

Calcolo del volume da invasare per la invarianza idralica dell'area in progetto

Area in studio: ATO 1 Capoluogo

Equazione di possibilità pluviometrica:

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

con: AINT= **59,8**

NINT= **0,287**

Coefficiente di deflusso area trasformata ØBS2 = **0,60**

Coefficiente di deflusso area prima della trasformazione ØBS1 = **0,10**

Area oggetto di trasformazione BS (mq) = **94038,2491**

Il tempo t viene assunto pari al tempo di corrivazione (tc), ovvero il tempo che impiega una goccia d'acqua caduta nel punto più lontano (dell'area di trasformazione) rispetto alla sezione idraulica di uscita, ad arrivare alla sezione stessa

Si ritiene di calcolare il tempo di corrivazione con la seguente formula, come uno tra i metodi idonei per il calcolo del tempo di corrivazione per le aree urbanizzate

$$tc = to + tr$$

dove:

to = Tempo di ruscellamento, ovvero il tempo necessario alla goccia d'acqua ad arrivare dal terreno alla rete fognaria

tr = Tempo di percorrenza della rete fognaria

I valori di to e di tr vengono calcolati con le seguenti formule:

(formula di Boyd) $to = k \times S^d$ con $tr = \frac{\sqrt{1.5 \times S_{urb}}}{v}$

con

k= 2,51 costante

v(m/s)= 1 costante

d= 0,38 costante

S(kmq)= 0,09403825 Valore dell'area di trasformazione

S (kmq)= 0,09403825 Valore dell'area di trasformazione

trasformazione

to= espresso in ore		tr= espresso in ore		tc (minuti) =	
to (minuti) =	61,33	tr (minuti) =	22,53	tc (minuti) =	83,87
to (ore) =	1,02	tr (ore) =	0,38	tc (ore) =	1,40
to (secondi) =	3679,87	tr (secondi) =	1352,07	tc (secondi) =	5031,94
to(giorni) =	0,04259104	tr (giorni) =	0,015649	tc (giorni) =	0,058

$$h = a \times t^n \quad : \quad 65,83 \text{ mm} \quad \text{con } tc \text{ espresso in ore}$$

Altezza (in millimetri) della precipitazione per il tempo t pari al tempo di corrivazione e per tempi di ritorno di 50 anni

Calcolo della portata di piena in prima approssimazione (a valle)

Questo valore non entrerà nei calcoli successivi per la determinazione dell'invaso, ma è utile per una conoscenza di massima della portata dell'area dopo la trasformazione urbanistica

La formula è la seguente:

$$Q_{max} = 0.1157 \times \Phi \times \frac{S \times h}{tc}$$

con:

Qmax= espresso in L/s

Ø= coefficiente di deflusso

S= espresso in ettometri quadri, ovvero in ettari (ovvero in kmq moltiplicati per 100)

tc= espresso in ore

Da cui:

Qmax= **739,008** L/s che equivalgono a **0,739** mc/s

Determinazione del coefficiente udometrico

Il coefficiente udometrico è la portata massima per unità di superficie che defluisce da un'area (in questo caso dall'area oggetto di trasformazione).

Questo valore, analogamente alla Qmax calcolata in precedenza, non entrerà nei calcoli per la determinazione dell'invaso, ma è un dato utile e di rilevante significato idraulico, che serve per la comprensione della capacità di invaso (ovvero di drenaggio) dell'area oggetto di trasformazione

Il coefficiente udometrico si esprime in $L / s \times ha$

E' il rapporto tra la Portata massima e l'Area di trasformazione

u= **79** L / s × ha

Scheda 1/a

CALCOLO DEL VOLUME DI INVASO

La normativa vigente in materia prescrive che ogni intervento di trasformazione idraulica non vada ad aggravare la situazione preesistente.

Poiché ogni intervento di trasformazione del suolo va a modificare la capacità dell'area di invasare (cioè drenare) acqua, devono essere, eventualmente, previsti dei bacini o dei sistemi idraulici tali da compensare l'acqua non più trattenuta in modo naturale

La formula prevede la laminazione con andamento lineare.

In questa sede, non si ripetono i concetti di idraulica già espressi nella relazione, alla quale si rimanda.

E' sufficiente ricordare che deve essere calcolata la "durata di precipitazione critica", ovvero la durata di precipitazione (in genere : del tempo di corrivazione), che massimizza la differenza tra il volume di invaso prima della trasformazione, e quello dopo la trasformazione.

In altre parole, variando il tempo di durata della pioggia, bisognerebbe calcolare i diversi invasi (prima e dopo la trasformazione) e prendere quello più grande di tutti.

Questa operazione viene fatta con l'ausilio dell'analisi differenziale, ovvero scrivendo una funzione che contempli i 2 diversi invasi e ne faccia la differenza, e che dipenda dal tempo di pioggia. Poi si calcola la derivata e la si pone = 0 calcolandone i massimi.

La formula che segue consente di determinare il tempo di pioggia critico, considerando una portata di laminazione lineare

Si riprendono i valori riportati in precedenza (che sono costanti a parte la superficie oggetto di trasformazione)

		Puppini		Puppini
AINT=	59,8	59,3313288	AORA=	61,18
NINT=	0,287	0,30016535	NORA=	0,215
ΦBS1 =	0,1			
ΦBS2 =	0,60			
Area (BS)=	94.038	(mq) =	9,4038	ha
TINT (min)=	83,87	TEST(min)=	120	

Sono definiti:

QM1 = Portata dell'area prima della trasformazione (in L/s)

QM2 = Portata dell'area dopo la trasformazione (in L/s)

tc=TINT= Tempo di corrivazione dell'area dopo la trasformazione (in minuti)

ΦBS1 = Coefficiente di deflusso prima della trasformazione

ΦBS2 = Coefficiente di deflusso dopo la trasformazione

AORA= Coefficientea della curva di possibilità pluviometrica per t compreso tra 1 e 6 ore

NORA= Coefficiente n della curva di possibilità pluviometrica per t compreso tra1 e 6 ore

AINT= Coefficiente a della curva di possibilità pluviometrica per t compreso tra 0,75 e 3 ore

NINT= Coefficiente n della curva di possibilità pluviometrica per t compreso tra 0,75 e 3 ore

$$\text{Calcolo di QM1} = \frac{[(AORA * ((TEST/60)^{(4 * NORA/3)})) / 1000] * BS * \Phi BS1 * 1000}{[(TEST + TINT) * 60]} \times [1 + TINT / TEST]$$

$$\text{Calcolo di QM2} = \frac{[(AINT * ((TINT/60)^{(4 * NINT/3)})) / 1000] * BS * \Phi BS2 * 1000}{[(TINT + TINT) * 60]} \times [1 + TINT / TINT]$$

$$Q_{M1} = 97,89 \text{ L/s} \quad \text{portata massima attuale}$$

$$Q_{M2} = \boxed{761,82} \text{ L/s} \quad \text{portata massima futura}$$

La durata di pioggia critica T_{CRIT} risulta:

$$T_c = TINT = 83,87 \text{ min} \quad QM1 / QM2 = 0,128$$

La formula deriva dall'interpolazione con una funzione a potenza del grafico per determinare la pioggia critica con invaso di detenzione regolato da una portata in uscita ad andamento lineare.

$$\frac{T_{CRIT}}{T_c} = \frac{\left(\frac{Q_{M1}}{Q_{M2}} \right)^{\left(\frac{-1}{0.7718} \right)}}{0.4563 \left(\frac{-1}{0.7718} \right)}$$

Scheda 1/b

$T_{CRIT} / T_C = 5,165$ da cui $T_{CRIT} = 433$ min

Da qui si calcola il Volume Critico di Invaso (espresso in metri cubi), cioè il volume di invaso che deve essere reperito in caso di trasformazione del suolo dell'area. Per il calcolo si è usato il grafico riportato

nella relazione della VCI

$$V_{CR} = \left(\frac{Q_{M2} * t_c * 60}{1000} \right) * \left[\left(\frac{T_r}{t_c} \right)^{4\frac{2}{3}} - \left(0.5 * \frac{Q_{M1}}{Q_{M2}} \right) * \left(\frac{T_r}{t_c} + 1 \right) \right]$$

$V_{cr} = 4.057$ mc Volume da invasare mediante collettori o altri metodi

$V_{spec} = 431$ (mc/ha) Volume specifico di invaso (volume di invaso per ettaro)

Si fa notare, al termine della trattazione, che il metodo utilizzato, è indicato come "Stabilizzazione Idraulica Deduttiva"

Esistono poi altri metodi definiti di "Stabilizzazione Idraulica di Base" e anche quella "Induttiva"

Nel caso in esame si è utilizzato sempre il metodo deduttivo con tempo esterno di 120 min come indicato dal PATI Montagnanense

Considerando il volume minimo da invasare secondo quanto previsto dal Genio Civile di Padova:

Tipo di Intervento	Superficie intervento [ha]	Volume specifico minimo da invasare m ³ /ha (volume di invaso per ettaro)	Volume da invasare mediante collettori o altri metodi
Nuova viabilità (ciclabile)	0,66	800	524
Nuove aree residenziali	5,96	600	3578
Nuove aree commerciali	2,79	700	1950
TOTALE	9,40	644	6052

Calcolo del volume da invasare per la invarianza idralica dell'area in progetto

Area in studio: ATO 1 Capoluogo

Equazione di possibilità pluviometrica:

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

con: AINT= **59,8**

NINT= **0,287**

Coefficiente di deflusso area trasformata ØBS2 = **0,57**

Coefficiente di deflusso area prima della trasformazione ØBS1 = **0,10**

Area oggetto di trasformazione BS (mq) = **57876,6429**

Il tempo t viene assunto pari al tempo di corrivazione (tc), ovvero il tempo che impiega una goccia d'acqua caduta nel punto più lontano (dell'area di trasformazione) rispetto alla sezione idraulica di uscita, ad arrivare alla sezione stessa

Si ritiene di calcolare il tempo di corrivazione con la seguente formula, come uno tra i metodi idonei per il calcolo del tempo di corrivazione per le aree urbanizzate

$$tc = to + tr$$

dove:

to = Tempo di ruscellamento, ovvero il tempo necessario alla goccia d'acqua ad arrivare dal terreno alla rete fognaria

tr = Tempo di percorrenza della rete fognaria

I valori di to e di tr vengono calcolati con le seguenti formule:

(formula di Boyd) $to = k \times S^d$ con $tr = \frac{\sqrt{1.5 \times S_{urb}}}{v}$

con

k= 2,51 costante

v(m/s)= 1 costante

d= 0,38 costante

S(kmq)= 0,05787664 Valore dell'area di trasformazione

S (kmq)= 0,05787664 Valore dell'area di trasformazione

trasformazione

to= espresso in ore		tr= espresso in ore			
to (minuti) =	51,00	tr (minuti) =	17,68	tc (minuti) =	68,68
to (ore) =	0,85	tr (ore) =	0,29	tc (ore) =	1,14
to (secondi) =	3060,04	tr (secondi) =	1060,72	tc (secondi) =	4120,76
to(giorni) =	0,03541716	tr (giorni) =	0,01227682	tc (giorni) =	0,048

$$h = a \times t^n \quad : \quad 62,16 \text{ mm} \quad \text{con tc espresso in ore}$$

Altezza (in millimetri) della precipitazione per il tempo t pari al tempo di corrivazione e per tempi di ritorno di 50 anni

Calcolo della portata di piena in prima approssimazione (a valle)

Questo valore non entrerà nei calcoli successivi per la determinazione dell'invaso, ma è utile per una conoscenza di massima della portata dell'area dopo la trasformazione urbanistica

La formula è la seguente:

$$Q_{max} = 0.1157 \times \Phi \times \frac{S \times h}{tc}$$

con:

Qmax= espresso in L/s

Ø= coefficiente di deflusso

S= espresso in ettometri quadri, ovvero in ettari (ovvero in kmq moltiplicati per 100)

tc= espresso in ore

Da cui:

Qmax= **499,569** L/s che equivalgono a **0,500** mc/s

Determinazione del coefficiente udometrico

Il coefficiente udometrico è la portata massima per unità di superficie che defluisce da un'area (in questo caso dall'area oggetto di trasformazione).

Questo valore, analogamente alla Qmax calcolata in precedenza, non entrerà nei calcoli per la determinazione dell'invaso, ma è un dato utile e di rilevante significato idraulico, che serve per la comprensione della capacità di invaso (ovvero di drenaggio) dell'area oggetto di trasformazione

Il coefficiente udometrico si esprime in $L / s \times ha$

E' il rapporto tra la Portata massima e l'Area di trasformazione

u= **86** L / s × ha

Scheda 1/d

CALCOLO DEL VOLUME DI INVASO

La normativa vigente in materia prescrive che ogni intervento di trasformazione idraulica non vada ad aggravare la situazione preesistente.

Poiché ogni intervento di trasformazione del suolo va a modificare la capacità dell'area di invasare (cioè drenare) acqua, devono essere, eventualmente, previsti dei bacini o dei sistemi idraulici tali da compensare l'acqua non più trattenuta in modo naturale

La formula prevede la laminazione con andamento lineare.

In questa sede, non si ripetono i concetti di idraulica già espressi nella relazione, alla quale si rimanda.

E' sufficiente ricordare che deve essere calcolata la "durata di precipitazione critica", ovvero la durata di precipitazione (in genere : del tempo di corrivazione), che massimizza la differenza tra il volume di invaso prima della trasformazione, e quello dopo la trasformazione.

In altre parole, variando il tempo di durata della pioggia, bisognerebbe calcolare i diversi invasi (prima e dopo la trasformazione) e prendere quello più grande di tutti.

Questa operazione viene fatta con l'ausilio dell'analisi differenziale, ovvero scrivendo una funzione che contempli i 2 diversi invasi e ne faccia la differenza, e che dipenda dal tempo di pioggia. Poi si calcola la derivata e la si pone = 0 calcolandone i massimi.

La formula che segue consente di determinare il tempo di pioggia critico, considerando una portata di laminazione lineare

Si riprendono i valori riportati in precedenza (che sono costanti a parte la superficie oggetto di trasformazione)

	Puppini		Puppini	
AINT=	59,8	59,5106762	AORA=	61,18
NINT=	0,287	0,29510273	NORA=	0,215
ΦBS1 =	0,1			
ΦBS2 =	0,57			
Area (BS)=	57.877	(mq) =	5,7877	ha
TINT (min)=	68,68	TEST(min)=	120	

Sono definiti:

QM1 = Portata dell'area prima della trasformazione (in L/s)

QM2 = Portata dell'area dopo la trasformazione (in L/s)

tc=TINT= Tempo di corrivazione dell'area dopo la trasformazione (in minuti)

ΦBS1 = Coefficiente di deflusso prima della trasformazione

ΦBS2 = Coefficiente di deflusso dopo la trasformazione

AORA= Coefficientea della curva di possibilità pluviometrica per t compreso tra 1 e 6 ore

NORA= Coefficiente n della curva di possibilità pluviometrica per t compreso tra 1 e 6 ore

AINT= Coefficiente a della curva di possibilità pluviometrica per t compreso tra 0,75 e 3 ore

NINT= Coefficiente n della curva di possibilità pluviometrica per t compreso tra 0,75 e 3 ore

$$\text{Calcolo di } Q_{M1} = \frac{[(AORA * ((TEST/60)^{(4 * NORA/3)})) / 1000] * BS * \Phi BS1 * 1000}{[(TEST + TINT) * 60]} \times [1 + TINT / TEST]$$

$$\text{Calcolo di } Q_{M2} = \frac{[(AINT * ((TINT/60)^{(4 * NINT/3)})) / 1000] * BS * \Phi BS2 * 1000}{[(TINT + TINT) * 60]} \times [1 + TINT / TINT]$$

$$Q_{M1} = 60,15 \text{ L/s} \quad \text{portata massima attuale}$$

$$Q_{M2} = \boxed{504,53} \text{ L/s} \quad \text{portata massima futura}$$

La durata di pioggia critica T_{CRIT} risulta:

$$T_c = TINT = 68,68 \text{ min} \quad Q_{M1} / Q_{M2} = 0,119$$

La formula deriva dall'interpolazione con una funzione a potenza del grafico per determinare la pioggia critica con invaso di detenzione regolato da una portata in uscita ad andamento lineare.

$$\frac{T_{CRIT}}{T_c} = \frac{\left(\frac{Q_{M1}}{Q_{M2}} \right)^{\left(\frac{-1}{0,7769} \right)}}{0,4462 \left(\frac{-1}{0,7769} \right)}$$

Scheda 1/e

$T_{CRIT} / T_C = 5,468$ da cui $T_{CRIT} = 376$ min

Da qui si calcola il Volume Critico di Invaso (espresso in metri cubi), cioè il volume di invaso che deve essere reperito in caso di trasformazione del suolo dell'area. Per il calcolo si è usato il grafico riportato

nella relazione della VCI

$$V_{CR} = \left(\frac{Q_{M2} * t_c * 60}{1000} \right) * \left[\left(\frac{T_r}{t_c} \right)^{4\frac{2}{3}} - \left(0.5 * \frac{Q_{M1}}{Q_{M2}} \right) * \left(\frac{T_r}{t_c} + 1 \right) \right]$$

$V_{cr} = 2.236$ mc Volume da invasare mediante collettori o altri metodi

$V_{spec} = 386$ (mc/ha) Volume specifico di invaso (volume di invaso per ettaro)

Si fa notare, al termine della trattazione, che il metodo utilizzato, è indicato come "Stabilizzazione Idraulica Deduttiva"

Esistono poi altri metodi definiti di "Stabilizzazione Idraulica di Base" e anche quella "Induttiva"

Nel caso in esame si è utilizzato sempre il metodo deduttivo con tempo esterno di 120 min come indicato dal PATI Montagnanense

Considerando il volume minimo da invasare secondo quanto previsto dal Genio Civile di Padova:

Tipo di Intervento	Superficie intervento [ha]	Volume specifico minimo da invasare m ³ /ha (volume di invaso per ettaro)	Volume da invasare mediante collettori o altri metodi
Nuova viabilità (ciclabile)	0,00	800	0
Nuove aree residenziali	4,50	600	2699
Nuove aree commerciali	1,29	700	902
TOTALE	5,79	622	3601

Calcolo del volume da invasare per la invarianza idraulica dell'area in progetto

Area in studio: ATO 2 Nucleo insediativo residenziale di Colombare

Equazione di possibilità pluviometrica:

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

con: AINT= **59,82**

NINT= **0,285**

Coefficiente di deflusso area trasformata ϕ_{BS2} = **0,59**

Coefficiente di deflusso area prima della trasformazione ϕ_{BS1} = **0,10**

Area oggetto di trasformazione BS (mq) = **15004,1098**

Il tempo t viene assunto pari al tempo di corrivazione (t_c), ovvero il tempo che impiega una goccia d'acqua caduta nel punto più lontano (dell'area di trasformazione) rispetto alla sezione idraulica di uscita, ad arrivare alla sezione stessa

Si ritiene di calcolare il tempo di corrivazione con la seguente formula, come uno tra i metodi idonei per il calcolo del tempo di corrivazione per le aree urbanizzate

$$t_c = t_o + t_r$$

dove:

t_o = Tempo di ruscellamento, ovvero il tempo necessario alla goccia d'acqua ad arrivare dal terreno alla rete fognaria

t_r = Tempo di percorrenza della rete fognaria

I valori di t_o e di t_r vengono calcolati con le seguenti formule:

(formula di Boyd) $t_o = k \times S^d$ con $t_r = \frac{\sqrt{1.5 \times S_{urb}}}{v}$

con

k= 2,51 costante

v(m/s)= 1 costante

d= 0,38 costante

S(kmq)= 0,01500411 Valore dell'area di trasformazione

S (kmq)= 0,01500411 Valore dell'area di trasformazione

trasformazione

to= espresso in ore		tr= espresso in ore			
to (minuti) =	30,53	tr (minuti) =	9,00	tc (minuti) =	39,54
to (ore) =	0,51	tr (ore) =	0,15	tc (ore) =	0,66
to (secondi) =	1832,04	tr (secondi) =	540,07	tc (secondi) =	2372,12
to(giorni) =	0,02120422	tr (giorni) =	0,00625086	tc (giorni) =	0,027

$$h = a \times t^n \quad : \quad \mathbf{53,11} \text{ mm} \quad \text{con } t_c \text{ espresso in ore}$$

Altezza (in millimetri) della precipitazione per il tempo t pari al tempo di corrivazione e per tempi di ritorno di 50 anni

Calcolo della portata di piena in prima approssimazione (a valle)

Questo valore non entrerà nei calcoli successivi per la determinazione dell'invaso, ma è utile per una conoscenza di massima della portata dell'area dopo la trasformazione urbanistica

La formula è la seguente:

$$Q_{\max} = 0.1157 \times \Phi \times \frac{S \times h}{t_c}$$

con:

Q_{\max} = espresso in L/s

ϕ = coefficiente di deflusso

S= espresso in ettometri quadri, ovvero in ettari (ovvero in kmq moltiplicati per 100)

t_c = espresso in ore

Da cui:

Q_{\max} = **198,344** L/s

che equivalgono a

0,198 mc/s

Determinazione del coefficiente udometrico

Il coefficiente udometrico è la portata massima per unità di superficie che defluisce da un'area (in questo caso dall'area oggetto di trasformazione).

Questo valore, analogamente alla Q_{\max} calcolata in precedenza, non entrerà nei calcoli per la determinazione dell'invaso, ma è un dato utile e di rilevante significato idraulico, che serve per la comprensione della capacità di invaso (ovvero di drenaggio) dell'area oggetto di trasformazione

Il coefficiente udometrico si esprime in $L / s \times ha$

E' il rapporto tra la Portata massima e l'Area di trasformazione

u= **132** L / s \times ha

Scheda 2/a

CALCOLO DEL VOLUME DI INVASO

La normativa vigente in materia prescrive che ogni intervento di trasformazione idraulica non vada ad aggravare la situazione preesistente.

Poiché ogni intervento di trasformazione del suolo va a modificare la capacità dell'area di invasare (cioè drenare) acqua, devono essere, eventualmente, previsti dei bacini o dei sistemi idraulici tali da compensare l'acqua non più trattenuta in modo naturale

La formula prevede la laminazione con andamento lineare.

In questa sede, non si ripetono i concetti di idraulica già espressi nella relazione, alla quale si rimanda.

E' sufficiente ricordare che deve essere calcolata la "durata di precipitazione critica", ovvero la durata di precipitazione (in genere : del tempo di corrivazione), che massimizza la differenza tra il volume di invaso prima della trasformazione, e quello dopo la trasformazione.

In altre parole, variando il tempo di durata della pioggia, bisognerebbe calcolare i diversi invasi (prima e dopo la trasformazione) e prendere quello più grande di tutti.

Questa operazione viene fatta con l'ausilio dell'analisi differenziale, ovvero scrivendo una funzione che contempli i 2 diversi invasi e ne faccia la differenza, e che dipenda dal tempo di pioggia. Poi si calcola la derivata e la si pone = 0 calcolandone i massimi.

La formula che segue consente di determinare il tempo di pioggia critico, considerando una portata di laminazione lineare

Si riprendono i valori riportati in precedenza (che sono costanti a parte la superficie oggetto di trasformazione)

		Puppini		Puppini	
AINT=	59,82	59,7447004	AORA=	61,18	61,1029885
NINT=	0,285	0,28710058	NORA=	0,215	0,21710058
ΦBS1 =	0,1				
ΦBS2 =	0,59058638				
Area (BS)=	15.004	(mq) =	1,500410976	ha	
TINT (min)=	39,54	TEST(min)=	120		

Sono definiti:

QM1 = Portata dell'area prima della trasformazione (in L/s)

QM2 = Portata dell'area dopo la trasformazione (in L/s)

tc=TINT= Tempo di corrivazione dell'area dopo la trasformazione (in minuti)

ΦBS1 = Coefficiente di deflusso prima della trasformazione

ΦBS2 = Coefficiente di deflusso dopo la trasformazione

AORA= Coefficientea della curva di possibilità pluviometrica oraria

NORA= Coefficiente n della curva di possibilità pluviometrica oraria

AINT= Coefficiente a della curva di possibilità pluviometrica degli scrosci

NINT= Coefficiente n della curva di possibilità pluviometrica degli scrosci

$$\text{Calcolo di } Q_{M1} = \frac{[(AORA * ((TEST/60)^{(4 * NORA/3)})) / 1000] * BS * \Phi BS1 * 1000}{[(TEST + TINT) * 60]} \times [1 + TINT / TEST]$$

$$\text{Calcolo di } Q_{M2} = \frac{[(AINT * ((TINT/60)^{(4 * NINT/3)})) / 1000] * BS * \Phi BS2 * 1000}{[(TINT + TINT) * 60]} \times [1 + TINT / TINT]$$

$$Q_{M1} = 15,56 \text{ L/s} \quad \text{portata massima attuale}$$

$$Q_{M2} = \boxed{190,24} \text{ L/s} \quad \text{portata massima futura}$$

La durata di pioggia critica T_{CRIT} risulta:

$$T_c = TINT = 39,54 \text{ min}$$

$$QM1 / QM2 = 0,082$$

La formula deriva dall'interpolazione con una funzione a potenza del grafico per determinare la pioggia critica con invaso di detenzione regolato da una portata in uscita ad andamento lineare.

$$\frac{T_{CRIT}}{T_c} = \frac{\left(\frac{Q_{M1}}{Q_{M2}} \right)^{\left(\frac{-1}{0.7105} \right)}}{0.5789 \left(\frac{-1}{0.7105} \right)}$$

$T_{CRIT} / T_c = 15,707$ da cui $T_{CRIT} = 621$ min

Da qui si calcola il Volume Critico di Invaso (espresso in metri cubi), cioè il volume di invaso che deve essere reperito in caso di trasformazione del suolo dell'area. Per il calcolo si è usato il grafico riportato

nella relazione della VCI

$$V_{CR} = \left(\frac{Q_{M2} * t_c * 60}{1000} \right) * \left[\left(\frac{T_r}{t_c} \right)^{4\frac{2}{3}} - \left(0.5 * \frac{Q_{M1}}{Q_{M2}} \right) * \left(\frac{T_r}{t_c} + 1 \right) \right]$$

$V_{cr} = 693$ mc Volume da invasare mediante collettori o altri metodi

$V_{spec} = 462$ (mc/ha) Volume specifico di invaso (volume di invaso per ettaro)

Si fa notare, al termine della trattazione, che il metodo utilizzato, è indicato come "Stabilizzazione Idraulica Deduttiva"

Esistono poi altri metodi definiti di "Stabilizzazione Idraulica di Base" e anche quella "Induttiva"

Nel caso in esame si è utilizzato sempre il metodo deduttivo con tempo esterno di 120 min come indicato dal PATI Montagnanense

Considerando il volume minimo da invasare secondo quanto previsto dal Genio Civile di Padova:

Tipo di Intervento	Superficie intervento [ha]	Volume specifico minimo da invasare m ³ /ha (volume di invaso per ettaro)	Volume da invasare mediante collettori o altri metodi
Nuova viabilità	0,35	800	277
Nuove aree residenziali	0,90	600	539
Nuove aree commerciali	0,26	700	180
TOTALE	1,50	663	995

Calcolo del volume da invasare per la invarianza idraulica dell'area in progetto

Area in studio: ATO 3 Nuclei esterni e aree agricole

Equazione di possibilità pluviometrica:

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

con: AINT= **59,82**

NINT= **0,285**

Coefficiente di deflusso area trasformata ϕ_{BS2} = **0,59**

Coefficiente di deflusso area prima della trasformazione ϕ_{BS1} = **0,10**

Area oggetto di trasformazione BS (mq) = **18810,8537**

Il tempo t viene assunto pari al tempo di corrivazione (t_c), ovvero il tempo che impiega una goccia d'acqua caduta nel punto più lontano (dell'area di trasformazione) rispetto alla sezione idraulica di uscita, ad arrivare alla sezione stessa

Si ritiene di calcolare il tempo di corrivazione con la seguente formula, come uno tra i metodi idonei per il calcolo del tempo di corrivazione per le aree urbanizzate

$$t_c = t_o + t_r$$

dove:

t_o = Tempo di ruscellamento, ovvero il tempo necessario alla goccia d'acqua ad arrivare dal terreno alla rete fognaria

t_r = Tempo di percorrenza della rete fognaria

I valori di t_o e di t_r vengono calcolati con le seguenti formule:

(formula di Boyd) $t_o = k \times S^d$ con $t_r = \frac{\sqrt{1.5 \times S_{urb}}}{v}$

con

k= 2,51 costante

v(m/s)= 1 costante

d= 0,38 costante

S(kmq)= 0,01881085 Valore dell'area di trasformazione

S (kmq)= 0,01881085 Valore dell'area di trasformazione

trasformazione

to= espresso in ore		tr= espresso in ore			
to (minuti) =	33,27	tr (minuti) =	10,08	tc (minuti) =	43,35
to (ore) =	0,55	tr (ore) =	0,17	tc (ore) =	0,72
to (secondi) =	1996,42	tr (secondi) =	604,72	tc (secondi) =	2601,14
to(giorni) =	0,02310669	tr (giorni) =	0,00699904	tc (giorni) =	0,030

$$h = a \times t^n \quad : \quad \mathbf{54,53} \text{ mm} \quad \text{con } t_c \text{ espresso in ore}$$

Altezza (in millimetri) della precipitazione per il tempo t pari al tempo di corrivazione e per tempi di ritorno di 50 anni

Calcolo della portata di piena in prima approssimazione (a valle)

Questo valore non entrerà nei calcoli successivi per la determinazione dell'invaso, ma è utile per una conoscenza di massima della portata dell'area dopo la trasformazione urbanistica

La formula è la seguente:

$$Q_{max} = 0.1157 \times \Phi \times \frac{S \times h}{t_c}$$

con:

Q_{max} = espresso in L/s

ϕ = coefficiente di deflusso

S= espresso in ettometri quadri, ovvero in ettari (ovvero in kmq moltiplicati per 100)

t_c = espresso in ore

Da cui:

Q_{max} = **232,375** L/s che equivalgono a **0,232** mc/s

Determinazione del coefficiente udometrico

Il coefficiente udometrico è la portata massima per unità di superficie che defluisce da un'area (in questo caso dall'area oggetto di trasformazione).

Questo valore, analogamente alla Q_{max} calcolata in precedenza, non entrerà nei calcoli per la determinazione dell'invaso, ma è un dato utile e di rilevante significato idraulico, che serve per la comprensione della capacità di invaso (ovvero di drenaggio) dell'area oggetto di trasformazione

Il coefficiente udometrico si esprime in $L / s \times ha$

E' il rapporto tra la Portata massima e l'Area di trasformazione

u= **124** L / s \times ha

Scheda 3/a

CALCOLO DEL VOLUME DI INVASO

La normativa vigente in materia prescrive che ogni intervento di trasformazione idraulica non vada ad aggravare la situazione preesistente.

Poiché ogni intervento di trasformazione del suolo va a modificare la capacità dell'area di invasare (cioè drenare) acqua, devono essere, eventualmente, previsti dei bacini o dei sistemi idraulici tali da compensare l'acqua non più trattenuta in modo naturale

La formula prevede la laminazione con andamento lineare.

In questa sede, non si ripetono i concetti di idraulica già espressi nella relazione, alla quale si rimanda.

E' sufficiente ricordare che deve essere calcolata la "durata di precipitazione critica", ovvero la durata di precipitazione (in genere : del tempo di corrivazione), che massimizza la differenza tra il volume di invaso prima della trasformazione, e quello dopo la trasformazione.

In altre parole, variando il tempo di durata della pioggia, bisognerebbe calcolare i diversi invasi (prima e dopo la trasformazione) e prendere quello più grande di tutti.

Questa operazione viene fatta con l'ausilio dell'analisi differenziale, ovvero scrivendo una funzione che contempli i 2 diversi invasi e ne faccia la differenza, e che dipenda dal tempo di pioggia. Poi si calcola la derivata e la si pone = 0 calcolandone i massimi.

La formula che segue consente di determinare il tempo di pioggia critico, considerando una portata di laminazione lineare

Si riprendono i valori riportati in precedenza (che sono costanti a parte la superficie oggetto di trasformazione)

		Puppini		Puppini
AINT=	59,82	59,7256259	AORA=	61,18
NINT=	0,285	0,28763352	NORA=	0,215
ΦBS1 =	0,1			
ΦBS2 =	0,58948713			
Area (BS)=	18.811	(mq) =	1,881085366	ha
TINT (min)=	43,35	TEST(min)=	120	

Sono definiti:

- QM1 = Portata dell'area prima della trasformazione (in L/s)
- QM2 = Portata dell'area dopo la trasformazione (in L/s)
- tc=TINT= Tempo di corrivazione dell'area dopo la trasformazione (in minuti)
- ΦBS1 = Coefficiente di deflusso prima della trasformazione
- ΦBS2 = Coefficiente di deflusso dopo la trasformazione
- AORA= Coefficiente a della curva di possibilità pluviometrica oraria
- NORA= Coefficiente n della curva di possibilità pluviometrica oraria
- AINT= Coefficiente a della curva di possibilità pluviometrica degli scrosci
- NINT= Coefficiente n della curva di possibilità pluviometrica degli scrosci

$$\text{Calcolo di QM1} = \left[\frac{((AORA * ((TEST/60)^{(4 * NORA/3)})) / 1000) * BS * \Phi BS1 * 1000}{((TEST + TINT) * 60)} \right] * [1 + TINT / TEST]$$

$$\text{Calcolo di QM2} = \left[\frac{((AINT * ((TINT/60)^{(4 * NINT/3)})) / 1000) * BS * \Phi BS2 * 1000}{((TINT + TINT) * 60)} \right] * [1 + TINT / TINT]$$

$$Q_{M1} = 19,51 \text{ L/s} \quad \text{portata massima attuale}$$

$$Q_{M2} = \boxed{224,78} \text{ L/s} \quad \text{portata massima futura}$$

La durata di pioggia critica T_{CRIT} risulta:

$$T_c = TINT = 43,35 \text{ min} \quad QM1 / QM2 = 0,087$$

La formula deriva dall'interpolazione con una funzione a potenza del grafico per determinare la pioggia critica con invaso di detenzione regolato da una portata in uscita ad andamento lineare.

$$\frac{T_{CRIT}}{T_c} = \frac{\left(\frac{Q_{M1}}{Q_{M2}} \right)^{\left(\frac{-1}{0,7098} \right)}}{0,5804 \left(\frac{-1}{0,7098} \right)}$$

Scheda 3/b

$T_{CRIT} / T_C = 14,537$ da cui $T_{CRIT} = \boxed{630}$ min

Da qui si calcola il Volume Critico di Invaso (espresso in metri cubi), cioè il volume di invaso che deve essere reperito in caso di trasformazione del suolo dell'area. Per il calcolo si è usato il grafico riportato

nella relazione della VCI

$$V_{CR} = \left(\frac{Q_{M2} * t_c * 60}{1000} \right) * \left[\left(\frac{T_r}{t_c} \right)^{4\frac{2}{3}} - \left(0.5 * \frac{Q_{M1}}{Q_{M2}} \right) * \left(\frac{T_r}{t_c} + 1 \right) \right]$$

$V_{cr} = \boxed{877}$ mc Volume da invasare mediante collettori o altri metodi

$V_{spec} = \boxed{466}$ (mc/ha) Volume specifico di invaso (volume di invaso per ettaro)

Si fa notare, al termine della trattazione, che il metodo utilizzato, è indicato come "Stabilizzazione Idraulica Deduttiva"

Esistono poi altri metodi definiti di "Stabilizzazione Idraulica di Base" e anche quella "Induttiva"

Nel caso in esame si è utilizzato sempre il metodo deduttivo con tempo esterno di 120 min come indicato dal PATI Montagnanense

Considerando il volume minimo da invasare secondo quanto previsto dal Genio Civile di Padova:

Tipo di Intervento		Superficie intervento [ha]	Volume specifico minimo da invasare m ³ /ha (volume di invaso per ettaro)	Volume da invasare mediante collettori o altri metodi
Nuova viabilità		0,26	800	212
Nuove aree residenziali		1,26	600	754
Nuove aree commerciali		0,36	700	252
TOTALE		1,88	647	1218