



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, AMBIENTALE E MECCANICA
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile

RELAZIONE IDRAULICA

*Rete di drenaggio acque meteoriche
Quartiere “Le Albere” – Ex Parco Michelin (Trento)*

DOCENTI

Alberto Bellin

Maria Grazia Zanoni

STUDENTI

Nicola Meoli 225077

Luca Zorzi 185098

Anno accademico 2020/21

Indice

Elenco delle tabelle	3
Elenco delle figure	3
1 Analisi idrologica e idraulica dell'area allo stato di fatto (valutazione del deflusso in SWMM)	4
1.1 Caratteristiche dell'area allo stato di fatto	4
1.2 Ietogramma di progetto	6
1.3 Risultati dell'analisi	8

Elenco delle tabelle

1.1	Dati dei sottobacini ricavati da QGIS da inserire in SWMM	5
1.2	Intensità di precipitazione.	6
1.3	Dati di afflusso del progetto di base con ietogramma Chicago	9

Elenco delle figure

1.1	progetto base TANTE BELLE COSE	7
1.2	Deflusso del bacino	10
1.3	Andamento dello sforzo assiale agente sul pilastro P27 in funzione dell'altezza	11
1.4	Andamento dello sforzo assiale agente sul pilastro P27 in funzione dell'altezza	12
1.5	Deflusso dei sottobacini più significativi con lo ietogramma chicago come input	13

Analisi idrologica e idraulica dell'area allo stato di fatto (valutazione del deflusso in SWMM)

Prima di passare all'utilizzo di SWMM si è deciso quali metodologie usare all'interno dello studio. Per la depurazione delle piogge si applica il metodo del Curve Number (*CN*) basato su Green-Ampt. Questo metodo utilizza le informazioni fornite dal Soil Conservation Service (*SCS – CN*), cioè il volume netto totale di un evento di pioggia e le perdite iniziali, per calibrare due parametri del modello di Green-Ampt (*GA*), ossia il tempo di "stagno (ponding)" e la conducibilità idraulica satura del suolo. Questo metodo è vantaggioso in quanto per essere applicato richiede solamente la stima del Curve Number (*CN*) e della conducibilità idraulica (*K_s*). Il *CN* si classifica in funzione del tipo e uso del suolo.

Inoltre si valutano le portate delle condotte attraverso il modello di simulazione afflussi-deflussi e il modello di propagazione idraulica all'interno della rete nel software SWMM.

I due modelli sopra citati, per valutare i processi naturali, suddividono la zona in 3 comparti:

- *atmosferico*, che rappresenta la precipitazione sul bacino urbano;
- *sottobacini*, creati da noi per suddividere l'area in partizioni che ricevono le acque dal comparto precedente e le indirizzano nel comparto *rete di trasporto* come ruscellamento superficiale;
- *rete di trasporto*, che rappresenta l'insieme della rete: canali, tubi, vasche e LID.

A questo punto, dopo aver individualizzato le metodologie da utilizzare, si passa allo svolgimento dell'analisi idrologica e idraulica dell'area allo stato di fatto con il fine di valutare il deflusso della zona di studio. Per elaborare queste analisi si impiega il software SWMM impostando un primo "progetto di base" per valutare i dati preliminari attraverso un modello cinematico.

Inizialmente si utilizza la figura ?? come sfondo su SWMM per il progetto di base andando ad inserire le coordinate che si sono ricavate precedentemente da QGIS. Con l'aiuto dello sfondo si riportano i sottobacini inserendo in ognuno i dati in precedenza dedotti, come l'area totale, la percentuale di area impermeabile, la pendenza media e la larghezza di drenaggio calcolata come rapporto tra area [m²] e lunghezza di drenaggio media [m] (Vedi Tabella 1.1).

Successivamente si costruiscono degli ietogrammi che rappresentano l'andamento dell'intensità di pioggia per una determinata durata. Prima si valuteranno degli ietogrammi costanti per una prima analisi grossolana e per ricavare il tempo critico. Infine, con l'analisi dei precedenti ietogrammi, si passerà alla realizzazione del ietogramma Chicago per una rappresentazione più dettagliata e precisa dell'andamento dell'intensità di precipitazione.

1.1 Caratteristiche dell'area allo stato di fatto

Tenendo in considerazione la metodologia di depurazione delle acque si procede al calcolo del *CN*. Per fare ciò si considera una massima capacità di ritenzione idrica del suolo *S* compresa tra 85 e 162 mm e dalla formula 1.1 si ottiene un *CN* tra 74,92 e 61,06

$$CN = \frac{25\,400}{254 + S} \quad (1.1)$$

Si è deciso di applicare il valore massimo di *CN* pari a 74,92

Considerando che il terreno dell'area di studio sia principalmente sabbioso e con tratti ghiaiosi e limosi, attraverso la tabella 4-7 di SWMM riportata nell'appendice ?? a pagina ?? si sono scelti due parametri di conduttività idraulica *K_s*: 0,43 per una classe di terreno *terriccio sabbioso* e 1,18 per una classe *sabbia limosa*. Per la seguente relazione si è deciso di tener conto di un terreno con classe *terriccio sabbioso*.

Tabella 1.1: Dati dei sottobacini ricavati da QGIS da inserire in SWMM.

Sottobacino	Area Totale [ha]	Area Impermeabile [%]	Larghezza Drenaggio [m]	Pendenza Media [%]
01	0,3016	37	54,18	2,96
02	0,6697	96	150,49	1,25
03	0,3430	64	86,47	0,70
04	0,5204	32	81,74	2,57
05	0,3233	41	50,25	2,88
06	0,9783	76	138,44	1,87
07	0,8352	90	129,49	1,08
08	0,7659	73	153,18	1,18
09	0,3640	10	65,00	3,77
10	0,6387	43	109,31	2,28
11	0,5152	82	78,86	1,62
12	0,3768	9	63,86	3,99
13	0,4092	6	77,21	2,75
14	0,3311	14	57,83	1,40
15	0,8532	76	109,85	1,70
16	0,4011	10	55,71	3,25
17	0,4547	7	60,43	1,29
18	0,3676	83	59,77	2,18
19	0,3808	27	61,82	2,84
20	0,5283	77	93,09	2,03
21	0,7326	82	93,03	1,89
22	3,1032	100	197,66	1,59
23	1,3079	70	108,09	1,21
24	1,6037	85	187,93	1,16
25	1,3684	79	139,07	0,93

Infine si è proceduto al calcolo del tempo di secca T_{secco} , cioè il periodo di tempo che impiega il suolo completamente saturo a tornare allo stato secco. Questo perché per la simulazione continua in SWMM richiede di specificare una stima del tempo di secca in giorni. Utilizzando il metodo di Green-Ampt questo tempo si basa esclusivamente sulla conducibilità idraulica K_s e la sua stima si calcola con la formula:

$$T_{\text{secco}} = \frac{3,125}{\sqrt{K_s}} \quad (1.2)$$

dove K_s è espresso in in/h. Nel nostro caso si ha che risulta pari a 4,76 gg per *terriccio sabbioso* e 2,88 gg per *sabbia limosa*. Quindi in base alla classe di terreno scelta precedentemente, si è preso in considerazione il valore di 4,76 gg.

Dopodiché per ciascuno di questi si è valutato solamente un recapito finale posto nel rivo Adigetto nella parte sud di Via Roberto da Sanseverino. Facendo così tutti i sottobacini creati avranno lo stesso scarico di deflusso. (Figura 1.1)

Questo, come vedremo nel paragrafo successivo, ci sarà utile per la valutazione del tempo critico del bacino.

1.2 Ietogramma di progetto

Gli ietogrammi di progetto rappresentano l'andamento dell'intensità di pioggia per tutta la sua durata. Per una prima analisi grossolana si sono utilizzati ietogrammi costanti. Per elaborare i seguenti grafici si assegna un determinato tempo di ritorno, nel caso in esame pari a 25 anni, e una durata della pioggia t_p . Questi ietogrammi si eseguono per la valutazione del tempo critico del bacino urbano. Dai parametri a e n delle curve di possibilità pluviometriche, ricavati nel capitolo 2, si deduce l'intensità di precipitazione i che viene tenuta costante per tutta la durata di pioggia dell'evento. L'intensità si ricava dalla seguente espressione:

$$i = a t_p^{n-1} \quad (1.3)$$

dove per t_p si intende la durata espressa in ore. Si riportano in tabella 1.2 i valori delle intensità di pioggia per ogni durata presa in considerazione.

Tabella 1.2: Intensità di precipitazione.

Durata [min]	Durata [h]	Intensità i [mm h ⁻¹]
1	0,02	441,2547
2	0,03	287,1642
5	0,08	162,7469
7	0,12	132,1150
10	0,17	105,9141
15	0,25	82,3804
30	0,50	53,6123
45	0,75	41,6999
60	1,00	34,8904
120	2,00	22,7063
180	3,00	17,6611
240	4,00	14,9275
300	5,00	13,1951

Ci si è fermati ad un tempo di quattro ore perché oltre le tre ore e mezza, come visto nel capitolo ??, gli scrosci hanno meno importanza delle precipitazioni orarie. Dopo aver calcolato i valori delle intensità, si prosegue sul programma SWMM.

Per iniziare sul progetto di base con lo scarico comune per ogni sottobacino si inseriscono i valori di intensità di precipitazione per ciascun ietogramma costante che si vuole realizzare e analizzare per

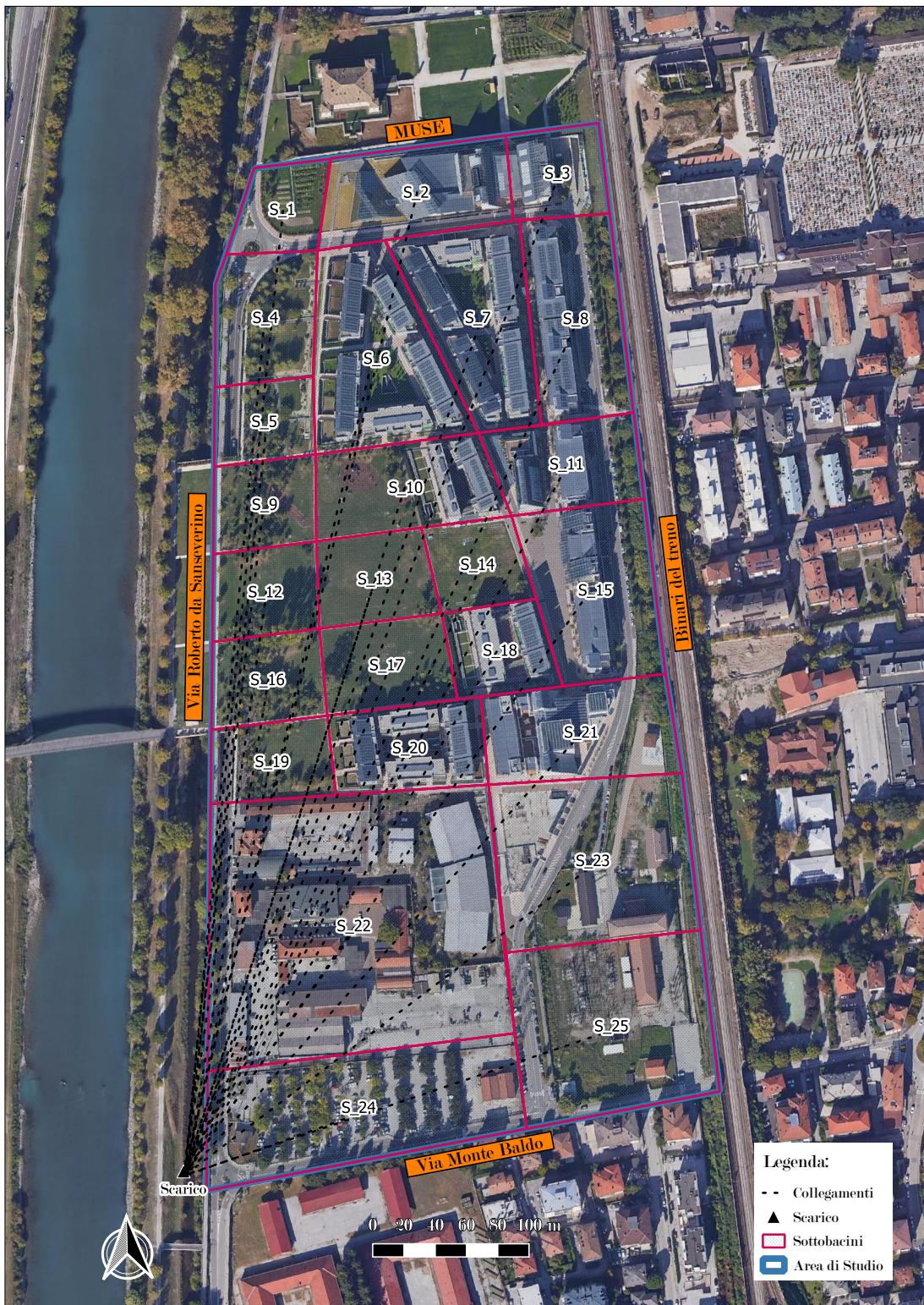


Figura 1.1: progetto base TANTE BELLE COSE

valutare quale sia l'evento più gravoso e quindi il tempo critico del bacino. Dopodiché impostando nel pluviometro lo ietogramma costante e la rispettiva durata eseguendo il programma si ricevono i dati di picco di deflusso, di infiltrazione, di deflusso totale e di quantità di precipitazione. Quest'ultima si può verificare facilmente dato che corrisponde all'intensità di pioggia moltiplicata per il rispettivo tempo di durata.

Ottenuti tutti i dati degli ietogrammi costanti si analizza il deflusso di ciascuno andando a constatare quale curva dia il picco maggiore e di conseguenza sapere quale sia il tempo critico del bacino. ([Figura Nicola deflusso del bacino](#))

Come si nota dalla figura [sopra/sotto](#) il picco più gravoso e quindi l'evento meteorologico che influenza maggiormente l'area di studio si ha con una durata di pioggia di 5 min. Questo evento anche se molto breve per la nostra zona si può considerare come evento critico data la presenza di molte aree impermeabili e quindi l'area si trasforma subito in deflusso.

Ora per migliorare la nostra analisi dell'evento meteorologico si valuta uno ietogramma Chicago che presenta andamenti temporali non costanti e che sia di durata paragonabile o comunque maggiore all'evento critico. Non avendo molto senso uno ietogramma Chicago pari al tempo critico di 5 min dato che con un tempo così ridotto non si otterrebbero dati molto significativi, si impone una durata $t_{\text{tot}} = 2 \text{ h}$, per sollecitare l'area gradualmente, e una posizione di picco r , che generalmente nei bacini urbani è compresa tra 0,3 e 0,5, a 0,5 per essere più cautelativi.

$$t_{\text{picco}} = r t_{\text{tot}} \quad (1.4)$$

Facendo così la posizione del picco del deflusso risulterà a 1 h. [Fig. ietogramma Chicago](#) Discretizzando lo ietogramma Chicago ad intervalli di 5 min, dalla figura [precedente](#), si osserva una prima fase di accumulo d'acqua, dove le depressioni superficiali iniziano a colmarsi, quindi prima del picco si ha che la zona è già stata in parte sollecitata. La costruzione del ietogramma Chicago avviene attraverso le formule dell'altezza di pioggia $h(t)$ pre e post picco e l'intensità di pioggia media i_m , che risulterà costante a tratti di 5 min.

$$h(t) = \begin{cases} r a \left[\left(\frac{t_p}{r} \right)^n - \left(\frac{t_p-t}{r} \right)^n \right] & \text{se } t < t_p \\ a \left[r \left(\frac{t_p}{r} \right)^n + (1-r) \left(\frac{t_p-t}{1-r} \right)^n \right] & \text{se } t > t_p \end{cases} \quad (1.5)$$

$$i_m = \frac{h(t_{\text{fin}}) - h(t_{\text{in}})}{\Delta t} \quad (1.6)$$

Ricavati tutti i dati necessari dello ietogramma Chicago li si riportano nel programma SWMM per ottenere i risultati dell'area di studio.

1.3 Risultati dell'analisi

Eseguendo la simulazione idraulica ([attraverso il metodo dell'invaso lineare????](#)) con SWMM con tempo di ritorno pari a 25 anni si sono riportati i dati significativi del progetto.

Ideogramma di piena in uscita con indicazione del colmo:

tabella summery SWMM con coefficiente di deflusso, coeff udumetrico.

[Figura dei deflusso dei sottobacini](#)

Si osserva dalla figura [precedente](#) dei deflusso dei sottobacini come vari il deflusso in ciascuno di esso in base alla grandezza dei sottobacini, delle aree verdi e delle aree impermeabili presenti all'interno della sottoarea. Quest'ultima genera un picco maggiore del deflusso, mentre le aree verdi e una grandezza ridotta del sottobacino danno vita a un picco di deflusso minore.

Tabella 1.3: Dati di afflusso del progetto di base con ietogramma Chicago

Sottobacino	Quantità Precipitazione [mm]	Picco Deflusso [l s ⁻¹]	Area Totale [ha]	Coefficiente Deflusso [-]	Coefficiente Udumetrico [l s ⁻¹ ha ⁻¹]
01	45,41	24,43	0,3016	0,46	81,00
02	45,41	134,42	0,6697	0,94	200,72
03	45,41	46,50	0,3430	0,68	135,57
04	45,41	36,59	0,5204	0,42	70,31
05	45,41	28,97	0,3233	0,50	89,61
06	45,41	156,16	0,9783	0,78	159,62
07	45,41	155,90	0,8352	0,89	186,66
08	45,41	117,87	0,7659	0,75	153,90
09	45,41	9,13	0,3640	0,24	25,08
10	45,41	59,42	0,6387	0,51	93,03
11	45,41	88,38	0,5152	0,82	171,55
12	45,41	8,86	0,3768	0,23	23,51
13	45,41	8,74	0,4092	0,21	21,36
14	45,41	10,94	0,3311	0,27	33,04
15	45,41	135,41	0,8532	0,78	158,71
16	45,41	9,78	0,4011	0,23	24,38
17	45,41	8,12	0,4547	0,20	17,86
18	45,41	64,46	0,3676	0,84	175,35
19	45,41	23,14	0,3808	0,38	60,77
20	45,41	85,69	0,5283	0,78	162,20
21	45,41	124,96	0,7326	0,82	170,57
22	45,41	597,69	3,1032	0,96	192,60
23	45,41	186,08	1,3079	0,72	142,27
24	45,41	279,28	1,6037	0,85	174,15
25	45,41	219,56	1,3684	0,80	160,45

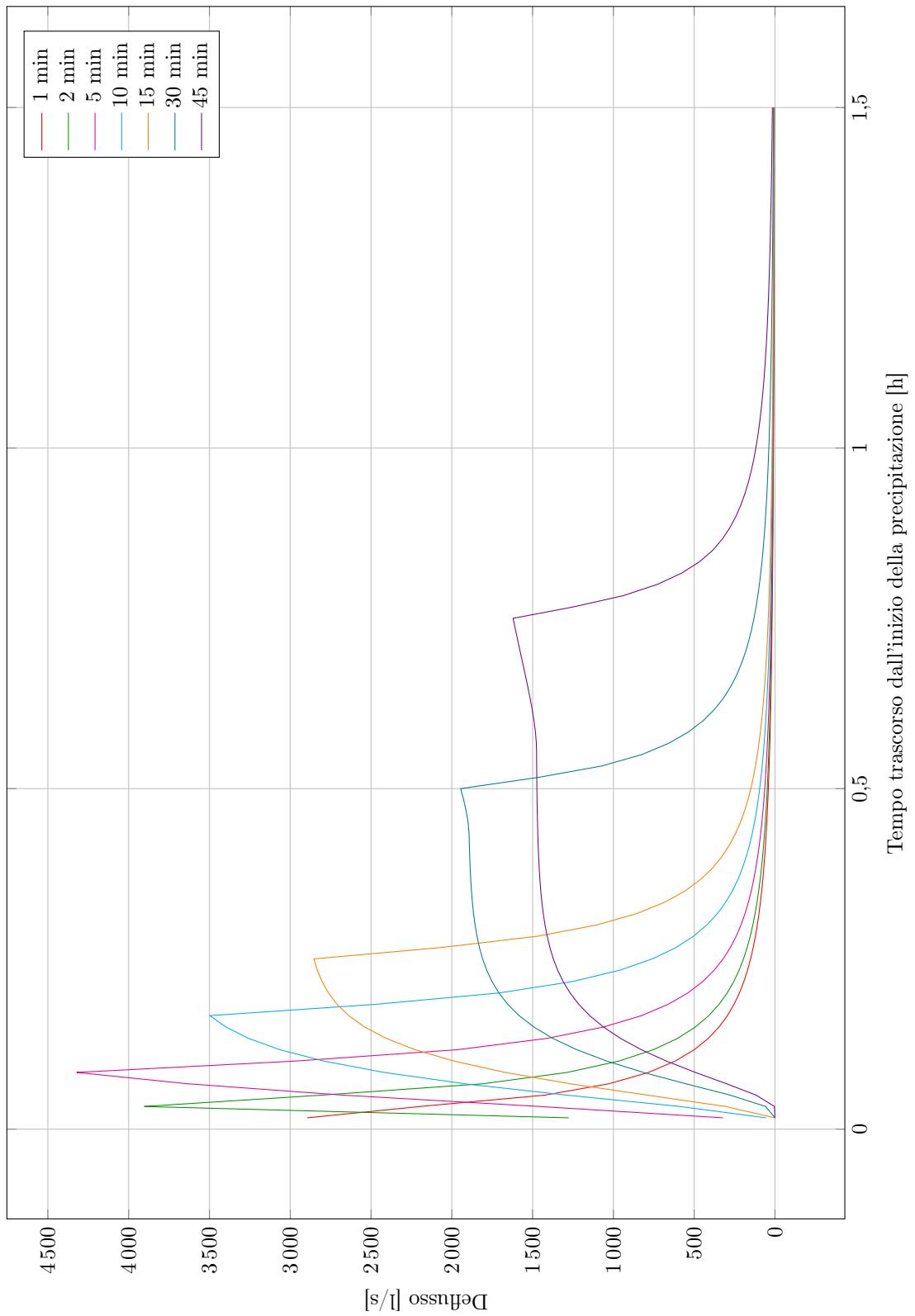


Figura 1.2: Deflusso del bacino

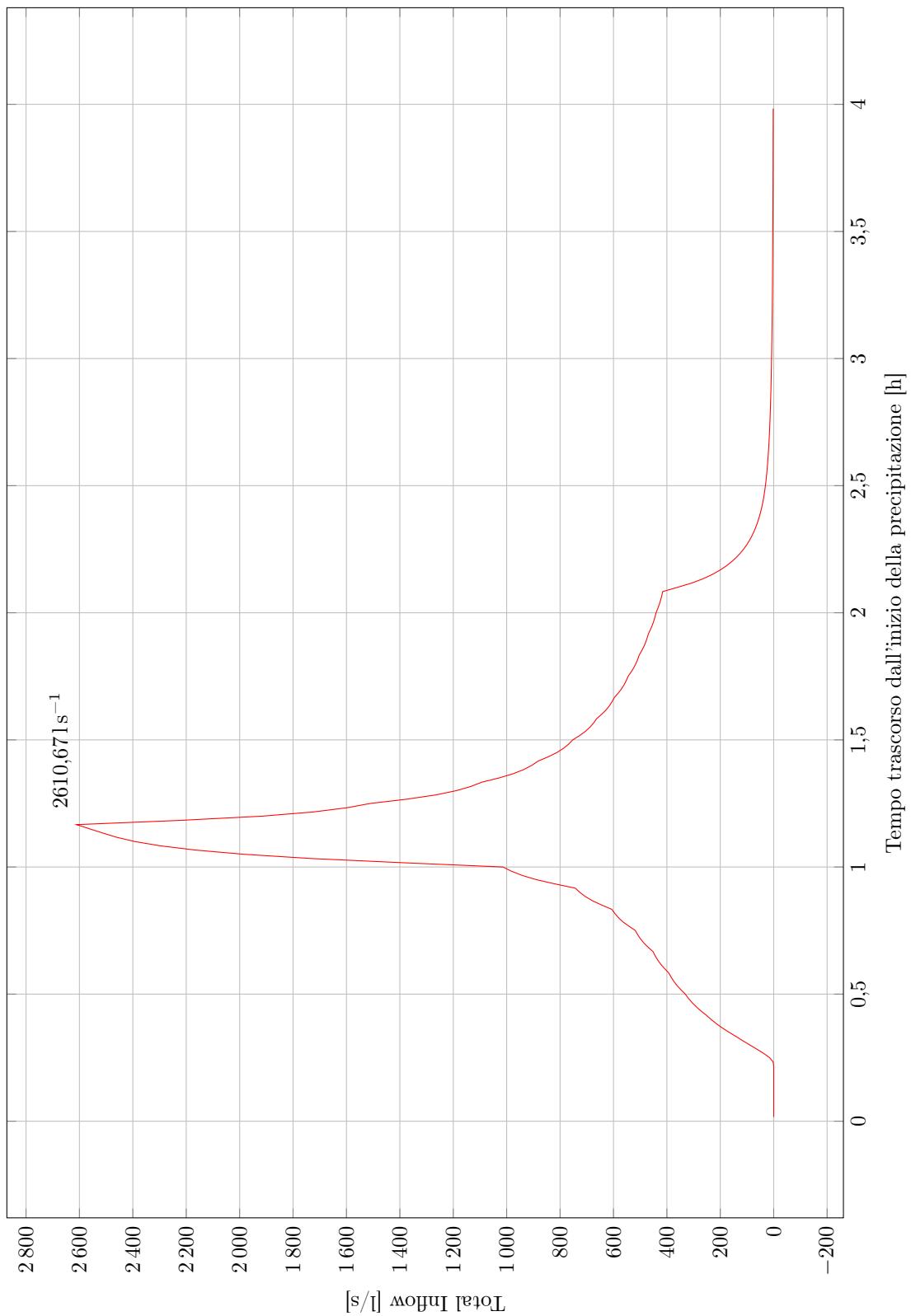


Figura 1.3: Andamento dello sforzo assiale agente sul pilastro P27 in funzione dell'altezza

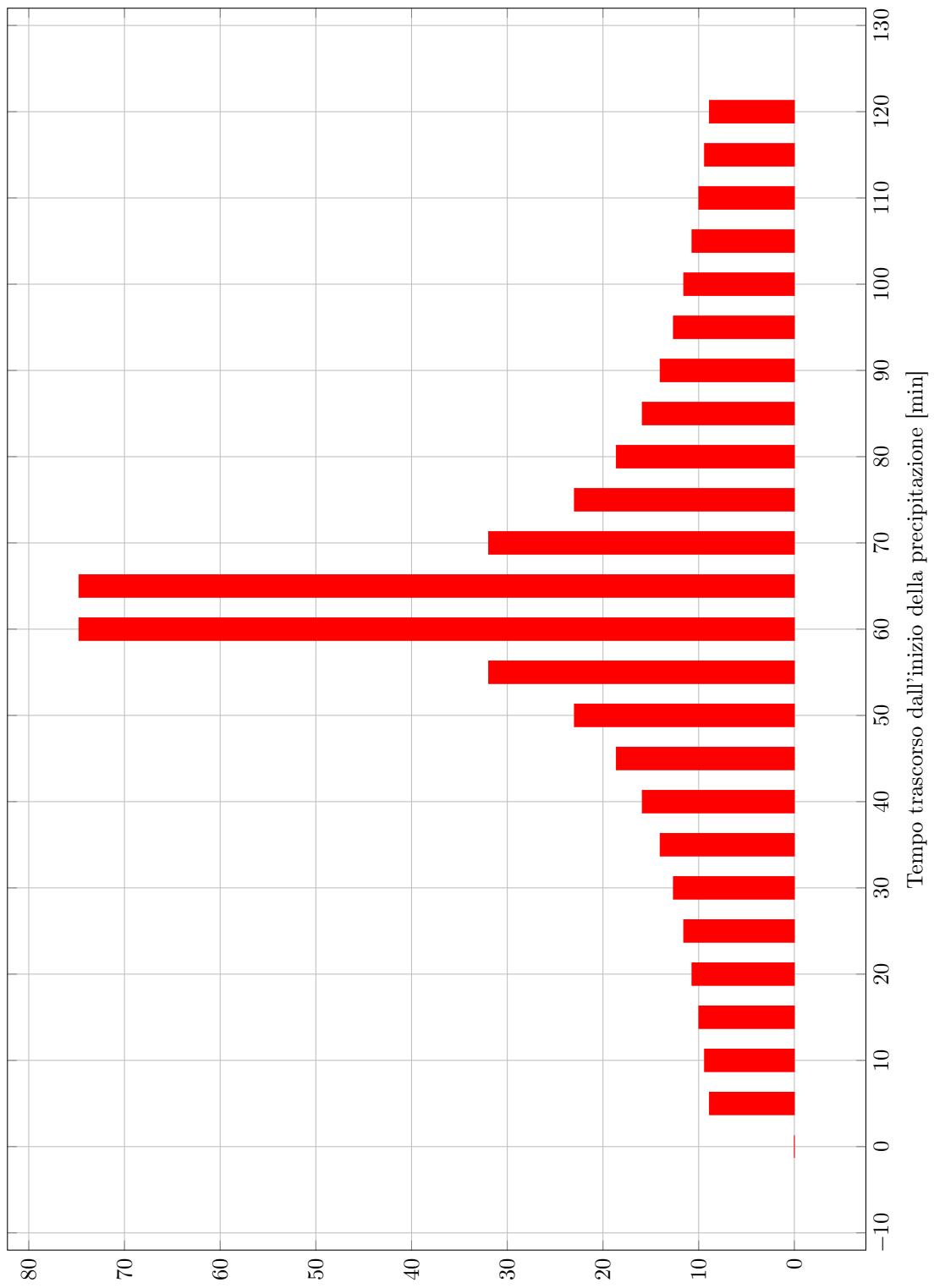


Figura 1.4: Andamento dello sforzo assiale agente sul pilastro P27 in funzione dell'altezza

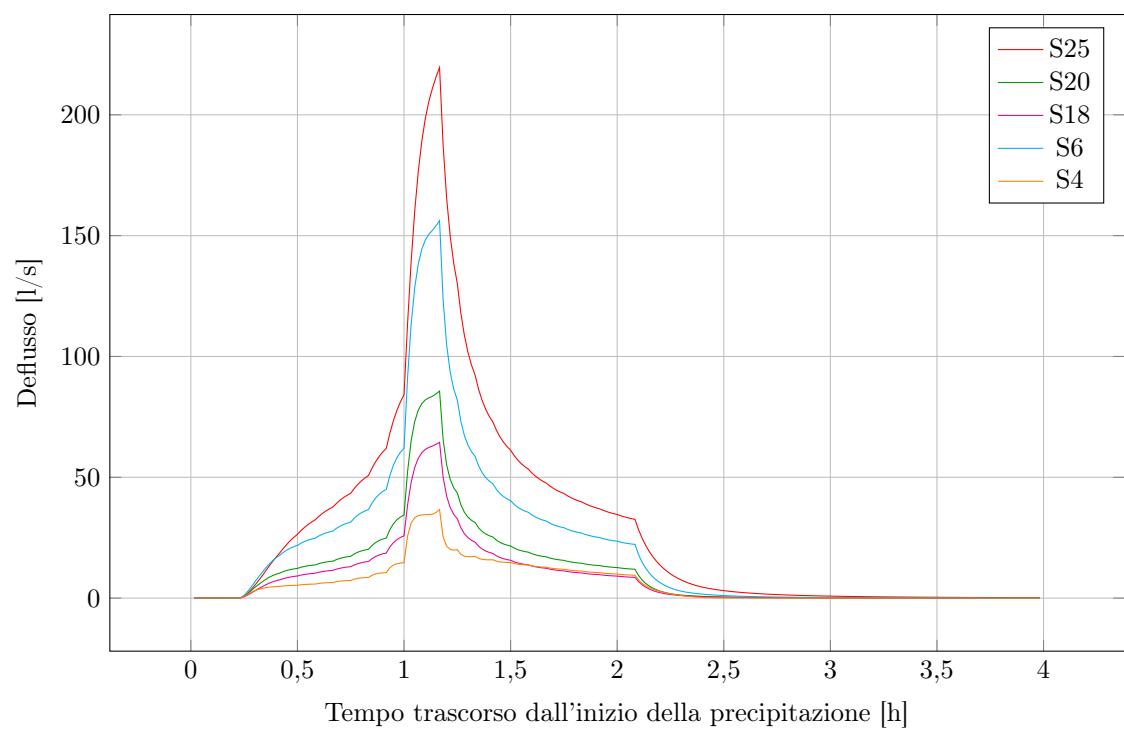


Figura 1.5: Deflusso dei sottobacini più significativi con lo ietogramma chicago come input