

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 DEFLOSSO 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.sardegnameoportale.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 Curv Nymber 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.sardegnaeportoale.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.

| ATTUALE | COMPARTO | Categoria di superficie | Area | Codice tabella | CN | CN _{II} pesato | CN _{III} |
|---------|----------|--|---------------|----------------|----|-------------------------|-------------------|
| | | | | | | | |
| | 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.

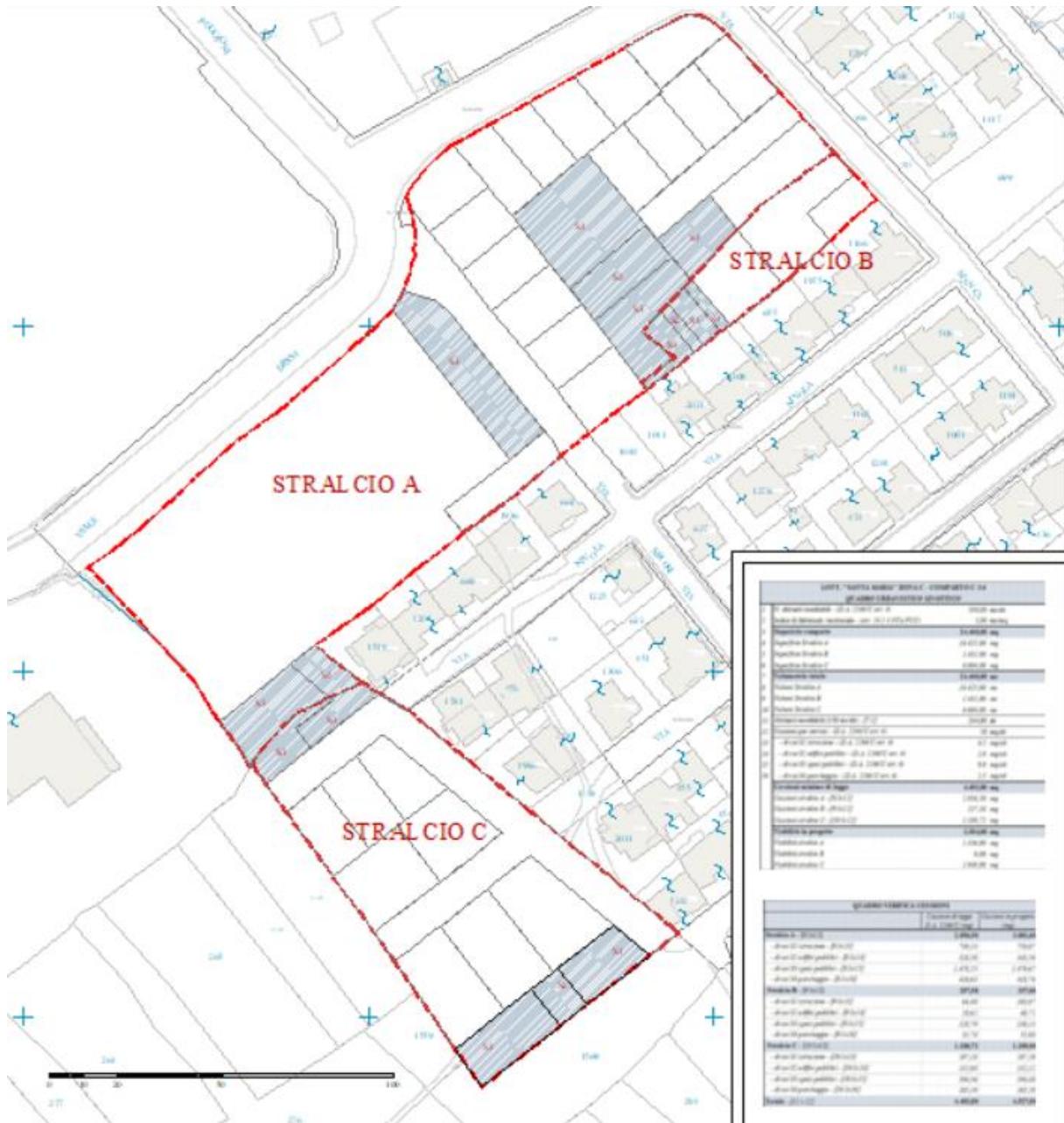


Fig. 3 Planivolumetrico dell'intervento

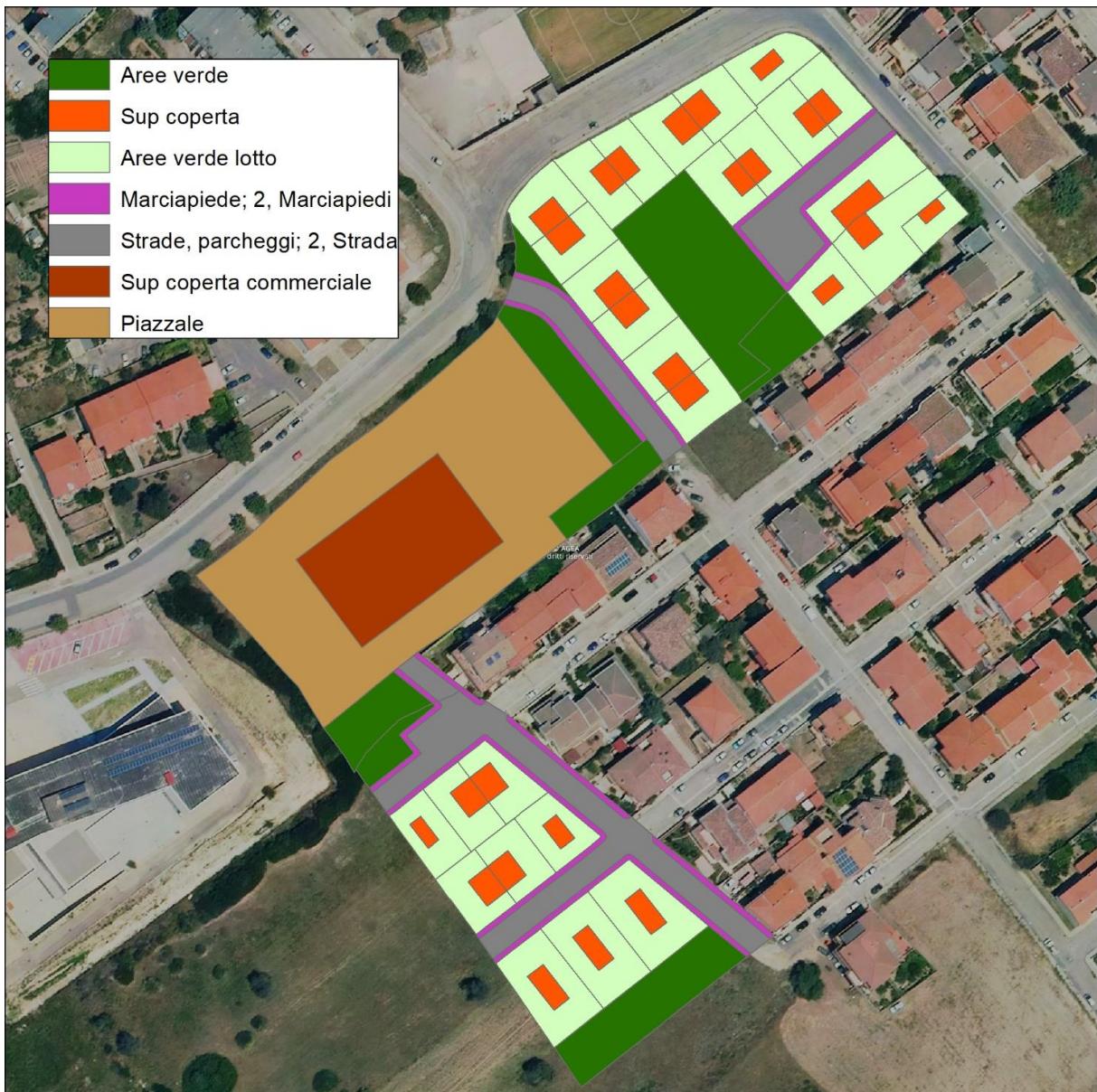


Fig. 4 CN Stato di progetto.

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

| PROGETTO 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 | pavimentazioni | S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78 | 327 | S1 | 71 | 3.513 | |
| | | | 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 | |
| LC1 | Sup coperta | pavimentazioni | C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99 | 152 | C7 | 99 | 2.271 | |
| | | | 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 | pavimentazioni | C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99 | 152 | C7 | 99 | 2.271 | |
| | | | 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 | |
| LC3 | Sup coperta | pavimentazioni | C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99 | 152 | C7 | 99 | 2.279 | |
| | | | 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 | |
| LC4 | Sup coperta | pavimentazioni | C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99 | 242 | C7 | 99 | 3.628 | |
| | | | 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 | |
| | Aree verde | | S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78 | 194 | S1 | 71 | 2.081 | |
| LC5 | Sup coperta | pavimentazioni | C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99 | 209 | C7 | 99 | 3.133 | |
| | | | 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 | |
| LC6 | Sup coperta | pavimentazioni | C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99 | 271 | C7 | 99 | 4.063 | |
| | | | 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 | |
| LC7 | Sup coperta | pavimentazioni | C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99 | 271 | C7 | 99 | 4.063 | |
| | | | 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 | |
| LC8 | Sup coperta | pavimentazioni | C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99 | 286 | C7 | 99 | 4.280 | |
| | | | 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 | |
| | Aree verde | | S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78 | 228 | S1 | 71 | 2.456 | |
| 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} |
|------------|----------------|-----------------|--|------|----------------|----|----------------------------|-------------------|
| | | | | | | | | |
| LA1 | CA3 | Aree verde | S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78 | 523 | S1 | 71 | 5.177 | |
| | 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 | |
| | | | 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 | | |
| | | | 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 | | |
| | | | 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 | | |
| | | | 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 | | |
| | | | 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 | | |
| | | | 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

| PROGETTO COMPARTO 4 | Id lotto | Tipologia lotto | Categoria di superficie | Area | Codice tabella | CN | CNII pesato | CNIII |
|---------------------|----------------------------|---|-------------------------|------|----------------|-------|-------------|-------|
| | | | | | | | | |
| LB1 | Sup coperta pavimentazioni | C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99 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 | 87 | C7 | 99 | 1.177 | | |
| | | S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78 | 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 pavimentazioni | C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99 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 | 277 | C7 | 99 | 3.761 | | |
| | | S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78 | 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 pavimentazioni | C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99 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 | 184 | C7 | 99 | 2.503 | | |
| | | S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78 | 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 pavimentazioni | C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99 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 | 157 | C7 | 99 | 2.129 | | |
| | | S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78 | 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 pavimentazioni | C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99 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 | 155 | C7 | 99 | 2.108 | | |
| | | S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78 | 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 pavimentazioni | C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99 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 | 150 | C7 | 99 | 2.034 | | |
| | | S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78 | 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 pavimentazioni | C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99 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 | 154 | C7 | 99 | 2.088 | | |
| | | S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78 | 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 pavimentazioni | C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99 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 | 152 | C7 | 99 | 2.061 | | |
| | | S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78 | 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 pavimentazioni | C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99 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 | 160 | C7 | 99 | 2.170 | | |
| | | S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78 | 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 pavimentazioni | C7 - Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) 93-99 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 | 150 | C7 | 99 | 2.040 | | |
| | | S1 - Superfici a verde su suolo profondo prati orti Superfici boscate ed agricole 71-78 | 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 | |
| LA15 | 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 | |
| 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 | Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s $10^0 - 10^{-5}$ | 0,4 | 82-90 |
| | | | Percentuale di superficie inerbita < 40% del totale | Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s $10^0 - 10^{-5}$ | Valore da determinare analiticamente e documentare in funzione alla capacità ritentiva del sottofondo | |
| | | | Qualsiasi tipologia | Con coefficiente di permeabilità del sottofondo kf in m/s < 10^{-5} | 1 | 100 |
| P10 | | Pavimentazioni in asfalto o cls | | | 0,9 | 93-99 |
| | | | | Quando le superfici siano parte integrante di un sistema per il riutilizzo delle acque piovane | Valore da determinare analiticamente e documentare in funzione alla capacità ritentiva del sottofondo | |
| C7 | | Coperture discontinue (tegole in laterizio o simili) | | | 0,90 | 93-99 |
| | | | | Quando le superfici siano parte integrante di un sistema per il riutilizzo delle acque piovane | Valore da determinare analiticamente e documentare in funzione al sistema di riutilizzo | |

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.

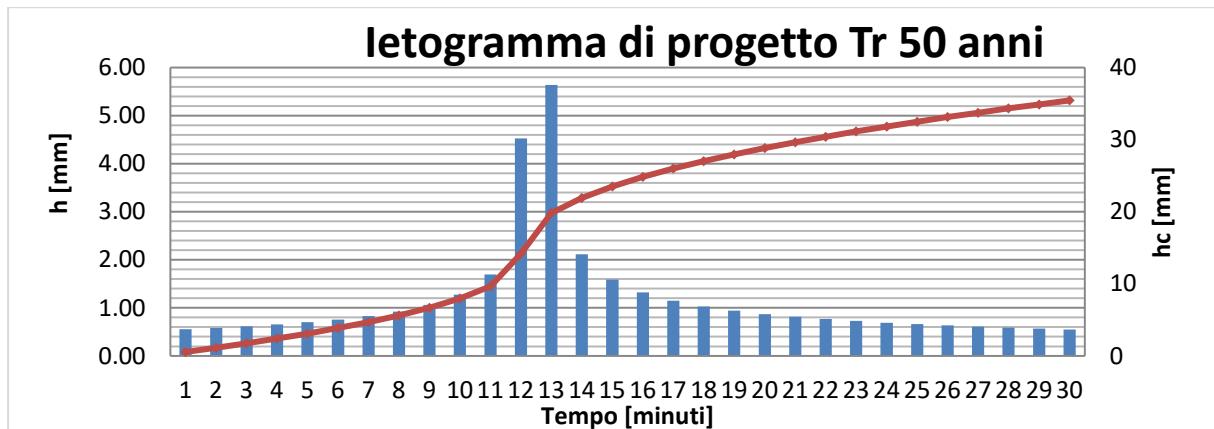


Fig. 6 Ietogramma Chigago della portata di progetto (Tr = 50 anni)

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

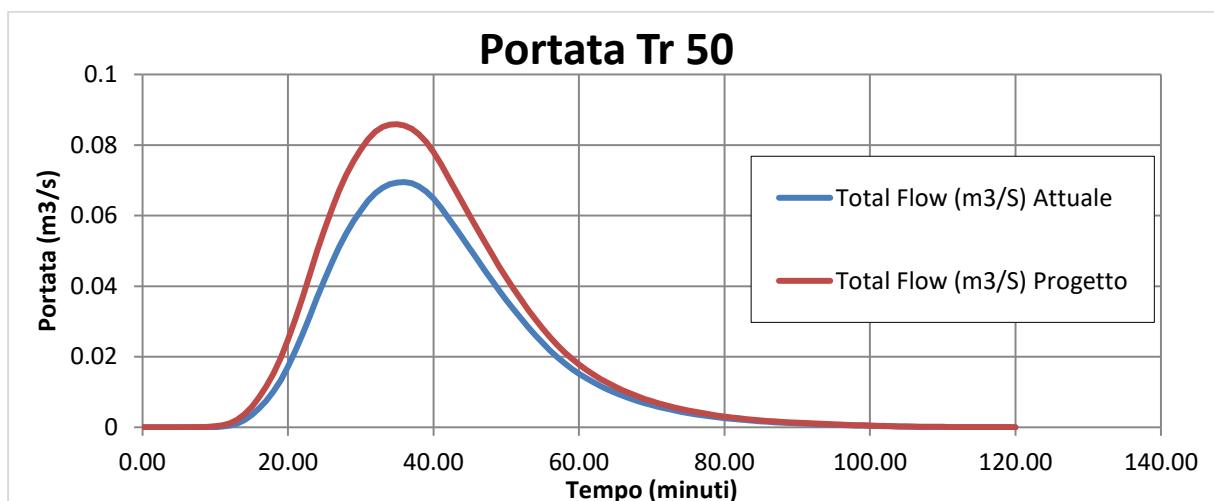


Fig. 7 Idrogramma di piena nel caso delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per Tr = 50 anni

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.

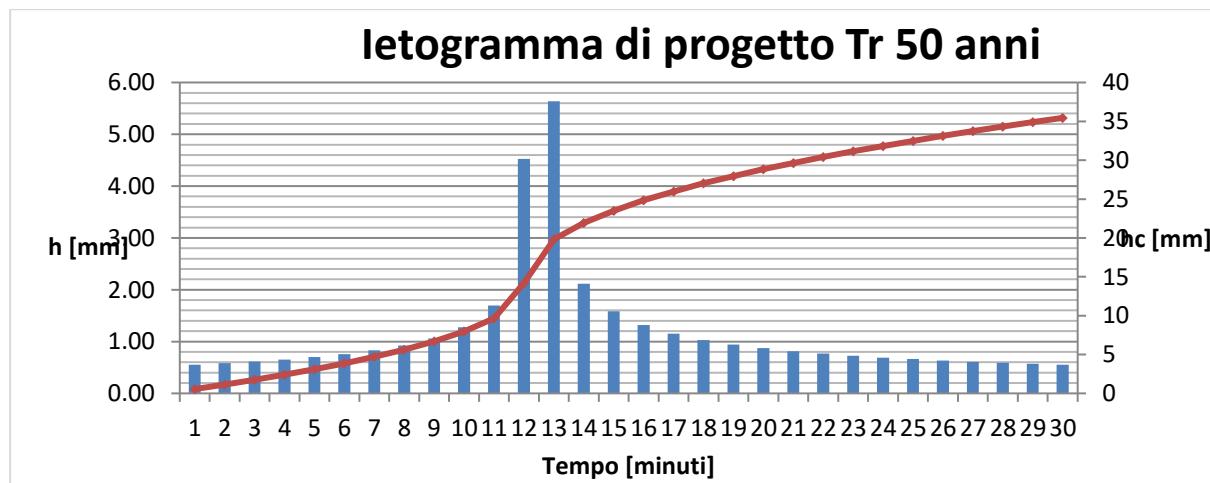


Fig. 8 Ietogramma Chicago della portata di progetto (Tr = 50 anni)

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

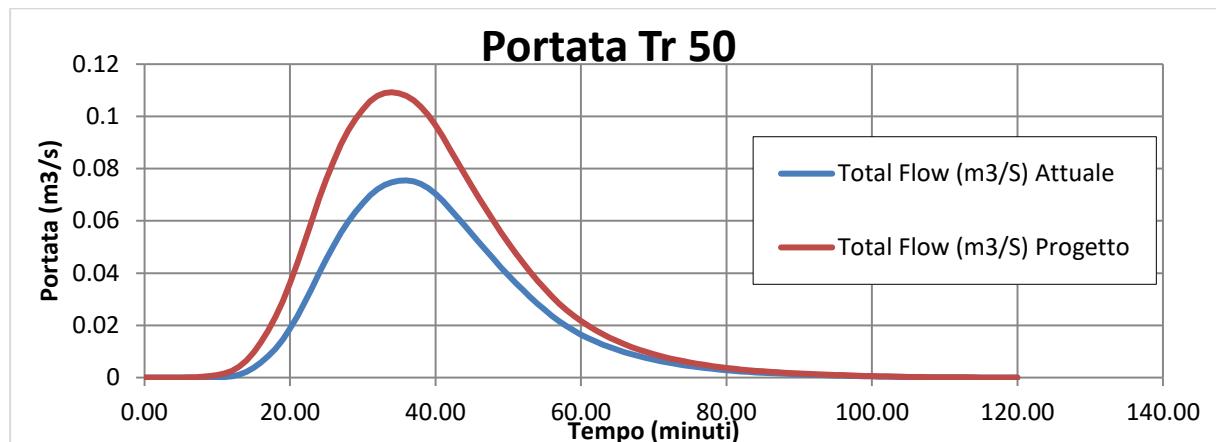


Fig. 9 Idrogramma di piena nel caso delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per Tr = 50 anni

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.

| | | |
|--------------------|-------------------|---------|
| 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] | 3405 |
| h | [mm] | 35.4474 |
| intensità costante | [mm/h] | 70.8948 |

| | | |
|-------------------|---------------------|-------|
| Tr | [anni] | 50 |
| Q stato attuale | [m ³ /s] | 0.036 |
| Q post intervento | [m ³ /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 $R = 0,4$.

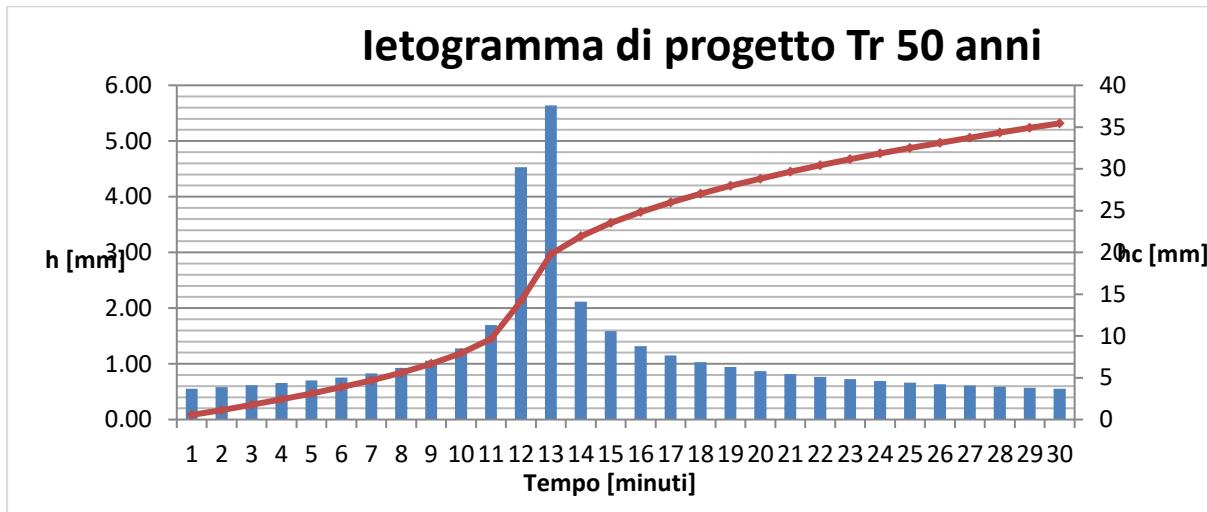


Fig. 10 Ietogramma Chicago della portata di progetto ($Tr = 50$ anni)

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

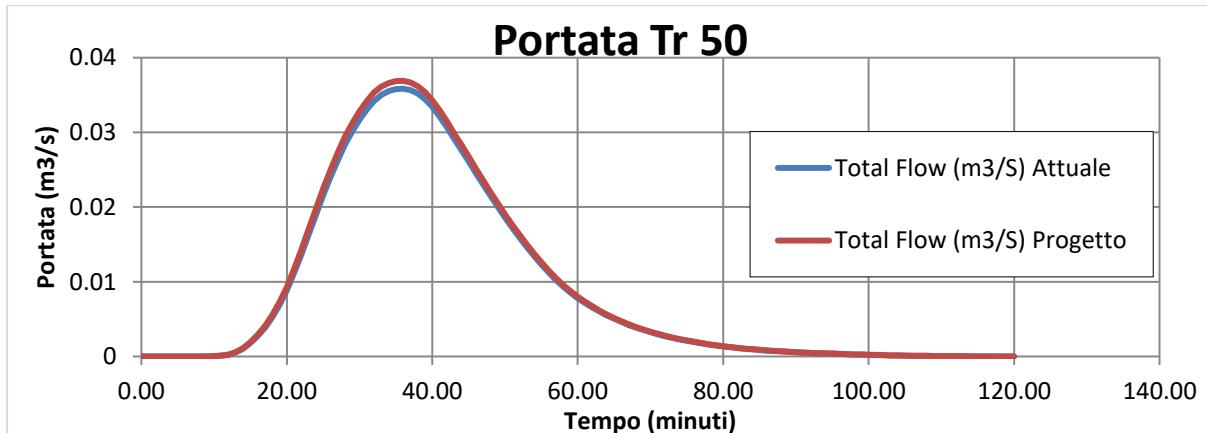


Fig. 11 Idrogramma di piena nel caso delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per $Tr = 50$ anni

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.

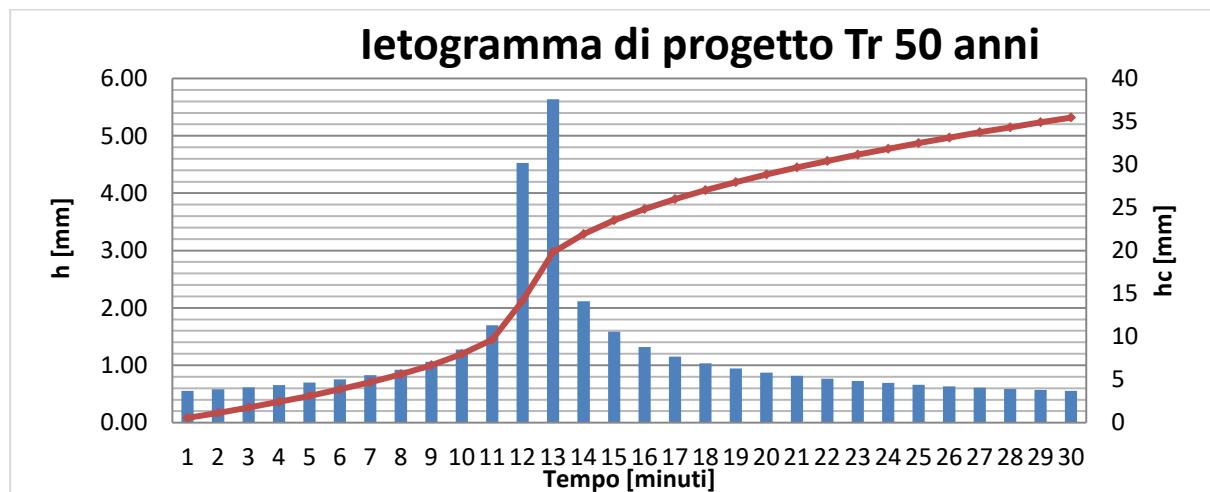


Fig. 12 Ietogramma Chicago della portata di progetto (Tr = 50 anni)

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

evidenza i dati indicati nella precedente tabella.

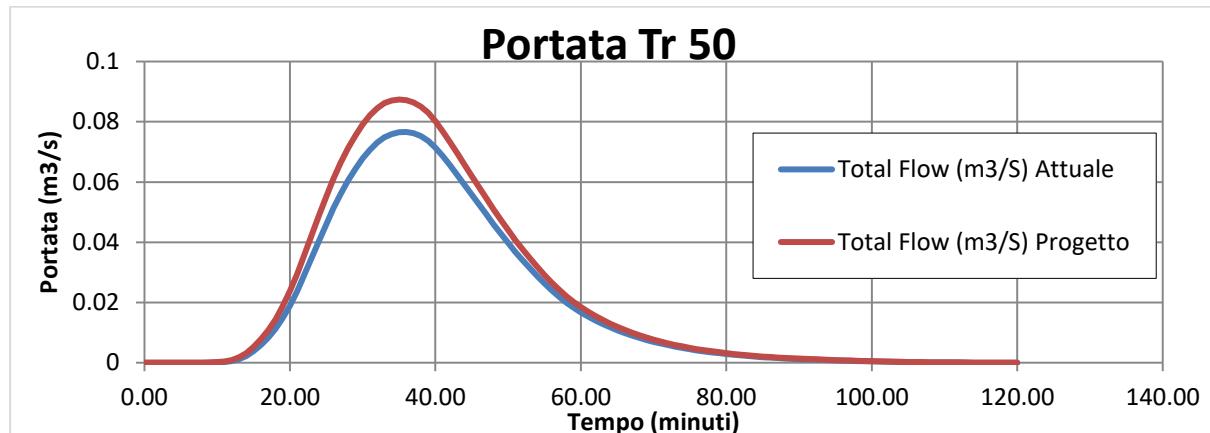


Fig. 13 Idrogramma di piena nel caso delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per $T_r = 50$ anni

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 consente 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 compensate 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 compatti dimensionati si ottiene quanto sintetizzato di seguito.

5.1 Comparto 1

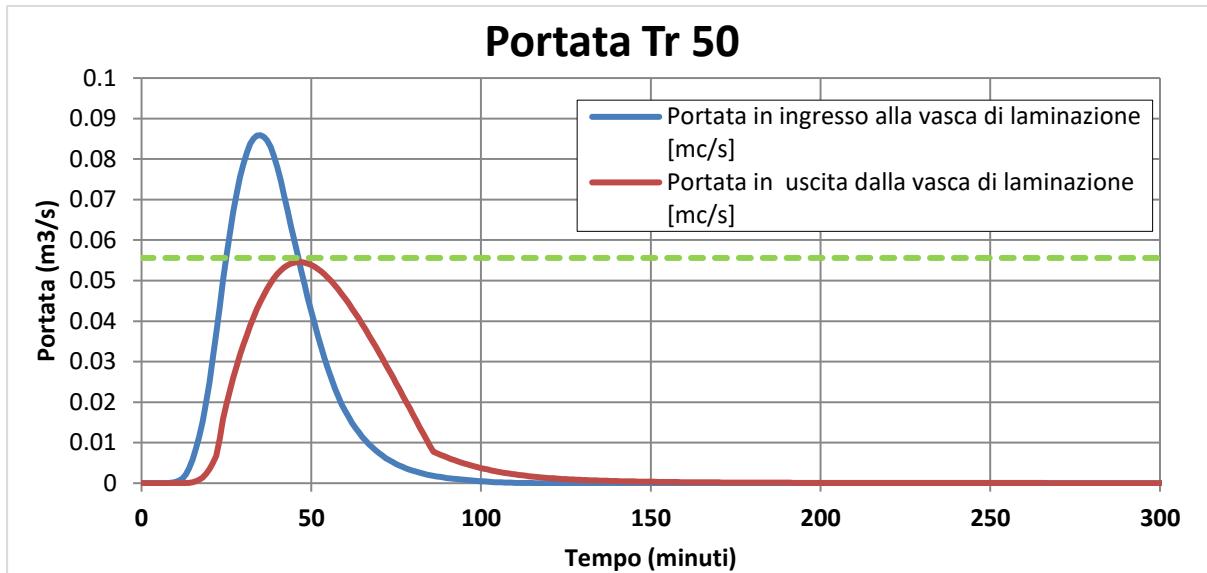


Fig. 14 Idrogramma di piena nel caso delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per Tr = 50 anni. In verde il valore di portata massima raggiungibile

Per poter laminare il picco di portata è necessario accumulare un volume di circa **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 consente 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.

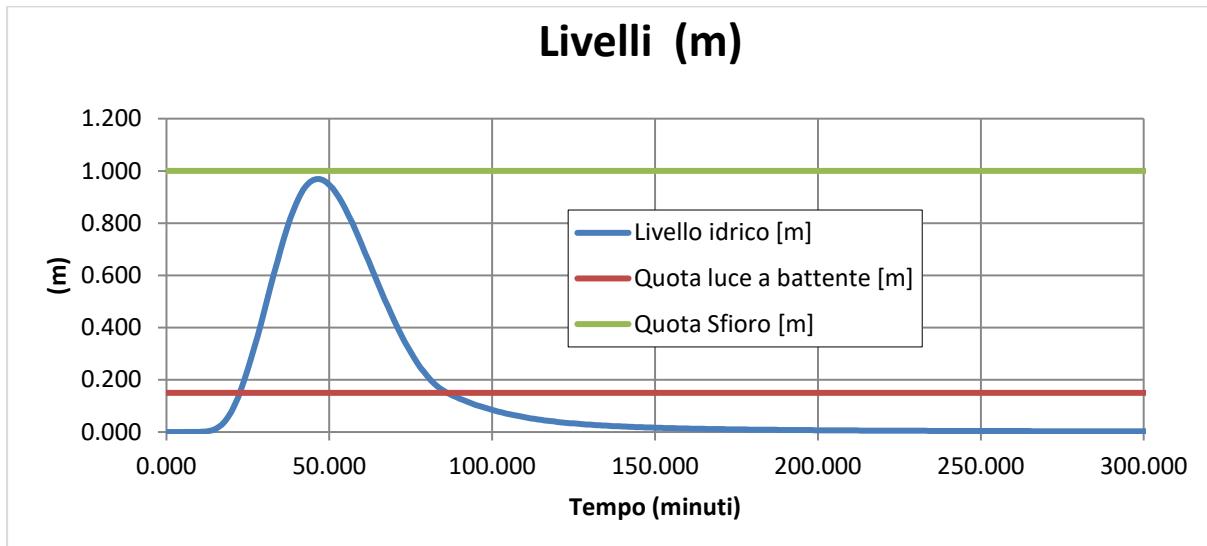


Fig. 15 Andamento dei livelli idrici all'interno della vasca di accumulo; livello idrico (in blu) livello massimo luce a battente (in rosso) per $T_r = 50$ anni. In verde il valore della soglia sfiorante di troppo pieno.

5.2 Comparto 2

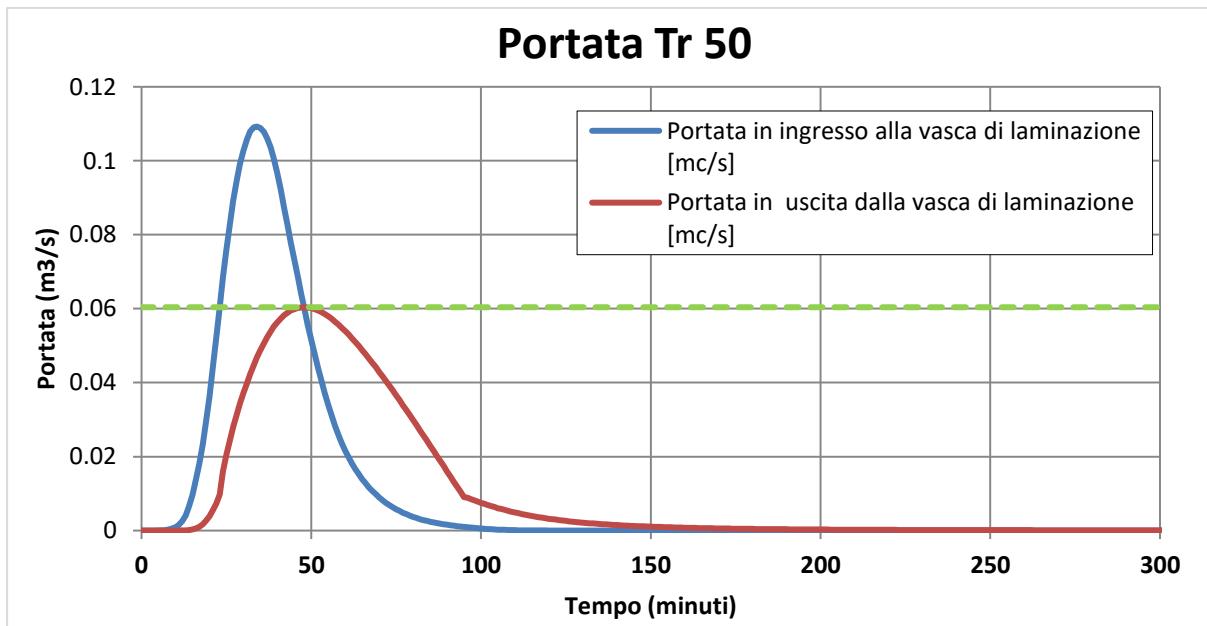


Fig. 16 Idrogramma di piena nel caso delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per $T_r = 50$ anni. In verde il valore di portata massima raggiungibile

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.

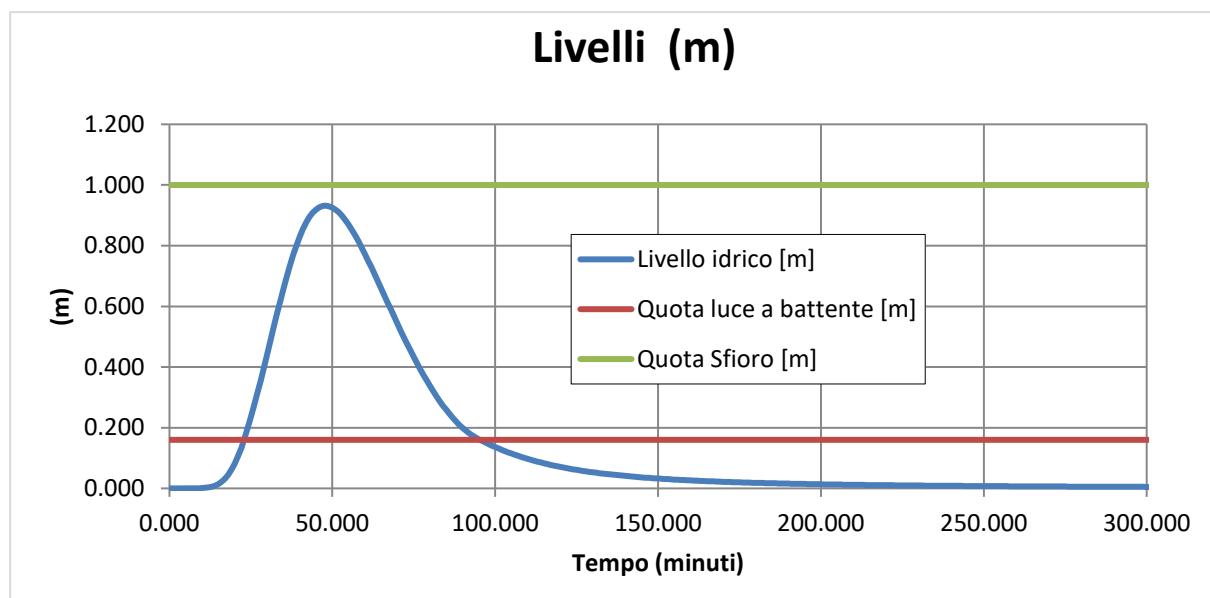


Fig. 17 Andamento dei livelli idrici all'interno della vasca di accumulo; livello idrico (in blu) livello massimo luce a battente (in rosso) per Tr = 50 anni. In verde il valore della soglia sfiorante di troppo pieno.

5.3 Comparto 3

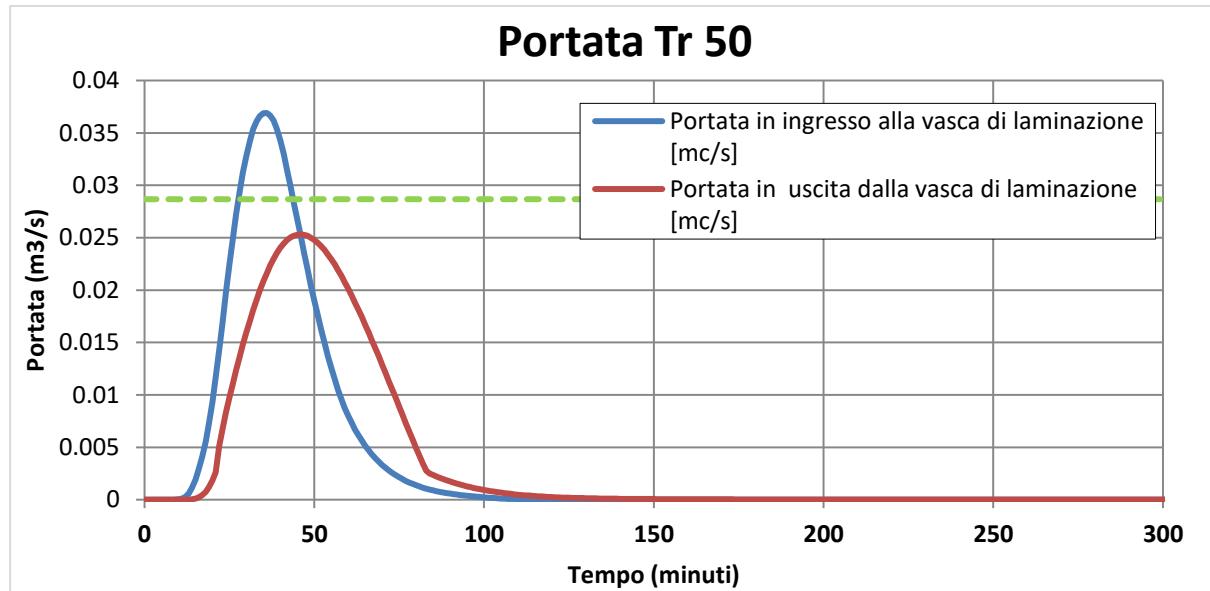


Fig. 18 Idrogramma di piena nel caso delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per $Tr = 50$ anni. In verde il valore di portata massima raggiungibile

Per poter laminare il picco di portata è necessario accumulare un volume di circa **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.

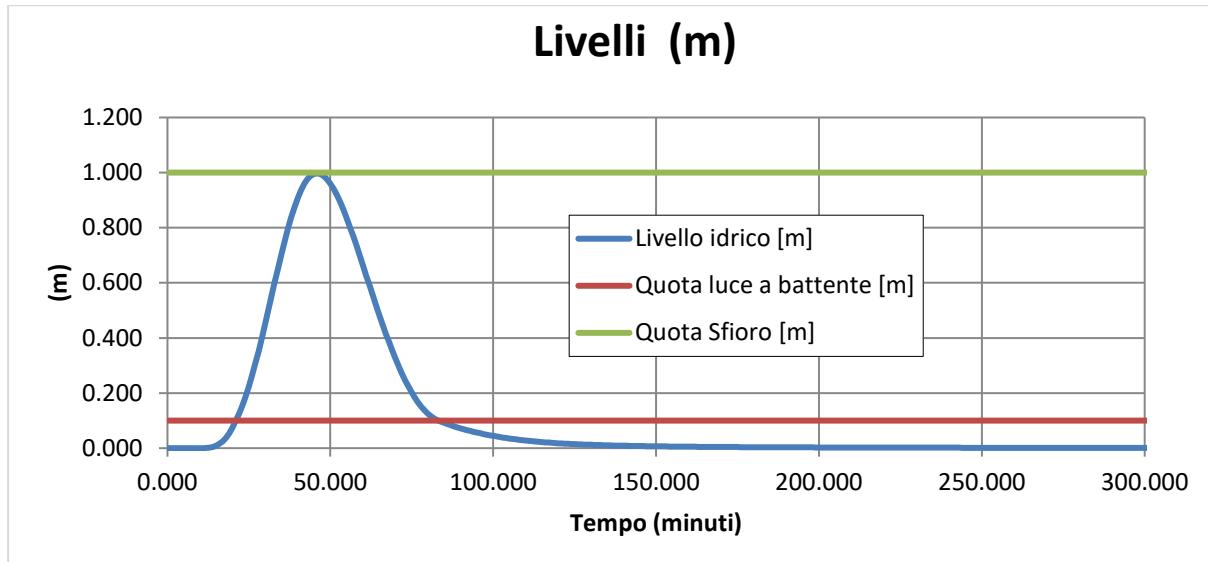


Fig. 19 Andamento dei livelli idrici all'interno della vasca di accumulo; livello idrico (in blu) livello massimo luce a battente (in rosso) per $T_r = 50$ anni. In verde il valore della soglia sfiorante di troppo pieno.

5.4 Comparto 4

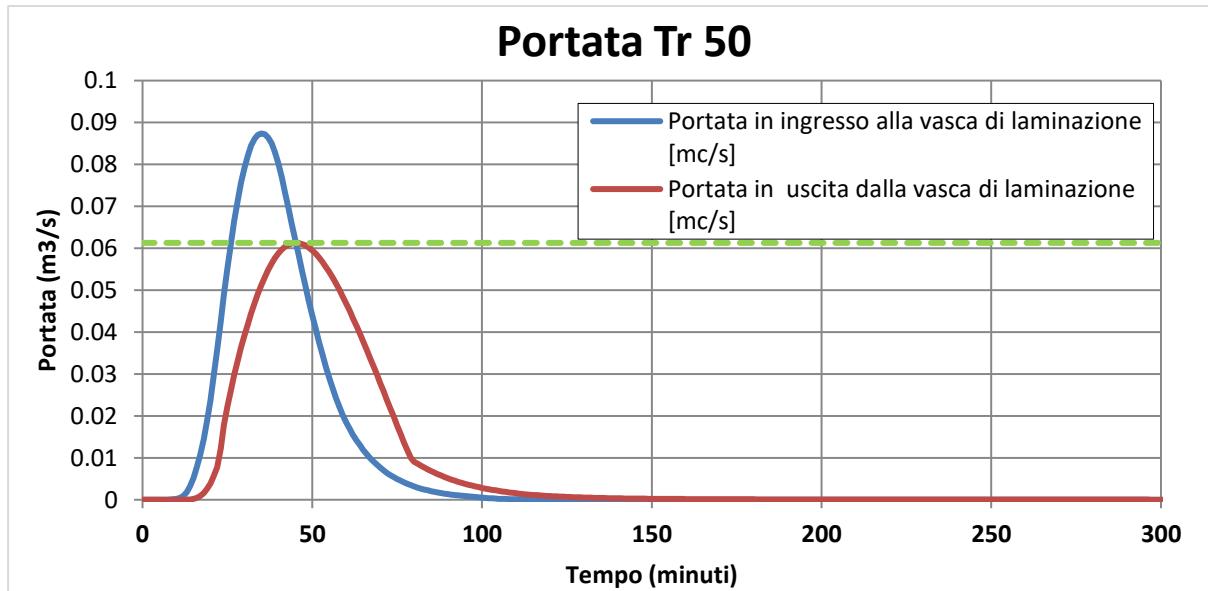


Fig. 20 Idrogramma di piena nel caso delle portate dello stato attuale (in blu) e di progetto (in rosso) per $T_r = 50$ anni. In verde il valore di portata massima raggiungibile

Per poter laminare il picco di portata è necessario accumulare un volume di circa **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 consente 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.

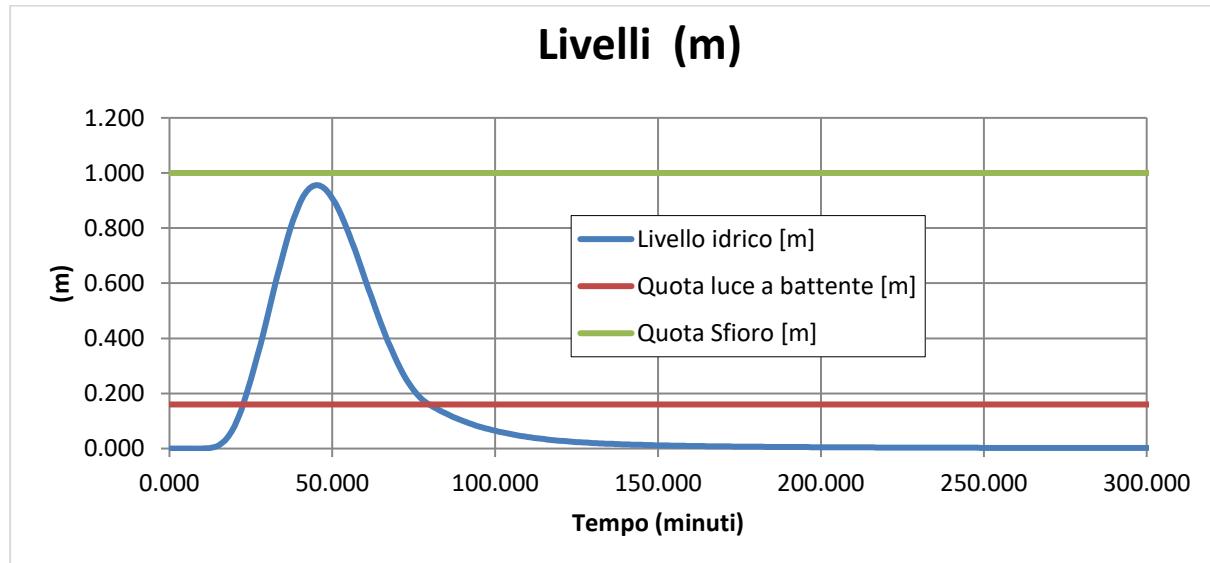


Fig. 21 Andamento dei livelli idrici all'interno della vasca di accumulo; livello idrico (in blu) livello massimo luce a battente (in rosso) per $T_r = 50$ anni. In verde il valore della soglia sfiorante di troppo pieno.

5.5 Indicazioni sulla predisposizione delle vasche

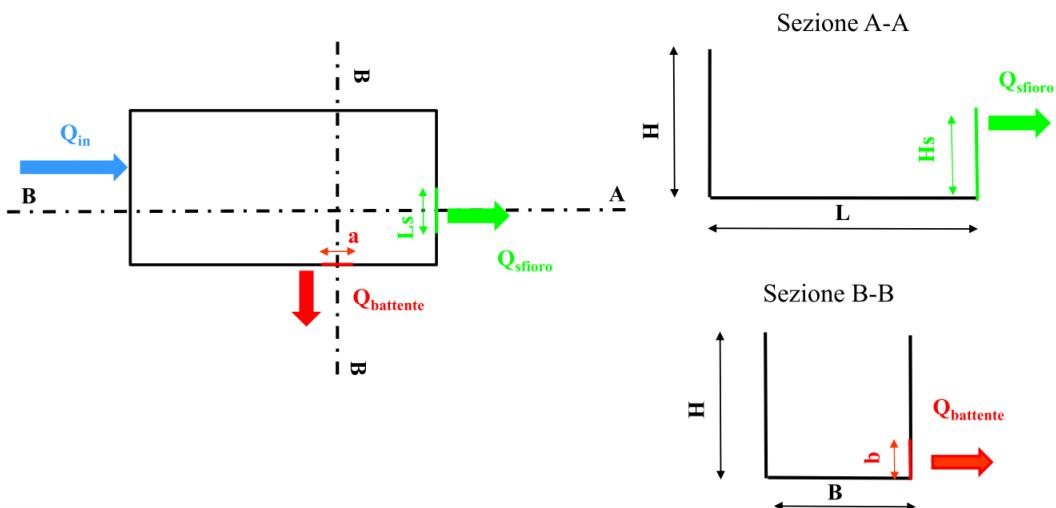


Fig. 23 Schema tipo vasca di accumulo

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.

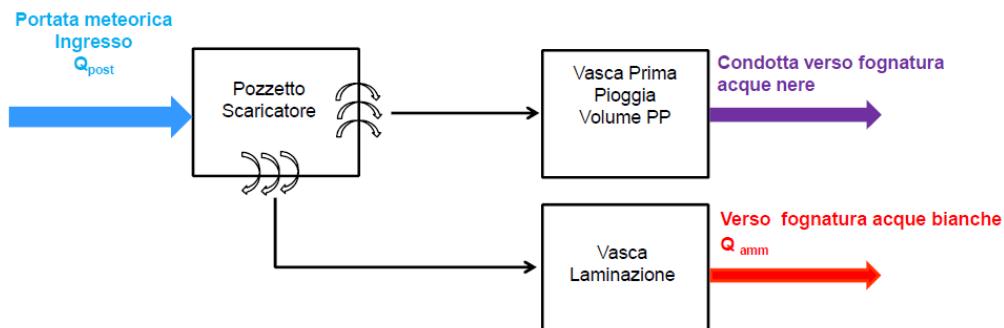


Fig. 24 Schema idraulico vasca prima pioggia vasca di laminazione

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 dreno interna prevede il calcolo della relativa portata considerando un tempo di ritorno Tr = 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 dreno.

| | | |
|--------------------|-------------------|---------|
| 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: $Q = \chi \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i}$

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

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 [$\text{m}^{0.5}$] | | | 0,01 | | |
| Tratto | DN | D comm [m] | r comm [m] | V _r | Q _r | Q _{c/Qr} | V/V _r | 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 [$\text{m}^{0.5}$] | | | 0,01 | | |
| Tratto | DN | D comm [m] | r comm [m] | V _r | Q _r | Q _{c/Qr} | V/V _r | 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 [$\text{m}^{0.5}$] | | | 0,01 | | |
| Tratto | DN | D comm [m] | r comm [m] | V _r | Q _r | Q _{c/Qr} | V/V _r | 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 [$\text{m}^{0.5}$] | | | 0,01 | | |
| Tratto | DN | D comm [m] | r comm [m] | V _r | Q _r | Q _{c/Qr} | V/V _r | 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 $T_r = 20$ 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 $T_r=50$ anni.

Pertanto, in conclusione, sulla base delle considerazioni suseinte, 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