

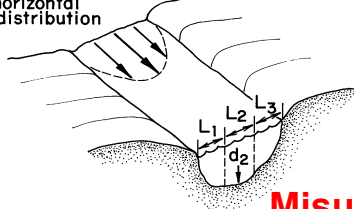
Misure di portata

Misure occasionali di portata

- Velocità x area
- Diluizione



Normal horizontal velocity distribution



Misure di velocità

Vertical velocity distribution

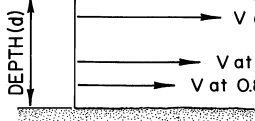
DEPTH (d)

V at surface

V at 0.2 depth

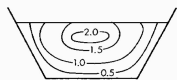
V at 0.6 depth

V at 0.8 depth

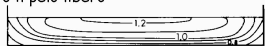
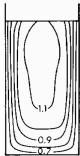


Variabilità della velocità nella sezione

Isotachie: linee che congiungono i punti della sezione aventi uguale velocità

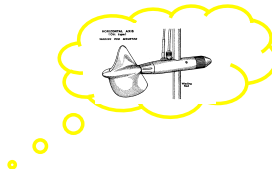
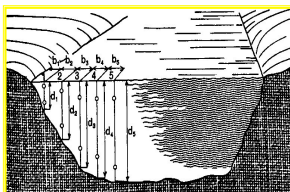


La velocità è inferiore in prossimità del fondo e delle pareti ed è massima al centro della sezione poco sotto il pelo libero

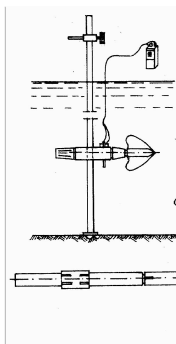


Per ottenere una velocità media è necessario effettuare più misure distribuite su una serie di verticali lungo la sezione

Griglia di misura delle velocità

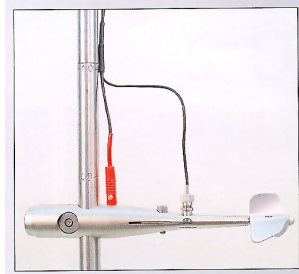
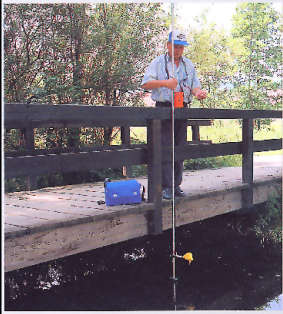


Mulinello idrometrico



Il mulinello misura la velocità della corrente nel punto dove è immerso. La velocità si ricava sulla base del numero di giri dell'elica in un prefissato intervallo di tempo, nota l'equazione di taratura dello strumento. Lo strumento può essere utilizzato a guado montato su asta (a) oppure calato in acqua dall'alto appeso ad un cavo con zavorra (b).

Misure con calata da ponte
(mulinello + asta correntometrica)



Misure con calata da ponte (mulinello + peso)



Carrello idrometrico da ponte, argano a mano, mulinello e peso idrodinamico.

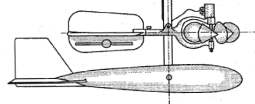


Fig. 5.8 Pesce con mulinello ad asse verticale (Linsley *et al.*, 1949)

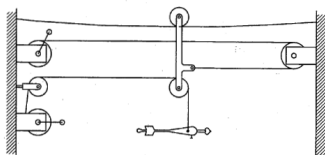
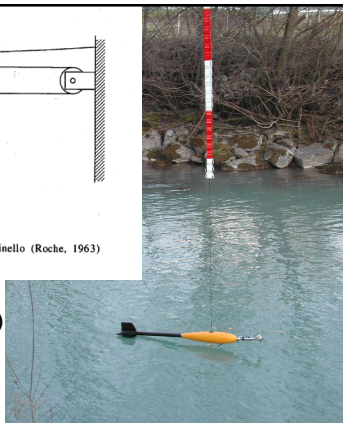
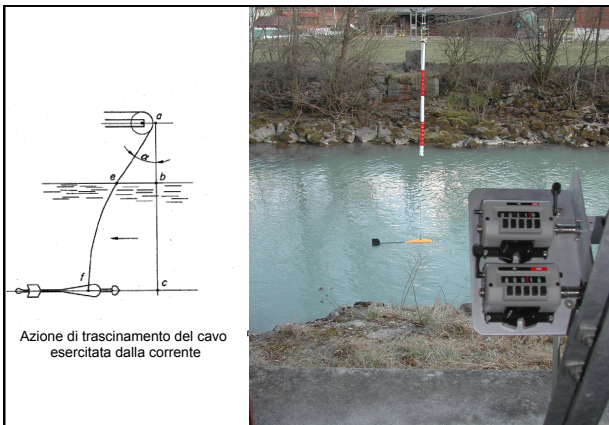


Fig. 5.12 Teleferica per le misure con il mulinello (Roche, 1963)

Misure da teleferica
(mulinello zavorrato)





Misura approssimata di velocità

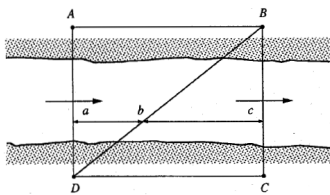
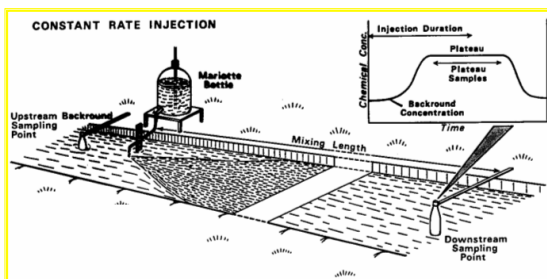


Fig. 5.20 Misura di velocità superficiale con il metodo del galleggiante

Metodo della Diluizione (non strutturale)



- Adatto a tronchi montani (turbolenza accentuata)
- Tracciante a rapido mescolamento, stabile non-tossico e facilmente rilevabile
- Si rileva: conducibilità elettrica, assorbimento colorimetrico, attività radioattiva (per radioisotopi)

Metodo della Diluizione

Iniezione continua

$$Q = q \frac{C_c - C_d}{C_d - C_b}$$

dove:

Q = portata liquida
q = portata entrante del liquido
tracciante
C_c = Concentrazione del soluto nel
tracciante
C_d = Concentrazione del soluto nella
corrente
C_b = Concentrazione iniziale del soluto
nella corrente

Immissione istantanea

$$Q = \frac{V C}{\int_0^T (C_d - C_b) dt}$$

dove:

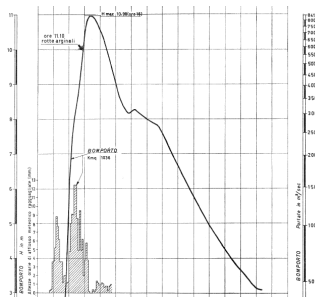
Q = portata liquida
V = Volume di soluzione immessa
C = Concentrazione del soluto nella
soluzione
C_d = Concentrazione del soluto nella
corrente
C_b = Concentrazione iniziale del
soluto nella corrente
T = durata dell'onda di tracciante
rilevata

PERCHÉ ACQUISIRE MISURE SISTEMATICHE DI PORTATA?

- Verifica di bilanci idrologici (medi) pluriennali

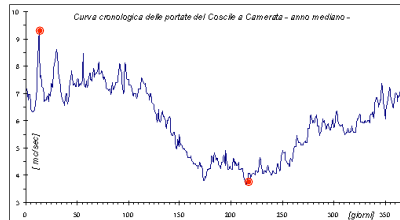
NOME	AREA	H.MEDIA	H.MAX	H.MIN	# OSS.	AFF.	DEF.	AFF-DEF
Ayasse-Champorcher	40.6	2364	3119	1372	24	1179	1258	-79
Grand'Eyvia-Cretaz	178.6	2583	3902	1476	9	950	1109	-159
Lys-Gressoney	90.5	2637	4427	1998	23	1191	1354	-163
Rutor-Promise	45.6	2554	3414	1508	31	1314	1648	-334
Savins-FauRousse	83.9	2694	3916	1650	17	1067	1079	-12

PERCHÉ ACQUISIRE MISURE SISTEMATICHE DI PORTATA?



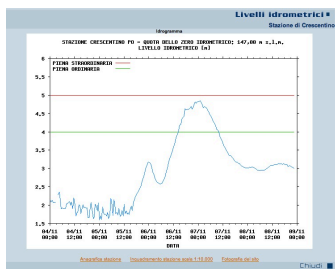
Verifica di bilanci idrologici
di piena

PERCHÉ ACQUISIRE MISURE SISTEMATICHE DI PORTATA?

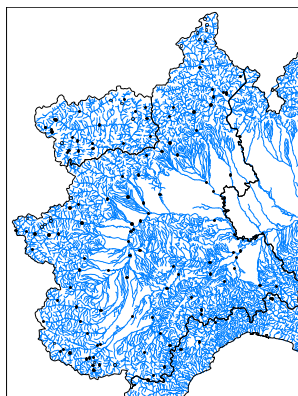


Costruzione di serie storiche
di estremi massimi e minimi annui

PERCHÉ ACQUISIRE MISURE SISTEMATICHE DI PORTATA?



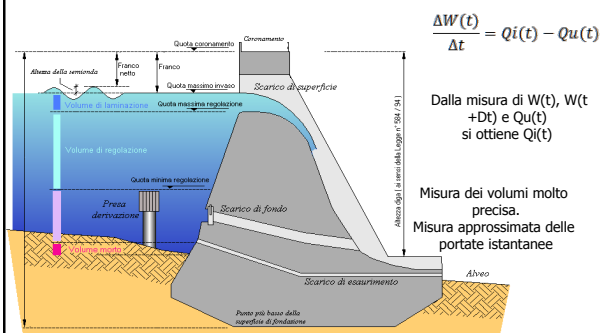
ARPA PIEMONTE
Rete di monitoraggio
idrometrico



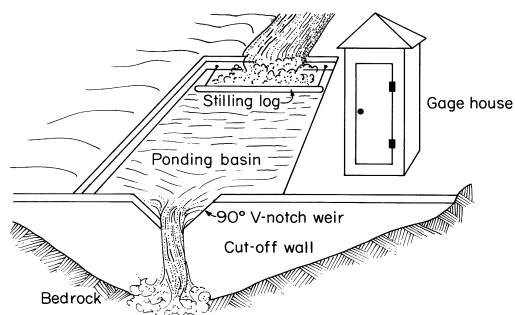
Misure sistematiche per casi particolari (piccole portate, dettaglio temporale limitato)

- Metodo volumetrico
- Metodi strutturali (stramazzi, venturimetro)
- Metodi non invasivi (elettromagnetico, ultrasuoni)

Metodo volumetrico (bilancio dei volumi)

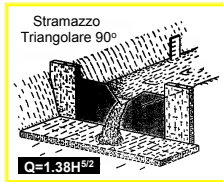


Metodi Strutturali (livello → portata con relazione analitica)



Metodi Strutturali

(es. misure su corrente in stato critico)



Stramazzi in parete sottile

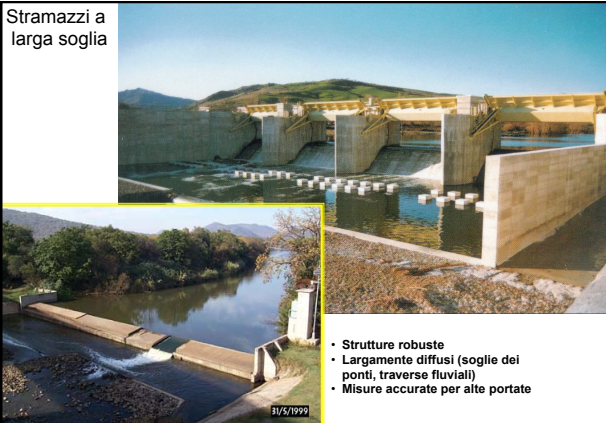
- Stato critico per ostacolo verticale
- Calibrazione teorica accurata se la parete rimane sottile
- Adatto per piccoli canali con diversa geometria
- Determina innalzamento del livello a monte
- Determina accumulo di sedimenti a monte
- Non adatto per misure in piena

Tronco Venturimetrico

- Stato critico per contrazione laterale
- Necessari test in sito per la calibrazione
- Meno problemi di innalzamento di livello e sedimentazione a monte
- Non adatto per misure in piena



Stramazzi a larga soglia

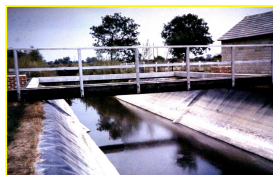


- Strutture robuste
- Largamente diffusi (soglie dei ponti, traverse fluviali)
- Misure accurate per alte portate

Metodi non convenzionali

Misure di velocità a Ultrasuoni

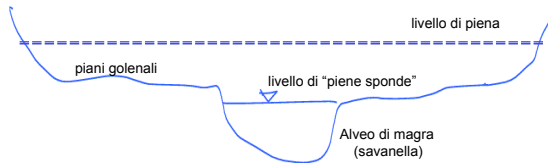
- Impulsi ad Ultrasuoni trasmessi diagonalmente, riflessi e rilevati al punto di partenza
- Non interferenza con la corrente (campo di moto indisturbato)
- Possibilità di rilevare velocità nelle 2 direzioni (correnti di marea)



Misure di velocità con metodo Elettromagnetico

- Bobina collocata sopra o sotto il canale
- Il flusso induce corrente nella bobina proporzionale alla velocità

Misure sistematiche su alvei fluviali



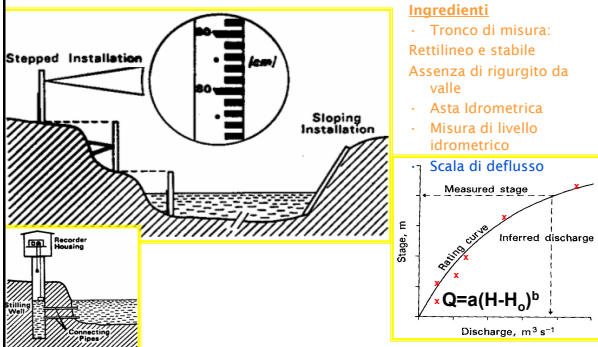
Livello idrometrico:

L'altezza assoluta della superficie liquida

Scala delle portate (scala di deflusso)

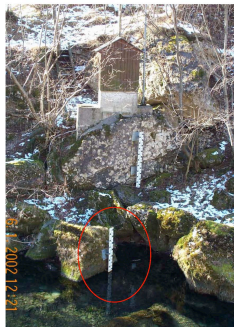
Relazione tra livello idrico in alveo e portata corrispondente

Stazione Idrometrica (relazione livello-portata)



Livello idrometrico

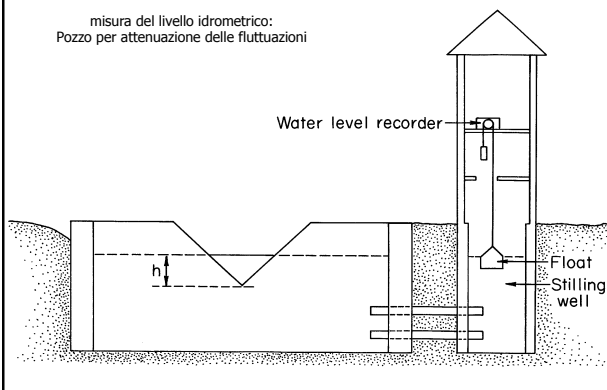
Si misura rispetto allo zero idrometrico della stazione. Lo zero è fissato dall'asta idrometrica che costituisce il punto di riferimento per tutte le misure di livello. Per la misura in continuo del livello esistono diversi tipi di sensore.



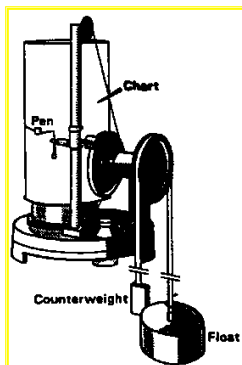
Variazioni del livello idrometrico



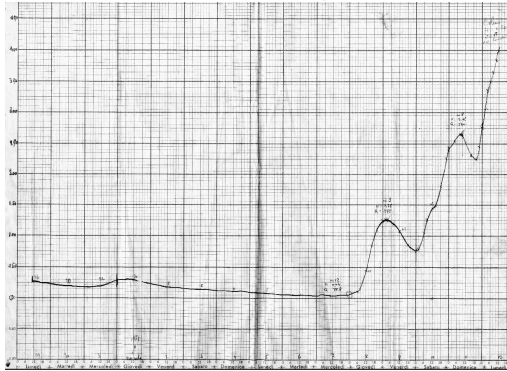
misura del livello idrometrico:
Pozzo per attenuazione delle fluttuazioni



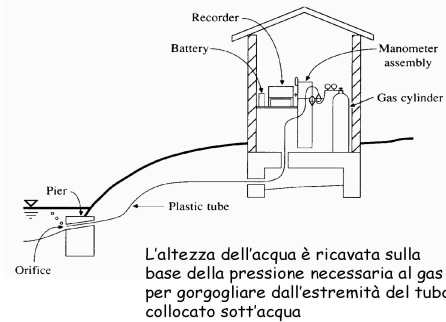
Idrometrografo meccanico a galleggiante



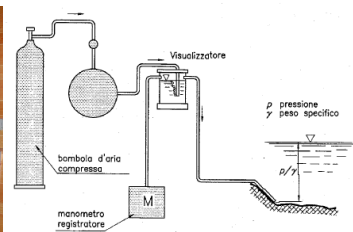
Strisce idrometrografiche



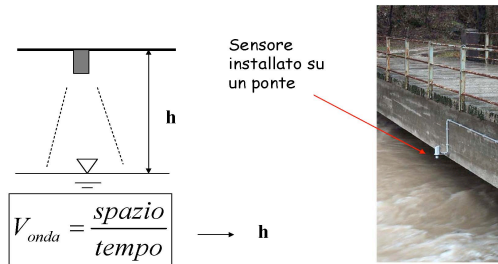
Idrometri a gorgogliamento (o a bolle)



Idrometrografo a bolle



Idrometri a ultrasuoni

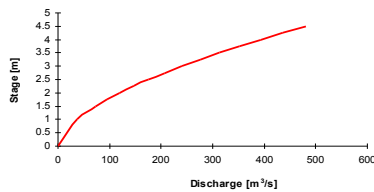


- Necessaria compensazione della temperatura
- Tenere conto dell'ampiezza del cono e della superficie di lettura

SCALA DI DEFLUSSO

La scala di deflusso, o "scala delle portate", esprime per una data sezione la relazione tra la portata defluente Q e il tirante idrico h :

$$Q = f(h).$$



Questa relazione viene utilizzata per determinare la portata defluente nella sezione a partire dalle misure di altezza idrometrica.

IL DEFLUSSO (1)

Il deflusso della corrente in un corso d'acqua generalmente avviene in condizioni di moto permanente, cioè in condizioni idrodinamiche costanti nel tempo ma variabili da sezione a sezione



Ipotesi di moto uniforme a tratti

Gaukler – Strickler (moto uniforme):

$$Q = k R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}} \cdot \sigma$$

dove:

➤ k = coefficiente di scabrezza;

➤ i = linea dei carichi totali;

➤ $R = \sigma / \chi$, raggio idraulico (σ e χ indicano, rispettivamente l'area della sezione idrica e il perimetro bagnato).

IL DEFLUSSO (2)

La portata è una funzione del tirante idrico nella sezione considerata:

$$Q = \sigma c \sqrt{Ri} \quad (\text{Chézy})$$

Nel caso di alveo rettangolare molto largo:

$$R \propto h \quad \sigma \propto bh \quad e$$



$$Q = ah^b \quad \left\{ \begin{array}{ll} b = 3/2 & \text{Chézy} \\ b = 5/3 & \text{Gaukler} \end{array} \right.$$

IL DEFLUSSO (3)

Fonti di incertezza:

- Coefficiente di scabrezza;
- Valore dell'esponente.



In sezioni naturali la ricostruzione della scala di deflusso effettiva è determinata a partire da misure contemporanee di portata e altezza idrometrica.

RICOSTRUZIONE SCALA DI DEFLUSSO (1)

1. Formule monomie: sono basate sul fatto che lo zero idrometrico sia effettivamente uno zero numerico.

1.A) $Q_{\max} = ah_{\max}^{5/3}$ Esponente $b = 5/3$. Il deflusso avviene in condizioni di moto uniforme.

1.B) $Q_{\max} = ah_{\max}^{3/2}$ Esponente $b = 3/2$. Compatibile con il passaggio attraverso le condizioni di stato critico.

1.C) $Q_{\max} = ah_{\max}^b$ E' un modello a due parametri in cui non si fissa a priori il valore dell'esponente.

RICOSTRUZIONE SCALA DI DEFLUSSO (2)

2. Formule binomie: implicano la valutazione dello zero idrometrico.

2.A) $Q_{\max} = a(h_{\max} - h_0)^{5/3}$ Modello a due parametri (ipotesi di moto uniforme).

2.B) $Q_{\max} = a(h_{\max} - h_0)^b$ Modello a tre parametri. Il valore dell'esponente non è fissato a priori (Hersch, 1985).

La scala di deflusso è variabile di anno in anno



Problemi nell'individuazione dello zero idrometrico

SCALA DI DEFLUSSO ANNUALE: Le misure

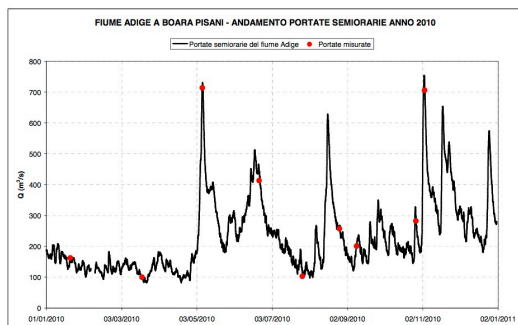


Figura 2 - Andamento delle portate semiorarie del fiume Adige a Boara Pisani, anno 2010.

Fonte: ARPA Veneto

SCALA DI DEFLUSSO ANNUALE: La stima

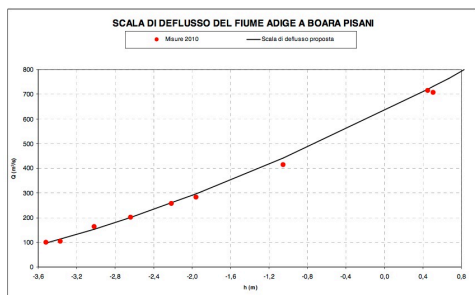


Figura 1 - Scala di deflusso proposta per il teleidrometro sul fiume Adige a Boara Pisani

$Q = 59,803 \cdot (h + 4,91)^{1,4818}$ per $h < +0,66\text{m}$
 $Q = + (0,123 \cdot h + 1,43) \cdot A$ per $h > +0,66\text{m}$

Fonte: ARPA Veneto

ANNALI IDROLOGICI SIMN

Parte II, Sezione C degli Annali Idrologici

- Coppie di valori misurati di altezza idrometrica e portata
- Relazione analitica per valori superiori alla massima Q misurata

SCALA NUMERICA DELLE PORTATE							
Altezza idrometrica m	Portata mc/s	Altezza idrometrica m	Portata mc/s	Altezza idrometrica m	Portata mc/s	Altezza idrometrica m	Portata mc/s
0.02	0.000	0.24	0.128	0.40	0.705	0.62	2.829
0.03	0.001	0.26	0.169	0.42	0.815	0.70	3.968
0.04	0.002	0.28	0.210	0.44	0.933	0.78	5.147
0.05	0.004	0.30	0.270	0.46	1.061	0.86	6.531
0.06	0.008	0.32	0.340	0.48	1.210	0.94	7.990
0.08	0.016	0.34	0.419	0.50	1.380	1.00	9.085
0.10	0.025	0.36	0.507	0.52	1.550		
0.12	0.037	0.38	0.595	0.54	1.763		

Per $H > 1$ $Q = 15.87 (H - 0.31)^{1/2}$

ANNALI IDROLOGICI (ARPA Veneto)

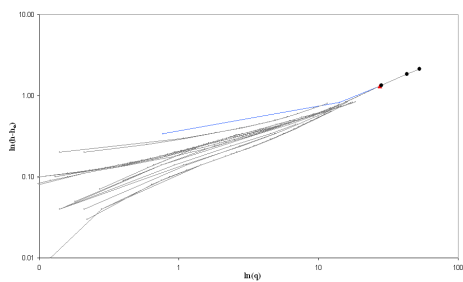
ELEMENTI CARATTERISTICI PER L'ANNO 2010												
	Anno	Gen.	Feb.	Mar.	Apr.	Mag.	Giu.	Lug.	Ago.	Set.	Ott.	Nov.
Portata massima (m ³ /s)	717.8	204.7	160.0	153.1	175.7	710.9	487.0	250.8	588.9	317.7	291.4	717.8
Portata media (m ³ /s)	230.5	158.2	129.4	124.3	128.3	326.9	333.6	181.9	254.2	203.0	207.2	423.4
Portata minima (m ³ /s)	85.7	120.8	102.6	85.7	88.5	169.8	226.4	111.0	105.8	127.6	152.7	247.6

DURATA PORTATE			SCALA NUMERICA DELLE PORTATE					
Giacni	2010 m ³ /s	Periodo precedente m ³ /s	Altezza idrometrica m	Portata m ³ /s	Altezza idrometrica m	Portata m ³ /s	Altezza idrometrica m	Portata m ³ /s
30	530.0	541.5	-3.30	99.5	-1.00	451.1	0.60	749.9
30	421.4	389.0	-3.00	156.0	-0.50	539.1	0.80	793.0
60	331.9	301.0	-2.50	220.2	0.00	632.1	1.00	838.7
90	288.4	250.2	-2.00	291.2	0.20	670.6	1.15	874.0
135	240.0	202.4	-1.50	368.3	0.40	709.9	1.30	910.1
182	194.7	168.0						
274	142.4	122.0						
355	103.1	78.8						

(1) I valori esposti sia per l'anno 2010 che per il periodo sono quelli delle portate effettivamente defluite alla sezione di misura; essi sono alterati dall'azione dei verbasti esistenti a monte e prescindono dalle copiose portate, non valutate esattamente, derivate per uso irriguo.

VARIABILITA' INTERANNUALE

Riportando le scale di deflusso disponibili anni per anno nel piano $\ln(q) - \ln(h-h_0)$ si ottiene un andamento a fuso.



STIMA DELLA SCALA DI DEFLUSSO

- Ci sono pochi valori misurati \Rightarrow Incertezza di stima
- La determinazione del valore di portata mediante la scala di deflusso risulta tanto più affidabile quanto più tale valore rientra nel campo delle misure sperimentali effettuate
- Negli altri casi la stima delle portate viene effettuata tramite estrapolazione dai valori alti della curva
- Qualora si considerino le portate di piena è possibile assumere una scala di deflusso unica per la sezione in esame (Scala di deflusso di piena)

Coppie $h-q$ al colmo di piena

- Record breaking (coppie $h-q$ relative al massimo evento di piena mai registrato fino a quel momento)
- Da osservazioni dirette del Servizio Idrografico (strisce idrometrografiche non pubblicate)
- Sez. F degli Annali: $Q_{\max} - h$ (pochi eventi)

TANARO a FARIGLIANO

CARATTERISTICHE DELLA STAZIONE: Bivio di dominio km³ 1252 (preesistente per il 1876). Altitudine massima 2651 m s.m. (Poggio Magagnoli); media 933 m s.m. Distanza dalla confluenza con il Po km 134. Inizio osservazioni gennaio 1942; inizio misure generali 1942. Quota zero idrometrico 235 circa m s.m. Altezze idrometriche: max 6.10 (8 nov. 1962); min m 0.94 (4 set. 1963). Portate: max m³/s 1607 (8 nov. 1962); min m³/s 1.30 (4 set. 1963); media m³/s 35.3 (1942; 1944-1945).

