



---

**Original Article: DETERMINAZIONE SPECIFICITÀ DELLE PERDITE IDRAULICHE A TUBI A SPIRALE DI TUBI DI PICCOLO DIAMETRO**

**Citation**

Zemlyanoy A.A., Dolgushin V.A., Golofast S.L. Determinazione specificità delle perdite idrauliche a tubi a spirale di tubi di piccolo diametro. *Italian Science Review*. 2014; 4(13). PP. 517-524.

Available at URL: <http://www.ias-journal.org/archive/2014/april/Zemlyanoy.pdf>

**Authors**

Aleksandr A. Zemlyanoy, Tyumen State Oil and Gas University, Russia.

Vladimir A. Dolgushin, Tyumen State Oil and Gas University, Russia.

Sergey L. Golofast, Dr. Tech. Sci., Tyumen State Oil and Gas University, Russia.

Submitted: April 17, 2014; Accepted: April 25, 2014; Published: April 30, 2014

**Annotation**

The results of the analysis of the influence of different factors to pressure drops in the coiled tubing circulation system there are in the article. Regularities that have been identified, allow describing the nature of the flow of liquids in a flexible pipes for the well operations. Also identified the boundary conditions for defining the optimum volumetric flow rate to obtain an effective pressure drop across the bottom hole.

Key words: flexible pipes, hydraulic friction, coiled tubing, hydraulic pressure drops, strength limit, fatigue wear, volumetric flow rate.

**Astratto.**

I risultati delle analisi dell'impatto di vari fattori sulla perdita di pressione idraulica unità tubo spiralato. Schemi rivelati consentono di descrivere la natura del flusso di vari liquidi all'interno del tubo a spirale nelle operazioni sul pozzo. Anche individuato le condizioni al contorno per definire la velocità ottimale del flusso volumetrico per produrre una caduta di pressione effettiva nella parte inferiore.

Parole Chiave.

Tubo flessibile, resistenza idraulica, unità tubi arrotolati, la perdita di pressione idraulica, resistenza alla trazione, all'usura, la portata volumetrica.

Durante riparazioni pozzetti usando unità di tubi arrotolati punto importante per raggiungere l'alta efficienza del lavoro è la scelta corretta dei fluidi di processo e delle loro modalità di iniezione.

Specificità di tubo a spirale utilizzato in impianti russi è piccolo orifizio (diametro esterno non superiore a 50,8 millimetri) il tubo spiralato (TS), che si traduce in essi perdite di pressione idraulica sostanziali.

Funzionalità di progettazione di unità tubi arrotolati richiede fluidi di processo pompanti attraverso l'intero tubo spiralato (compresa la parte che si avvolge su un tamburo), ne consegue una colonna di perdita di pressione idraulica TS non dipende dalla profondità del pozzo. La resistenza idraulica aggiuntiva causata dalla curvatura dei tubi tamburo avvolto sono piccole a causa del grande valore del rapporto di tamburo diametro al diametro del tubo e il sistema di circolazione trascurato calcolo [2].

Fondamentale importanza nella scelta del corretto approccio per determinare le

perdite di pressione nel sistema di circolazione ha il tipo di fluido utilizzato, che quando si usa TS seguenti requisiti [1,3]:

- viscosità dinamica e la densità delle composizioni dovrebbe permettere di pompa in regime turbolento attraverso l'intera lunghezza di TS a pressione di iniezione non superiore alla resistenza a trazione del materiale del tubo;

- utilizzando sostanze che alterano la sua struttura - impostazione iniziale tempo o gelificanti dovrebbe non inferiore a 2 volte l'importo totale del pompaggio tempo situato in TS per consentire il lavaggio del pozzo;

- formulazioni non avrebbero pronunciato tissotropica come qualsiasi, anche un breve sosta nel processo di pompaggio può portare ad un aumento significativo della resistenza idraulica e, di conseguenza, la distruzione di TS.

Un ulteriore fattore limitante nel calcolo nell'unità sistema di circolazione coiled tubing idraulico è la condizione di conservazione tubo forza di eccessiva pressione interna. Inoltre, un effetto significativo sulla resistenza del tubo ha un raggio di curvatura e la sua pressione del fluido di processo. Quest'ultimo fattore, in un certo intervallo di valori, determina la risorsa effettiva è la sicurezza di funzionamento TS.

Quindi, possiamo individuare alcuni parametri chiave che influenzano la natura del flusso del fluido in TS:

- liquido pompato proprietà reologiche (densità e viscosità);

- specifiche TS (diametro, lunghezza, rugosità);

- parametri regime-tecnologico di iniezione (pressione di iniezione e portata).

Quantitativamente, tuttavia, non tutti possono essere variati a lavoro. Ad esempio, le specifiche per un particolare insieme di TS unità coiled tubing e può assumere un valore diverso solo se la sostituzione o l'installazione stessa o tubo avvolto su un tamburo. Questi parametri sono presi come dati di ingresso per i

calcoli successivi. Variando i valori del resto delle opzioni può avere un impatto significativo sulla natura del flusso di fluido in TS e migliorare così l'efficienza delle operazioni. Allo stesso tempo sulla gamma di variazione di questi parametri sono limitazioni associate con le caratteristiche meccaniche del materiale e per la conservazione di TS flusso continuo.

Durante le operazioni di produzione del bene deve essere creata alla pressione di fondo, che nel caso generale sarà determinata dai parametri geologici della formazione produttiva e viste le riparazioni detenuti. Per fornire il differenziale di pressione desiderato è necessario per determinare la relazione tra i parametri che caratterizzano il flusso di fluido nel TS.

Per determinare la pressione effettiva all'uscita del TS utilizzare l'equazione che descrive la distribuzione della pressione nel sistema di circolazione arrotondato unità tubi [5]:

$$P_3 = P_H + P_{\text{rct}} - \Delta P \quad (1)$$

dove  $P_3$  - pressione di fondo pozzo, Pa;

$P_H$  - pressione di scarico, Pa;

$P_{\text{rct}}$  - pressione idrostatica alla profondità di discesa TS Pa;

$\Delta P_3$  - perdita totale del Pa idraulico.

Perdite idrauliche consistono perdite lungo il tubo a causa di attrito e le perdite dovute alla resistenza locale che vincolino a nodi collettore unità tubo spiralato in giunzioni TS, così come la struttura del fondo della colonna. In [6] i risultati della determinazione sperimentale della resistenza idraulica nei nodi del sistema di circolazione TS, sulla base dei quali si può concludere che la maggiore perdita di pressione nelle zone di caduta resistenza locale in assemblaggio fondo pozzo, mentre la perdita di pressione nel tubo collettore e siti di splicing sono molto piccole e non avere un'influenza decisiva sulle perdite totali nel sistema.

Studiato nei parametri influenzano il valore della perdita di pressione lungo il condotto (2) definita dall'equazione Darcy - Weisbach [5], e perdite per la resistenza

locale (3), espresso dall'equazione Borda [6]:

$$\Delta P_{TP} = \lambda \frac{8\rho L Q^2}{\pi d^5} \quad (2)$$

dove  $\lambda$  - coefficiente di Darcy resistenza idraulica;

$\rho$  - densità del fluido, kg/m<sup>3</sup>;

$L$  - Lunghezza TS, m;

$Q$  - portata volumetrica, m<sup>3</sup>/s;

$D$  - tubo di diametro interno, m.

$$\Delta P_{MC} = \frac{8\xi\rho Q^2}{\pi^2 d^4} \quad (3)$$

dove  $\xi$  - coefficiente di resistenza locale.

Risolviendo l'equazione (1) con (2) e (3) si ottiene la seguente espressione che descrive la distribuzione della pressione nel sistema di circolazione coiled tubing unità:

$$P_H - P_3 = \lambda \frac{8\rho L Q^2}{\pi d^5} + \frac{8\xi\rho Q^2}{\pi^2 d^4} - \rho g H_{\Gamma T} \quad (4)$$

dove  $H_{2m}$  - TS profondità di impostazione nel bene, m

Analisi del rapporto (4) mostra che la pressione di scarico  $P_n$  dipende dalla densità del liquido pompato, la lunghezza totale, il diametro e la profondità di discesa nel pozzo TS, flusso liquido dei valori peggiori e TS della pressione idrostatica. Inoltre, se la pressione idrostatica supera la quantità totale di perdita, quindi il lato destro dell'equazione avrà un valore negativo, ossia fermare la condizione pompabilità.

Tasso basato su equazioni (2) e (3) l'impatto di questi parametri sulla perdita di pressione è problematico, in quanto la variazione dei valori della modalità caratteristiche tecnologica o proprietà reologiche del fluido provoca una variazione del coefficiente ( $\lambda$ ) Darcy resistenza al flusso. La grandezza di  $\lambda$ , a sua volta, dipende da due parametri adimensionali: il numero di Reynolds, che determina la modalità di flusso di fluido e la relativa rugosità della superficie interna del tubo flessibile. Con i valori noti di questi parametri Darcy coefficiente di resistenza al flusso  $\lambda$  può essere determinato graficamente mediante diagramma Moody

o calcolate per approssimazioni successive Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left[ \frac{\varepsilon}{3,7d} + \frac{2,5}{Re\sqrt{\lambda}} \right] \quad (5)$$

dove  $\varepsilon$  - rugosità della superficie interna del tubo, m.

Sulla base dell'equazione (5) sulla base dei dati riportati nella Tabella 1, ricevuta rapporto grafica idraulico  $\lambda$  coefficiente di resistenza e  $\rho$  la densità del fluido di processo viscosità  $\mu$ , che è rappresentato in Figura 1.

Interesse pratico sono grafici che illustrano la dipendenza del coefficiente di resistenza idraulica di ciascun fattore separatamente -  $\rho$  la densità e viscosità  $\mu$  del liquido, che sono mostrati nelle figure 2 e 3.

Analisi di questi grafici suggerisce che l'aumento di viscosità del fluido a valori costanti di densità porta ad un significativo aumento del coefficiente di perdite idrauliche  $\lambda$ , con l'aumento della densità riduce il suo contrario. Dipendenza del coefficiente  $\lambda$  la viscosità e la densità lineare. Va notato che a bassi valori di coefficiente di viscosità Darcy dipende praticamente dalla sua densità.

Per valutare l'impatto sul coefficiente di Darcy  $\lambda$  parametri di processo regime - iniezione e specifiche TS, in base all'equazione (5) con i dati in Tabella 1, costruito un grafico di questo rapporto tra il diametro interno  $d$  tubi e liquido volumetrica portata  $Q$ . Il primo parametro viene trattato come nel determinare la rugosità e il numero di Reynolds, il secondo determina la portata del fluido all'interno del TS. L'analisi illustrato nella figura 4, a seconda  $\lambda(Q, d)$ , calcolato per liquidi con densità  $\rho = 1000$  kg/m<sup>3</sup> e una viscosità dinamica  $\mu = 0,001$  Pa · s, e grafici che mostrano l'effetto di un coefficiente di resistenza idraulica di ciascuno dei parametri - il diametro interno  $\lambda(d)$  (Fig. 5) e portata volumetrica  $\lambda(Q)$  (Fig. 6), suggerisce che l'aumento della portata porta ad una diminuzione del coefficiente di Darcy. Ma la perdita di pressione nel

sistema è aumentata. E dei costi elevati raggiunti  $\lambda$  coefficiente, che è un ulteriore aumento della velocità del flusso è praticamente invariata. La grandezza del valore critico dipende dal tipo di flusso del liquido e le sue proprietà, nonché il diametro del TS, ma a causa della mancanza di resistenza meccanica per ottenere un tubo di flusso durante il funzionamento del pozzo è praticamente impossibile. Allo stesso tempo, l' aumento del diametro a portate volumetriche basse (meno di 1 l / s) porta ad un aumento del coefficiente di perdite idrauliche a grande spesa è una relazione inversa.

Fig. 7 è un grafico che mostra le perdite di carico del flusso idraulico e la densità del fluido ad una viscosità costante ( $\mu = 0,001 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ) e un diametro del tubo interno  $d = 32,5 \text{ mm}$ . Il grafico mostra che un aumento del valore di uno di questi parametri aumenta le perdite di carico del sistema. La variazione dei risultati portata del fluido in un forte aumento della perdita di pressione.

I suddetti rapporti ci permettono di determinare le condizioni al contorno per la selezione dei parametri ottimali di processo associati con il fluido di pompaggio attraverso TS, sulla base della necessità di garantire la continuità del flusso ( $\Delta P > P_{\text{crit}}$ ) e la condizione di conservazione forza tubo ( $\Delta P < P_{\text{max}}$ ). Dati questi vincoli possono essere per valori noti di densità e viscosità del fluido, e il regime di flusso, che in sezione di flusso basso sarà laminare solo a piccoli valori di portata, seleziona ottimale pompa percentuale volumetrica, che fornirà la caduta di pressione necessaria al fondo per un particolare lavorazione.

Ecco un esempio di tale calcolo. Beh dati: Pressione formazione - 12.5 bar; 51So temperatura del serbatoio; produzione involucro - 178 millimetri; abbattimento artificiale - 1.990 m, il massacro in corso - 1995 m; Intervallo di perforazione - 1830-1841 m Unità tubo spiralato M -20 con un

diametro di 38,1 millimetri TS, spessore di 3 mm e una lunghezza di 3500 m di intercettazione acqua Quando si pompa del liquido ( $\rho = 1060 \text{ kg/m}^3$ ,  $\mu = 0,005 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ) con portata volumetrica - 2,65 l/s attraverso TS sgonfiato ad una profondità dell'intervallo perforato, le perdite di carico sono pari a 7,33 MPa. Dato che la pressione massima di scarico per TS è considerato uguale a 21 MPa [6], per una data portata volumetrica del liquido nella parte inferiore, è possibile creare una pressione sufficiente a forzare la composizione della formazione, con l'obiettivo di creare schermo impermeabilizzazione. Allo stesso tempo, i calcoli mostrano che, nelle stesse condizioni, il gel viene pompato fratturazione ( $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ,  $\mu = 0,4 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ ) sono la perdita di pressione  $\Delta P \approx 27,2 \text{ MPa}$  e che supera la pressione massima di scarico. Pertanto, per tale operazione deve o ridurre la portata in volume o aumentare il diametro della TS utilizzato per ridurre le perdite di carico del sistema di circolazione.

#### References:

1. Shashi Menon. Gas Pipeline Hydraulics/Course No: P06-001, Credit: 6PDH/Systek Technologies, Inc. - US, 2011.
2. Vaynshtok, S.M. [et al.] 1999. Underground repair and drilling of wells using coiled tubing. Moscow, Academy of Mining Sciences. 224p.
3. Stroganov, V.M., Ponomarev, D.M. 2010. Coiled tubing technology waterproofing works in oil and gas wells. Additional requirements applicable to the properties of waterproofing compounds//Modern technologies of cattle and TNG: Sat of reports. 5th International Conference nauno - prakticheki. Gelendzhik.
4. Determination of strength properties of steel coiled tubing/V.N. Syzrantsev, A.A. Earthy, G.P. Zozulya, etc.//Territory oil and. 2013. № 4. pp.76-77.
5. Rabinovich, E.Z. 1980. Hydraulic/manual for schools. Moscow, Nedra. 278p.
6. Sakhabutdinov, R.R. 2005. Development of technologies for repair gas wells without jamming. Novy Urengoy. 131p.

Tabella 1

Campo fattori variabili che determinano il flusso del fluido nel tubo a spirale

Densità, $\text{kg/m}^3$	Viscosità dinamica, $\text{Pa}\cdot\text{s}$	Flusso volumetrico, $\text{m}^3/\text{s}$	Diametro interno TS, m
600 ... 1800	0,001 ... 0,1	0,001 ... 0,01	0,020 ... 0,055

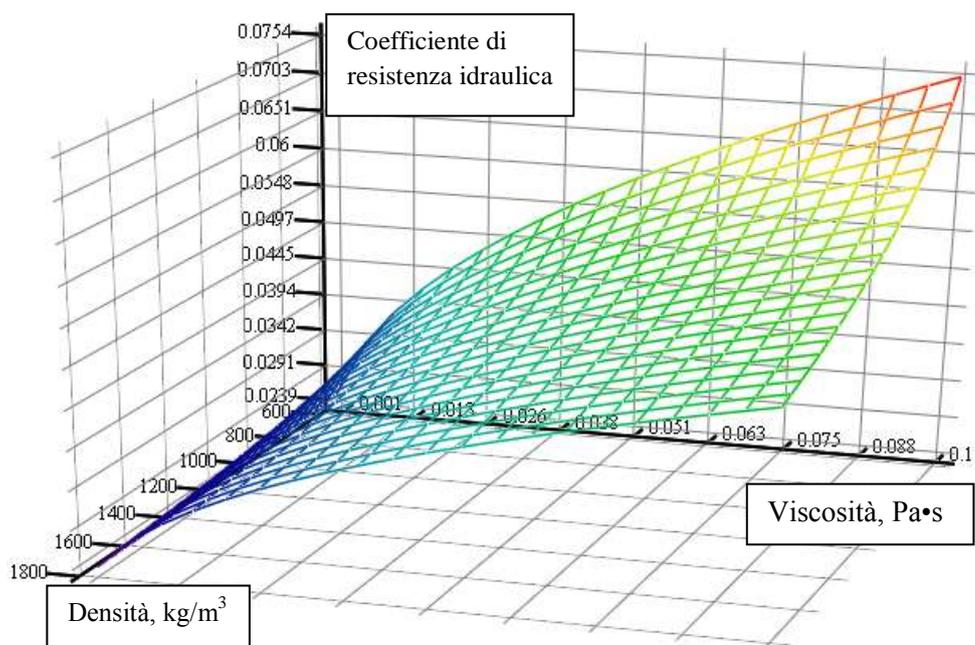


Fig. 1. Dipendenza del coefficiente di resistenza idraulica  $\lambda$   $\rho$  la densità e viscosità del fluido  $\mu$  (diametro interno TS  $d = 32,5$  mm, la portata volumetrica  $Q = 2,65$  l/s)

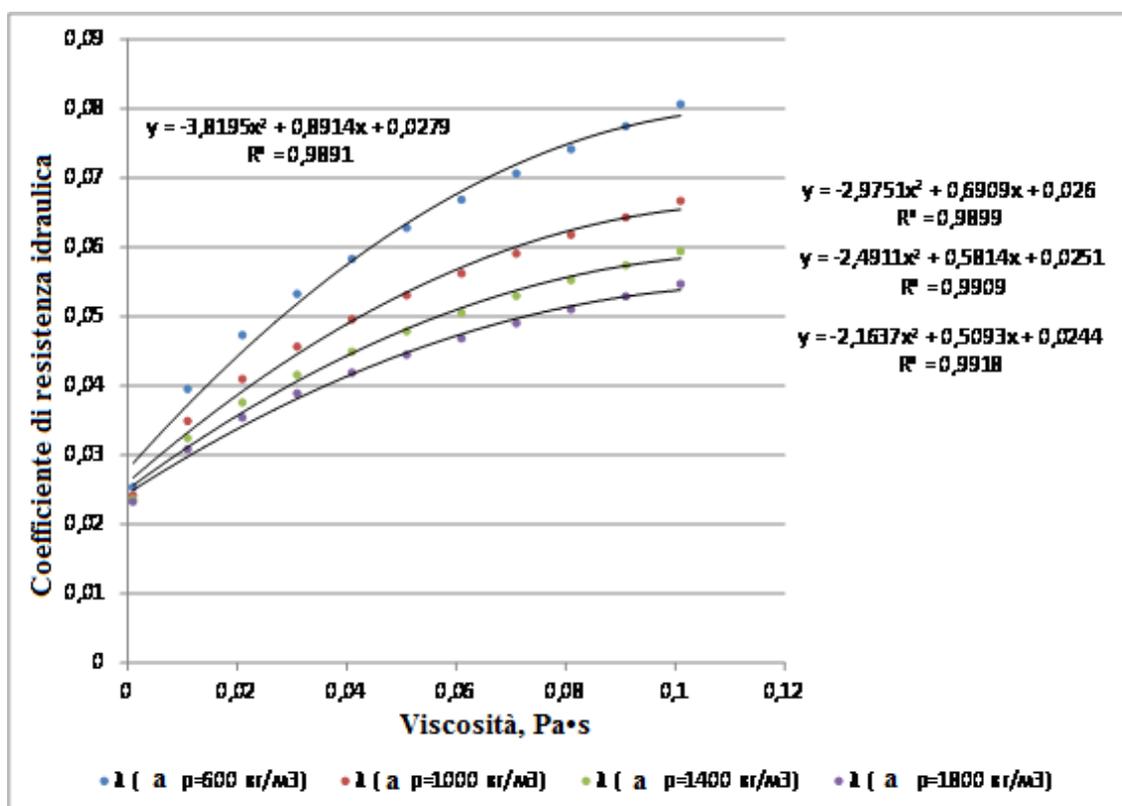


Fig. 2. Dipendenza del coefficiente di resistenza idraulica di viscosità  $\mu$   $\lambda$  liquido a valori fissi ( $\rho = \text{const}$ ) della sua densità

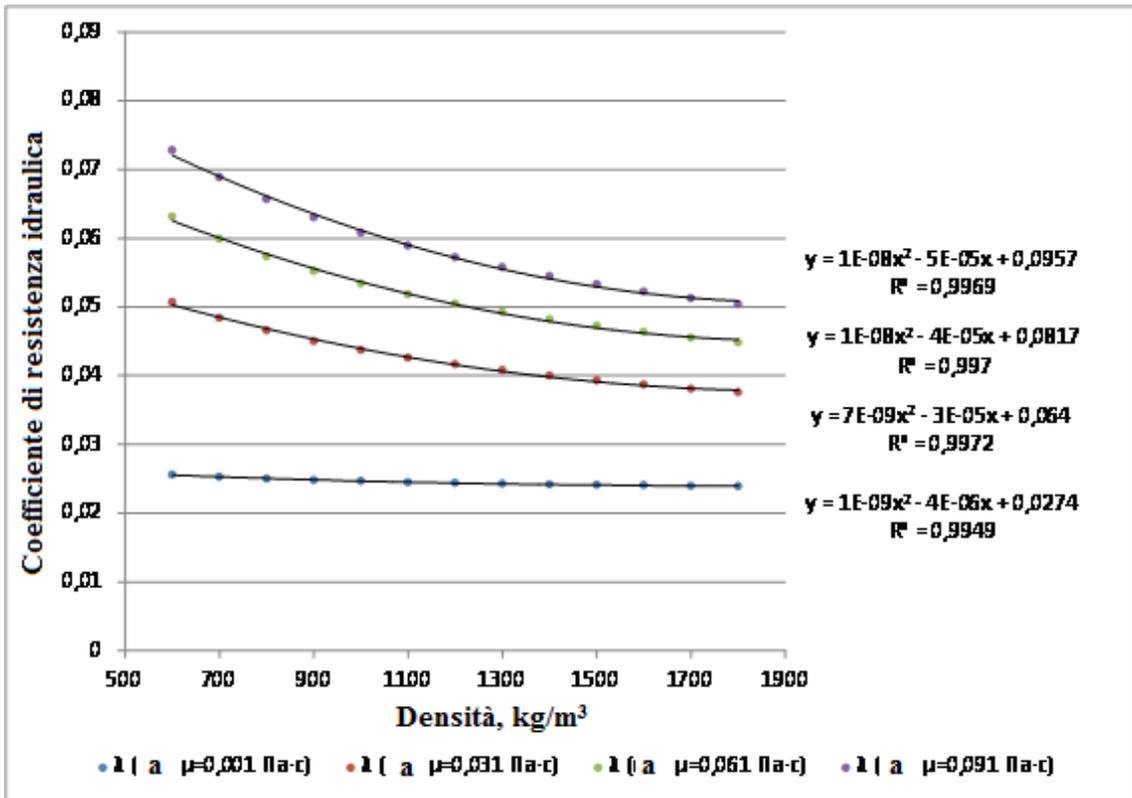


Fig. 3. Dipendenza del coefficiente di resistenza idraulica  $\lambda \rho$  la densità del liquido ad un fisso ( $\mu = \text{cost}$ ) valorizza la sua viscosità

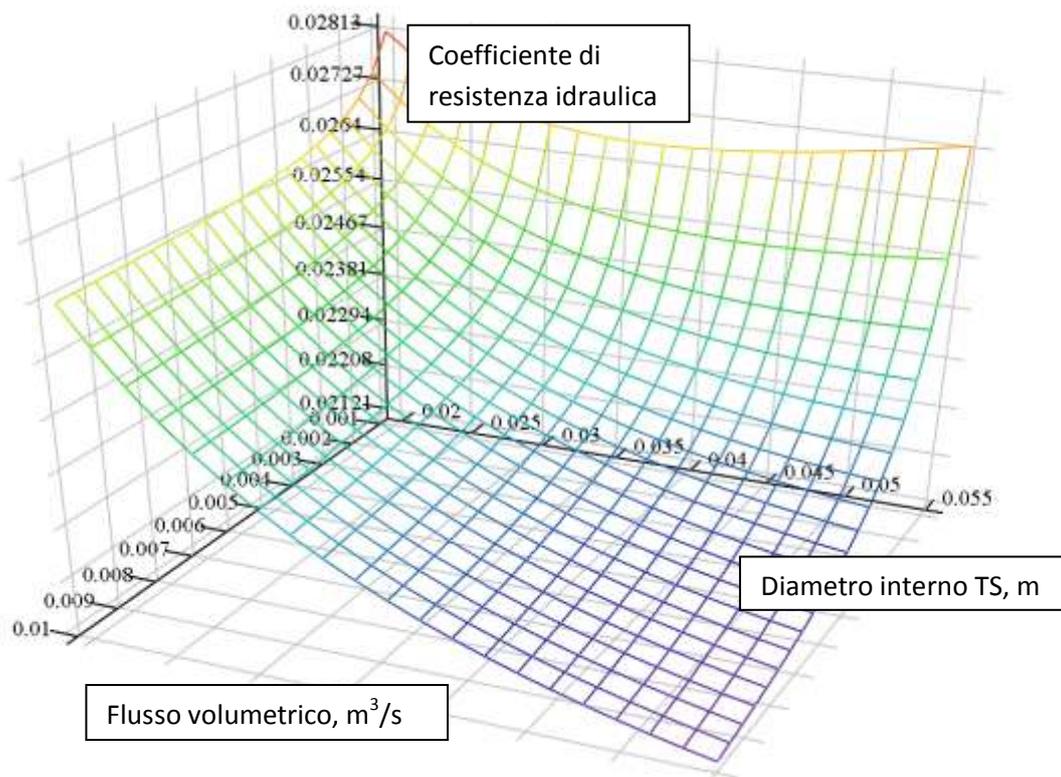


Fig. 4. Dipendenza cambiamento coefficiente di resistenza idraulica  $\lambda$  portata  $Q$  e il diametro del tubo interno  $d$

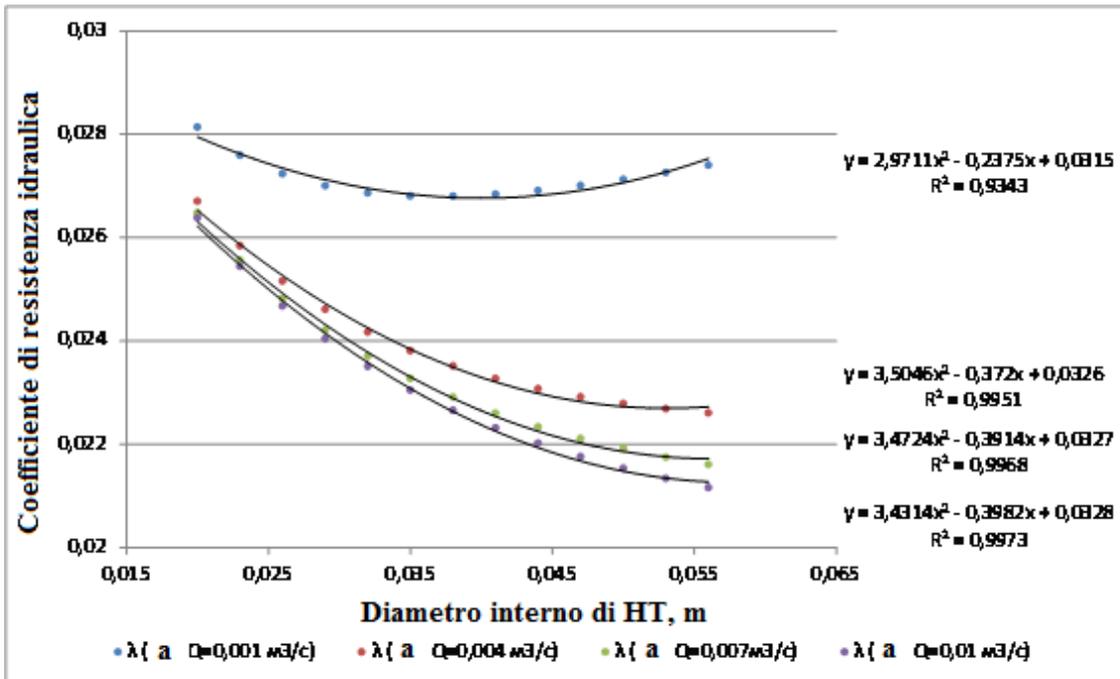


Fig. 5. Dipendenza del coefficiente di resistenza idraulica  $\lambda$  dal diametro  $d$  interno per tubo fisso valori ( $Q = \text{const}$ ) di portata volumetrica

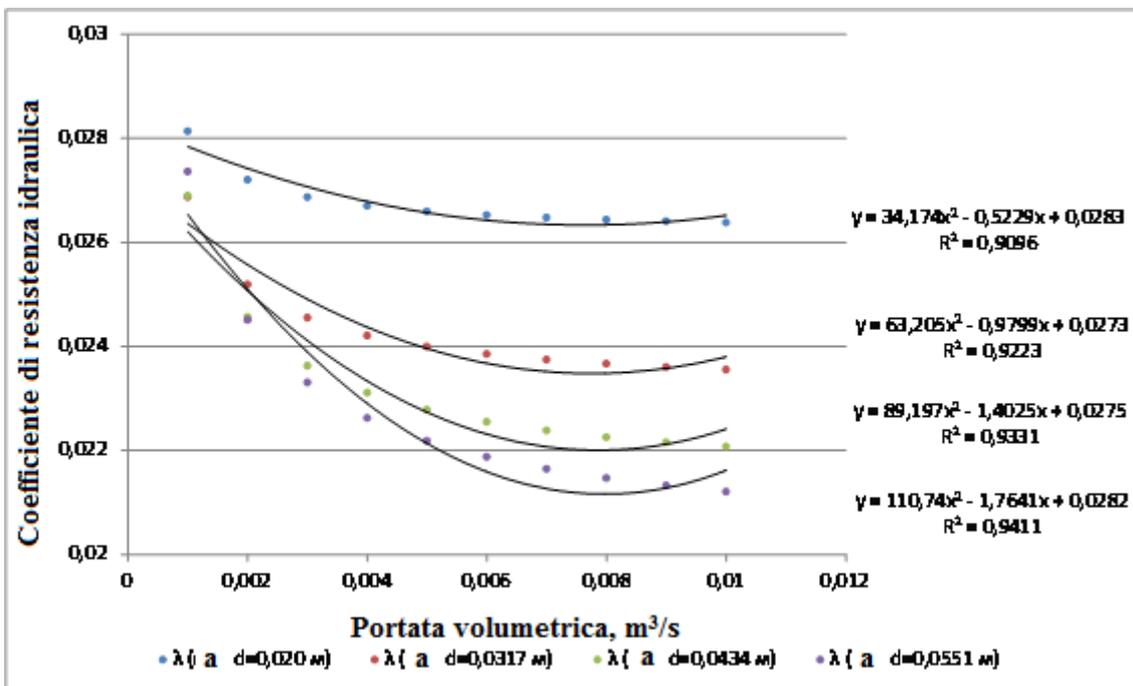


Fig. 6. Dipendenza del coefficiente di portata idraulica  $Q$  resistenza  $\lambda$  per ( $d = \text{const}$ ) valori fissi del diametro interno del tubo

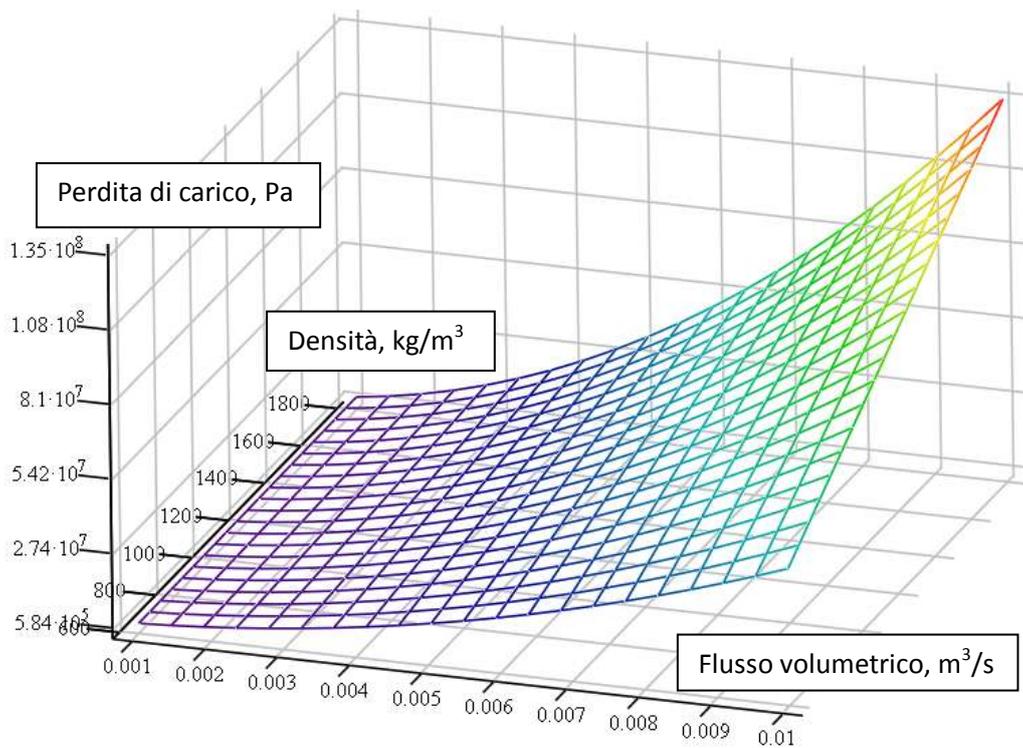


Fig. 7. Dipendenza della perdita di pressione idraulica  $\Delta P$  dalla portata volumetrica  $Q$  e  $\rho$  densità del liquido