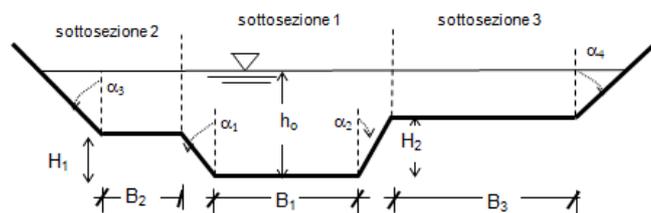


# ***Correnti a pelo libero.Az***

***Software per il calcolo idraulico dei canali e delle tubazioni  
a pelo libero***

*(versione 3.0)*



## **Manuale d'uso**

### **Autore**

Ing. *Ciro Azzara*

Via E. Majorana, 8 – 90035 Marineo (PA)

Cell. 348 1514947

e-mail: [ing.azzara@libero.it](mailto:ing.azzara@libero.it) [azzara.ciro@gmail.com](mailto:azzara.ciro@gmail.com)

## **INDICE**

<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
<b>2. AVVIO DEL SOFTWARE.....</b>	<b>4</b>
<b>3. INPUT.....</b>	<b>6</b>
<b>3.1 DATI GENERALI .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2 DATI VERIFICA E SCABR. ....</b>	<b>7</b>
<b>3.3 DATI SEZIONE .....</b>	<b>8</b>
<b>4. CALCOLO .....</b>	<b>10</b>
<b>5. OUTPUT – MENÙ VISUALIZZA .....</b>	<b>10</b>
<b>5.1 Risultati numerici (Tabulato di calcolo).....</b>	<b>11</b>
<b>5.2 Disegno sezione .....</b>	<b>11</b>
<b>5.3 Grafici.....</b>	<b>11</b>
<b>5.4 Relazione di calcolo.....</b>	<b>12</b>
<b>6. IMPOSTAZIONI .....</b>	<b>12</b>
<b>7. LICENZA D'USO E RESTRIZIONI DEL SOFTWARE.....</b>	<b>12</b>
<b>APPENDICE 1 – ESEMPI SVOLTI .....</b>	<b>14</b>
n. 1 – Calcolo portata in condotta circolare .....	14
n. 2 – Calcolo tirante idrico in canale a sezione trapezia .....	15
n. 3 – Canale a sezione circolare – portata massima convogliabile .....	16
n. 4 – Canale a sezione complessa.....	17
<b>APPENDICE 2 - Novità nelle varie versioni del software.....</b>	<b>19</b>
<b>APPENDICE 3 - Suggerimenti per la progettazione .....</b>	<b>19</b>
<b>Bibliografia .....</b>	<b>20</b>

## 1. INTRODUZIONE

Il presente applicativo, sviluppato in ambiente Microsoft Excel<sup>®1</sup>, effettua le **verifiche idrauliche** nei **canali** e delle **tubazioni a pelo libero in condizione di moto uniforme**.

Le applicazioni pratiche riguardano gli alvei naturali (fiumi, torrenti) e artificiali (canali a cielo aperto, fognature, reti di drenaggio discariche per rifiuti ecc).

Il moto uniforme nelle correnti a pelo libero si ha quando le tre linee di fondo, piezometrica e dei carichi totali hanno la stessa pendenza, e quindi sono parallele. Il tirante idrico, l'area della sezione idrica, la portata e la distribuzione delle velocità rimangono costanti lungo l'intero tratto del canale, fiume, tubazione.

Le sezioni che sono implementate nel software sono quelle che si presentano per lo più nella pratica tecnica:

- sezione **circolare**
- sezione **trapezia**, che ammette come casi particolari la sezioni **rettangolare**, e quindi **scatolare**, e la sezione **triangolare**
- **sezione complessa**.

I **calcoli di verifica idraulica** che possono essere eseguiti sono di tre tipi:

- 1) nota la forma e la geometria dell'alveo naturale o artificiale, la sua pendenza "i", il tirante idrico  $h_0$ , la natura delle pareti (scabrezza), si calcola la **portata  $Q_0$**  di moto uniforme<sup>2</sup>
- 2) nota la forma e la geometria dell'alveo naturale o artificiale, il tirante idrico, la natura delle pareti e la portata di moto uniforme, si calcola la **pendenza i** del canale/tubo
- 3) nota la forma e la geometria dell'alveo naturale o artificiale, la pendenza del canale/tubo, la portata di moto uniforme, la natura delle pareti, si calcola il **tirante idrico  $h_0$**  di moto uniforme.

Il **calcolo di progetto**, consistente nel determinare le dimensioni della sezione di forma assegnata, può essere fatto per tentativi. Si fissano a priori le dimensioni (spesso tali dimensioni sono imposte dal dovere scegliere le dimensioni esistenti in commercio, es. i diametri dei tubi commerciali, o da criteri di economicità o di stabilità geotecnica delle sponde degli alvei) e si verifica che le dimensioni fissate siano idonee a far

---

<sup>1</sup> Per l'utilizzo di *Correnti a pelo libero.Az* è necessario che l'utente disponga del software Microsoft Excel<sup>®</sup> con regolare licenza d'uso.

<sup>2</sup> Un caso pratico che si presenta spesso è quello di determinare la massima portata convogliabile in una data sezione in cui il tirante idrico è fissato in modo da assicurare un certo franco di sicurezza.

transitare la portata con un valore congruo del franco di sicurezza e con un valore accettabile della velocità di deflusso.

Come per ogni software tecnico, l'utente di *Correnti a pelo libero.Az* deve essere un tecnico dotato di buona padronanza della materia (Idraulica e Costruzioni idrauliche) e deve conoscere i metodi e i principi a base delle tecniche risolutive adottate dal software; è sempre necessario che l'utente verifichi l'attendibilità dei risultati ottenuti.

L'applicativo, abbastanza semplice ed intuitivo, è molto indicato ai fini didattici oltre che per scopi professionali.

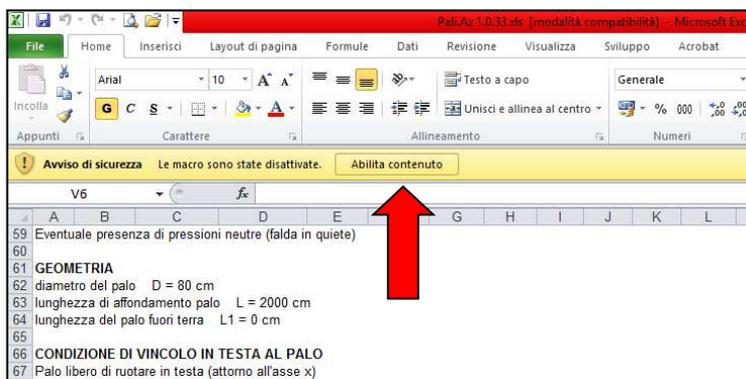
## 2. AVVIO DEL SOFTWARE

Il file contenente l'applicativo si **installa** come uno comune file e può essere allocato in qualsiasi cartella.

Per il funzionamento del software occorre che alla sua apertura le **macro** ivi inserite vengano attivate. Se compare l'*Avviso di sicurezza* di cui all'immagine seguente occorre premere sul pulsante "*Abilita contenuto*".

Se non compare la schermata di presentazione del programma Fig. 1 (il che vuol dire che le macro non si sono attivate), occorre impostare il livello di protezione delle

macro a "medio" o "basso". Per fare ciò occorre:



- ✓ se si utilizza Microsoft Excel 1997, 2000, 2003: scegliere il menù *Strumenti*, quindi *Macro, Protezione* e scegliere il livello

di protezione: se si sceglie "media" occorre premere il bottone "attiva macro" quando si aprirà l'applicativo *Correnti a pelo libero.Az*;

- ✓ se si utilizza Microsoft Excel 2007, 2010, 2013 o successivi: visualizzare il menù **Sviluppo** con la seguente procedura:

- con Excel 2007: fare clic sul pulsante in alto a sinistra **Microsoft Office** e quindi su **Opzioni di Excel**, scegliere **Impostazioni generali** e quindi selezionare la casella di controllo **Mostra scheda Sviluppo sulla barra multifunzione**;
- con Excel 2010/2013: fare clic sul pulsante in alto a sinistra **Microsoft Office** e quindi su **Opzioni di Excel**, scegliere **Personalizza barra**

**multifunzione** e spuntare, nell'elenco *Schede principali*, la voce *Sviluppo*.

Successivamente dal menù *Sviluppo* scegliere **Protezione macro** => **Impostazioni macro** => scegliere **Attiva tutte le macro** o **Disattiva tutte le macro con notifica**, quindi chiudere e riaprire *Correnti a pelo libero.Az*. Nella barra dei menù in alto a destra si formerà il menù "**Componenti aggiuntivi**" che comprenderà i menù personalizzati di *Correnti a pelo libero.Az*.

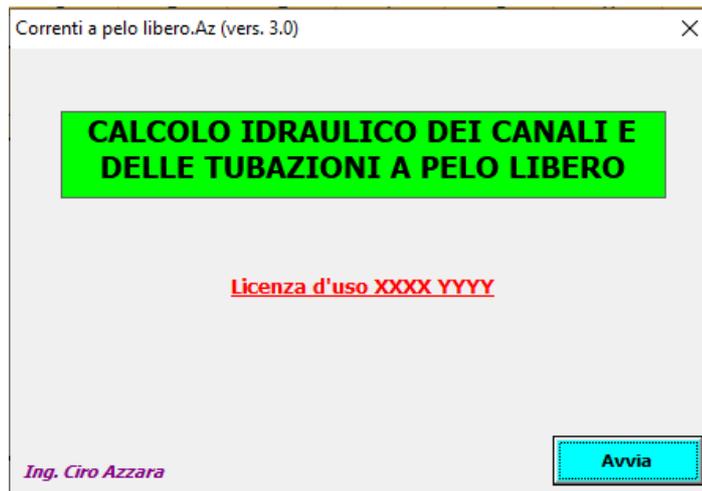


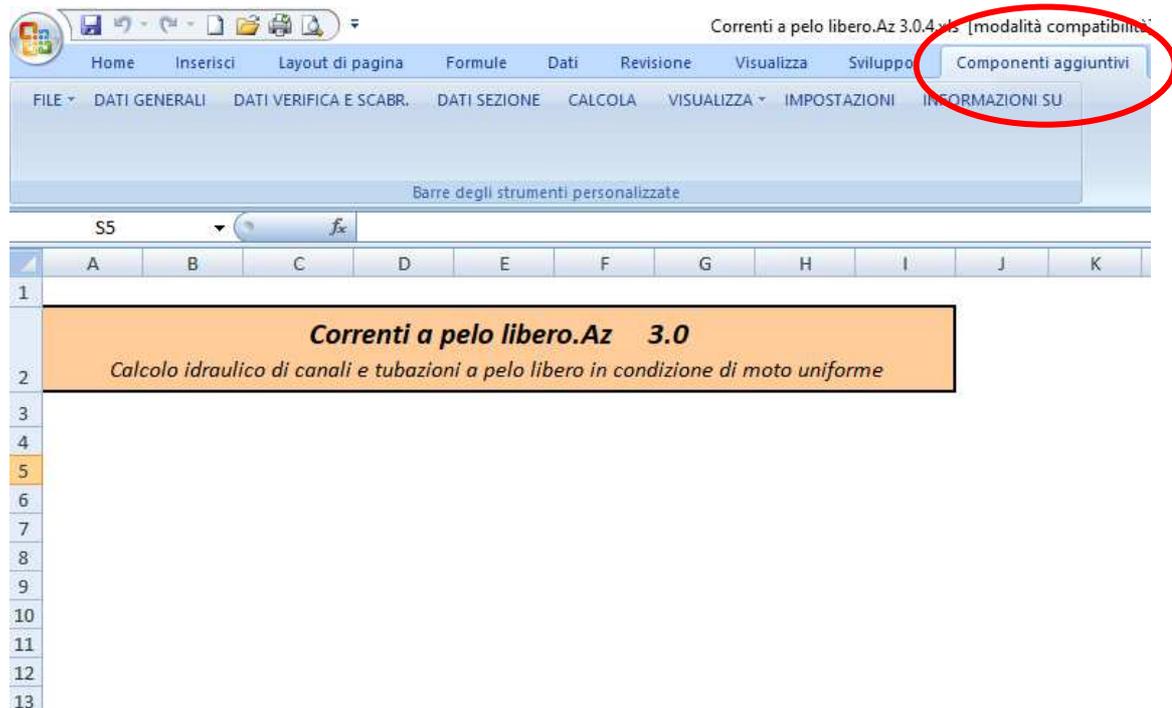
Fig. 1 Schermata di presentazione del software

Il software funziona perfettamente ma ha una durata limitata nel tempo. Per eliminare la limitazione temporale occorre **attivarlo** dal menù **INFORMAZIONI SU** inserendo il codice di attivazione fornito dall'autore. A tale scopo l'utente deve preventivamente comunicare all'autore il **codice HD** che viene visualizzato nel menù **INFORMAZIONI SU**, tenendo conto che alle volte detto codice è preceduto da un segno meno "-". Il codice di attivazione è riferito al solo PC su cui è stato installato il software e sui cui quindi si è letto il codice HD. Ad attivazione avvenuta è possibile inserire il titolare della licenza d'uso.

Il software non attivato è comunque funzionante per un certo periodo di tempo e per un determinato numero di volte ma **non può essere utilizzato per scopi professionali** (il tabulato di calcolo e ogni altro riferimento al software non possono essere allegati a progetti sia pubblici che privati).

Avviato il software (anche se non attivato) appare la **schermata di presentazione** Fig. 1 in cui è indicato, tra l'altro, il titolare della licenza d'uso.

Chiusa la schermata di presentazione, l'area di lavoro di *Correnti a pelo libero.Az* si presenta come segue (notare la barra menù personalizzata, che in Excel 2007 e seguenti è sotto il menù **Componenti aggiuntivi**):



Il menù **FILE** contiene i comandi per:

- effettuare un nuovo calcolo: vengono cancellati tutti i dati riferiti al precedente calcolo, previo avviso di conferma;
- salvare il calcolo con le modifiche apportate;
- salvare le modifiche in un altro file (Salva con nome...), da allocare ovunque si vuole;
- effettuare l'anteprima di stampa;
- stampare il tabulato di calcolo, il disegno della sezione e i grafici;
- impostare l'area di stampa;
- cancellare l'area di stampa precedentemente impostata.

### 3. INPUT

Per i dati di input rappresentati da numeri decimali occorre usare il carattere virgola “,”. Durante la fase di inserimento dei dati di input è opportuno effettuare ogni tanto il “salvataggio” degli stessi per mezzo del menù FILE o premendo il relativo pulsante



### 3.1 DATI GENERALI

Permette di inserire i dati generali sul calcolo da effettuare.

Progetto/Lavori	Lavori di .....
Committente	Comune di Marineo
Comune	Marineo
Progettista/Tecnico	Ing. Ciro Azzara
Impresa esecutrice	
Direttore Lavori	Ing. Ciro Azzara
Luogo e data esecuzione calcoli	Marineo, 09/05/2021
Annotazioni	Esempio di collaudo

**Forma sezione**

Circolare

Trapezia (o rettangolare o triangolare)

Complessa

Annulla Salva e chiudi

Il nominativo indicato nel campo “Progettista/Tecnico” viene riportato in calce al tabulato di calcolo.

Come già detto, la sezione trapezia ammette come casi particolari la sezione rettangolare (angoli di inclinazione delle sponde pari a zero gradi) e la sezione triangolare (base della sezione pari a zero).

La sezione complessa permette di calcolare tutte quelle sezioni in cui è presente un alveo di magra o cunetta e le banchine laterali o golene (in cui può essere diverso il valore dell'indice di scabrezza).

Per le **unità di misura** il software adotta il Sistema Internazionale. Le dimensioni geometriche sono misurati in metri (**m**), il tempo in secondi (**s**), le aree delle sezioni in **m<sup>2</sup>**, il coefficiente di conduttanza in **m<sup>1/2</sup>/s** (radice quadrata di metri diviso secondi), il coefficiente di scabrezza di Strickler in **m<sup>1/3</sup>/s** (radice cubica di metri diviso secondi), il coefficiente di scabrezza di Manning in **s/m<sup>1/3</sup>** (secondi diviso radice cubica di metri), la velocità in **m/s**, la portata in **m<sup>3</sup>/s**, gli angoli in gradi sessagesimali (°), la pendenza in %.

### 3.2 DATI VERIFICA E SCABR.

Con questo pannello si imposta il tipo di verifica idraulica da effettuare e il tipo di indice di scabrezza da adottare.

Nel caso si sceglie di adottare i valori di scabrezza presenti nell'archivio del software (opzione non prevista nel caso di sezione complessa) è sufficiente precisare il materiale che costituisce il tubo/canale. In automatico il software associa il corrispondente valore dell'indice di scabrezza in base alla seguente tabella:

**TIPO DI VERIFICA E SCABREZZA TUBO/CANALE**

**Calcolo di verifica**

1 - incognita la portata  $Q_0$  di moto uniforme

2 - incognita la pendenza  $i$  del fondo del canale/tubo

3 - incognito il tirante idrico  $h_0$  di moto uniforme

**Valori della scabrezza**

utilizza valori in archivio

indice di Bazin

indice di Gauckler-Strickler

indice di Kutter

indice di Manning

materiale costituente il canale/tubo

Tubi in PEAD, PVC, PRFV

**Annulla** **Salva e chiudi**

COEFFICIENTI DI SCABREZZA				
Materiale	$\gamma$ Bazin	$m$ Kutter	$c$ Strickler	$n$ Manning
Tubi in PEAD, PVC, PRFV	0,06	0,09	120	0,0083
Tubi nuovi in gres o ghisa rivestita	0,11	0,18	100	0,0120
Tubi/canali in cemento liscio	0,11	0,18	100	0,0120
Tubi/canali in acciaio trafilato nuovo	0,11	0,18	100	0,0120
Tubi in servizio con lievi incrostazioni	0,2	0,25	80	0,0125
Tubi in calcestruzzo ordinario	0,3	0,45	70	0,0140
Tubi in servizio corrente con incrostazioni e depositi	0,4	0,6	60	0,0170
Canali in calcestruzzo ordinario	0,3	0,45	70	0,0140
Canali in muratura o pietrame	0,45	0,65	60	0,0170
Canali in argilla consolidata	0,74	1	50	0,0200
Canali con ciottoli e ghiaia sul fondo	1,1	1,3	40	0,0250
Canali in terra con erba sul fondo	1,3	1,5	40	0,0250
Canali in abbandono con vegetazione	2,2	3	30	0,0350
Canali in roccia senza rivestimento	3,5	4	25	0,0400
Fiumi/torrenti naturali regolari	1,3	1,5	40	0,0250
Fiumi/torrenti a letto sgombro su alveo naturale non rimaneggiato	2,8	3	30	0,0350

È comunque possibile inserire valori differenti non scegliendo l'opzione "utilizza valori in archivio". In questo caso dal pannello DATI SEZIONE potrà inserirsi il valore dell'indice di scabrezza voluto.

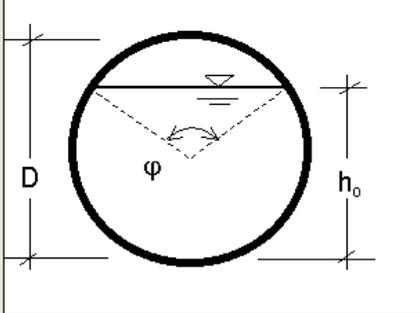
### 3.3 DATI SEZIONE

Permette di inserire i dati relativi:

- alla geometria della sezione;
- alle caratteristiche della corrente (tirante idrico e/o portata di moto uniforme);
- alla pendenza del fondo del canale/tubazione;
- all'indice/i di scabrezza (il campo/i è disattivato quando si è deciso di scegliere i valori dell'archivio del software).

Di seguito si riportano i pannelli di input per le sezioni implementate nel software:

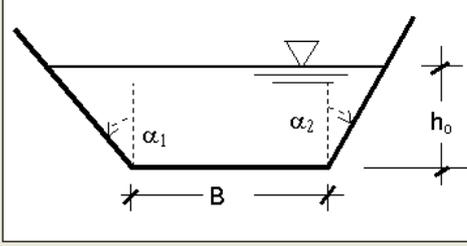
**SEZIONE CIRCOLARE**



1.2	Diametro interno D (m)
1.635	Tirante idrico h <sub>0</sub> (m)
	Portata Q <sub>0</sub> di moto uniforme (mc/s)
0.2	Pendenza i del fondo del canale/tubo (%)
50	indice di scabrezza di Strickler (m <sup>1/3</sup> /s)

**Annulla** **Salva e chiudi**

**SEZIONE TRAPEZIA O RETTANGOLARE O TRIANGOLARE**



1.5	Base sezione B (m)
45	Angolo inclinaz. alfa1 sponda sx (°)
45	Angolo inclinaz. alfa2 sponda dx (°)
1.635	Tirante idrico h <sub>0</sub> (m)
	Portata Q <sub>0</sub> di moto uniforme (mc/s)
0.2	Pendenza i del fondo del canale/tubo (%)
50	indice di scabrezza di Strickler (m <sup>1/3</sup> /s)

N.B. La sezione rettangolare si ottiene imponendo alfa1=alfa2=0 mentre quella triangolare si ottiene imponendo B=0.

**Annulla** **Salva e chiudi**

**SEZIONE COMPLESSA** ✖

<input type="text" value="1.5"/>	larghezza B1 (m)	<input type="text" value="50"/>	indice di scabrezza di Strickler (m <sup>1/3</sup> )/s
<input type="text" value="2"/>	larghezza B2 (m)	<input type="text" value="50"/>	50 tratto centrale (rosso)
<input type="text" value="4"/>	larghezza B3 (m)	<input type="text" value="60"/>	50 tratto laterale sinistro (giallo)
<input type="text" value="45"/>	angolo alfa1 (°)		60 tratto laterale destro (azzurro)
<input type="text" value="45"/>	angolo alfa2 (°)		
<input type="text" value="45"/>	angolo alfa3 (°)		
<input type="text" value="45"/>	angolo alfa4 (°)	<input type="text" value="1.635"/>	Tirante idrico h <sub>0</sub> (m)
<input type="text" value="2"/>	altezza H1 (m)	<input type="text"/>	Portata Q <sub>0</sub> di moto uniforme (mc/s)
<input type="text" value="1"/>	altezza H2 (m)	<input type="text" value="0.2"/>	Pendenza i del fondo del canale/tubo (%)

## 4. CALCOLO

Finita la fase di input è possibile avviare il calcolo premendo il relativo pulsante. Il calcolo si può ripetere tutte le volte che si vuole, ad es. variando singoli parametri di input.

Durante la fase di calcolo il programma controlla la compatibilità dei dati introdotti segnalando eventuali errori che comportano l'interruzione del calcolo. Si precisa comunque che il programma si limita a verificare le incongruenze geometriche che non permettono l'elaborazione.

## 5. OUTPUT – Menù VISUALIZZA

L'applicativo fornisce i seguenti risultati:

- risultati numerici: sezione idrica  $A_0$ , contorno bagnato  $C$ , raggio idraulico  $R$ , tirante idrico  $h_0$  (quando non è un dato di input), grado di riempimento della

sezione, coefficiente di conduttanza  $X$ , velocità  $V_0$  di moto uniforme, portata  $Q_0$  di moto uniforme (quando non è un dato di input);

- risultati grafici: disegno della sezione alla scala voluta, *scala delle portate di moto uniforme e scala delle velocità di moto uniforme*.

Qualora, nel caso di verifica n° 3, la portata di progetto non può essere smaltita con la geometria prefissata (es. diametro insufficiente) il software darà apposito avviso all'utente.

## 5.1 Risultati numerici (Tabulato di calcolo)

Il Tabulato di calcolo, stampabile, contiene tutti i dati di input e di output riferiti al calcolo.

## 5.2 Disegno sezione

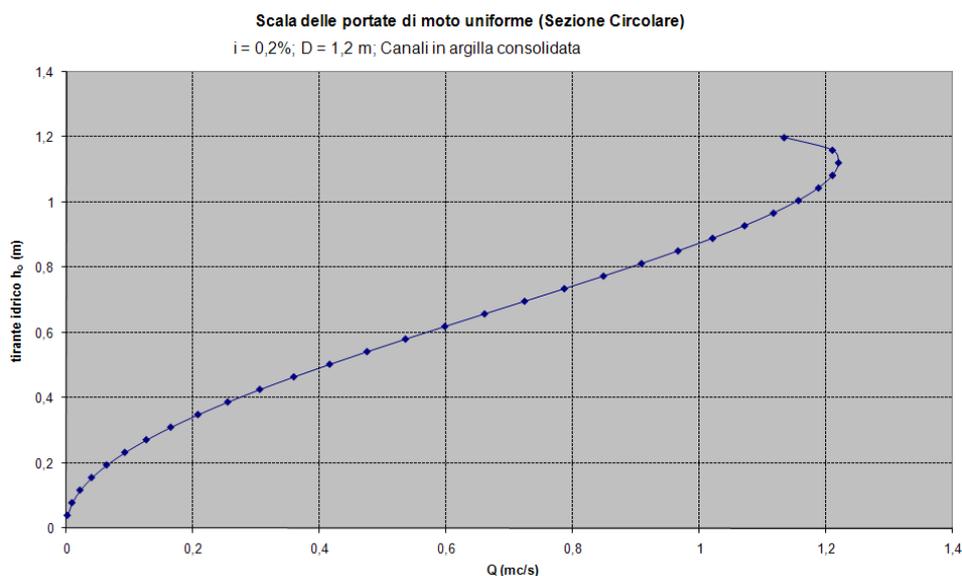
È possibile verificare se la sezione calcolata è effettivamente quella desiderata. La scala di rappresentazione è scelta dall'utente.

## 5.3 Grafici

I grafici che è possibile visualizzare sono:

- *Scala delle portate di moto uniforme;*
- *Scala delle velocità di moto uniforme.*

Come noto, la "scala delle portate" (detta anche scala di deflusso) è un grafico in cui in ascissa compare la portata e in ordinata il tirante idraulico.



<b>Correnti a pelo libero.Az 3.0</b> (Ing. Ciro Azzara)	<b>Manuale d'uso</b>	Pag. 12 di 20
--	----------------------	---------------

Essa si riferisce a una data sezione (forma, dimensioni, natura delle pareti) e ad una assegnata pendenza dell'alveo. La curva che si ottiene è la rappresentazione grafica della legge di resistenza adottata (nel nostro caso la legge di Chezy).

Nota la scala delle portate è possibile conoscere il tirante idrico corrispondente alla portata di progetto. Il software, quindi, permette anche la verifica grafica dei risultati (confronto tra i risultati numerici riportati nel tabulato e la scala delle portate).

Analogamente si può dire per la scala delle velocità in cui in ascissa compare la velocità di moto uniforme.

#### **5.4 Relazione di calcolo**

La **Relazione di calcolo**, in formato .doc modificabile e personalizzabile, contiene anche le teorie ed i metodi implementati nel software, e ad essa va allegato il Tabulato di calcolo. Il progettista/tecnico apporterà alla Relazione di calcolo le modifiche e le integrazioni dipendenti dal caso in studio, con riferimento alle parti evidenziate in giallo e laddove ritenuto necessario.

### **6. IMPOSTAZIONI**

Contiene impostazioni che in genere non occorre modificare.

In particolare è possibile imporre che quando si stampa il Tabulato di calcolo vengano stampati (in automatico), di seguito al Tabulato, anche i grafici sulle scale di portate e di velocità. Questo permette di velocizzare il processo di stampa dei risultati.

### **7. LICENZA D'USO E RESTRIZIONI DEL SOFTWARE**

L'autore conferisce licenza d'uso dell'applicativo, ma rimane titolare sia dello stesso che della relativa documentazione. L'uso è consentito **su un singolo computer** e, pertanto, non potrà essere utilizzato in rete, venduto, dato in locazione o in comodato ad un altro utente, né essere decodificato o decompilato, adattato o modificato, senza previo consenso scritto dell'autore.

L'utente non potrà rimuovere o alterare il nome dell'applicativo o altre indicazioni di riserva di diritti apposti o inseriti nel programma. Non è consentito l'inserimento in pacchetti destinati all'editoria o alla vendita senza la preventiva autorizzazione scritta dell'autore.

L'autore si riserva il diritto di apportare modifiche al software e alla documentazione senza preavviso.

<b>Correnti a pelo libero.Az 3.0</b> <i>(Ing. Ciro Azzara)</i>	<b>Manuale d'uso</b>	Pag. 13 di 20
---	----------------------	---------------

Per potere utilizzare l'applicativo è indispensabile che l'utente disponga ed abbia già installato sul proprio computer il programma Excel® della Microsoft, non fornito dall'autore e senza il quale questo software non può essere utilizzato.

L'autore garantisce che l'applicativo funziona in conformità con il presente manuale d'uso e che esso non contiene virus.

L'uso dell'applicativo è subordinato alla conoscenza dei problemi ingegneristici di che tratta (si presume che l'uso dell'applicativo avvenga da parte di persone qualificate). È stato curato in gran parte il controllo dei dati inseriti.

La verifica dell'idoneità, dell'uso e della gestione dell'applicativo sono responsabilità esclusiva dell'utente. L'autore non garantisce che le funzioni contenute nell'applicativo siano idonee a soddisfare le esigenze dell'utente, né garantisce che i difetti riscontrati nell'applicativo vengano corretti. Non garantisce altresì circa i danni od i benefici ottenuti dalla utilizzazione del software.

L'autore è espressamente sollevato da ogni responsabilità per qualsiasi danno, diretto od indiretto, di ogni genere e specie derivante dall'uso del software, compreso, tra l'altro, quello improprio, erroneo o fraudolento. L'intero rischio circa la qualità e le prestazioni dell'applicativo è a carico dell'utente ed i risultati devono essere verificati personalmente.

In nessun caso il limite di responsabilità a carico dell'autore potrà superare l'importo per l'acquisto dell'applicativo.

Per tutto quanto sopra non indicato, il presente contratto è regolato dalle leggi sul copyright, sul diritto d'autore e dalle altre leggi nazionali applicabili. Per qualsiasi controversia fra le parti sarà competente in via esclusiva il Foro di Palermo.

## APPENDICE 1 – Esempi svolti

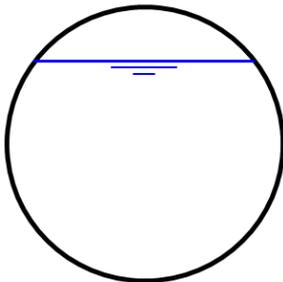
### N. 1 – CALCOLO PORTATA IN CONDOTTA CIRCOLARE

Calcolare la portata che può transitare in condizione di moto uniforme in una condotta a sezione circolare del diametro interno di 1,2 m in cemento armato con grado di riempimento pari all'80%. La pendenza della tubazione è pari allo 0,1996%. Si adotta l'indice di Strikler  $c=70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ .

In base al grado di riempimento il tirante idrico  $h_0$  è pari a  $0,8 \times 1,2 = 0,96 \text{ m}$ .

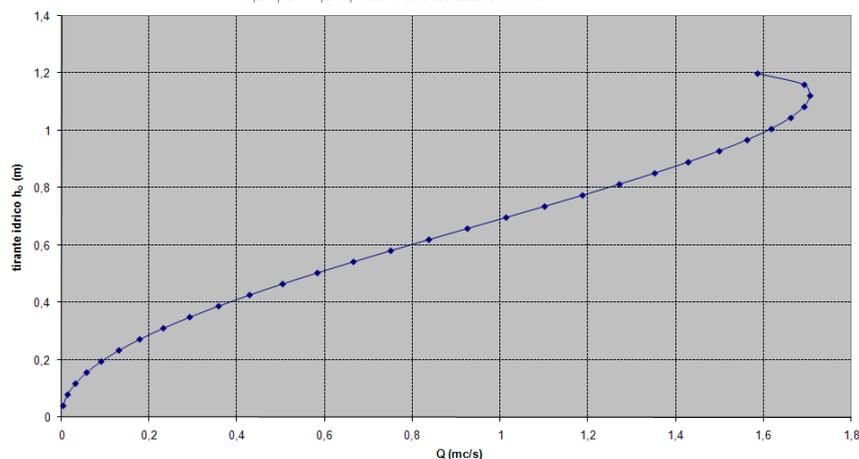
I risultati che si ottengono utilizzando il software sono:

grado di riempimento della condotta  $h_0/D = 0,8$   
area della sezione idrica  $A_0 = 0,96995 \text{ m}^2$   
contorno bagnato  $C = 2,657 \text{ m}$   
raggio idraulico  $R = A_0/C = 0,365 \text{ m}$   
coefficiente di conduttanza  $X = 59,177 \text{ m}^{0,5}/\text{s}$   
velocità di moto uniforme  $V_0 = X \cdot (R \cdot i)^{0,5} = 1,5973 \text{ m/s}$   
portata di moto uniforme  $Q_0 = A_0 \cdot V_0 = 1,5493 \text{ mc/s}$



Sezione - scala 1:15  
D = 1,2 m; tirante idrico  $h_0 = 0,96 \text{ m}$

Scala delle portate di moto uniforme (SEZIONE CIRCOLARE)  
 $i = 0,2\%$ ; D = 1,2 m; Tubi in calcestruzzo ordinario



## N. 2 – CALCOLO TIRANTE IDRICO IN CANALE A SEZIONE TRAPEZIA

Si dimensiona un canale a sezione trapezia, con larghezza alla base di 1 m e pareti inclinate di 45°, in modo che la velocità di progetto della corrente in moto uniforme non superi il valore di 0,75 m/s. La portata che deve transitare è pari a 1,55 m<sup>3</sup>/s. La profondità massima del canale è di H=2,2 m (verificare che il valore del franco di sicurezza non sia inferiore a 0,1H con un valore minimo di 30-50 cm).

Si assume l'indice di Strikler 50 m<sup>1/3</sup>/s (canali in argilla consolidata) e si fissa una pendenza del canale pari allo 0,14%.

Come si può notare, è incognito il tirante idrico.

Inseriti i dati di input nel software, si ottengono i seguenti risultati:

tirante idrico  $h_o = 0,797$  m

area della sezione idrica  $A_o = 1,43217$  mq

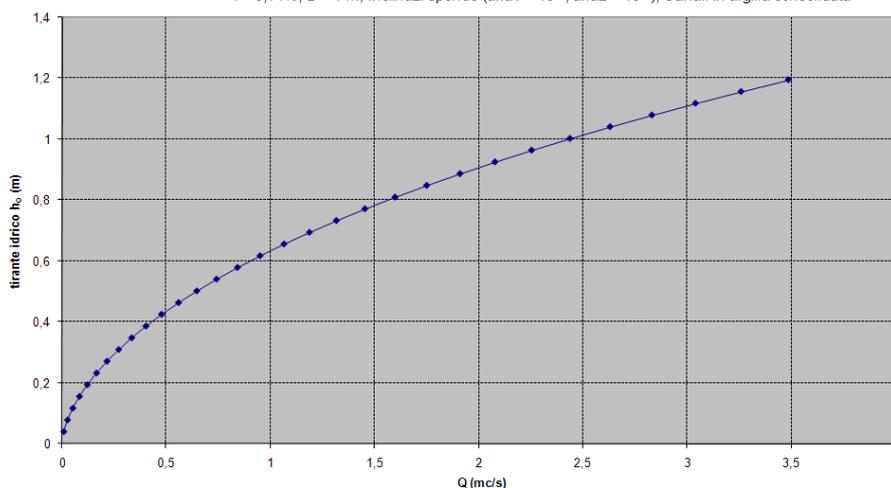
contorno bagnato  $C = 3,254$  m

raggio idraulico  $R = A_o/C = 0,4401$  m

coefficiente di conduttanza  $X = 43,6075$  m<sup>0,5</sup>/s

velocità di moto uniforme  $V_o = X \cdot (R \cdot i)^{0,5} = 1,0824$  m/s

**Scala delle portate di moto uniforme (SEZIONE TRAPEZIA/RETTANGOLARE/TRIANGOLARE)**  
i = 0,14%; B = 1 m; inclinaz. sponde (alfa1 = 45°, alfa2 = 45°); Canali in argilla consolidata



Il franco di sicurezza risulta pari a  $2,2 - 0,8 = 1,4$  m, ampiamente sufficiente. Non risulta invece soddisfatto il vincolo sulla velocità. Decidiamo allora di diminuire la pendenza dell'alveo da 0,14% a 0,02%, mantenendo costanti le altre grandezze geometriche. Si ottiene:

tirante idrico  $h_o = 1,292$  m

area della sezione idrica  $A_o = 2,96055$  mq

contorno bagnato  $C = 4,654$  m

raggio idraulico  $R = A_o/C = 0,6362$  m

coefficiente di conduttanza  $X = 46,3694$  m<sup>0,5</sup>/s

velocità di moto uniforme  $V_o = X \cdot (R \cdot i)^{0,5} = 0,523$  m/s

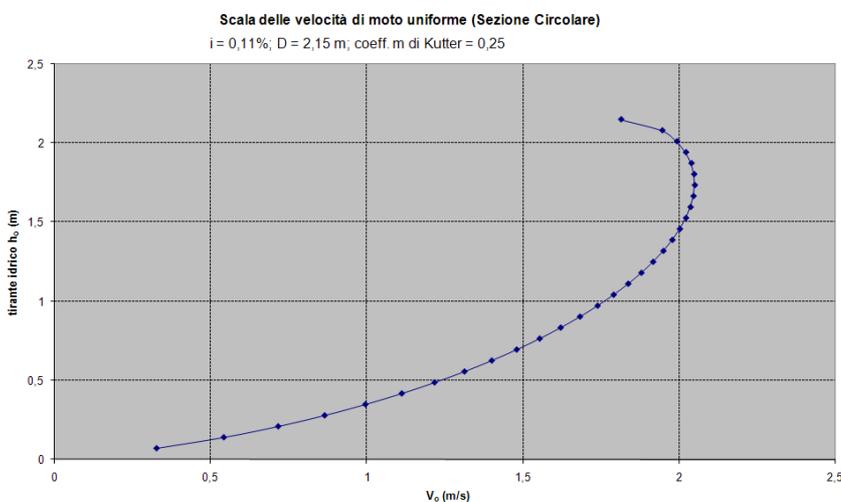
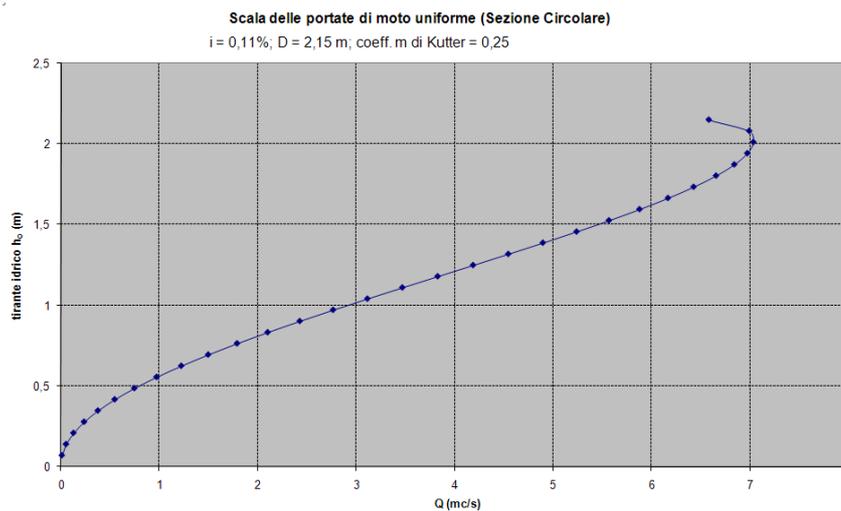
Il tirante idrico aumenta, ma risulta sempre soddisfatta la condizione sul franco di sicurezza. Anche la condizione sulla velocità della corrente è ora soddisfatta.

### N. 3 – CANALE A SEZIONE CIRCOLARE – PORTATA MASSIMA CONVOGLIABILE

Un canale ha sezione circolare con diametro interno  $D=2,15$  m e pendenza  $i=0,0011=0,11\%$ . L'indice di scabrezza di Kutter  $m$  è pari a  $0,25$ . Determinare le scale delle velocità e delle portate nonché il valore massimo della portata  $Q_{max}$  che può transitare nel canale.

Si tratta di un problema in cui è incognita la portata. Per risolverlo con *Correnti a pelo libero.Az* basta fissare un valore a piacere del tirante idrico, purché minore di  $D$ . Infatti quello che ci serve non è la portata corrispondente al valore del tirante fissato ma le scale delle portate e delle velocità, note le quali si desume graficamente il valore della portata massima che può transitare nel canale e il corrispondente valore del tirante idrico.

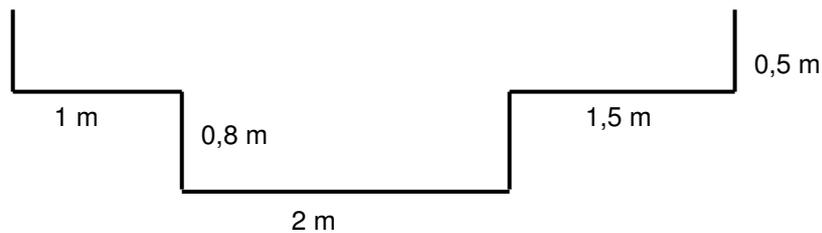
Le scale delle portate e delle velocità sono di seguito riportate:



La portata massima che si ricava dalla scala delle portate è poco più di  $7 \text{ m}^3/\text{s}$  e si ha in corrispondenza del tirante idrico pari a 2 metri.

#### **N. 4 – CANALE A SEZIONE COMPLESSA**

Un canale realizzato in terra con pendenza costante pari allo 0,5% ha la sezione complessa qui schematizzata:



Verificare se il passaggio di una portata pari a  $6 \text{ mc/s}$  causa problemi di esondazione. Le golene hanno indice di Strickler pari a  $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ , l'alveo di magra  $65 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ .

Risultati:

tirante idrico  $h_o = 0,951 \text{ m}$

##### sottosezione idrica 1

area sezione idrica  $A_o = 1,9022 \text{ mq}$

contorno bagnato  $C = 3,6 \text{ m}$

raggio idraulico  $R = A_o/C = 0,5284 \text{ m}$

coefficiente di conduttanza  $X = 58,4439 \text{ m}^{0,5}/\text{s}$

velocità di moto uniforme  $V_o = X \cdot (R \cdot i)^{0,5} = 3,004 \text{ m/s}$

##### sottosezione idrica 2

area sezione idrica  $A_o = 0,1511 \text{ mq}$

contorno bagnato  $C = 1,151 \text{ m}$

raggio idraulico  $R = A_o/C = 0,1313 \text{ m}$

coefficiente di conduttanza  $X = 28,5158 \text{ m}^{0,5}/\text{s}$

velocità di moto uniforme  $V_o = X \cdot (R \cdot i)^{0,5} = 0,7305 \text{ m/s}$

##### sottosezione idrica 3

area sezione idrica  $A_o = 0,22665 \text{ mq}$

contorno bagnato  $C = 1,651 \text{ m}$

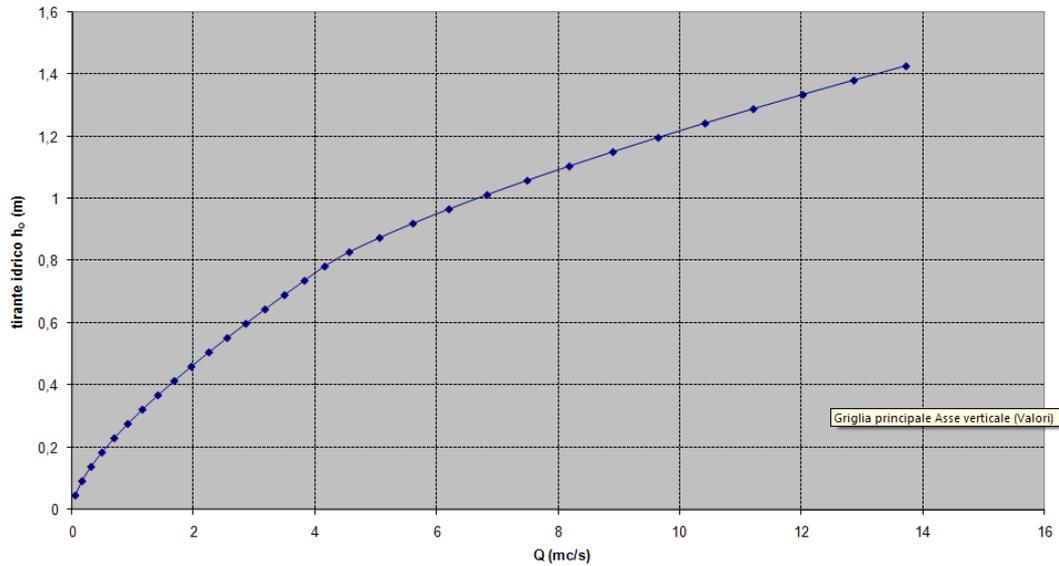
raggio idraulico  $R = A_o/C = 0,1373 \text{ m}$

coefficiente di conduttanza  $X = 28,7292 \text{ m}^{0,5}/\text{s}$

velocità di moto uniforme  $V_o = X \cdot (R \cdot i)^{0,5} = 0,7527 \text{ m/s}$

**Scala delle portate di moto uniforme (Sezione complessa)**

$i = 0,5\%$ ; indici scabrezza: alveo di magra = 65; banchina sx = 40; banchina dx = 40



Il tirante idrico fornito dal software è di 0,951 m e quindi non sussistono rischi di esondazione.

## APPENDICE 2 - Novità nelle varie versioni del software

### Versione 2.1

- **Dati generali:** possibilità di inserire Committente, Comune, Progettista ecc;
- Implementazione della **sezione complessa**;
- Implementazione verifiche con formula di Manning;
- **disegno della sezione** alla scala voluta;
- **Relazione esplicativa**;
- **esempi risolti** in manuale d'uso.

### Versione 3.0 (maggio 2021)

- **interfaccia utente** e altri campi in Dati generali
- nuova **formattazione tabulato di calcolo** e tabella scale portate e velocità
- **quotatura disegni**
- **Relazione di calcolo .doc**

## APPENDICE 3 - Suggerimenti per la progettazione

In fase di progettazione è utile tenere conto delle seguenti indicazioni:

- non superare il grado di riempimento del 75-80%;
- se l'alveo è in terra la velocità della corrente non deve superare un certo valore per evitare erosioni del fondo e delle sponda ( $V_{max}=1,5\div 2$  m/s); viceversa se la corrente è carica di materiali solidi trasportati, la velocità della corrente non deve essere inferiore a un certo valore ( $0,5\div 0,7$  m/s) per evitare la decantazione del materiale.

Per canali rivestiti i valori massimi di velocità media che si possono tollerare possono ricavarsi dalla seguente tabella:

Tipo di rivestimento	$V_{max}$ (m/s)
Muratura con malta con cattive stuccature	2
Murature con malata con buone stuccature	3
Calcestruzzo cementizio	6

- la formula di Kutter è consigliata per valori di raggio idraulico  $R < 0,5$  m, mentre per valori maggiori è consigliata quella di Bazin. Le formule di Strickler e Manning si possono adottare per qualunque valore di R.

<b>Correnti a pelo libero.Az 3.0</b> (Ing. Ciro Azzara)	<b>Manuale d'uso</b>	Pag. 20 di 20
--	----------------------	---------------

## **Bibliografia**

- [1] Benfratello G. – *Tavole schematiche delle lezioni di idraulica* – Facoltà di Ingegneria Università di Palermo A.A. 1995-96;
- [2] De Marchi – *Nozioni di Idraulica, con particolare riguardo ai problemi delle bonifiche e delle irrigazioni* – Ed. Agricole, Bologna;
- [3] Citrini D., Nosedà G. – *Idraulica* – CEA, 1987.

Data revisione Manuale d'uso: **Maggio 2021**