



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"

FACOLTA' DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO

**Tesi di Laurea in
Idraulica**

Effetti dell'approssimazione di portata equivalente per una condotta distributrice

Relatori:

Prof. Martino Riccardo
Prof. Armando Carravetta

Candidato:

Tranchini Francesco
Matr: N49000276

ANNO ACCADEMICO 2013-2014

INTRODUZIONE

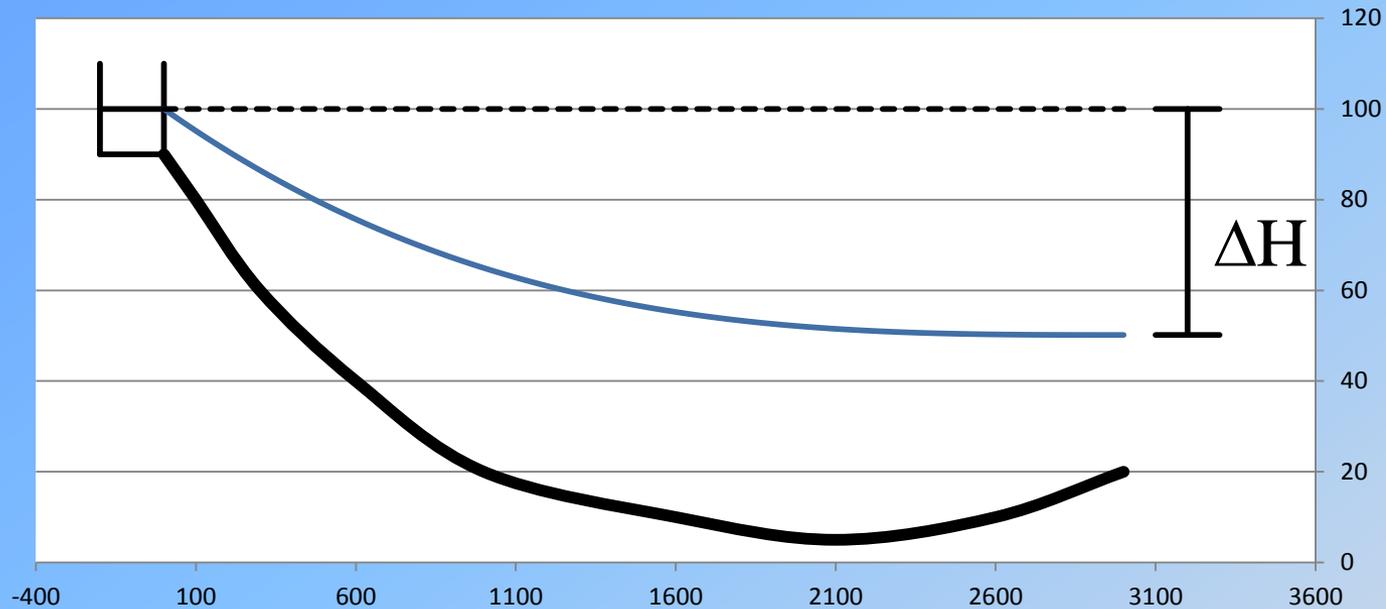
OBIETTIVO

Calcolo e confronto delle **perdite di carico**, riferite ad una **condotta distributrice**, in regime **turbolento** determinate attraverso **3 metodi**:

- Un **metodo rigoroso**, utilizzando le formule di *Colebrook-White*
- Due **metodi approssimati**, ovvero:
 1. Usando la formula di *Darcy*(per tubi in ghisa)
 2. Utilizzando una *portata equivalente*

Le verifiche sono state eseguite sia per **tubi nuovi** che **usati**

Definizione perdite di carico



Le perdite di carico sono l'energia che si dissipa tra due punti aventi quote piezometriche diverse. Se si considerano velocità modeste del fluido, trascurando l'altezza cinetica, si ha che la *linea dei carichi totali* coincide con la *piezometrica*, che è somma di una *quota geodetica* z e di una *altezza piezometrica* p/γ . Questi termini esprimono un'energia potenziale ed ecco perché la linea dei carichi è detta anche *linea dell'energia*.

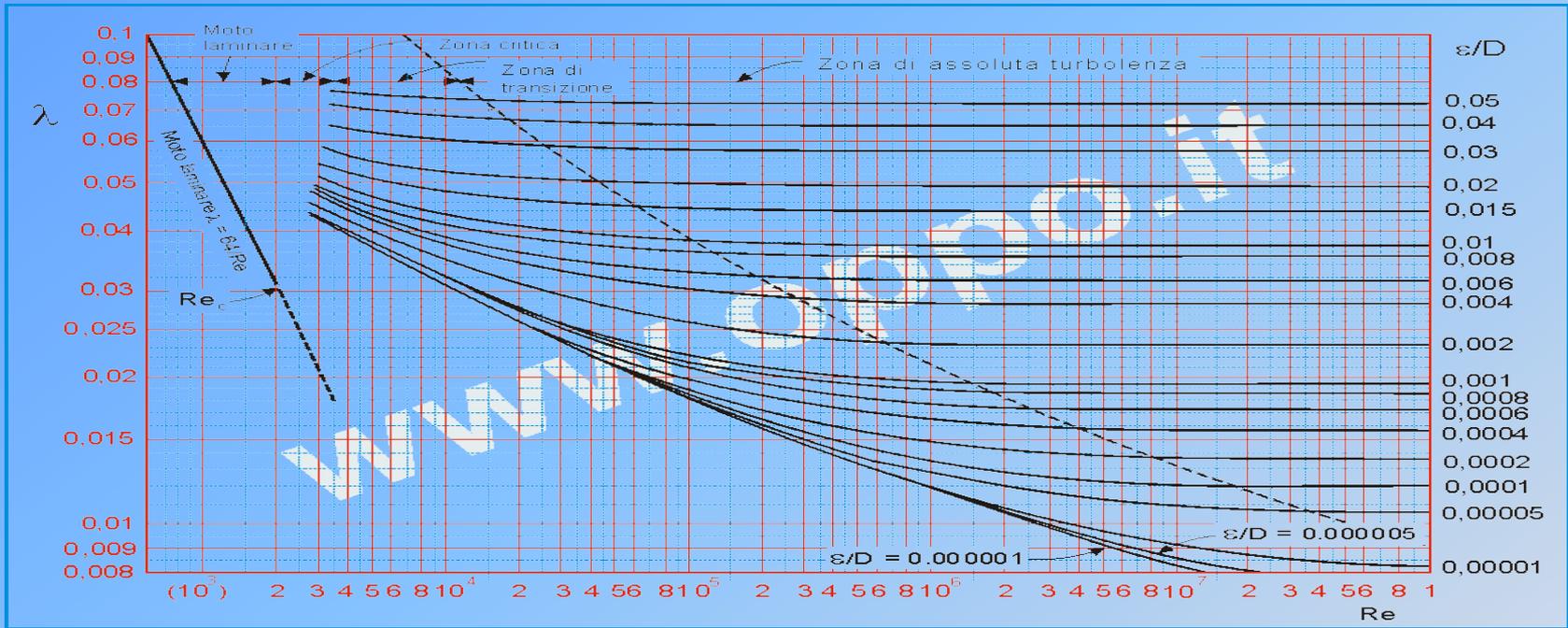
Problemi relativi a lunghe condotte: Perdite di carico

Le **perdite di carico** possono essere **continue** o **localizzate**. Quelle continue sono quelle che dipendono dalla lunghezza, mentre quelle localizzate si sviluppano in determinate condizioni, ovvero:

- all'imbocco
- allo sbocco
- al cambio di diametro o direzione

Nelle **lunghe condotte** le perdite localizzate sono trascurabili rispetto a quelle continue.

Abaco di Moody e formula di Colebrook



E' un **grafico a scale logaritmiche** in cui sull'ascissa sono rappresentati i logaritmi decimali di Re e sull'ordinata quelli di λ . E' suddiviso in **3 zone**, in base al tipo di moto considerato: *moto laminare*; *zona di transizione*; *zona di assoluta turbolenza*. Inoltre, in base alla **scabrezza relativa**, pu' essere suddiviso in una zona per *tubi scabri* ed una per *tubi lisci*. L'utilizzo dell'abaco e' abbinato alla formula sperimentale di **Colebrook-White**:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{2,51}{Re \sqrt{\lambda}} + \frac{\epsilon}{3,71D} \right)$$

Formule di resistenza empiriche

Si illustrino qui le principali formule di resistenza utilizzate per il moto uniforme turbolento.

La prima è quella di **Chèzy**: $J = \frac{v^2}{k^2 R}$

dove k è un coefficiente di scabrezza determinato sperimentalmente da **Bazin** e **Kutter**.

Un'altra molto utilizzata è quella di **Gauckler-Strickler**: $J = \frac{v^2}{k_s^2 R^{4/3}}$

Poi c'è quella di **Darcy**: $J = \beta \frac{Q^2}{D^5}$

e quella di **Darcy-Weisbach**: $J = \frac{v^2 \lambda}{2gD}$

Un'ultima formula usata spesso nella progettazione di acquedotti esterni è quella di

Scimemi-Veronese:

$$J = 0,00145Q^{1,82}D^{-4,71}$$

Condotte con erogazione uniforme: Portata e cadente piezometrica

Si tratta di sistemi in cui si ha un distribuzione uniforme di **portata per unità di lunghezza** pari a $q=P/L$ e quindi con una **portata complessivamente distribuita** pari a P . Ad una generica ascissa s lungo la condotta, la **portata** viene così determinata:

$$Q(s) = Q_{\text{out}} + \frac{P}{L}(L - s)$$

dove Q_{out} rappresenta la portata uscente di valle. La **cadente piezometrica** si definisce generalmente come: $J(s) = -\frac{dh}{ds}$

Dato che tramite le formule rigorose, in campo turbolento, può essere a volte di difficile determinazione, spesso si preferisce utilizzare la forma approssimata alla Darcy, in quanto questa è valida a rigore solo nella regione di moto assolutamente turbolento:

$$J(s) = \beta \frac{Q(s)^2}{D^5}$$

Condotte con erogazione uniforme: Calcolo delle perdite di carico con la portata equivalente

Una volta determinata la cadente piezometriche, rimane da valutare la perdita di carico complessiva lungo la condotta:

$$\Delta H = \int_0^L \beta \frac{Q(s)^2}{D^5} ds$$

Sviluppando l'integrale si ricava:

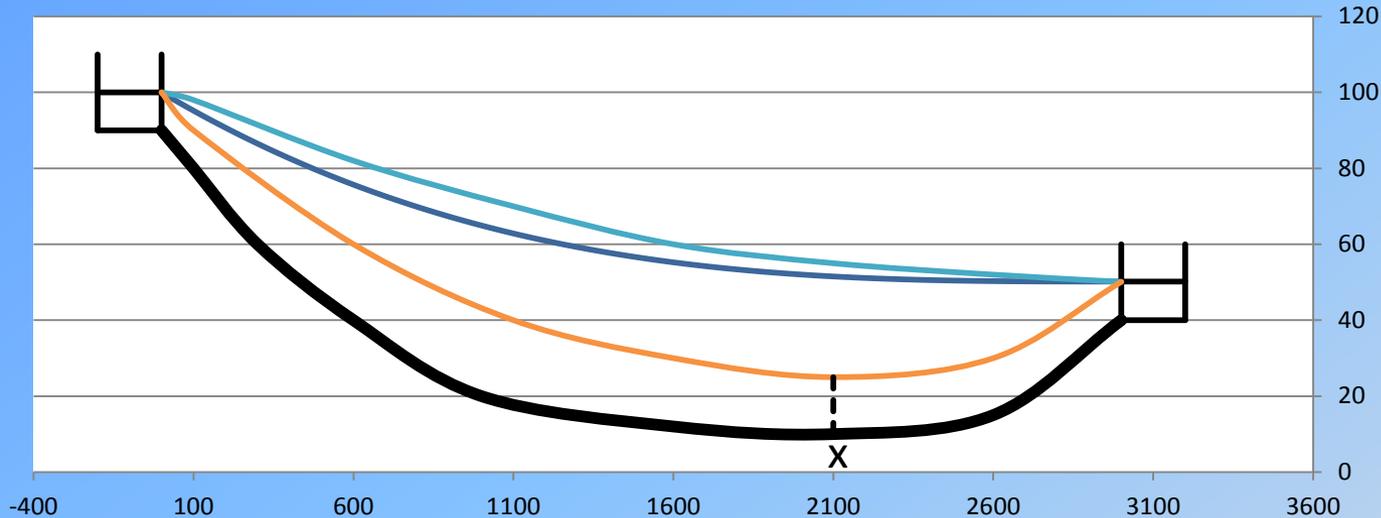
$$\Delta H = \frac{\beta}{D^5} \left[Q_{\text{out}}^2 L + \frac{P^2}{3} L + Q_{\text{out}} PL \right]$$

La quantità in parentesi si approssima a: $\left(Q_{\text{out}} + \frac{P}{\sqrt{3}} \right)^2$

Quindi si definisce la **portata equivalente** come quella che fornisce la stessa perdita di carico complessiva ΔH , che si calcolerebbe con una portata non approssimata:

$$Q_{\text{eq}} = Q_{\text{out}} + \frac{P}{\sqrt{3}}$$

Condotte con erogazione uniforme: Tipologie piezometriche



La piezometrica è quasi sempre rappresentata da un arco di parabola in cui le tangenti in ogni sezione hanno pendenza proprio paria alla J nel punto. Considerando 2 punti estremi della condotta A e B con quote piezometriche pari ad H_A e H_B , si possono verificare **3 casi**:

1. $H_A > H_B$: piezometrica a tangente positiva, ovvero A alimenta B
2. $H_A = H_B$: piezometrica a tangente nulla, ovvero A alimenta la condotta fino ad un certo punto ma non arriva ad alimentare B
3. $H_A < H_B$: piezometrica a tangente negativa, ovvero A alimenta la condotta fino ad un certo punto x , detto **punto di morto**, mentre successivamente a quel punto è B ad alimentare la condotta

Nel problema analizzato, si è considerato di trovarsi nel 2° caso.

Sviluppo problema: Dati in ingresso

I parametri in ingresso sono stati messi tutti in relazione al **numero di abitanti** N servito dalla condotta. Il range di popolazione studiato è compreso tra i 3000 ed i 7000 abitanti.

E' stata impostata una **dotazione idrica** d costante per tutti i casi pari a 150 l/ab*giorno.

E' stata impostata una **velocità massima** di 3m/s. Quindi, si è determinata la **portata**

media giornaliera da immettere nella condotta: $Q_{mg} = \frac{d N}{86400}$

Si è determinata anche una **portata massima**: $Q_{max} = 1,2Q_{mg}$

Quindi, si è determinata la **portata distribuita** lungo la condotta: $q = \frac{Q_{mg}}{L}$

in cui la **lunghezza della condotta** è stata posta pari a 3km. Quindi, nei vari casi di

studio, le portate relative sono pari a: 0,0052 m^3/s per 3000 abitanti; 0,0069 m^3/s per

4000 abitanti; 0,0087 m^3/s per 5000 abitanti; 0,010 m^3/s per 6000 abitanti; 0,012 m^3/s

per 7000 abitanti.

Sviluppo problema: Calcolo perdite di carico

Si sono calcolate le perdite di carico lungo la condotta suddividendola in tanti tratti di lunghezza ds pari a 10m. Con il **metodo rigoroso** si sono calcolate le perdite di carico

come:

$$dH(s) = \frac{\lambda v^2}{2g} ds$$

Con il **metodo approssimato alla Darcy** sono pari a:

$$dH(s) = \beta \frac{Q(s)^2}{D^5} ds$$

Con il **metodo approssimato tramite la portata equivalente** sono pari a:

$$\Delta H(s) = \beta \frac{Q_{eq}^2}{D^5} s$$

dove:

$$Q_{eq} = \frac{qs}{\sqrt{3}}$$

Sviluppo problema: Determinazione parametri

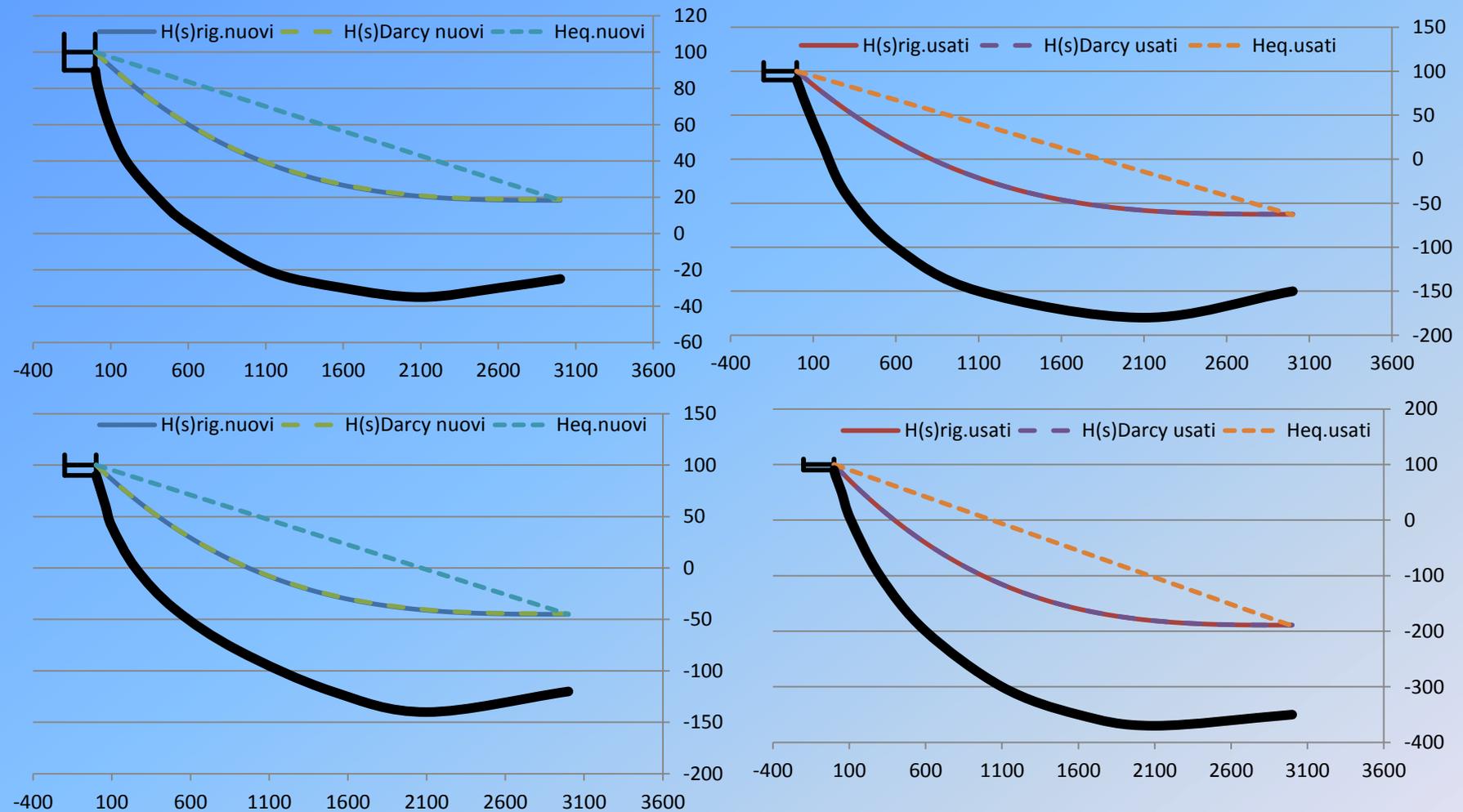
La prima cosa da fare è determinare il **diametro** da utilizzare. Quindi una volta determinata la **sezione** pari a $\sigma = Q_{\max} / v_{\max}$, essendo le tubazioni circolari, esso sarà pari a : $D = \sqrt{\frac{4\sigma}{\pi}}$. Si può, quindi, determinare il **coefficiente d'invecchiamento**:

$$\beta = 0,00164 + \frac{0,000042}{D}$$

Si è tarato λ in funzione di β , uguagliando le formule di Darcy e Darcy-Weisbach, ricavando: $\lambda = \frac{\beta g \pi^2}{8}$

Una volta noto λ , si è determinata la **scabrezza** ε dalla formula di Colebrook-White per valori di Re molto grandi, tendenti a valori infiniti.

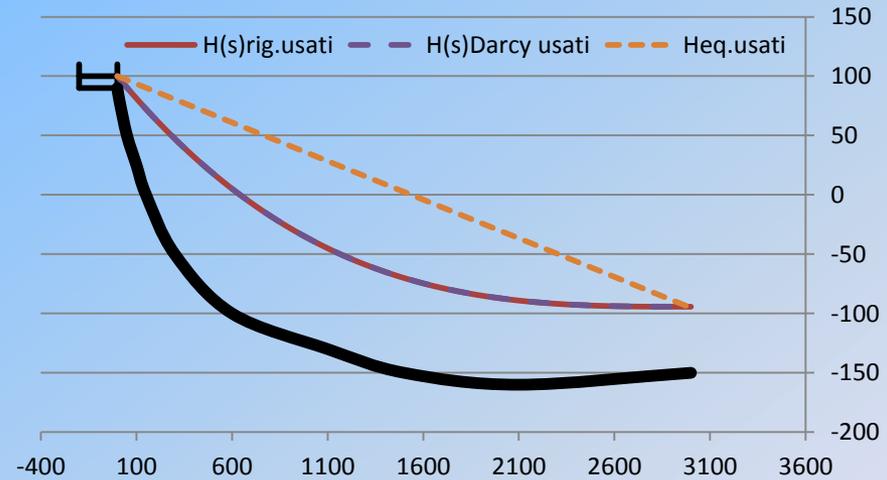
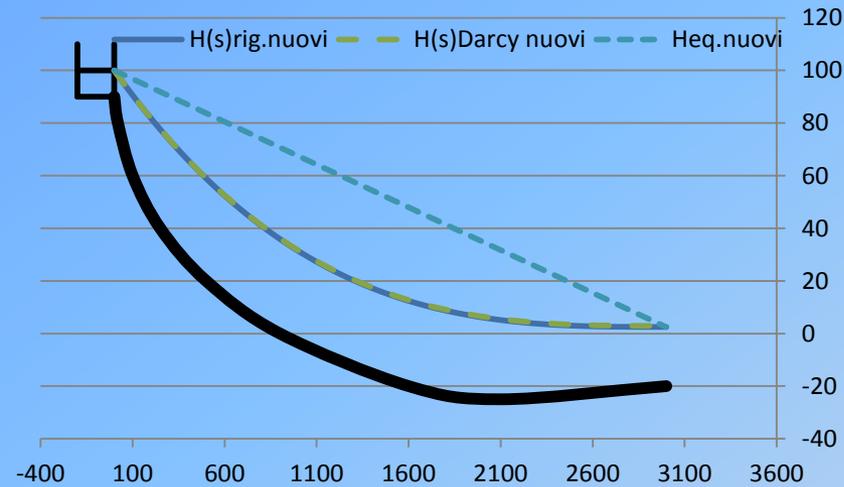
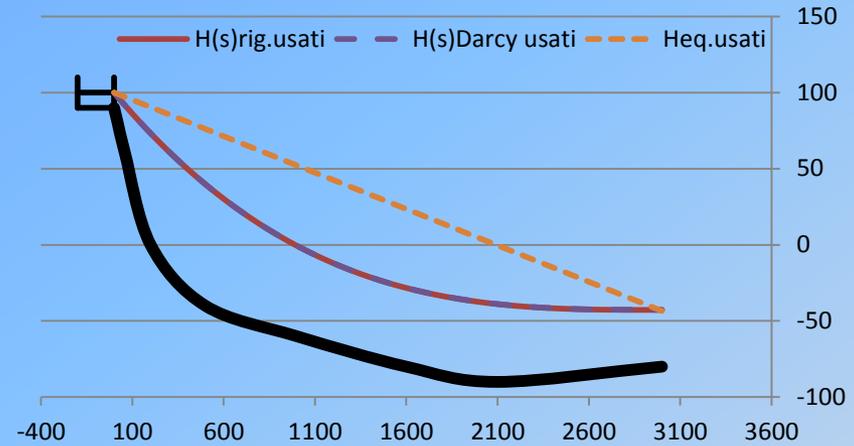
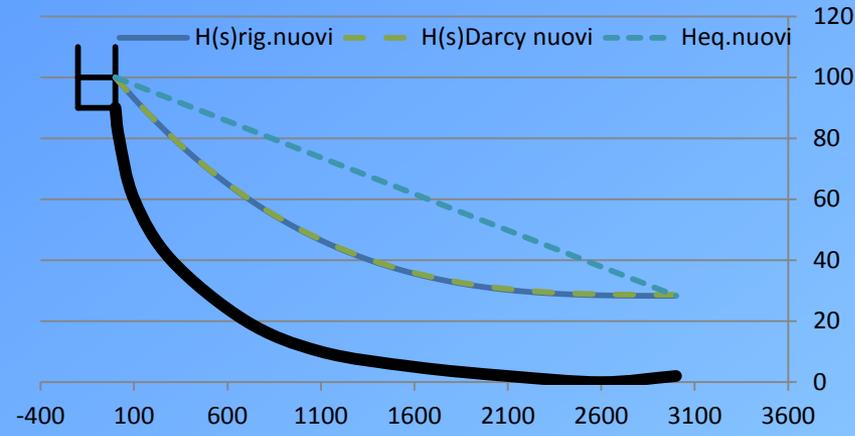
Confronto e commento grafici



3000 abitanti: 0,27%(nuovi,rigoroso-equivalente); 1,1%(usati,rigoroso-equivalente);
2,5%(nuovi,rigoroso-Darcy); 0,2%(usati,rigoroso-Darcy)

4000 abitanti: 0,25%(nuovi,rigoroso-equivalente); 0,68%(usati,rigoroso-equivalente);
1,36%(nuovi,rigoroso-Darcy); 0,088%(usati,rigoroso-Darcy)

Confronto e commento grafici



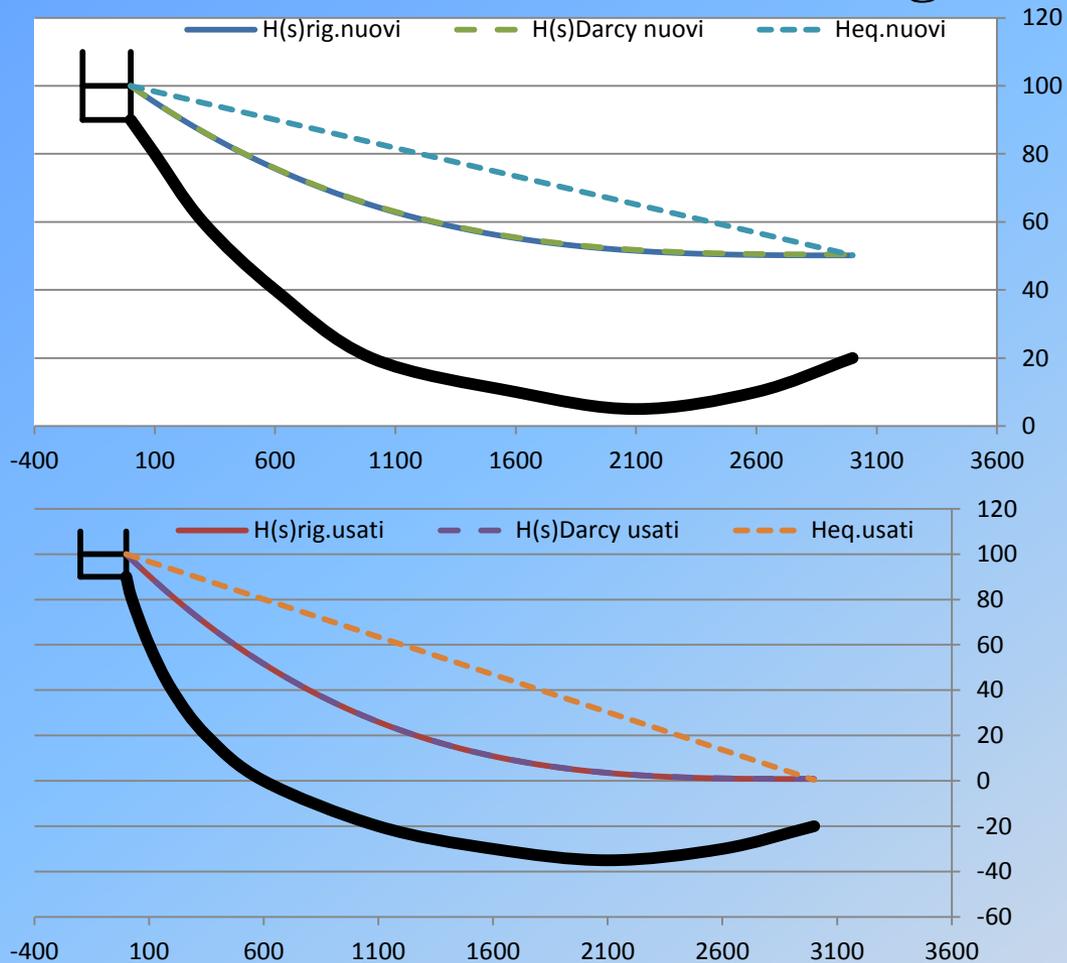
6000 abitanti: 0,022%(nuovi,rigoroso-equivalente); 1,47%(usati,rigoroso-equivalente);

1,24%(nuovi,rigoroso-Darcy); 0,21%(usati,rigoroso-Darcy)

7000 abitanti: 3,06%(nuovi,rigoroso-equivalente); 0,92%(usati,rigoroso-equivalente);

16,46%(nuovi,rigoroso-Darcy); 0,11%(usati,rigoroso-Darcy)

Confronto e commento grafici



5000 abitanti: 0,087%(nuovi,rigoroso.equivalente); 49,7%(usati,rigoroso equivalente); 0,583%(nuovi,rigoroso-Darcy); 8,61%(usati,rigoroso-Darcy)

CONCLUSIONI

Una volta analizzate le perdite di carico calcolate nei vari casi di studio e determinate attraverso un metodo rigoroso e due metodi approssimati, si può sopraggiungere a 2 affermazioni finali:

- il metodo approssimato alla Darcy **sottostima** sempre quello rigoroso in quanto, a parità di portata e diametro, con Darcy si usa un β costante, mentre col metodo rigoroso si usa un λ variabile. Questo varia di più per tubi nuovi e di meno per tubi usati
- il metodo che utilizza una portata equivalente **sovrastima** quasi sempre, tranne per portate basse, quello rigoroso.