

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II  
FACOLTÀ DI INGEGNERIA



Corso di Laurea in Ingegneria per l'ambiente e il territorio  
(Classe delle lauree in Ingegneria Civile e Ambientale, Classe n°8)

Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Geotecnica e  
Ambientale

Cattedra di idraulica

Sintesi dell'elaborato di laurea

**SFIORATORE LATERALE**

**RELATORE:**  
CH.MO PROF. MASSIMO GRECO

**CANDIDATO:**  
PALOMBA FRANCESCA  
MATR. 518/313

Anno Accademico 2009/2010

## Sfioratore laterale

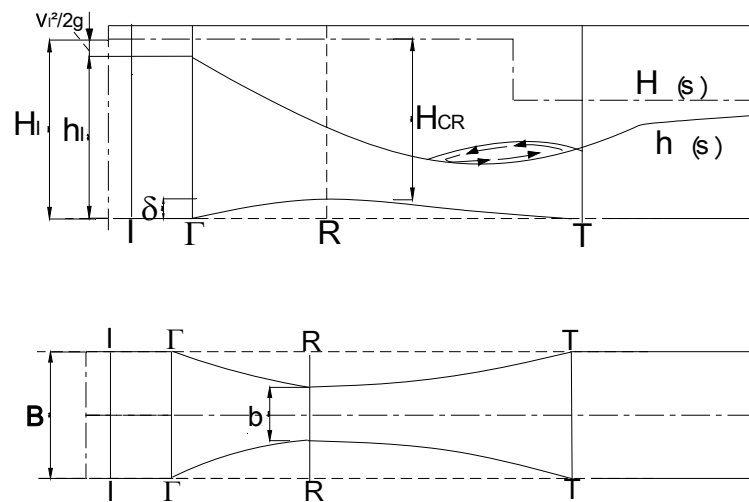
Nel presente lavoro di tesi, è stato sviluppato l'argomento relativo agli sfioratori laterali che rappresentano dei manufatti molto utilizzati nelle reti fognarie miste, la cui funzione consiste nella suddivisione della portata in arrivo in 2 aliquote: una che prosegue nel canale originario e un'altra aliquota in eccesso rispetto ad un dato valore che viene avviata, attraverso un canale chiamato canale scolmatore, a diversa destinazione. Sebbene gli sfioratori laterali siano utilizzati anche nelle reti naturali, nel presente lavoro di tesi, si prende in considerazione l'uso del manufatto all'interno delle reti fognarie: esso deve soddisfare i requisiti seguenti: da un lato deve impedire lo scarico di correnti caratterizzate da portate  $Q$  inferiori a quelle da destinare a trattamento per evitare di sfiorare portate con concentrazioni elevate di inquinanti; dall'altro deve funzionare in modo tale che durante gli eventi di piena vengano smaltite le portate in eccesso, evitando il deflusso nel canale, che prosegue verso il depuratore, di una portata maggiore di quella di progetto nella rete di valle.

### Le basi teoriche

Lo studio degli sfioratori laterali viene affrontato attraverso la teoria di Giulio De Marchi che si basa sull'ipotesi di carico idraulico  $H$  costante lungo lo stramazzo. Le ipotesi che permettono di considerare questa condizione un'ottima approssimazione dell'effettivo processo di sfioro sono le seguenti: 1) alveo cilindrico di pendenza trascurabile :  $i=0$  2) moto permanente gradualmente variato 3) lunghezza sfioratore modesta: ciò consente di ritenere trascurabili le perdite di carico per attrito  $j=0$ ; 4) sfioratore a soglia alta .

Gli sfioratori si possono realizzare in corrente veloce ma la loro efficienza è inferiore rispetto al caso di corrente lenta: infatti le correnti veloci se incontrano un ostacolo impennano raggiungendo altezze idriche elevate e stramazzano facilmente; inoltre esse sono caratterizzate da modesti tiranti idrici e necessitano di soglie basse: quest'ultima condizione risulta essere in contrasto con la teoria del De Marchi che è valida in ipotesi di soglia alta. Facendo riferimento alle correnti lente che sono influenzate da singolarità poste a valle, per fissare il carico totale  $H$  che si mantiene costante lungo lo sfioratore, si impone il carico nella sezione immediatamente a valle di

esso, attraverso un venturimetro per canali. Tale dispositivo crea una sconnessione idraulica e, fissando con sufficiente precisione la scala di deflusso ed innalzando il livello idrico, nella sezione a monte di esso, garantisce un profilo di corrente lenta. Per il buon funzionamento del venturimetro occorre che si abbia lo stato critico nella sezione ristretta, a valle della quale la corrente, per dissipare l'energia sovrabbondante, si trasforma in veloce e, successivamente, ritorna lenta attraverso un risalto. La formazione del risalto sta a dimostrare che nella sezione ristretta si è raggiunto lo stato critico con un successivo tratto di corrente veloce la cui presenza rende il deflusso a monte della strozzatura indipendente da valle. Facendo riferimento al disegno:



poiché nel tronco convergente si ha corrente accelerata e quindi trascurabili perdite di carico, si può scrivere per il teorema di Bernoulli che

$$H_I = \delta + H_{CR}$$

dove  $H_I$  è il carico totale nella sezione I,  $\delta$  è il dislivello tra i punti più depressi tra la sezione RR e II,  $H_{CR}$  è il carico idraulico totale in condizione di stato critico relativo alla sezione ristretta rialzata.

Definite con  $h_I$  e  $\sigma_I$  rispettivamente la profondità e l'area della sezione idrica in

II si ottiene:

$$h_I + \frac{Q^2}{2g\sigma_I^3} = \delta + H_{CR}$$

Misurato  $h_I$ , esprimendo  $H_{CR}$  in funzione di  $Q$ ,  $\sigma_I$  in funzione di  $h_I$  e risolvendo l'equazione precedente rispetto a  $Q$  si ricava la relazione:

$$Q = f(h_I)$$

che rappresenta la scala di deflusso; essa ci permette di valutare la portata attraverso la profondità  $h_1$ .

Nel venturimetro per canali a sezione rettangolare il procedimento algebrico può essere semplificato.

Con riferimento alla sezione ristretta, poiché la portata in II è uguale alla portata in RR il carico totale critico si può esprimere come:

$$H_{CR} = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{Q_I^2}{gb^3}}$$

Assegnate le caratteristiche costruttive del venturimetro, nota la  $Q_I$ , in base alla precedente relazione si ricava  $H_{CR}$ .

Applicando:

$$H_I = \delta + H_{CR}$$

si calcola  $H_I$  e risolvendo:

$$h_I + \frac{Q_I^2}{2g\sigma_I^2(h_I)} = H_I$$

si ricava il valore dell'altezza idrica  $h_1$  nella sezione I, in ipotesi di corrente lenta.

Inoltre, nei venturimetri il livello d'acqua a valle può salire notevolmente rispetto al fondo del tronco di sezione RR definito tronco di controllo senza che la scala di deflusso  $Q(h_1)$  venga modificata. E' necessario che sia visibile il risalto in cui la corrente veloce sembra essere sommersa da quella lenta che segue. Si definisce sommergenza il dislivello, indicato con  $h$ , tra il pelo d'acqua a valle del risalto e la linea di fondo del tronco di controllo. Se la sommergenza supera un valore limite la scala di deflusso  $Q(h_1)$  non è più indipendente dalla corrente a valle del dispositivo. Tale limite viene posto pari a  $0,7 H_{CR}$ . La condizione di non rigurgito del venturimetro può essere così espressa:

$$0,7H_{RC} \geq h_u - \delta,$$

ipotizzando che a valle del dispositivo si instauri la condizione di moto uniforme.

# DIMENSIONAMENTO

Si riporta lo schema idraulico a cui si fa riferimento.

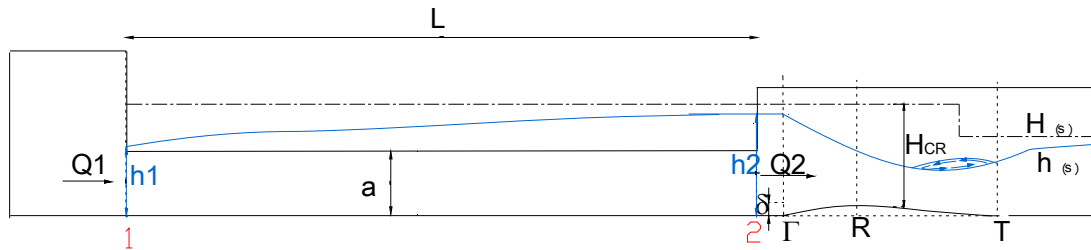


Figura 1-Profilo longitudinale dello sfioratore con venturimetro

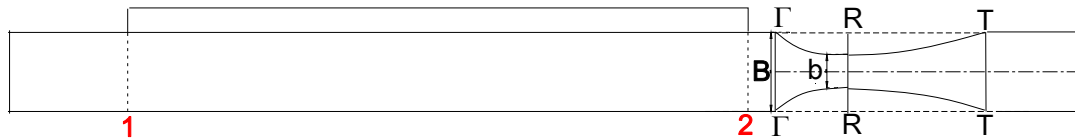


Figura 2-Pianta dello sfioratore con venturimetro

Nota la portata  $Q_1$  in arrivo, la progettazione di uno sfioratore con venturimetro per canali consiste nella determinazione di 4 grandezze: la lunghezza della soglia dello sfioratore  $L$ , l'altezza  $a$  della soglia sfiorante, l'innalzamento  $\delta$  e la larghezza  $b$  del venturimetro .

L' idraulica ci fornisce 3 relazioni:

- 1) equazione del venturimetro;
- 2) profilo sfioro;
- 3) condizione di non rigurgito che però è una disequazione da verificare e quindi non impone in maniera univoca una delle grandezze incognite;

che risultano insufficienti per ottenere una soluzione univoca del problema.

Poiché mancano rigorosi criteri analitici che conducano ad un' unica soluzione tecnicamente corretta, alla base delle procedure di dimensionamento, il progettista è costretto a ricorrere ad ulteriori considerazioni di natura pratica ed economica.

Nota la massima portata in arrivo da monte  $Q_{1_{max}}$ , stabilita l'altezza  $a$  della soglia, il problema può essere risolto in 2 differenti modi:

- 1) determinando un valore della portata che defluisce a valle  $Q_2$ , dopo aver fissato le caratteristiche del venturimetro;

2) determinando le caratteristiche costruttive del venturimetro ,dopo aver fissato la  $Q_2$ ; in modo tale che, indipendentemente dalla soluzione scelta ,risulti verificata la seguente condizione:

$$H_1 = H_2 = H_{CR}(Q = Q_2) + \delta \geq H_c(Q = Q_1),$$

indicando con  $H_{CR}$  il carico critico nella sezione RR e con  $H_c(Q=Q_1)$  il carico critico per una portata pari a  $Q_1$ , con  $H_1$  il carico a monte dello sfioratore, con  $H_2$  il carico a valle.

Poiché lo sfioro si realizza a carico costante, nota la  $Q_2$  risulta fissato il tirante idrico nella sezione immediatamente a valle dello sfioratore e ,in entrambi i casi, si può procedere al tracciamento del profilo longitudinale e quindi al calcolo lunghezza.

La progettazione di uno sfioratore viene effettuata in funzione della massima portata in arrivo in occasione dell'evento di piena e di una portata,definita indisturbata, in corrispondenza della quale il tirante idrico  $h_2$  nella sezione immediatamente a valle dello sfioratore è pari all'altezza della soglia  $a$ . Essa ha anche un significato pratico molto importante: rappresentando la portata per la quale non avviene alcuno sfioro, deve risultare superiore o eguale alle portate che risulterebbero eccessivamente inquinate per poter essere scaricate in un recettore senza trattamento. Nella progettazione di uno sfioratore occorre cercare di soddisfare le seguenti condizioni: se la portata  $Q_1$  è inferiore a quella indisturbata non deve essere inviata al corpo ricettore senza trattamento poiché contiene concentrazioni elevate di sostanze inquinate; se la portata  $Q_1$  è superiore a quella indisturbata ,solo un'aliquota  $Q_2$ , quanto più prossima a  $Q_{ind}$ , deve essere convogliata verso il depuratore mentre la portata in eccesso  $Q_1-Q_2$  deve essere smaltita direttamente nel corpo ricettore. Quindi occorre verificare che la  $Q_2$  non sia inferiore rispetto alla  $Q_{ind}$  per evitare lo scarico di sostanze che non abbiano raggiunto il sufficiente grado di diluizione ed anche che il valore assunto dalla  $Q_2$  non sia molto elevato rispetto alla  $Q_{ind}$  per non sovraccaricare i collettori a valle e il depuratore.

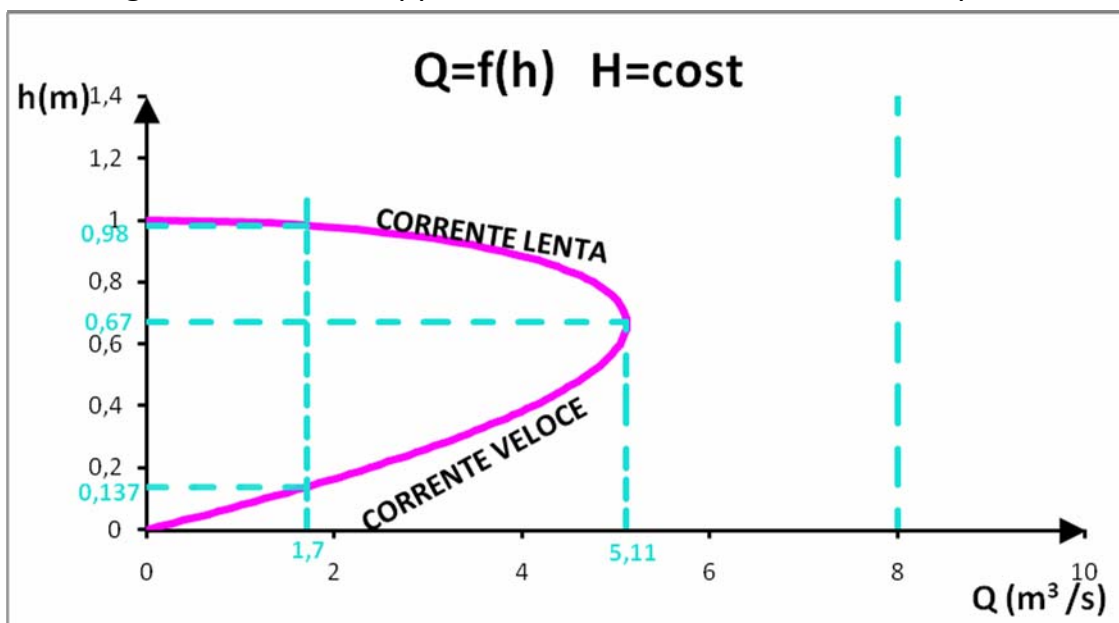
## Esempio di calcolo

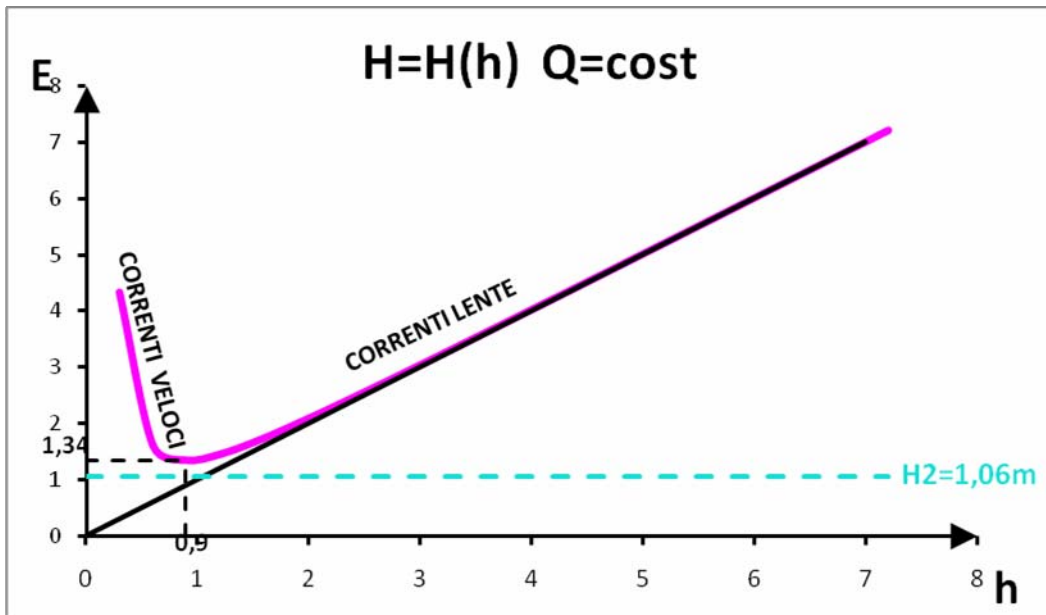
Nell'esempio di calcolo si vuole verificare il funzionamento e dimensionare uno sfioratore laterale a valle del quale si dispone un venturimetro per canali a sezione rettangolare . I dati sono i seguenti:

la portata massima  $Q_1$  in arrivo da monte  $= 8 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  
 la portata defluente a valle  $Q_2 = 1,7 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  
 la larghezza  $B$  del canale rettangolare  $= 3 \text{ m}$ ;  
 l'innalzamento  $\delta$  del venturimetro  $= 0,3 \text{ m}$ ;  
 il restringimento  $b$  del venturimetro  $= 1,5 \text{ m}$ ;  
 l'altezza della soglia  $a = 1 \text{ m}$ .

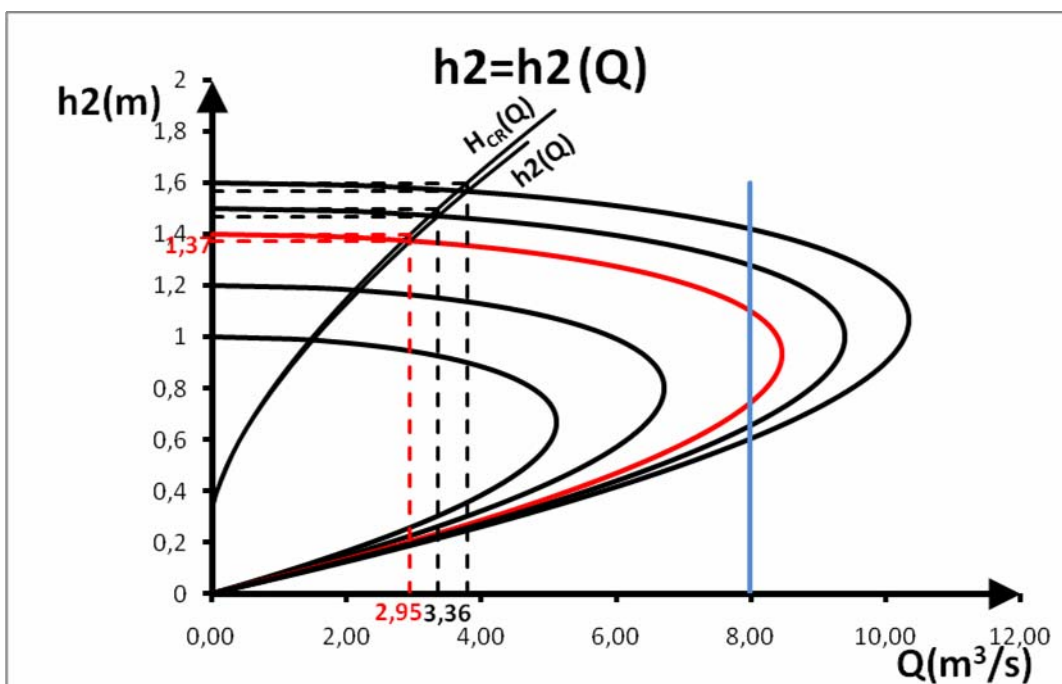
Nell'esercizio proposto, i dati iniziali non consentono di calcolare la lunghezza della soglia. Prima di procedere al dimensionamento dello sfioratore occorre verificare, infatti, che la portata in arrivo da monte sia minore della massima portata che può defluire con il carico totale, determinato dal venturimetro assegnato, per il deflusso della portata  $Q_2$ . La stessa verifica può essere svolta considerando il carico critico, compatibile con il deflusso della portata  $Q_1$ , che deve risultare minore rispetto al carico lungo la soglia imposto dal venturimetro. Nell'esercizio proposto poiché tali condizioni non risultano soddisfatte si interviene variando i dati iniziali e si valutano delle soluzioni che permettono successivamente di dimensionare lo sfioratore.

Nei disegni successivi si rappresentano le condizioni iniziali del problema.





Nella prima soluzione presa in considerazione, si aumenta il valore della portata  $Q_2$ , lasciando invariate le caratteristiche costruttive del venturimetro e l'altezza della soglia. Per affrontare il problema si costruisce per punti la scala di deflusso  $h_2=f(Q_2)$ , che ci permette di ricavare la portata  $Q_2$  e il tirante  $h_2$  imponendo l'uguaglianza dei carichi tra la sezione ristretta rialzata RR del venturimetro in cui si verifica lo stato critico e la sezione 2 disposta immediatamente a valle dello sfioratore. Viene rappresentata la scala di deflusso:





Il valore da attribuire al tirante  $h_1$  da cui si ottiene il carico e da cui si ottiene la portata  $Q_2$  defluente a valle deve essere maggiore dell'altezza della soglia e rispettare la disequazione seguente, già precedentemente enunciata:

$$h_1 + \frac{Q_1^2}{2gB^2h_1^3} = H_1 = H_2 = H_{CR}(Q = Q_2) + \delta \geq H_c(Q = Q_1)$$

Si osserva che i valori da assegnare ad  $h_1$  per soddisfare le relazioni indicate sono infiniti e si ricorre, allora, ad altre valutazioni di carattere pratico: la  $Q_2$  deve risultare maggiore della  $Q_{ind}$ , per evitare lo sfioro di acque miste eccessivamente inquinate che occorre destinare a trattamento, e, inoltre, la  $Q_2$  non deve essere molto elevata rispetto alla  $Q_{ind}$  per non sovraccaricare i collettori a valle e il depuratore. Una soluzione che rispetta le precedenti condizioni è la seguente: imponendo  $h_1=1,1\text{m}$  si ottiene  $H_1=1,4$  da cui si ricava  $Q_2=2,95\text{m}^3/\text{s}$ . Tale soluzione soddisfa, anche, la relazione di non rigurgito del venturimetro.

Si procede al calcolo della lunghezza utilizzando 2 metodi differenti che si basano entrambi sull'integrazione per differenze finite dell'equazione di seguito indicata:

$$\frac{dQ}{ds} = \mu(n - \alpha) \sqrt{2g(n - \alpha)}$$

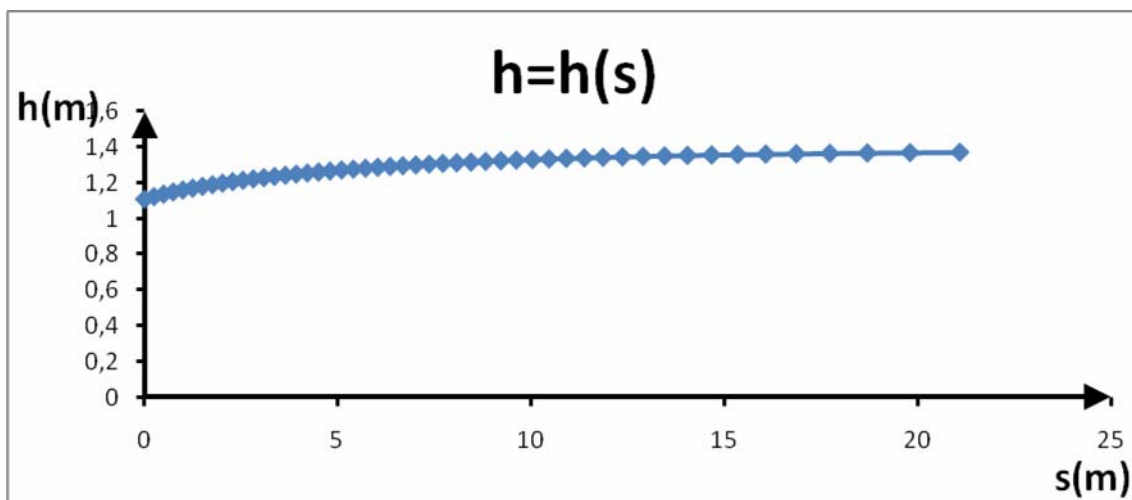
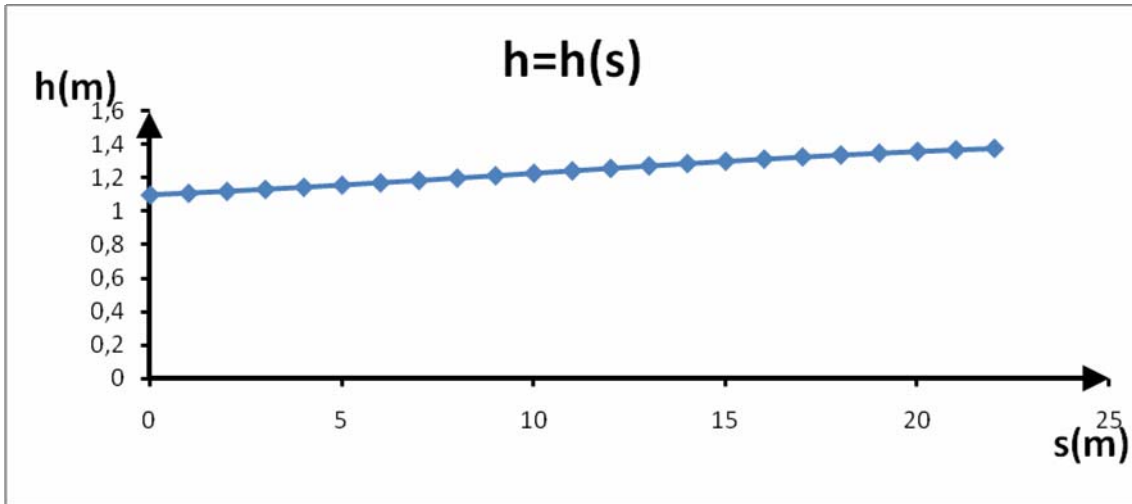
Il primo metodo fissa il passo di integrazione in un tratto di soglia di lunghezza  $\Delta x$  mentre il secondo metodo nella portata sfiorata

$$Q_{sf} = \frac{1}{50} - \frac{1}{100} (Q_1 - Q_2)$$

Si evidenziano i vantaggi del secondo metodo che vengono di seguito indicati:

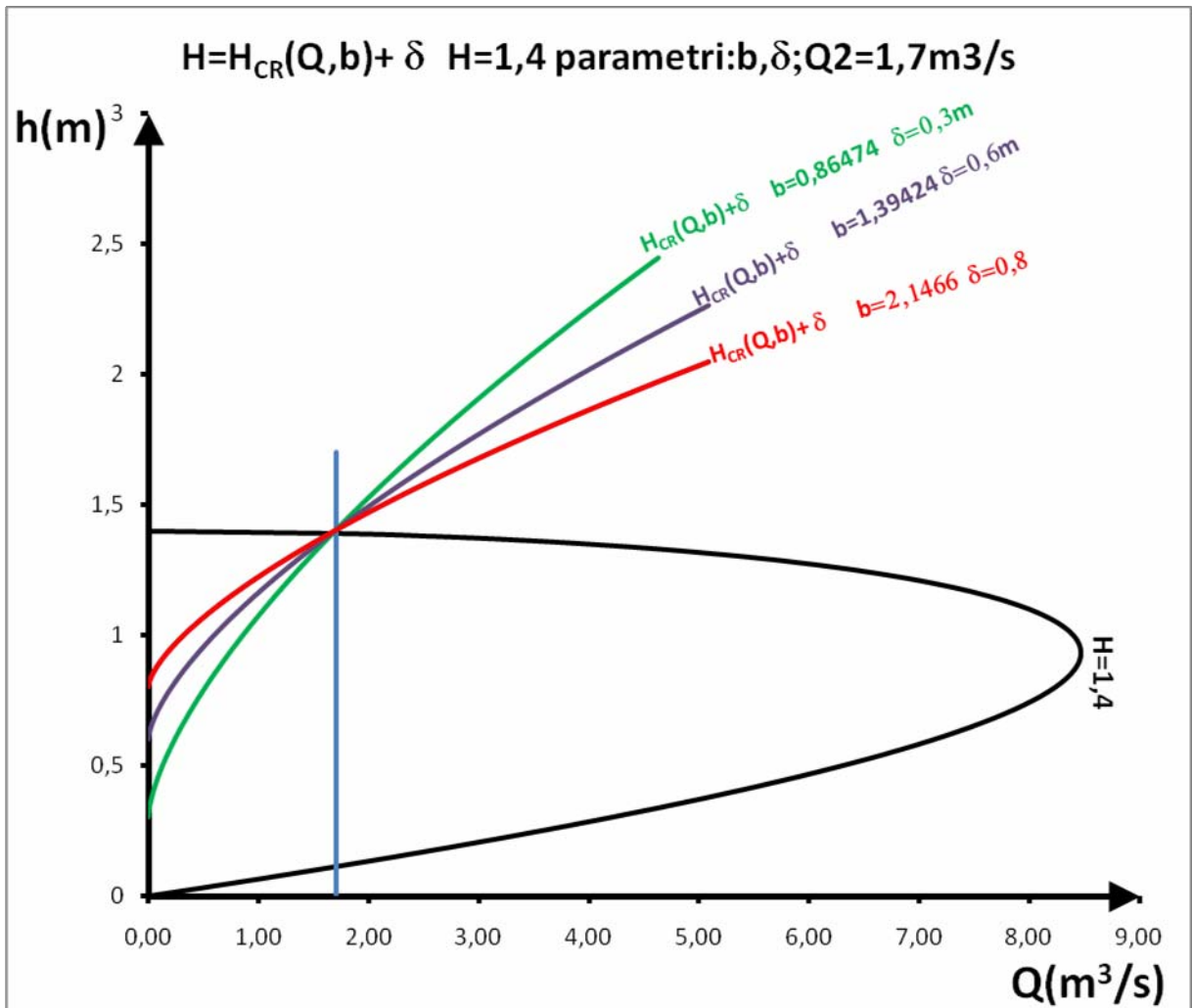
- 1) si migliora la precisione poiché si considera un tirante idrico medio e poiché si fissa il passo nella portata sfiorata che è nota, a differenza della prima procedura algebrica in cui bisogna stabilire un valore di  $\Delta s$  piccolo rispetto ad una lunghezza che è incognita;
- 2) si conosce il numero dei passi  $n$  a priori;
- 3) si evita il problema legato al primo procedimento con cui si ricava una lunghezza approssimata, arrestando il profilo ad un valore di portata leggermente superiore, di solito, a quello effettivamente assegnato a monte.

Utilizzando il primo metodo la lunghezza risulta pari a 22m mentre utilizzando il secondo procedimento la lunghezza è pari a 21,07m. Si riportano i profili ottenuti con ambedue i metodi.



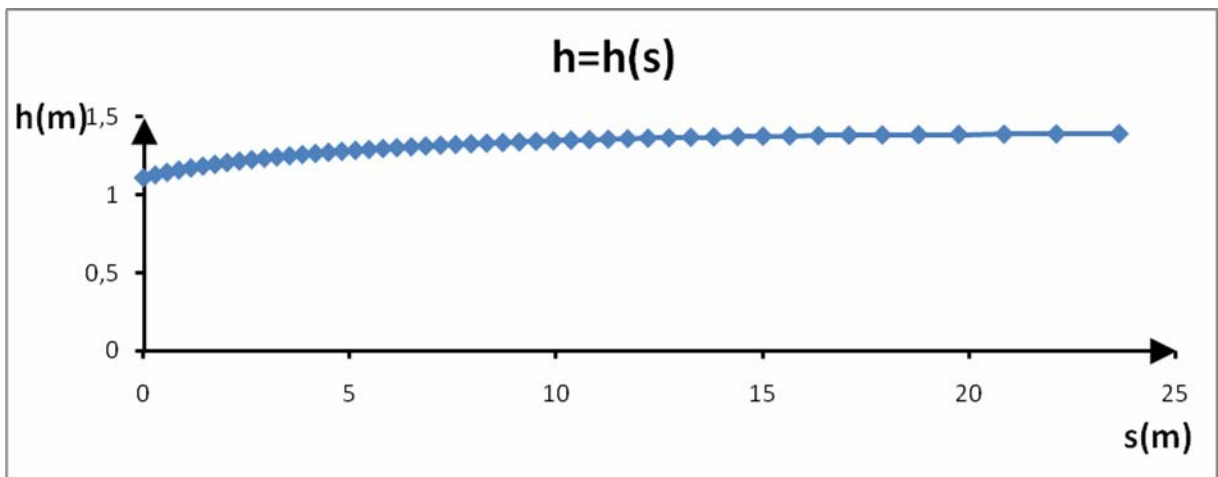
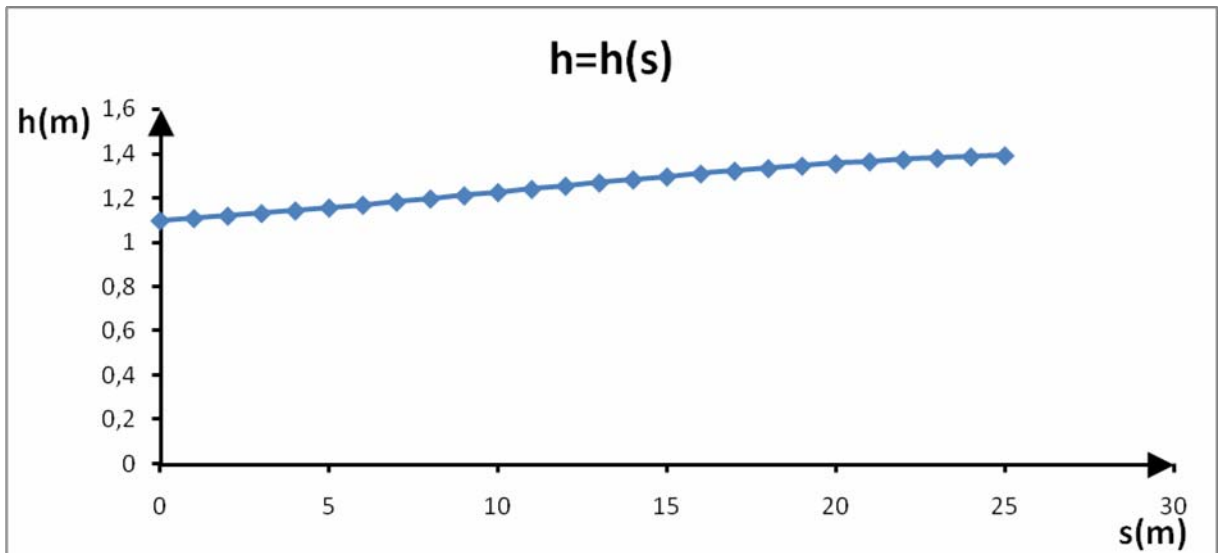
Nella seconda soluzione si stabilisce di modificare le caratteristiche del venturimetro, lasciando invariata la  $Q_2$  e l'altezza della soglia e si affronta il problema in vari modi e si evidenziano le differenze rispetto alla prima soluzione. Si osserva che la larghezza e l'innalzamento rappresentano 2 variabili dipendenti e lasciando invariata una delle 2 si ricava l'altra, imponendo diversi valori del carico lungo lo sfioratore. Si osserva che riducendo  $b$  o facendo crescere  $\delta$  il carico aumenta mentre portata indisturbata diminuisce. Se si procede nello stesso modo con cui si è affrontata la prima soluzione imponendo il carico a monte si ottengono infinite coppie di  $b$  e  $\delta$  e per ognuna si individua la portata indisturbata su cui incide più la variazione relativa

all'innalzamento che quella della larghezza. Si riporta il grafico ottenuto imponendo un carico pari a 1,4 m:



Per determinare, allora, una soluzione occorre verificare che la corrispondente portata indisturbata sia eguale o superiore alle portate da destinare a trattamento e ricorrere a valutazioni di ordine pratico: si deve evitare che  $\delta$  raggiunga altezze elevate per non avere accumulo di detriti ed evitare che la sezione ristretta del venturimetro sia caratterizzata da una larghezza troppo piccola da consentire il passaggio delle acque senza rischio di ostruzione per eventuali corpi trasportati dalla corrente.

Una soluzione che rispetta tali condizioni è la seguente:  $b=0,86\text{m}$ ;  $\delta=0,3$  per un carico pari a 1,4m a cui corrisponde una portata indisturbata pari a 0,9339  $\text{m}^3/\text{s}$  che soddisfa il valore di portata da destinare a trattamento. Utilizzando il primo metodo la lunghezza risulta pari a 25m mentre utilizzando il secondo procedimento la lunghezza è pari a 23,65m. Si riportano i diagrammi relativi al calcolo della lunghezza:



## Conclusioni

Attraverso l'esercizio sono state proposte delle soluzioni relative alla progettazione dello sfioratore, evidenziando il carattere indeterminato di tale problema e la necessità di ricorrere a criteri di ordine pratico, risultando insufficienti le relazioni fornite dall'idraulica e il procedimento algebrico.