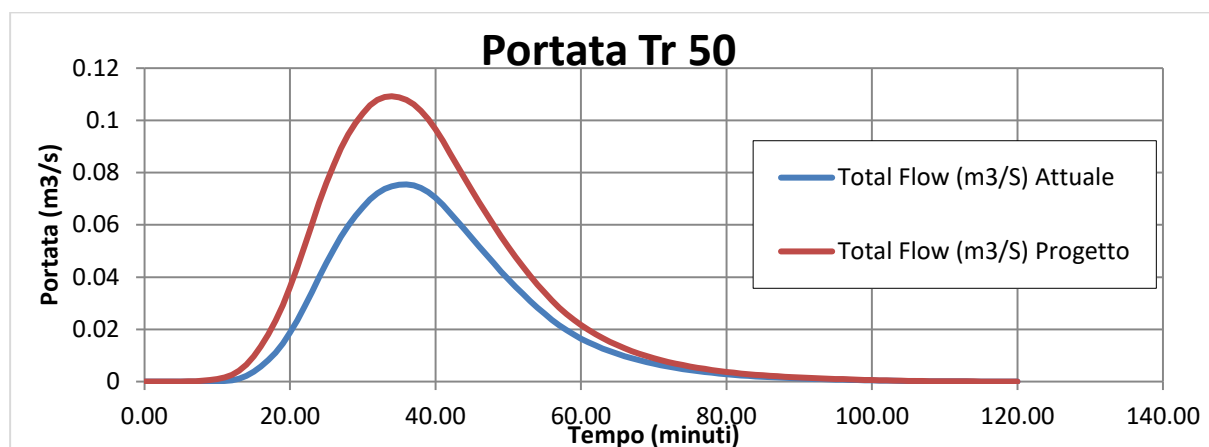


Fig. 9 Idrogramma di piena nel caso della delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per T_r = 50 anni

4.3 Comparto 3

Tab. n. 8 – Parametri per il calcolo della portata di progetto e portate alla base del calcolo per il dimensionamento delle misure di compensazione.

T_r	[anni]	50
μ_g	[mm]	55
SZO		2
durata ietogramma	[min]	30
d	[h]	0.5
a1	[adim]	21.3791
n1	[adim]	0.3354
a2	[adim]	2.2796
n2	[adim]	0.1239
H_m	[mm]	16.94
ARF	[adim]	1
superficie Lotto	[m²]	3405
h	[mm]	35.4474
intensità costante	[mm/h]	70.8948

T_r	[anni]	50
Q stato attuale	[m³/s]	0.036
Q post intervento	[m³/s]	0.037
Q stato attuale	[l/s]	36
Q post intervento	[l/s]	37
ΔQ	[l/s]	1

Si riporta di seguito inoltre lo ietogramma “Chicago” che mette in relazione l’andamento dell’altezza di precipitazione al variare del tempo imponendo una durata di 30 minuti e una posizione del picco pari a $R = 0,4$.

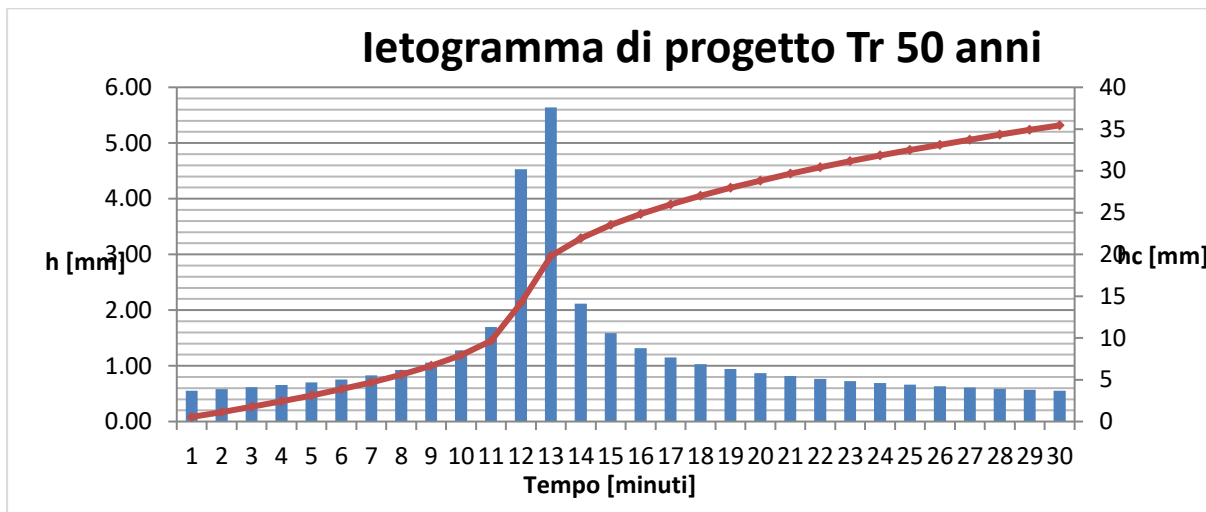


Fig. 10 Ietogramma *Chicago* della portata di progetto ($Tr = 50$ anni)

L’andamento dell’idrogramma relativo alla due condizioni (stato attuale e stato di progetto) mette in evidenza i dati indicati nella precedente tabella.

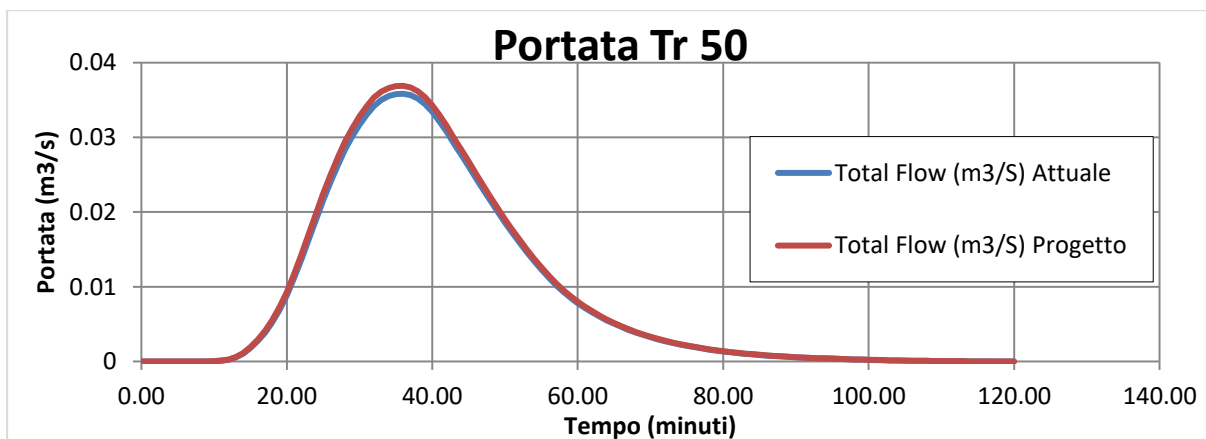


Fig. 11 Idrogramma di piena nel caso delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per $Tr = 50$ anni

4.4 Comparto 4

Tab. n. 9 – Parametri per il calcolo della portata di progetto e portate alla base del calcolo per il dimensionamento delle misure di compensazione.

Tr	[anni]	50
μ_g	[mm]	55
SZO		2
durata ietogramma	[min]	30
d	[h]	0.5
a1	[adim]	21.3791
n1	[adim]	0.3354
a2	[adim]	2.2796
n2	[adim]	0.1239
H_m	[mm]	16.94
ARF	[adim]	1
superficie Lotto	[m ²]	7278
h	[mm]	35.4474
intensità costante	[mm/h]	70.8948

Tr	[anni]	50
Q stato attuale	[m ³ /s]	0.077
Q post intervento	[m ³ /s]	0.087
Q stato attuale	[l/s]	77.0
Q post intervento	[l/s]	87.0
ΔQ	[l/s]	11

Si riporta di seguito inoltre lo ietogramma “Chicago” che mette in relazione l’andamento dell’altezza di precipitazione al variare del tempo imponendo una durata di 30 minuti e una posizione del picco pari a $R = 0,4$.

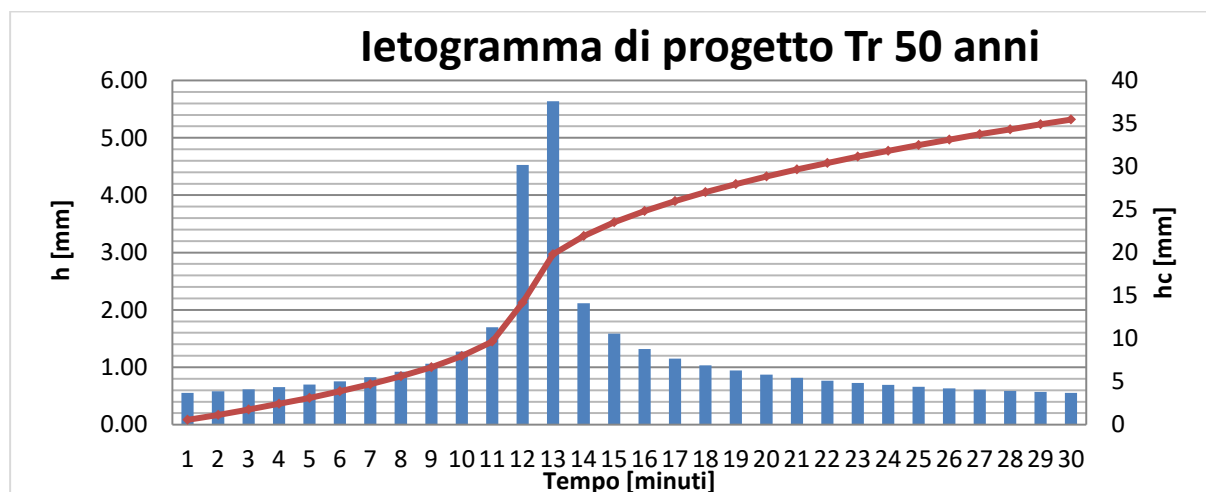


Fig. 12 Ietogramma Chicago della portata di progetto (Tr = 50 anni)

L’andamento dell’idrogramma relativo alla due condizioni (stato attuale e stato di progetto) mette in

evidenza i dati indicati nella precedente tabella.

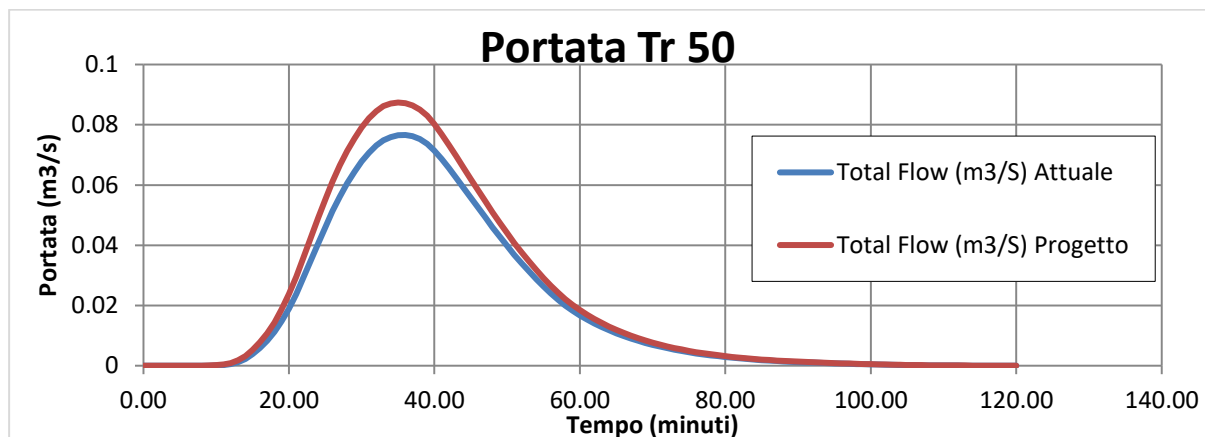


Fig. 13 Idrogramma di piena nel caso della delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per $T_r = 50$ anni

5. MISURE COMPENSATIVE: DIMENSIONAMENTO DEL SISTEMA DI ACCUMULO

Nel caso in esame, viste le caratteristiche dell'intervento e i risultati analitici del calcolo, la misura compensativa individuata prevede di realizzare un volume accessorio che attraverso una laminazione consenta di trasferire nel tempo la consegna dei deflussi al corpo ricettore.

Il volume della vasca deve essere tale (date le caratteristiche geometriche dello scarico di fondo della vasca) da garantire che il massimo valore di portata che viene rilasciato a valle non sia superiore alla portata che defluisce attualmente per eventi meteorologici con tempo di ritorno 50 anni.

Nel dimensionamento delle misure compensative per rispettare il principio dell'invarianza idraulica si è tenuto conto delle caratteristiche idrauliche del corpo ricettore. Nello studio in oggetto il corpo ricettore è la rete fognaria urbana, per la quale è stata considerata **una capacità di smaltimento MEDIA**, applicando un parametro correttivo pari a 0,8, che implica dunque una riduzione della massima portata trasferibile al corpo ricettore.

Per i vari comparti dimensionati si ottiene quanto sintetizzato di seguito.

5.1 Comparto 1

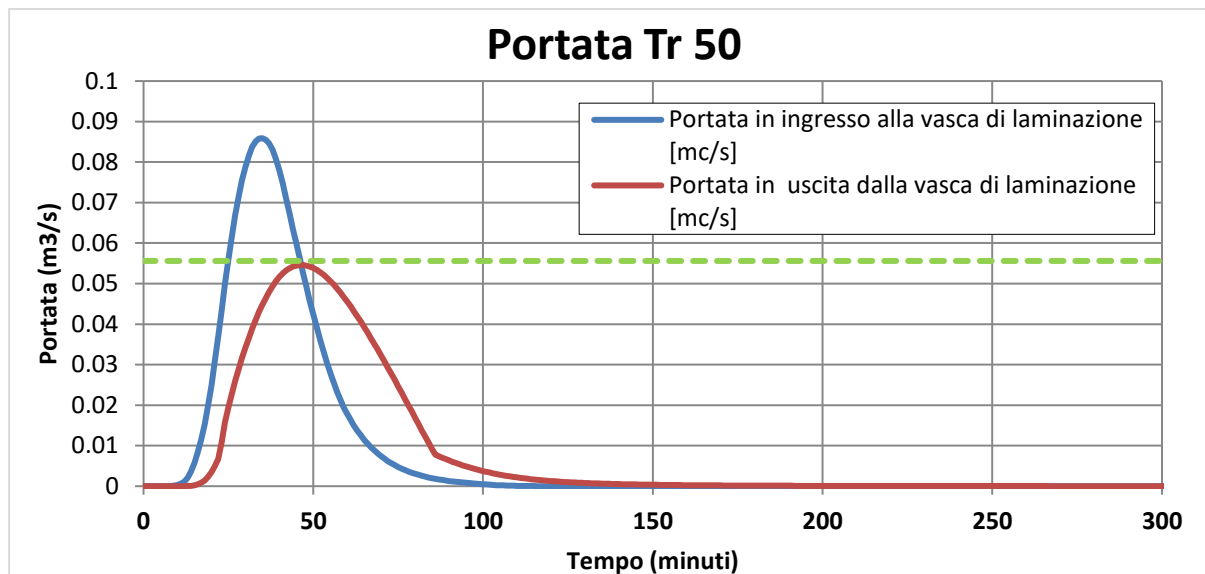


Fig. 14 Idrogramma di piena nel caso delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per $T_r = 50$ anni. In verde il valore di portata massima raggiungibile

Per poter laminare il picco di portata è necessario accumulare un volume di circa **54,48 m³**.

Il criterio di calcolo impiegato per il dimensionamento del volume di laminazione è quello di Runge Kutta in base al quale

$$\Delta V = A(h) \cdot \Delta h$$

in cui

ΔV è la variazione di volume;

ΔH rappresenta la variazione di altezza;

$A(h)$ è la superficie d'acqua corrispondente all'altezza h ;

La superficie è legata all'altezza dell'acqua mediante la relazione

$$A = a \cdot h^3 + b \cdot h^2 + c \cdot h + d$$

in cui i parametri a , b , c e d sono espressi in funzione dell'invaso considerato.

Per la vasca a piante rettangolare a , b , $c = 0$, mentre

$$d = L \cdot B.$$

Il risultato ottenuto è quello dunque di una vasca rettangolare di dimensione **m 7,5 x 7,5 x 0,97 m** (0,97 corrisponde al massimo tirante idraulico che si registra nella vasca durante la laminazione della piena) sufficiente alla laminazione della portata massima, con uno scarico a battente ubicato sul fondo di forma rettangolare e dimensioni **0,15 x 0,15 m**.

La vasca prismatica a base rettangolare dovrà essere dotata di una luce a battente sul fondo come da dimensioni indicate sopra collegata alla rete di raccolta delle acque bianche cittadina, inoltre dovrà

possedere uno sfioro per il troppo pieno. La soglia di sfioro che per portate superiori a tempo di ritorno di 50 anni consenta alle portate di scorrere in superficie è stata preliminarmente pensata come una soglia sfiorante larga 1 metro posta alla quota di 1,00 m dal fondo.

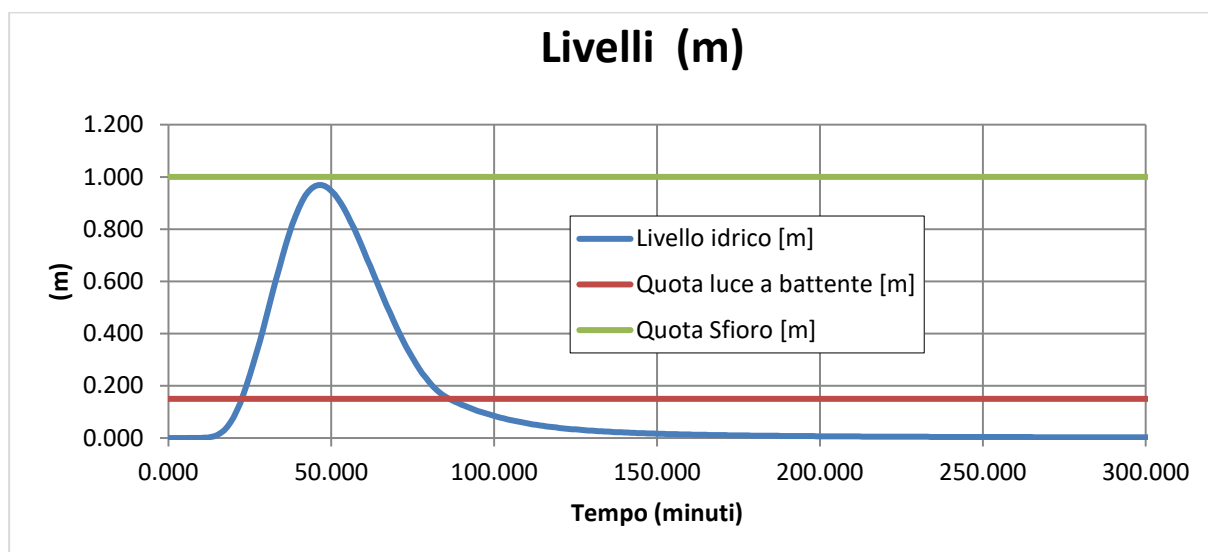


Fig. 15 Andamento dei livelli idrici all'interno della vasca di accumulo; livello idrico (in blu) livello massimo luce a battente (in rosso) per $T_r = 50$ anni. In verde il valore della soglia sfiorante di troppo pieno.

5.2 Comparto 2

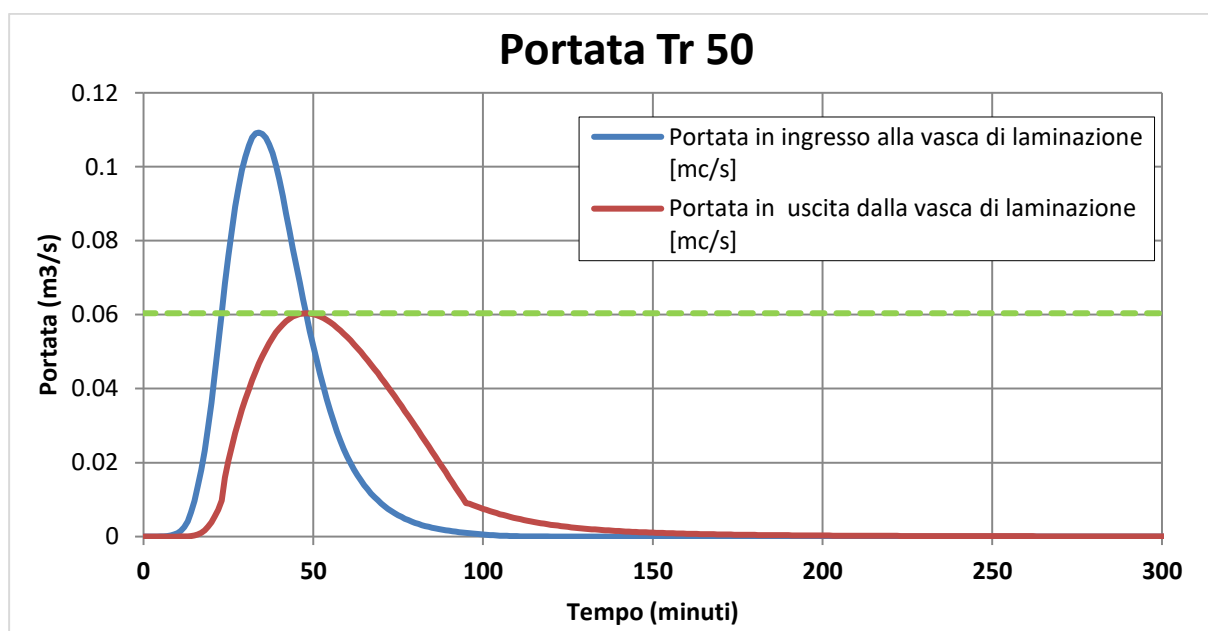


Fig. 16 Idrogramma di piena nel caso delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per $T_r = 50$ anni. In verde il valore di portata massima raggiungibile

Per poter laminare il picco di portata è necessario accumulare un volume di circa **83,22 m³**.

Il criterio di calcolo impiegato per il dimensionamento del volume di laminazione è quello di Runge

Kutta, analogamente a quanto fatto per il comparto 1.

Il risultato ottenuto è una vasca rettangolare di dimensione **m 9,4 x 9.5 x 0,93 m** (0,93 corrisponde al massimo tirante idraulico che si registra nella vasca durante la laminazione della piena) sufficiente alla laminazione della portata massima, con uno scarico a battente ubicato sul fondo di forma rettangolare e dimensioni **0,16 x 0,16 m**.

La vasca prismatica a base rettangolare dovrà essere dotata di una luce a battente sul fondo come da dimensioni indicate sopra collegata alla rete di raccolta delle acque bianche cittadina, inoltre dovrà possedere uno sfioro per il troppo pieno. La soglia di sfioro che per portate superiori a tempo di ritorno di 50 anni consenta alle portate di scorrere in superficie è stata preliminarmente pensata come una soglia sfiorante larga 1 metro posta alla quota di 1,00 m dal fondo.

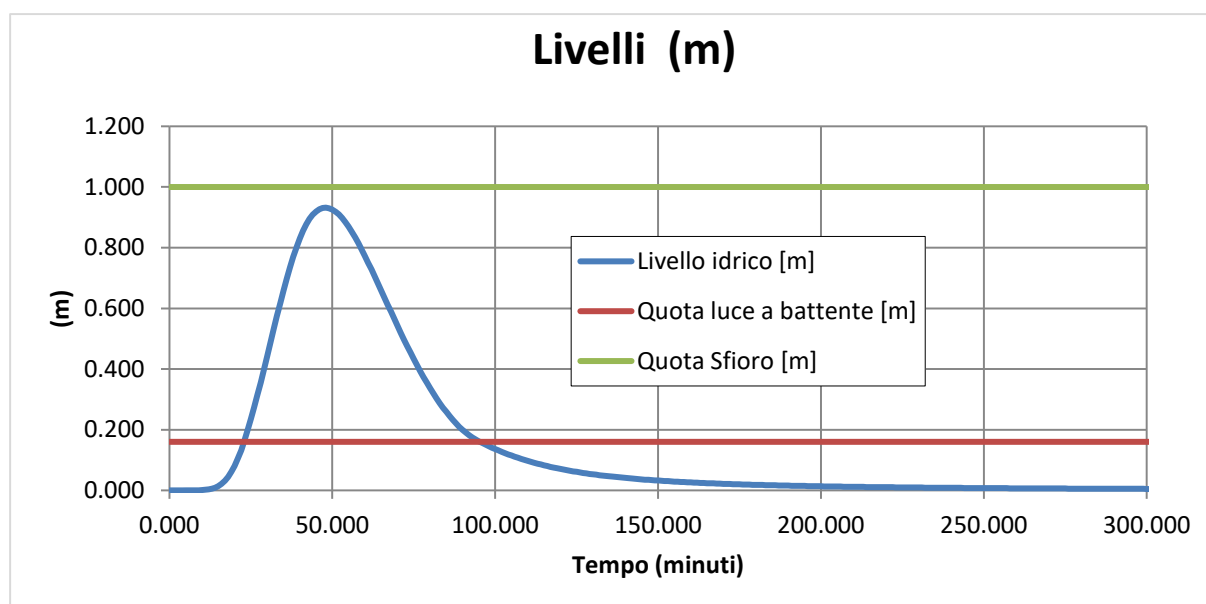


Fig. 17 Andamento dei livelli idrici all'interno della vasca di accumulo; livello idrico (in blu) livello massimo luce a battente (in rosso) per $T_r = 50$ anni. In verde il valore della soglia sfiorante di troppo pieno.

5.3 Comparto 3

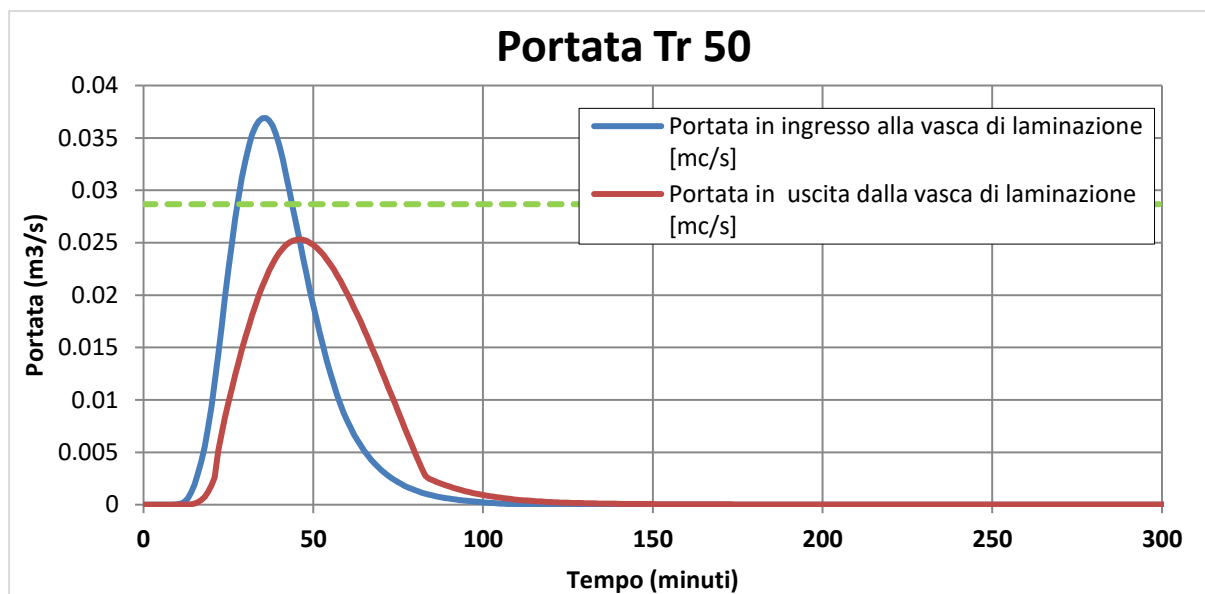


Fig. 18 Idrogramma di piena nel caso delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per $T_r = 50$ anni. In verde il valore di portata massima raggiungibile

Per poter laminare il picco di portata è necessario accumulare un volume di circa **19,95 m³**.

Il criterio di calcolo impiegato per il dimensionamento del volume di laminazione è sempre quello di Runge Kutta, come per i comparti precedenti.

Il risultato ottenuto è quello di una vasca rettangolare di dimensione **m 4,0 x 5,0 x 1,0 m** (1,0 corrisponde al massimo tirante idraulico che si registra nella vasca durante la laminazione della piena) sufficiente alla laminazione della portata massima, con uno scarico a battente ubicato sul fondo di forma rettangolare e dimensioni **0,1 x 0,1 m**.

La vasca prismatica a base rettangolare dovrà essere dotata di una luce a battente sul fondo come da dimensioni indicate sopra collegata alla rete di raccolta delle acque bianche cittadina, inoltre dovrà possedere uno sfioro per il troppo pieno. La soglia di sfioro che per portate superiori a tempo di ritorno di 50 anni consenta alle portate di scorrere in superficie è stata preliminarmente pensata come una soglia sfiorante larga 1 metro posta alla quota di 1,0 m dal fondo.

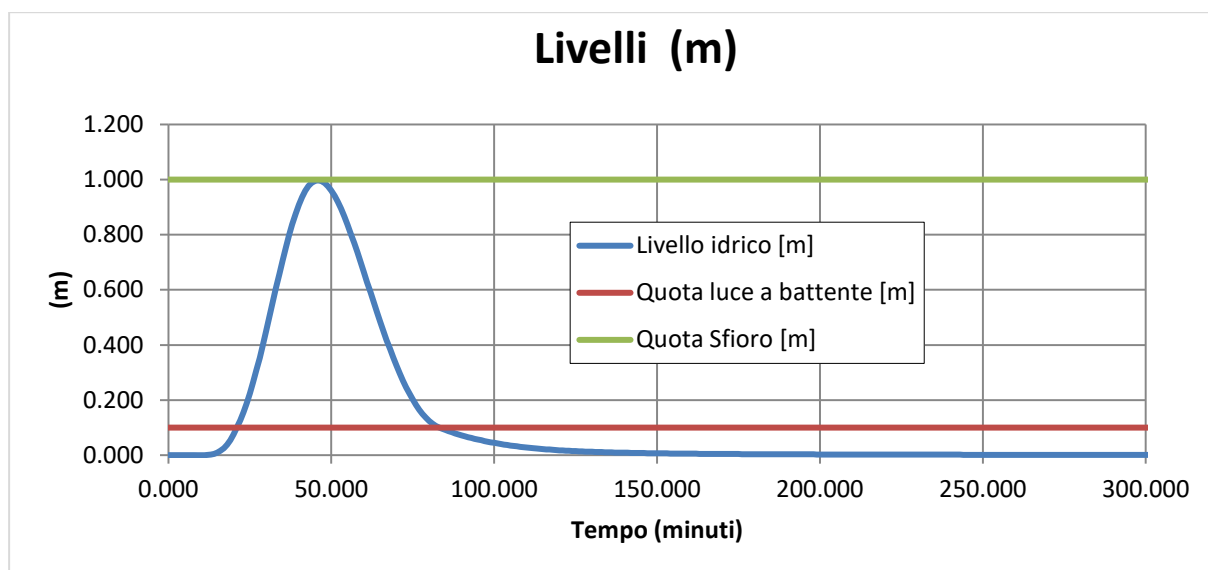


Fig. 19 Andamento dei livelli idrici all'interno della vasca di accumulo; livello idrico (in blu) livello massimo luce a battente (in rosso) per $Tr = 50$ anni. In verde il valore della soglia sfiorante di troppo pieno.

5.4 Comparto 4

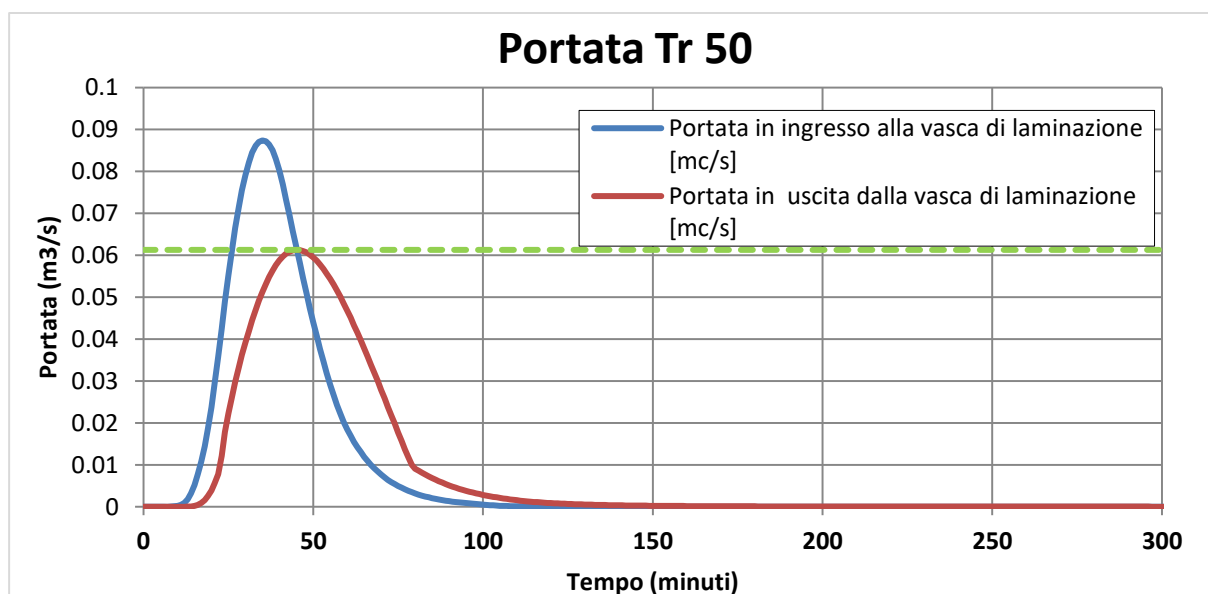


Fig. 20 Idrogramma di piena nel caso delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per $Tr = 50$ anni. In verde il valore di portata massima raggiungibile

Per poter laminare il picco di portata è necessario accumulare un volume di circa **47,51 m³**. Il criterio di calcolo impiegato per il dimensionamento del volume di laminazione è sempre quello di Runge Kutta. Il risultato ottenuto è quello dunque di una vasca rettangolare di dimensione **m 7,0 x 7,1 x 0,96 m** (0,96 corrisponde al massimo tirante idraulico che si registra nella vasca durante la laminazione della piena) sufficiente alla laminazione della portata massima, con uno scarico a battente ubicato sul fondo

di forma rettangolare e dimensioni **0,16 x 0,16 m**. La vasca prismatica a base rettangolare dovrà essere dotata di una luce a battente sul fondo come da dimensioni indicate sopra, collegata alla rete di raccolta delle acque bianche cittadina, e dovrà possedere uno sfioro per il troppo pieno. La soglia di sfioro che per portate superiori a tempo di ritorno di 50 anni consenta alle portate di scorrere in superficie è stata preliminarmente pensata come una soglia sfiorante larga 1 metro posta alla quota di 1,0 m dal fondo.

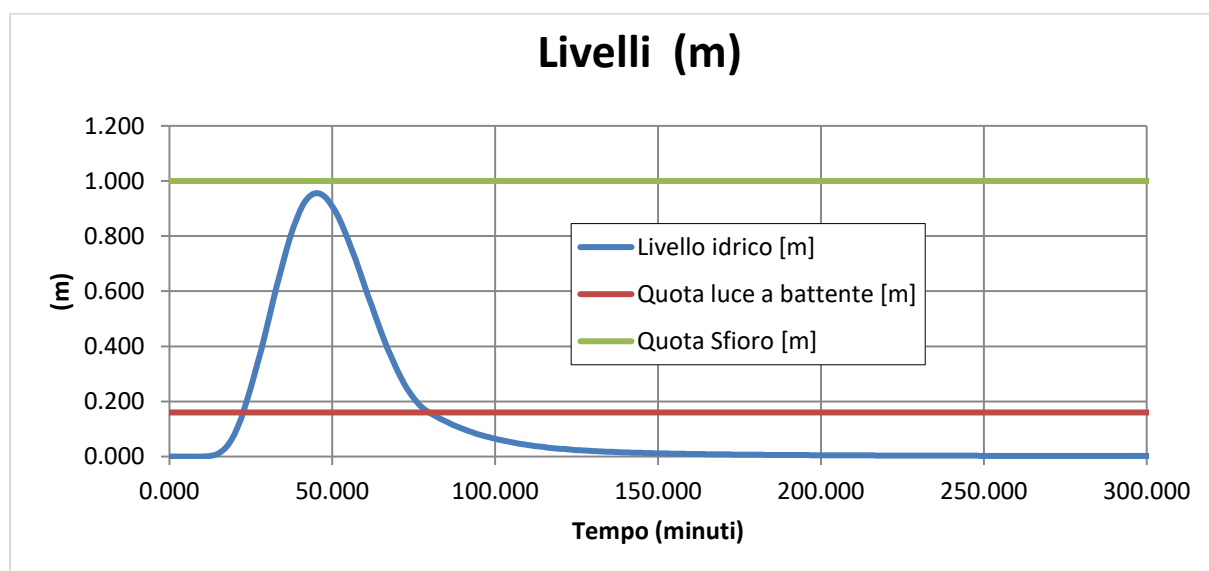


Fig. 21 Andamento dei livelli idrici all'interno della vasca di accumulo; livello idrico (in blu) livello massimo luce a battente (in rosso) per $T_r = 50$ anni. In verde il valore della soglia sfiorante di troppo pieno.

5.5 Indicazioni sulla predisposizione delle vasche

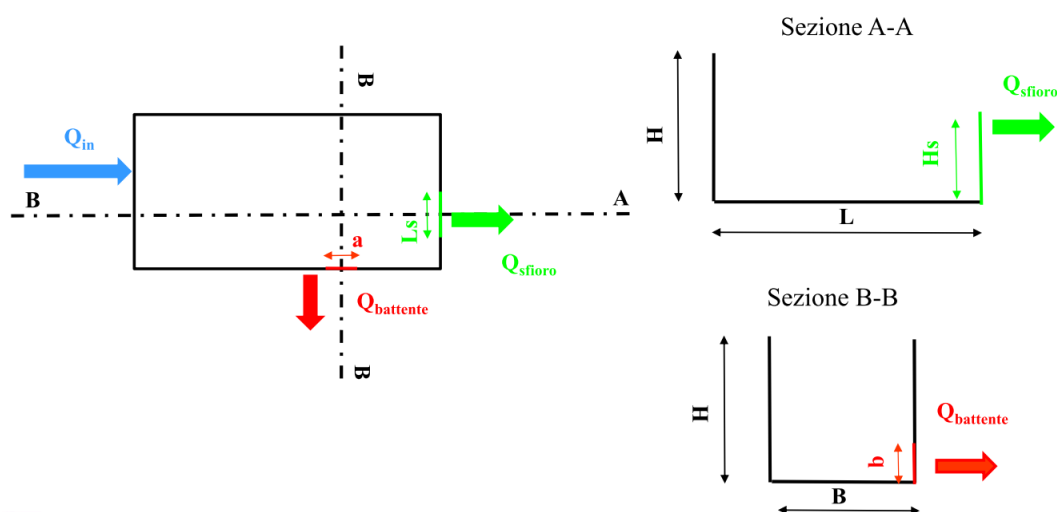


Fig. 23 Schema tipo vasca di accumulo

Nel caso vengano previste vasche di raccolta delle acque di prima pioggia si ricorda che le stesse sono normate dalla Direttiva Regionale 69/25 del 10/12/2008 Disciplina degli scarichi, e si illustra in figura

24 lo schema idraulico di connessione tra gli accumuli delle acque di prima pioggia e le vasche di laminazione.

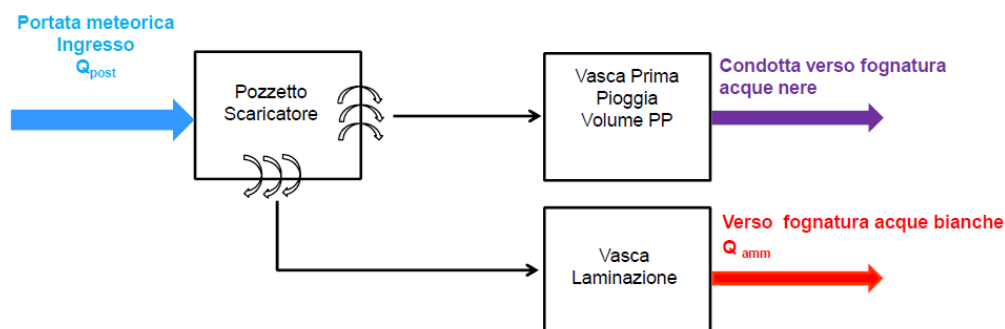


Fig. 24 Schema idraulico vasca prima pioggia vasca di laminazione

6. DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENO INTERNA

Le *Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica di cui all'articolo 47 delle NA del PAI* stabiliscono che il dimensionamento della rete di drenaggio interna prevede il calcolo della relativa portata considerando un tempo di ritorno $T_r = 20$ anni.

Nelle tabelle seguenti sono indicati i principali elementi alla base del calcolo esposto nel paragrafo precedente.

Tab. n. 10 – Parametri per il calcolo della portata di progetto per il dimensionamento della rete di drenaggio.

Tr	[anni]	20
μ_g	[mm]	55
SZO		2
durata ietogramma	[min]	30
d	[h]	0.5
a1	[adim]	21.3791
n1	[adim]	0.3354
a2	[adim]	1.8491
n2	[adim]	0.0695
H_m	[mm]	16.94
ARF	[adim]	1
superficie	[m ²]	-
h	[mm]	29.8592
intensità costante	[mm/h]	59.7184

Sup. comparto 1	[m ²]	6604
Q progetto	[m ³ /s]	0.0664

Sup. comparto 2	[m ²]	7103
Q progetto	[m ³ /s]	0.0870

Sup. comparto 3	[m ²]	3405
Q progetto	[m ³ /s]	0.0276

Sup. comparto 4	[m ²]	7278
Q progetto	[m ³ /s]	0.0604

La condotta, che ha il compito di gestire la portata precedentemente ricavata, è dimensionata

mediante la formula di Chezy, secondo la quale: $Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i}$

in cui $\chi = \frac{87}{1 + \frac{c}{\sqrt{R}}}$

dove c è l'indice di scabrezza di Bazin (per il PVC $c = 0,01 \text{ m}^{0,5}$ sia nuovo che in condizione di servizio da più anni).

Al tratto in questione è stata attribuita una pendenza della condotta pari allo 0,2%, valore rispetto al quale è stata definita la scala delle portate seguente.

Tab. n. 11 – Scala delle portate per condotta a riempimento parziale – tubo PVC DN 400, SN8, COMPARTO 01

diametro [mm]				400			spessore [mm]			9,8	
diametro interno [mm]				380							
pendenza ‰				2.5			scabrezza [m ^{0,5}]			0,01	
Tratto	DN	D comm [m]	r comm [m]	Vr	Qr	Qc/Qr	V/Vr	V	h/r	h [m] riemp.	f [m] franco
1 - 2	400	0.380	0.190	0.990	0.112	0.590	1.041	1.030	1.105	0.210	0.170

Tab. n. 12 – Scala delle portate per condotta a riempimento parziale – tubo PVC DN 400, SN8, COMPARTO 02

diametro [mm]				400			spessore [mm]			9,8	
diametro interno [mm]				380							
pendenza ‰				2.5			scabrezza [m ^{0,5}]			0,01	
Tratto	DN	D comm [m]	r comm [m]	Vr	Qr	Qc/Qr	V/Vr	V	h/r	h [m] riemp.	f [m] franco
1 - 2	400	0.380	0.190	0.990	0.112	0.774	1.104	1.092	1.322	0.251	0.129

Tab. n. 13 – Scala delle portate per condotta a riempimento parziale – tubo PVC DN 250, SN8, , COMPARTO 03

diametro [mm]				250			spessore [mm]			6,2	
diametro interno [mm]				238							
pendenza ‰				2.5			scabrezza [m ^{0,5}]			0,01	
Tratto	DN	D comm [m]	r comm [m]	Vr	Qr	Qc/Qr	V/Vr	V	h/r	h [m] riemp.	f [m] franco
1 - 2	250	0.238	0.119	0.723	0.032	0.861	1.124	0.813	1.432	0.170	0.068

Tab. n. 14 – Scala delle portate per condotta a riempimento parziale – tubo PVC DN 315, SN8, , COMPARTO 04

diametro [mm]				315			spessore [mm]			7,7	
diametro interno [mm]				300							
pendenza ‰				2.5			scabrezza [m ^{0,5}]			0,01	
Tratto	DN	D comm [m]	r comm [m]	Vr	Qr	Qc/Qr	V/Vr	V	h/r	h [m] riemp.	f [m] franco
1 - 2	315	0.300	0.150	0.844	0.060	1.015	1.138	0.960	1.671	0.250	0.049

Verifiche. Per quanto concerne le verifiche, gli aspetti riguardano il grado di riempimento della condotta e le velocità nelle varie tratte.

- a) Velocità. La velocità dovrebbe essere compresa nell'intervallo [0,5; 5] m/s, come riportato nella Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 11633. Nel caso in questione le velocità (considerando il reale riempimento della condotta) raggiungerebbe il valore massimo di circa 1,05 m/s in concomitanza dell'evento critico associato ad un tempo di ritorno $Tr = 20$ anni. Tuttavia anche per portate significativamente inferiori (quelle relative all'esercizio in condizioni normali) risulta superiore al limite minimo previsto dalla normativa e dalla letteratura garantendo pertanto che non vi siano sedimentazioni e azioni abrasive nei confronti del tubo.
- b) Grado di riempimento della condotta. L'effettivo grado di riempimento del collettore dovrebbe essere pari al più al 70 % (per diametri superiori ai 30 cm), quindi con un tirante idraulico di circa $2/3$, al fine di evitare (come si desume dalla scala delle portate) che la portata transitabile all'interno della condotta si riduca rispetto alle previsioni di progetto. Il grado di riempimento a seguito della portata associata all'evento ventennale è inferiore al 70,00%.

7. CONCLUSIONI

Verifica complessiva del principio di invarianza idraulica

L'introduzione di una vasca di laminazione è, come detto, una misura compensativa opportunamente dimensionata, coerente con le indicazioni delle relative *Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica di cui all'articolo 47 delle NA del PAI*.

Si intende altresì mettere in evidenza il fatto che il progetto della lottizzazione rispetta anche i quattro aspetti inerenti

1. l'invarianza del punto di recapito;
2. l'invarianza delle quote altimetriche;
3. l'invarianza della capacità di dreno delle aree limitrofe;
4. il dimensionamento della rete di dreno interna

quali indicati dalle *Linee guida* e da aggiungere alle analisi di tipo idrologico e idraulico precedentemente sviluppate.

Ne consegue che si ritiene soddisfatto il principio della invarianza idraulica di cui all'art. 47 delle N.A. del PAI in merito alla verifica complessiva con un tempo di ritorno $Tr=50$ anni.

Pertanto, in conclusione, sulla base delle considerazioni suesposte, si può concludere che la proposta progettuale di attuazione del Piano di Lottizzazione rispetta il principio dell'invarianza idraulica.

Ing. Maurizio Sassu

Ing. Giovanni Oggiano