



Comune di Capoterra

Città Metropolitana di Cagliari



Variante Urbanistica sostanziale di una porzione di Zona G1a.3 in località La Maddalena con conversione in Zona D2b

Richiesta di autorizzazione a lottizzare
di un'area in località La Maddalena spiaggia da Zona
G1a.3 a Zona D2b in Comune di Capoterra

ai sensi dell'art.20, L.R. n.45/1989

Relazione

I.B.

Descrizione

Studio relativo alla dimostrazione del
rispetto del principio dell'invarianza idraulica
ai sensi dell'art. 47 delle NTA del PAI

Soggetto Proponente

Sa Idanu Real Estate Srls

Via Pietro Leo, 3 - 09129, Cagliari (CA)

Sindaco

Arch. Beniamino Garau

Professionista incaricato dal Proponente

Ing. Giuseppe Manunza

**Responsabile di Settore Urbanistica,
Edilizia Privata e SUAPE, Igiene urbana**

Ing. Alessandra Farigu

Responsabili dello studio di assetto idrogeologico

Ing. Fabrizio Staffa

Geol. Angelo Vigo



***Studio comunale di assetto idrogeologico
ai sensi dell'art. 8 delle NTA del PAI per
Variante Urbanistica sostanziale di una porzione di Zona
G1a.3 in località La Maddalena con conversione in Zona D2B.5***

***Richiesta di autorizzazione a lottizzare
di un'area in località La Maddalena spiaggia da Zona
G1a.3 a Zona D2b in Comune di Capoterra
ai sensi dell'art.20, L.R. n.45/1989***

Comune di Capoterra – Città Metropolitana di Cagliari

***Allegato I.B - Studio relativo alla dimostrazione del
rispetto del principio dell'invarianza idraulica ai sensi
dell'art. 47 della NTA del PAI***

Settembre 2025



INDICE

1	Premessa	3
1.1	Inquadramento generale degli interventi in progetto	4
1.2	Interventi previsti in progetto.....	4
1.3	Il progetto di Piano Attuativo.....	8
2	Stima dell'invarianza idraulica	11
2.1	Stato attuale o ante operam	11
2.2	Stato di progetto post operam	12
2.3	Stima dell'idrogramma di piena.....	13
2.3.1	Ietogramma di pioggia.....	13
2.3.2	Calcolo dell'idrogramma di piena, basi di calcolo	15
2.3.3	Confronto dell'idrogramma di piena ex ante e ex post.....	15
2.4	Risultati dello studio di invarianza.....	16
2.5	Opere di compensazione	19
2.5.1	Dimensionamento vasca di laminazione.....	19



1 Premessa

Nell'ambito della redazione della variante urbanistica sostanziale al Piano Urbanistico Comunale di Capoterra, necessaria al fine di convertire una porzione di zona G di trasformazione di “Servizi Generali” in zona D a destinazione prettamente commerciale in località La Maddalena Spiaggia, gli scriventi sono stati incaricati della redazione del presente allegato, in cui si sviluppa la stima dell'invarianza idraulica ai sensi dell'art. 47 del Titolo V delle Norme di Attuazione del PAI, al fine di fornire delle indicazioni operative in merito alla concreta attuazione del principio dell'invarianza idraulica al fine di indirizzare e supportare la redazione degli strumenti attuativi del piano in studio, infatti l'art. 47 ai commi 2 e 3 stabilisce che:

“I comuni in sede di redazione degli strumenti urbanistici generali o di loro varianti generali e in sede di redazione degli strumenti urbanistici attuativi, stabiliscono che le trasformazioni dell'uso del suolo rispettino il principio dell'invarianza idraulica. “

“Gli strumenti urbanistici generali ed attuativi individuano e definiscono le infrastrutture necessarie per soddisfare il principio dell'invarianza idraulica per gli ambiti di nuova trasformazione e disciplinano le modalità per il suo conseguimento, anche mediante la realizzazione di vasche di laminazione.”

Per invarianza idraulica, ai sensi dell'Art. 47 delle integrazioni del Titolo V del PAI contenente le “ Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione del rischio di alluvioni (PRGA)” si intende il principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricato dalle aree urbanizzate nei recettori naturali o artificiali di valle non siano maggiori di quelle preesistenti all'urbanizzazione.

E' necessario quindi calcolare l'idrogramma di piena e il corrispondente volume di deflusso, per tempi di ritorno T, pari a 20 anni e 50 anni considerando due diverse configurazioni: stato attuale o ante operam e uno stato di progetto post operam.

Lo scopo dello studio è verificare se la risposta del bacino è stata modificata e in che misura dalla realizzazione delle opere di trasformazione del territorio.

Nei paragrafi seguenti viene brevemente descritta la procedura adottata e i risultati ottenuti.

L'esigenza della variante è stata formalizzata da parte del proponente tramite richiesta di autorizzazione a lottizzare con il Comune in relazione alla realizzazione della struttura commerciale.

Più precisamente, la variante sostanziale al PUC di Capoterra prevede la riclassificazione della porzione sud del comparto G1a.3 in sottozona D2b “Insediamento produttivo commerciale”, comparto D2b.5, disciplinato dall'articolo 22 delle stesse NTA del PUC.

Inoltre, le due porzioni residue dell'ex comparto G1a.3 derivanti dalla riclassificazione in D2b.5 saranno rinominate in G1a.3a, per l'areale localizzato ad ovest del nuovo comparto D2b.5, e in G1a.3b per l'areale localizzato ad est dello stesso nuovo comparto D2b.5.



1.1 Inquadramento generale degli interventi in progetto

L'area d'intervento risulta ubicata nel Comune di Capoterra in località "La Maddalena" e confina, a nordovest, con altre proprietà, a nord-est con la Strada Provinciale n. 91, in adiacenza ad un esistente ingresso per la lottizzazione "La Residenza del Sole", a sud-est con la Strada Statale n. 195 e a sud-ovest con la Strada Vicinale di Santa Barbara: i terreni coinvolti, distinti nel Catasto Terreni di Capoterra al foglio 26, mappali 710 e 711, per una superficie complessiva di 23.246,00 mq, risultano essere suoli agricoli caratterizzati, secondo il classamento catastale, da una qualità della coltura "orto irriguo" con classe di produttività 2 ma, attualmente, non sono interessati da colture agricole.

Dal punto di vista cartografico la lottizzazione oggetto degli interventi è inquadrata nel Foglio 566 IV "La Maddalena" della Cartografia I.G.M. in scala 1:25.000, e nella Sezione 566 010 "Ponte Maramura" della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) della Sardegna in scala 1:10.000.

1.2 Interventi previsti in progetto.

Il progetto prevede la sistemazione dei lotti destinati a servizi pubblici e in generale aree verdi e parcheggi lungo la SP n. 91, in modo tale da poter essere immediatamente fruibili e visibili dalla collettività, avendo la possibilità di potenziare il sistema dell'offerta pubblica di zona. I lotti privati saranno disposti sul retro dei lotti pubblici di cessione, accessibili da una strada di lottizzazione, sovradimensionata rispetto agli standards imposti per la zona D. La strada di lottizzazione sarà accessibile da una rotatoria di nuova realizzazione, a carico della ditta proponente, su area della SP n. 91.



Figura 1.1: lottizzazione oggetto degli interventi in progetto su cartografia IGM 1:25.000

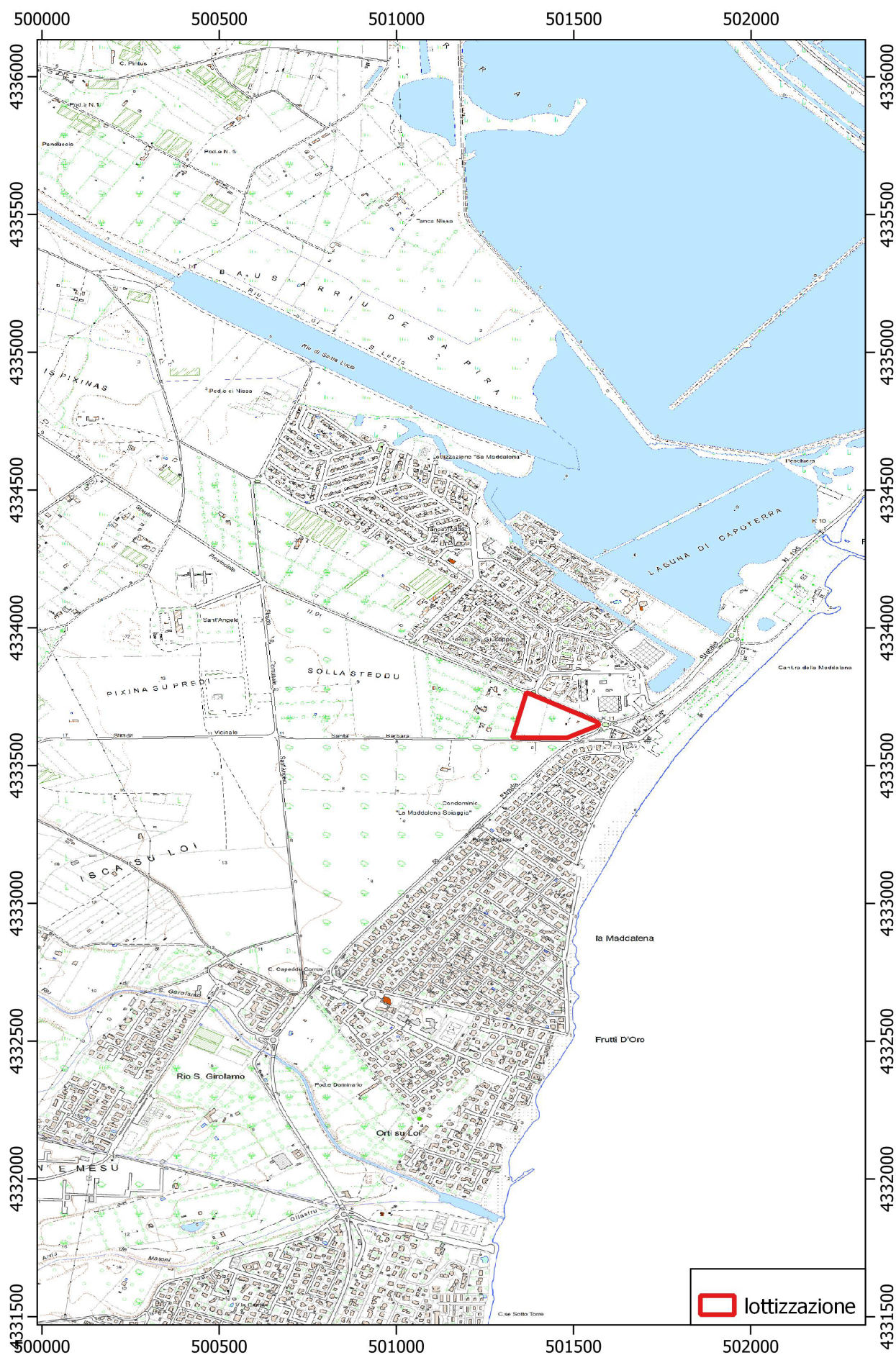


Figura 1.2: lottizzazione oggetto degli interventi in progetto su cartografia DBGT10k_22.



Figura 1.3: lottizzazione oggetto degli interventi in progetto su cartografia del GeoServer Web Map Service (2022)

1.3 Il progetto di Piano Attuativo

Il progetto prevede la realizzazione nella parte nord-ovest del piano di una strada di lottizzazione 1, perpendicolare all'esistente SP n. 91 la quale sarà accessibile attraverso la futura realizzazione di una rotatoria esterna al piano di lottizzazione, che permetterà anche una maggior connessione con la preesistente lottizzazione "La Residenza del Sole" e una strada di lottizzazione 2, adiacente alla Strada Vicinale di Santa Barbara. Sarà posizionato adiacente alla strada di lottizzazione 1 il lotto n. 1, che avrà accesso sia dalla strada precedentemente citata, sia dalla Strada Vicinale di Santa Barbara. Accanto al Lotto n. 1, sarà invece posizionato il lotto servizi, accessibile dalla Strada Vicinale di Santa Barbara. Si prevede la realizzazione di fasce di verde pubblico nella parte nord-ovest del Piano, adiacente alla SP n. 91 e nella parte sud-est del Piano adiacente alla Strada Vicinale di Santa Barbara, favorendo la permeabilità delle aree esterne, funzionale alle esigenze di gestione sostenibile delle acque meteoriche e funge da schermatura per i lotti interni alla lottizzazione. Esse inoltre avranno la funzione di perimetrare la fascia di rispetto dei "Fortini" in modo tale da garantirne una maggiore visibilità e fruibilità da parte dell'amministrazione comunale. Sulla parte est del Piano, accessibile dalla strada di lottizzazione 2, sarà presente l'area parcheggio che grazie alla sua posizione servirà non solo l'area interessata dal progetto di Piano ma anche il contesto, come la "Maddalena Spiaggia" o le varie lottizzazioni vicine.



Figura 1.4: estratto Stralcio esplicativo intervento in progetto

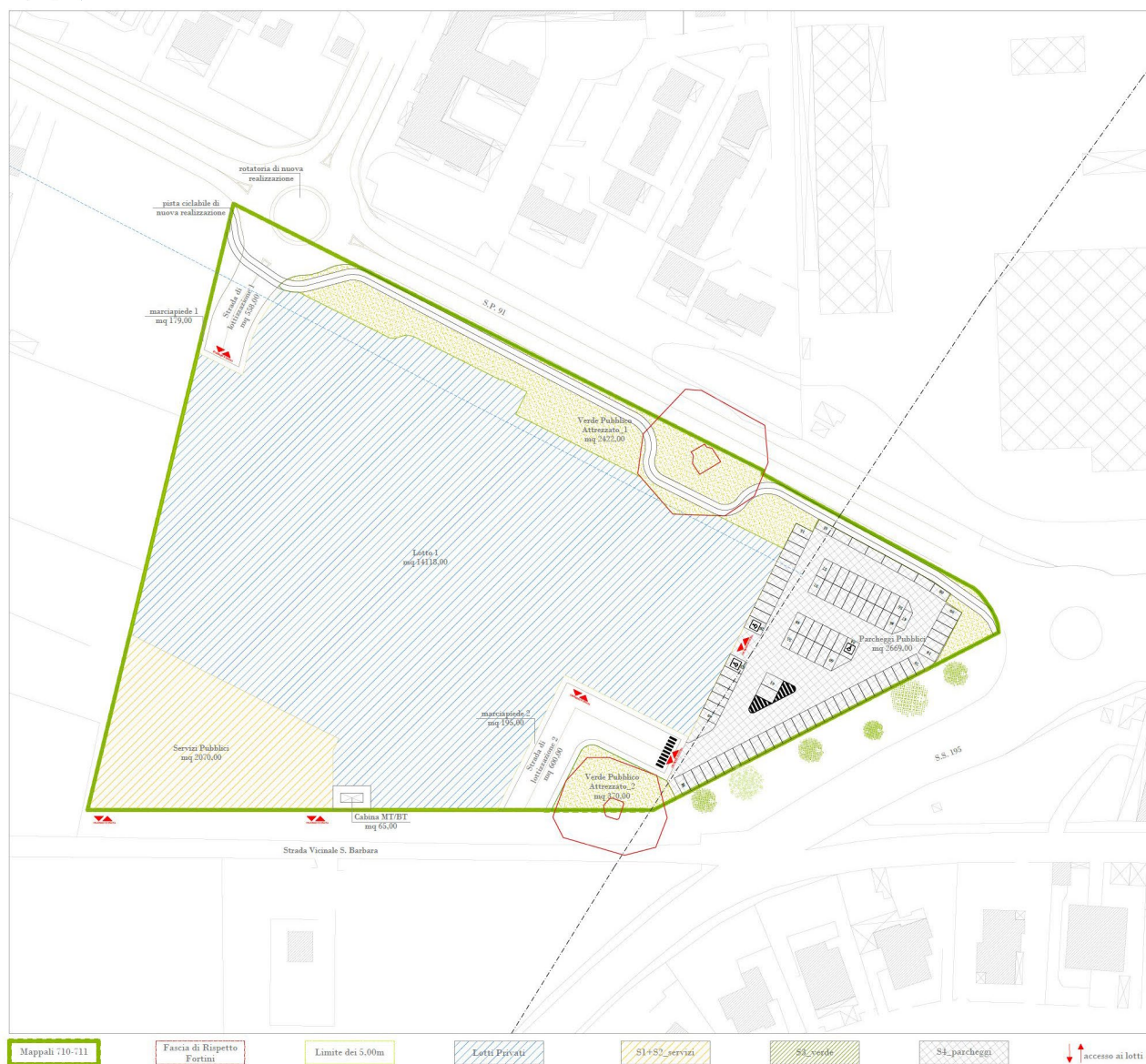


Figura 1.5: estratto Tavola 4 – Planimetria generale della proposta di lottizzazione

Parallelamente alla viabilità suddetta saranno realizzate le reti tecnologiche (rete di smaltimento acque nere, rete smaltimento acque meteoriche, rete idrica, illuminazione pubblica, rete telefonica, rete elettrica) che serviranno i vari lotti. È ricompresa anche la superficie di 65 mq occupata dalla cabina ENEL.



SUPERFICIE D'INTERVENTO		23246,00	mq
STANDARDS			
superf. MINIMA di aree da destinare a cessione	20%	4649,20	mq
DA PUC_ zona D2B			
SERVIZI S1 + S2	10%	2324,60	mq
S3 - verde pubblico attrezzato	5 %	1162,30	mq
S4 - parcheggi pubblici	5 %	1162,30	mq
CESSIONI DI PROGETTO			
SERVIZI S1 + S2	10,0189%	2329,00	mq
S3 - verde pubblico attrezzato	10,3502%	2406,00	mq
S4 - parcheggi pubblici	13,9508%	3243,00	mq
aree CEDUTE IN PROGETTO	34,3199%	7978,00	mq

CALCOLI PLANOVOLUMETRICI DI PROGETTO		
Sup. da lottizzare	23246,00	mq
Superficie cessioni (S1+S2+S3+S4)	7978,00	mq
PERCENTUALE CESSIONI (min. 20%)	34,3199%	
Superficie strade /marciapiedi	1253,00	mq
Somma sup. cessioni	9231,00	mq
Superficie netta - cessioni	14015,00	mq
Cabina ENEL	65,00	mq
SUPERFICIE FONDIARIA = Superficie - cessioni - ENEL	13950,00	mq
Indice territoriale	1,00	mc/mq
Volume realizzabile totale (Sup. * i.t)	23246,00	mc
Volume PUBBLICO (10% Vol. totale)	2324,60	mc
Volume LOTTI PRIVATI	20921,40	mc
Indice fabbricabilità fondiario definitivo	1,499741935483870	mc/mq

LOTTO	Area LOTTIZZATA	Vol. Totale	Sup. Coperta
	mq	mc	mq
1	13950,00	20921,40	6975,00



2 STIMA DELL'INVARIANZA IDRAULICA

2.1 Stato attuale o ante operam

La superficie fondiaria totale è di circa 23'246 mq, quindi ricade nella classe c con Livello di impermeabilizzazione potenziale “**significativa**”, così come definita dalle “*Linee guida e indirizzi operativi per l’attuazione del principio della invarianza idraulica*”¹.

Dalla carta del Curve Number (CN), sviluppata e prodotta dal Dipartimento Geologico dell’ARPAS, costruita a partire dalle carte al 25.000 relative all’uso del suolo - 2008 e alla permeabilità dei substrati e che rappresenta l’adeguamento della carta regionale adottata nell’ambito del Piano Stralcio Fasce Fluviali (PSFF) della Regione Sardegna (DGR n. 2 del 17/12/2015), è stato ottenuto

Descrizione	UDS	Tipo di suolo	Superficie [mq]	CN II	CN III
FRUTTETI E FRUTTI MINORI	222	A	23246.00	62.00	78.96
Totale lottizzazione			23246.00	62.00	78.96

Tabella 2-1: Uso del Suolo e CN per il comparto oggetto del presente studio

Dalla combinazione tra tipo di suolo e uso del suolo si è stimato un CN-II medio dell’area interessata dalla lottizzazione in studio pari a **62** che è poi stato convertito in CN-III (AMC III) pari a **78.96** secondo le procedure indicate dal SCS.



Figure 2.1: CN stato attuale su ortofoto 2022 del GeoServer Web Map Service

¹ Allegato alla deliberazione n. 2 del 23/11/2016 del Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino Regionale.



2.2 Stato di progetto post operam

In funzione degli interventi previsti nel piano è stato assegnato un differente valore di Curve Number in funzione della copertura prevista tra quelli indicati nell'Allegato 1 delle “Linee guida e indirizzi operativi per l’attuazione del principio della invarianza idraulica” o reperiti in letteratura.

<i>Parametro urbanistico</i>	<i>SUPERFICIE [mq]</i>	<i>CN II</i>	<i>CN III</i>
AREA VERDE (CESSIONI)	2,406.00	63.00	79.66
CABINA ENEL	65.00	93.00	96.83
PARCHEGGI E VIABILITÀ INTERNA	11,479.00	93.00	96.83
CORTILI	2,321.00	80.50	90.47
SUPERFICE COPERTA	6,975.00	93.00	96.83
TOT LOTTO	23,246.00	88.65	94.73

Tabella 2-2: Valori CN post operam per la lottizzazione oggetto del presente studio

È stato stimato un CN-II medio dell'area interessata dalla lottizzazione in studio per lo stato di progetto pari a **88.65**, che convertito in CN-III (AMC III) è pari a **94.73**.

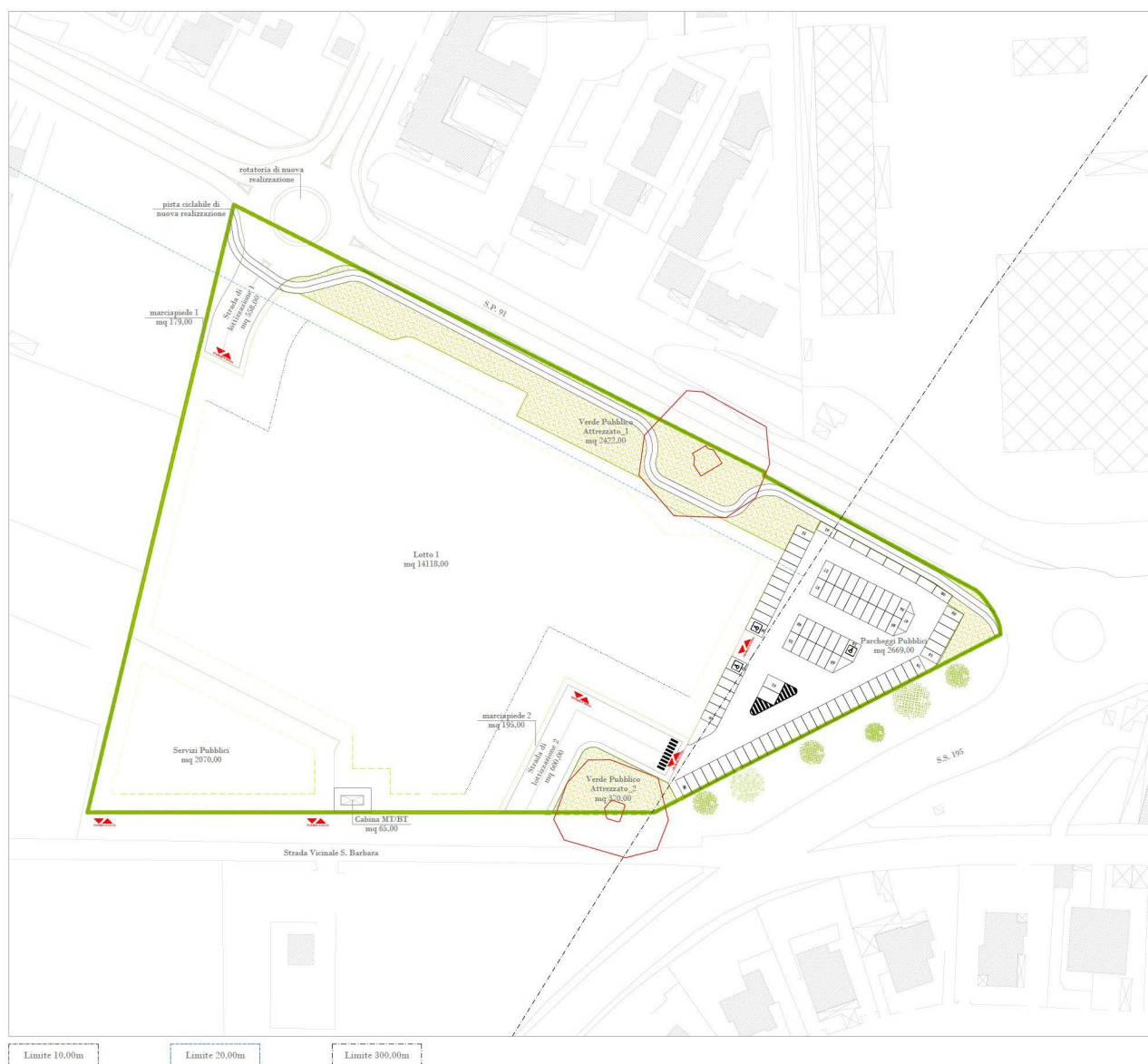


Figure 2.2: Stralcio Tavola 4 – Planimetria generale della proposta di lottizzazione



2.3 Stima dell'idrogramma di piena

2.3.1 Ietogramma di pioggia

Per la valutazione dell'idrogramma di piena è stato considerato uno ietogramma Chicago avente una durata di 30 minuti con picco in posizione $r=0.4$.

Nella tabella che segue sono riportati i risultati ottenuti rispettivamente per i tempi di ritorno dei 20 e dei 50 anni. La doppia analisi è utile se non indispensabile infatti le opere di dreno e collettamento delle acque meteoriche devono essere dimensionate per eventi meteorici con tempi di ritorno di 10 o 20 anni, mentre le direttive per l'applicazione dell'invarianza idraulica impongono, per la verifica ed il dimensionamento delle opere di compensazione (eg. vasche di laminazione), che le analisi siano condotte per eventi meteorici con tempi di ritorno di 50 anni.

Si fa presente che l'altezza di pioggia in funzione della durata della pioggia e del tempo di ritorno è stata calcolata in base alle Curve di possibilità pluviometrica regionalizzate per la Regione Sardegna (Deidda et al.2000) per tempi di ritorno pari a 20 e 50 anni.

	T=20	T=50
a	40.85508	50.40052
n	0.4327	0.4915
μg	60.00	60.00
SZO	2.00	2.00
Durata ietogramma(minuti)	1.00	1.00
ARF	0.98669	0.98669
Superficie totale (mq)	23246.00	23246.00

Tabella 2-3: dati usati per l'intero comparto oggetto degli interventi in progetto

Le altezze di pioggia sono i dati di input del software HEC HMS per la determinazione degli idrogrammi di progetto, del bacino complessivo.

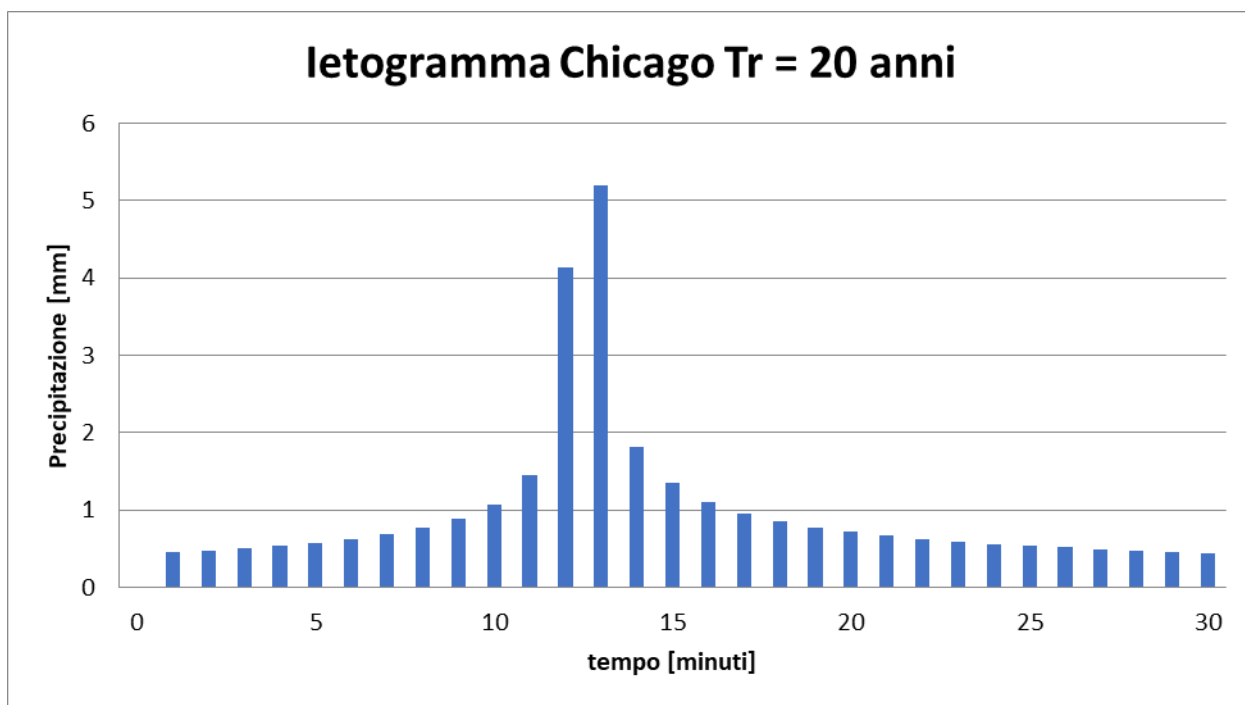


Figure 2.3: Precipitazione in mm per tempo di ritorno di 20 anni

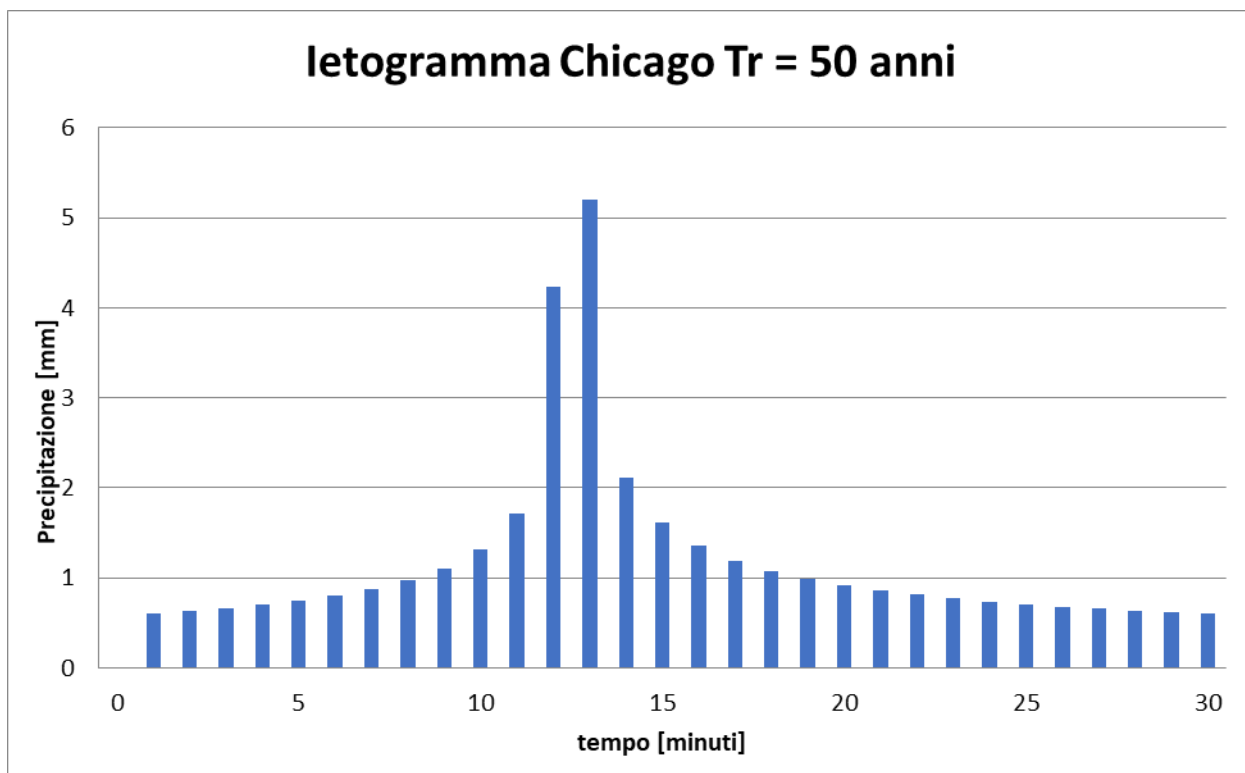


Figure 2.4: Precipitazione in mm per tempo di ritorno di 50 anni



2.3.2 Calcolo dell'idrogramma di piena, basi di calcolo

Per generare l'idrogramma di piena, risposta del bacino alla pioggia precedentemente definita si è utilizzato il modello dell'idrogramma unitario del SCS. Preliminarmente la pioggia lorda è stata depurata dalle perdite e trasformata in pioggia netta ottenendo il corrispondente ietogramma di pioggia netta. Il metodo utilizzato per la depurazione della pioggia è quello del Curve Number del SCS.

Per la determinazione dell'idrogramma si è considerata come sezione di chiusura del bacino totale il punto morfologicamente più depresso.

Il tempo di corrvazione è stato stimato con la formula di Boyd, utilizzato in letteratura per aree pianeggianti di piccole dimensioni, e in aree urbane:

$$T_c = T_0 + T_r$$

$$T_0 = k \times S^\delta$$

$$T_r = \frac{\sqrt{(1.5 \times S)}}{V}$$

Dove

$$K = 2,51$$

S = superficie in Km²

V = velocità = 1 m/s per bacini pianeggianti

$$\delta = 0,38$$

Da cui

	LOTTIZZAZIONE COMPLETA
S [km²]	0.02325
T_c [h]	0.78775
T_c [min]	47.26491
T_{lag} [min]	28.35894

Quindi come **T_{lag}** si è assunto un valore pari a **0.6 T_c = 30 minuti**.

2.3.3 Confronto dell'idrogramma di piena ex ante e ex post

Nella Tabella 2-4 sono riportati i parametri utilizzati per il calcolo della portata e dell'idrogramma di piena nella situazione attuale e nella situazione post intervento.

	CN(AMCII)	CN(AMCIII)	fs (mm)	Ia (mm)
Stato attuale	62.000	78.959	67.686	13.537
Stato di progetto	88.647	94.725	14.144	2.829

Tabella 2-4: parametri per il calcolo dell'idrogramma di piena

Dove:

fs è la capacità massima di assorbimento del bacino (è la massima quantità invasabile nel terreno dopo l'inizio del deflusso superficiale);

Ia è il fattore di ritenzione iniziale.



2.4 Risultati dello studio di invarianza

Le analisi sviluppate nella presente relazione condotte secondo le *“Linee guida e indirizzi operativi per l’attuazione del principio della invarianza idraulica”*², ha verificato che a seguito degli interventi in progetto, sull'intero comparto che ha un'estensione di circa 2.32 ha, abbiamo una differenza delle portate di picco tra stato di fatto e stato di progetto per l'evento dei 50 anni di 127 l/s (109 l/s per il tempo di ritorno dei 20 anni), con una differenza tra i volumi dell'intero evento di piena di 332 m³ (283 m³ per il tempo di ritorno dei 20 anni).

	Portata di picco (mc/s) _ T=20 anni	Volume di piena (mc)_ T=20 anni
Stato Attuale (AMCIII)	0.140	367.00
Stato di progetto	0.249	650.00
Differenza	0.109	283.00
	Portata di picco (mc/s) _ T=50 anni	Volume di piena (mc)_ T=50 anni
Stato Attuale (AMCIII)	0.168	444.00
Stato di progetto	0.295	776.00
Differenza	0.127	332.00

Tabella 2.5: Tabella riassuntiva risultati ottenuti

I valori della situazione ex post, come anticipato, sono indicativi e se si adottassero soluzioni progettuali particolari come asfalti drenanti per la viabilità, tetti verdi, sistemazioni particolari delle aree a verde etc, si ridurrebbe sicuramente la necessita di realizzare ulteriori opere di compensazione per garantire l'invarianza idraulica. Se in fase esecutiva si adottassero soluzioni differenti la stima dell'invarianza idraulica dovrebbe essere rimodulata.

² Allegato alla deliberazione n. 2 del 23/11/2016 del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale.
Allegato I.B Stima dell'invarianza idraulica

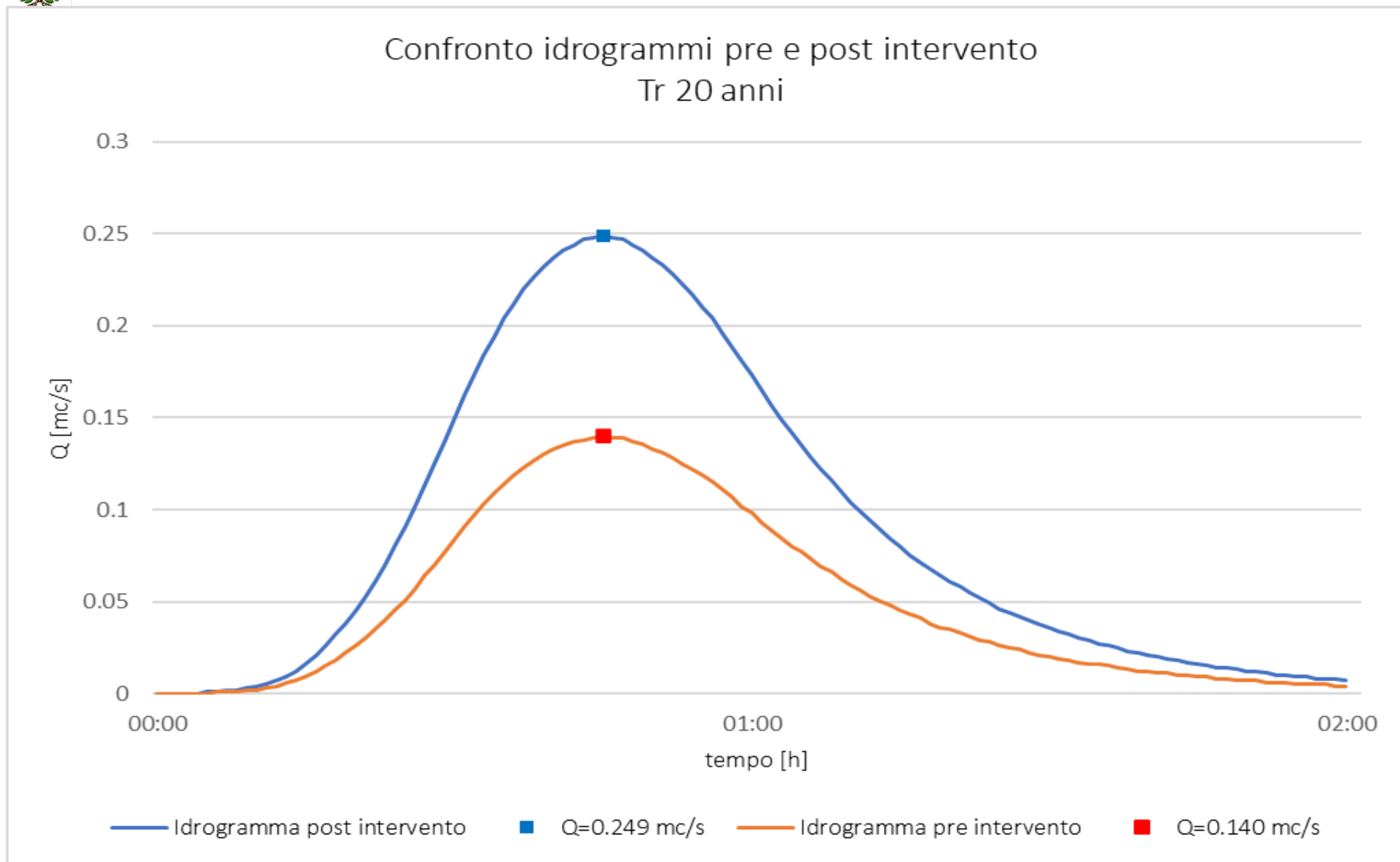


Figure 2.5: Confronto idrogrammi pre e post intervento- Tr 20 anni

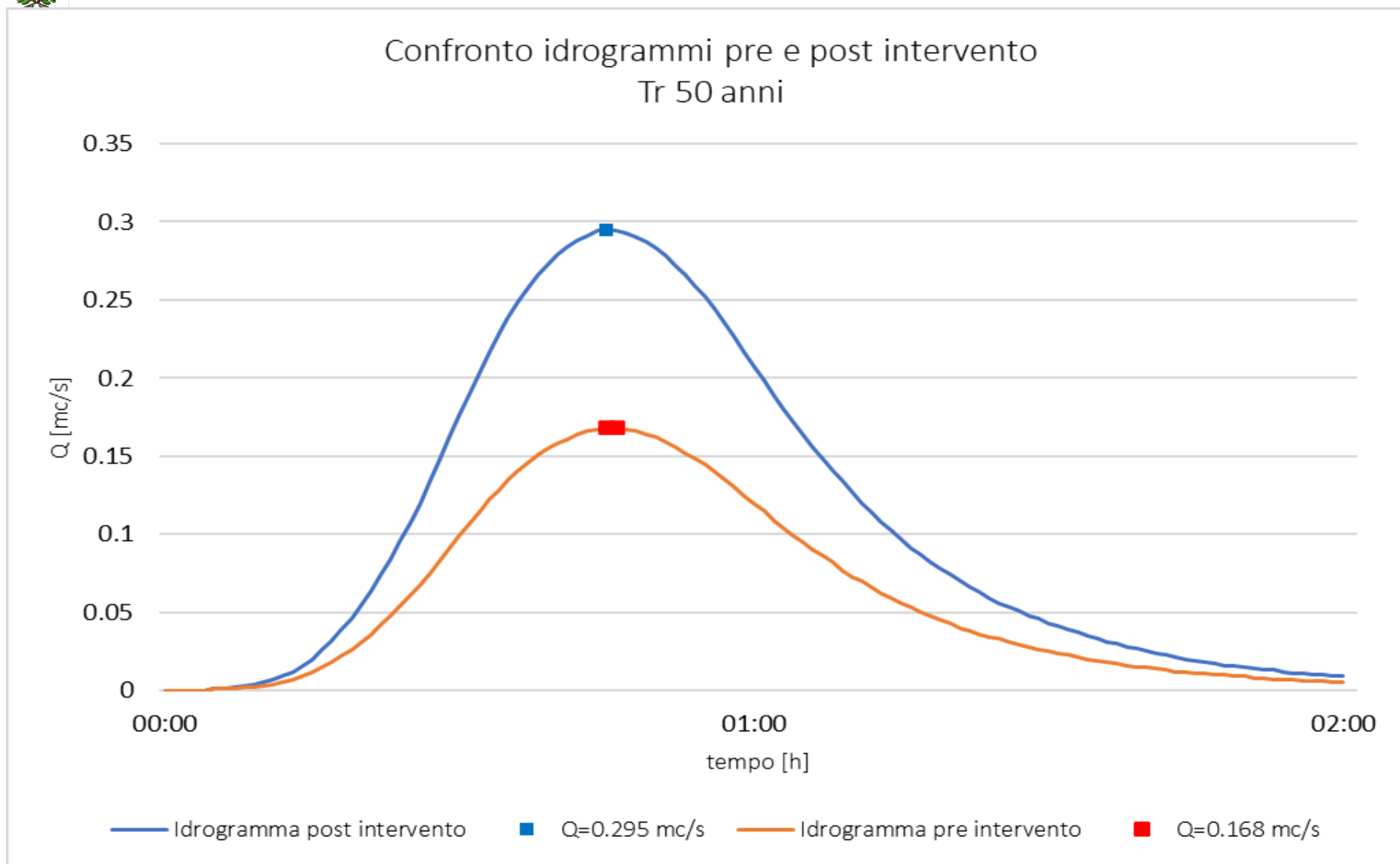


Figure 2.6: Confronto idrogrammi pre e post intervento - Tr 50 anni



2.5 Opere di compensazione

Nel presente paragrafo si sviluppa un dimensionamento di massima del tutto indicativo, considerando di realizzare un'unica opera di compensazione per l'intera lottizzazione in progetto di 2.31 ettari, e di mantenere le ipotesi progettuali prospettate nella presente relazione, resta inteso che nel caso, in fase esecutiva, si adottassero criteri costruttivi e soluzioni differenti, il dimensionamento delle opere di compensazione dovrebbe essere riverificato.

2.5.1 Dimensionamento vasca di laminazione

Come opera di compensazione si ipotizza di realizzare un'unica vasca di laminazione avente dimensioni a sezione rettangolare, avente lunghezza $L = 18$ metri e larghezza $B = 10$ m per una superficie complessiva di 180 m^2 , e una pendenza del fondo dell'1 ‰.

Si prevede che la vasca abbia inoltre una luce a battente sul fondo a sezione rettangolare alta 20 cm e larga 25 cm, e una soglia sfiorante posta alla quota di 1.75 metri larga 60 centimetri per un volume complessivo destinato alla laminazione di 300 mc, con queste dimensioni si rispetta il l'invarianza idraulica avendo una portata in uscita dalla vasca minore della portata di picco nelle condizione ex ante ($Q_{u \text{ max}} = 0,164 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{max}} \text{ stato attuale } 0,168 \text{ m}^3/\text{s}$).

Di seguito sono rappresentati sinteticamente in forma grafica i risultati della laminazione.

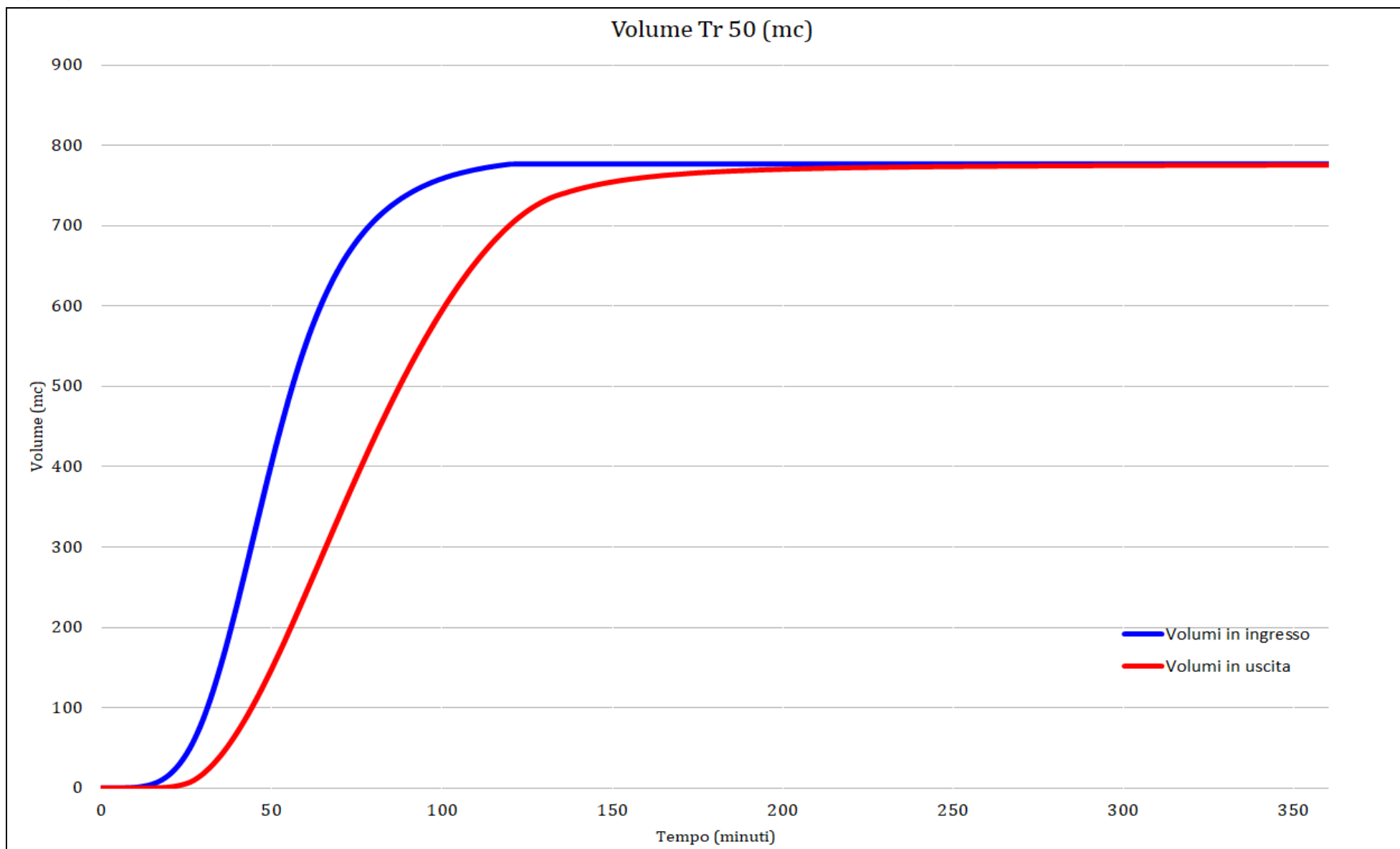


Figure 2.7: volumi in ingresso ed in uscita nella vasca di laminazione

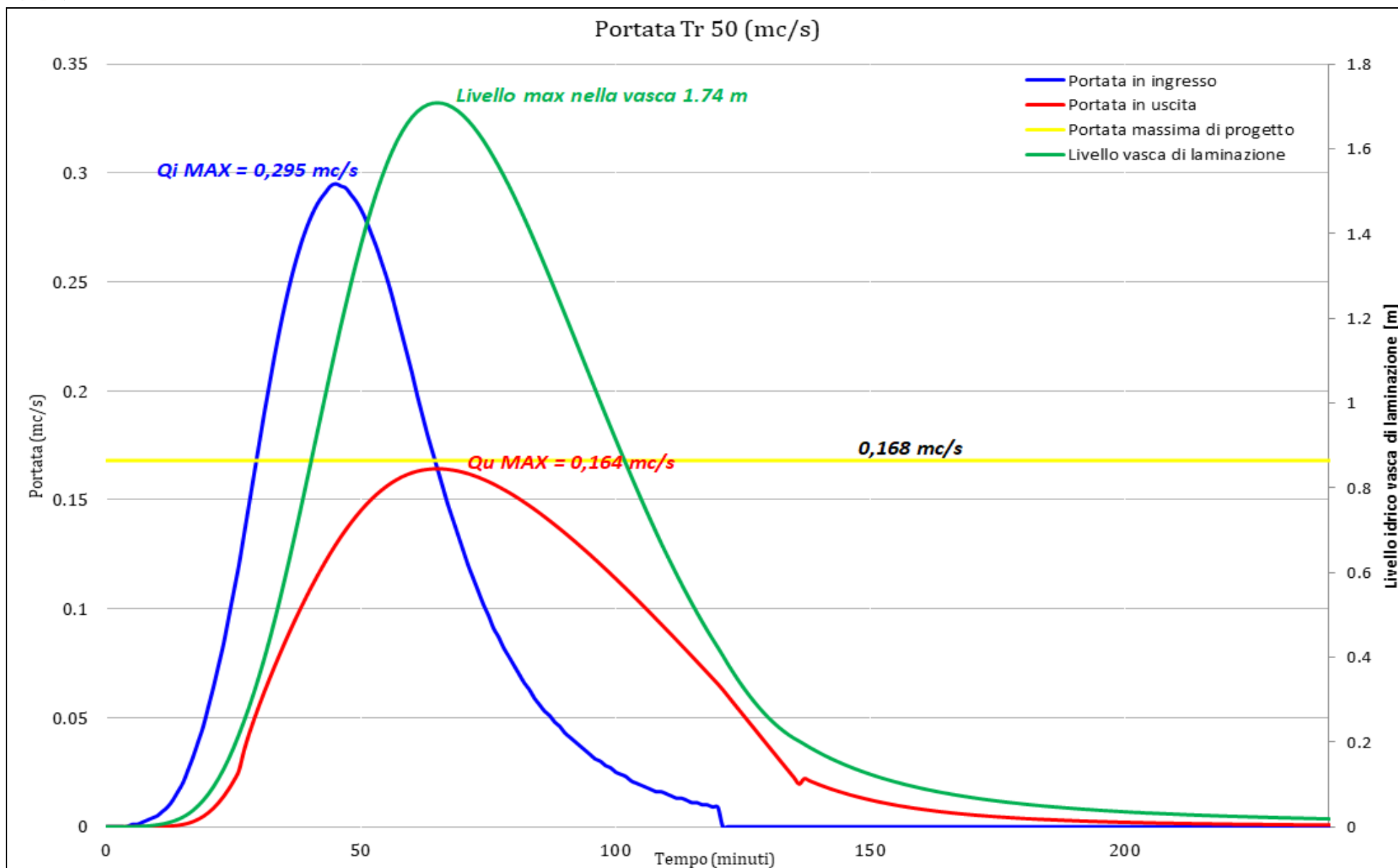


Figure 2.8: portate in ingresso ed in uscita nella vasca di laminazione e livello idrico