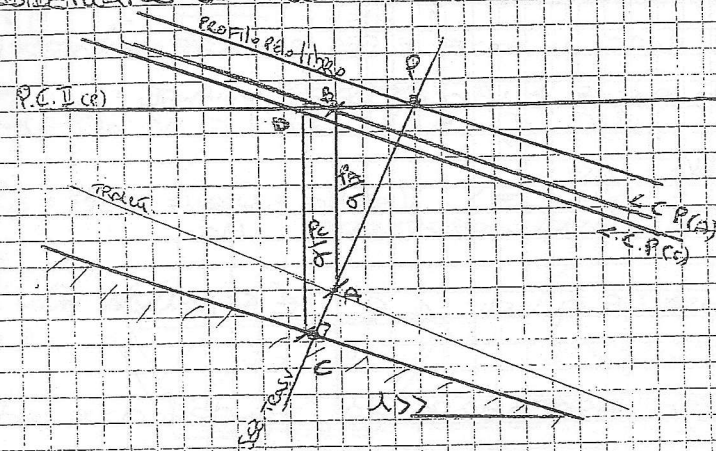


② RESISTENZA A TOLTO ONICIA;

CONSIDERIAMO UN ALVEO CON UN TOLTO GRANDE E UNA SEZIONE TRASVERSALE

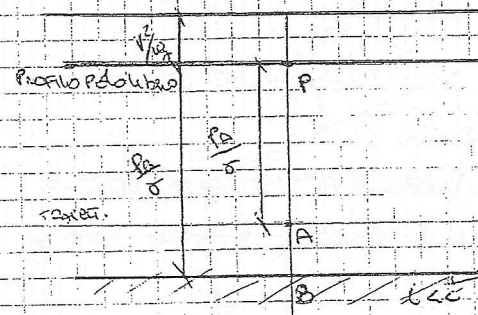


GENERATA PERPENDICOLARE AL FONDO, CONSIDERIAMO UN PUNTO P SUL PROFILO DEL PEO LIBRO IN CUI LA PRESSIONE È NULLA E TRACCIAMO LA P.C.I. DI P CHE È UNA LINEA ORIZZONTALE. CONSIDERIAMO ORA UNA GENERATA PARALLELA A QUELLE CHE SI MUOVE LUNGO UNA GENERATA TRASVERSALE

E TRACCIAMO L'ALTEZZA PIEZOMETRICA (RAPPRESENTAZIONE DEL PUNTO RISPETTO AL P.C.I.) NEL PUNTO A, E CHIAMO IL PUNTO B IL PUNTO DI TRACIO LA LINEA DEI CARICHI PIEZOMETRICI. CONSIDERIAMO ADESSO UN'ALTRA PARTICELLA C CHE SI MUOVE LUNGO IL FONDO E TRACCIAMO IL SUO ALTEZZA PIEZOMETRICA, E QUINDI LA LINEA DEI CARICHI PIEZOMETRICI, CHE LAMO IL PUNTO C. QUINDI ABBIAMO TANTE LINEE DEI CARICHI PIEZOMETRICI QUANTE SONO LE TRACCIATE CHE CONSIDERATE, OGNI ALTEZZA ALLE LINEE DEI CARICHI PIEZOMETRICI, DALLA VERSO BERNOLLI SI ASSOCIANO DELLE LINEE DEI CARICHI TOTALI.

$$H = R + V^2/2g$$

PER CUI LA CONSEGUENZA DI AVERE UNA RESISTENZA TOLTO PICOLO È CHE IL PROFILO



DEL PEO LIBRO È COSTANTE ALL'INTERNO DEL PIANO DEI CARICHI IDROSTATICI, PER CUI LA LINEA DEI CARICHI PIEZOMETRICI COINCIDE COL PROFILO DEL PEO LIBRO ED È ADCA'ESSA COSTANTE ALL'INTERNO DEL PIANO DEI CARICHI IDROSTATICI.

QUINDI LA CONSEGUENZA È CHE SI HA UN'UNICA LINEA PIEZOMETRICA E UN'UNICA LINEA DEI CARICHI TOTALI, ABBASTA DALLA PIEZOMETRICA DI $V^2/2g$ CHE RAPPRESENTANO L'INTERA CORRENTE (NELLE CONDIZIONI CONSIDERATE L.C.P. E L.C.T. PERCHÉ A RIFERIMENTO ALL'ASSE DELLA CORRENTE).

- LE ALTEZZE VENGONO MISURATE DAL FONDO DELL'ALVEO;
- NEL CASO IN CUI IL MOTO È UNIFORME $R_{01} = \text{cost}$ QUINDI I CARICHI IDROSTATICI DEL MOTO NON VARIANO NE NEL TEMPO NE' NELLO SPAZIO.

$$A = A_0(a)$$

in pw se $P_0 = \text{cost}$ e l'altro è cilindrico allora $A_0 = \text{cost}$ e il profilo del pso libero sarà parallelo al fondo del canale.

Cilindrico = FODIA COSTANTE (NEGDANE)

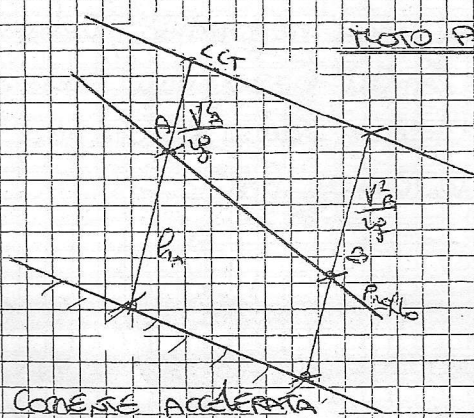
Essendo Q costante per moto uniforme e per moto permanente (in Q varia solo nel tempo), anche la velocità sarà costante:

$$Q = V \cdot A \quad \text{con } Q = Q_0 = \text{cost} \Rightarrow V = V_0 = \frac{Q_0}{A_0} = \text{cost}$$

$$A = A_0 = \text{cost}$$

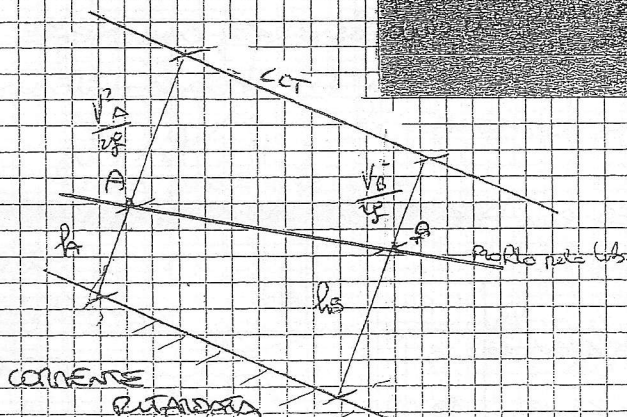
E quindi anche $\frac{V^2}{2g} = \text{cost}$ e quindi $Z.C.T$ è parallela alla $Z.C.P.$ e parallela al fondo.

Quindi se con i indichiamo la pendenza del fondo (ovvero di quanto si abbassa il fondo rispetto all'orizzontale) e con J la cadente piezometrica (ovvero di quanto si abbassa la $Z.C.P$ rispetto all'orizzontale) possiamo dire che $i = J$



MOTO PERMANENTE

SI HA QUANTO INTERIENE UNA CURVA ESISTE UN CASO AD OLTRE IL PROFILO DEL PSO LIBERO



SI HANNO DEI PROFILI DI CONESENTI A PISO LIBERO A SCELTA CHE IL PROFILO SI AVVICINA O SI ALLONTANA AL FONDO DEL CANALE (DATO SEMPRE A CONDIZIONI DI MOTO PERMANENTE).

CI SONO 2 DIFFERENZE TRA LE CONESENTI A PISO LIBERO E LE CONESENTI IN PRESSIONE:

- 1) il moto uniforme nei canali è un'eccezione nelle condotte e una norma,
- 2) propagazione delle perturbazioni \rightarrow canale di accelerazione

con si ripete a valle del punto di accelerazione in A all'uscita del profilo connesso a pso libero (connesso a pso libero) connesso a pso libero

genera e riparte dal fronte unico \rightarrow $h_0 = 1000 \text{ m/s}$ in transizione

Chezy e scala delle portate

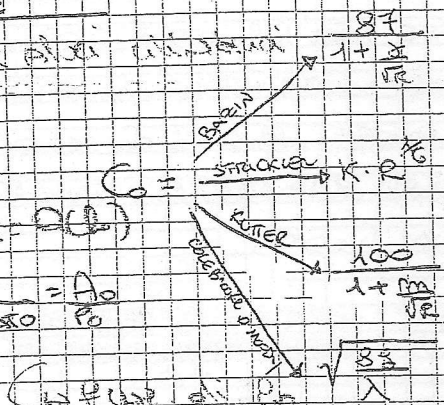
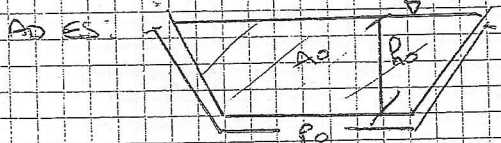
Il raggio idraulico R_h è la metà della profondità h nel caso di canali trapezoidali

$$V_0 = C_0 \sqrt{R_0 S}$$

$$* Q = A_0 \cdot V_0 = A_0 C_0 \sqrt{R_0 S} \quad Q = Q(h)$$

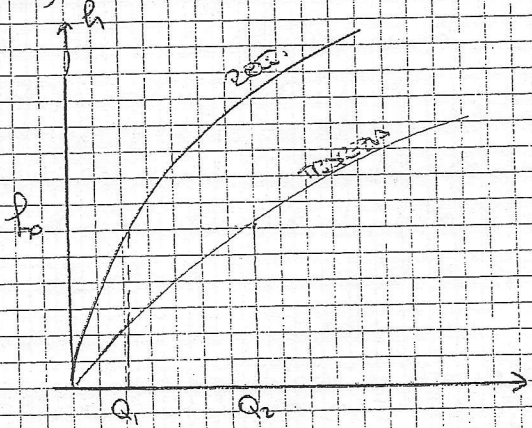
$$R_0 = \text{raggio idraulico} = \frac{A_0}{P_0} = \frac{A_0}{\text{perimetro bagnato}}$$

$$i = S$$



La verifica dei canali si usa la h e di P_0 e R_0 e si procede a testare o verificare in diverse

La portata è funzione dell'altezza di loro superficie $Q = Q(h_0)$, per cui esiste un legame tra le portate e le altezze che si chiama scala delle portate; questo legame si può rappresentare graficamente con una curva.

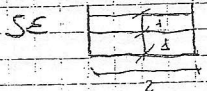
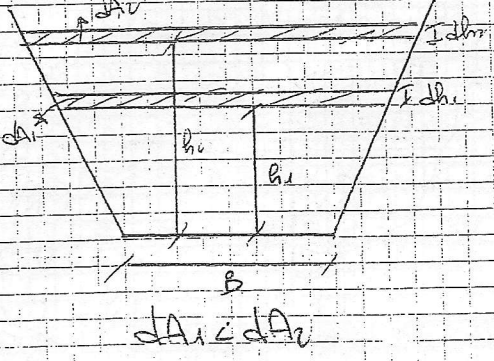
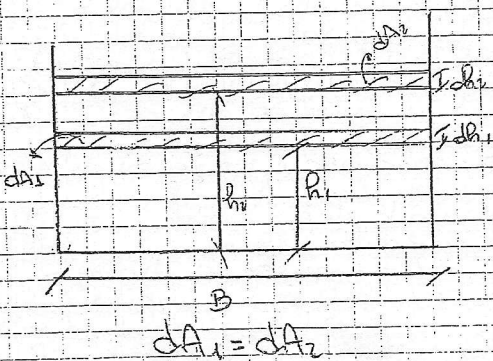


La serie per la verifica dei canali quando si misura h_0 si entra nel diagramma e si calcola la portata corrispondente.

A seconda della forma del canale anche diverse curve

si segnalano in pratica questa + due p. costanti automatiche sul grafico.
Sezione trapezoidale

SEZIONE TRAPEZOIDALE



$$R_1 = \frac{h_1}{2h_1 + 1} = 0.5$$

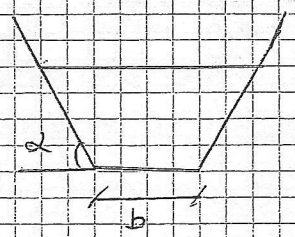
$$R_2 = \frac{h_1}{2h_1 + 1} = 0.56$$

Il raggio idraulico uscirà sempre (ecc. perché la curva è - dA)

Nella sezione trapezoidale il raggio idraulico uscirà più conveniente perché se considero una altezza h_1 si avrà un incremento dA_1 di area inferiore a dA_2 .

SE CONSIDERAMO UN'ALTRA ALTEZZA h_2 SI AVRA UN MINORE SPORCO CON UN'AREA
 dA_2 ; QUESTE AREA IMPORTANTE PROPRIO A CAUSA DELLA PRESSIONE DELLE SPONDE
 NON SONO UGUALI COME NEL CASO DI SEZIONE RETTANGOLARE, ECCO PERCHÉ LA
 SEGA DELLE PORTATE NEL CASO DI SEZIONE TRAPEZOIDALE È UNA CURVA PIÙ AFFONDATA
 RISPETTO A QUELLA DELLA SEZIONE RETTANGOLARE, PESTO UN DUE CHE A PARITÀ DI
 h_0 SI HA UNA $Q_2 > Q_1$.

APPLICAZIONE 1): COSTRUZIONE SEGA DELLE PORTATE CON INDICE DI RESISTENZA NOTO
 NEL CASO DI ROTAZIONE UNIFORME



K, i, α NOTI
 da Chezy $\rightarrow Q = A_0 C \sqrt{R_0 i}$

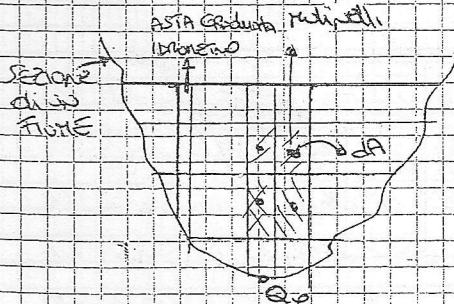
$$A_0 = \frac{(b+B) \cdot h_0}{2}$$

$$B = b + 2 \left(\frac{h_0}{\tan \alpha} \right)$$

h_0 (m)	B	A	P_0	R_0	C	Q
0,5	-	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-	-
1,5	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-
⋮	-	-	-	-	-	-
⋮	-	-	-	-	-	-
⋮	-	-	-	-	-	-

h_0 = UN MISTO DI UNO DEI MISTO
 E UN PASSO E PER UNO DEI MISTO.
 quindi PER PUNTI (PER DIVERSE
 valori di h_0) COSTRUIAMO LA CURVA

APPLICAZIONE 2): COSTRUZIONE SEGA DELLE PORTATE NEL CASO DI ROTAZIONE NON UNIFORME, NEL
 CASO DI ROTAZIONE PERMANENTE, AUTOCENTRO CON RELAZIONE SEMPLIFICATA



• SI POSSONO LEGGERE I DIVERSI LIVELLI DEL MISTO
 ATTRAVERSO DELLE ASTE GRADUATE (AUTOCENTRO);
 SI DIVIDE L'AREA IN STRIPPE DI INFERNO DELLE
 QUALI SI MISURANO DEGLI STRUMENTI DI MISURA
 (TUBI NELLE CIE MISURANO LA PROFONDITÀ) quindi

$$dQ = v \cdot dA$$

$$Q = \int_A v \cdot dA$$

Q_0 = CORRISPONDE ALLO ZERO
 DELL'INDICAZIONE QUINDI A NULLA
 SE È POSTO SUL FONDO (PARO PIÙ
 SPESSE DELLA SEZIONE)

LA RELAZIONE SEMPLIFICATA CHE MEGLIO RAPPRESENTA QUESTO MODELLO STATISTICO È:

TOTALE STATISTICA UNO ALUNNI

$$Q = Q_0 + a h^m$$

con $a, m = \text{costanti}$

h_0 ESERCI O TIENO A SCOPPIA CHE
 L'ASTA SÌ POSTA SUL FONDO O TIENO

dipende dalla presenza e dalla
 larghezza del canale

DIMENSIONAMENTO CANALI

BISOGNA TROVARE l'altezza h A SEB E A DISPOSIZIONE IN UNO DEI VALORI DELLA QUANTITÀ

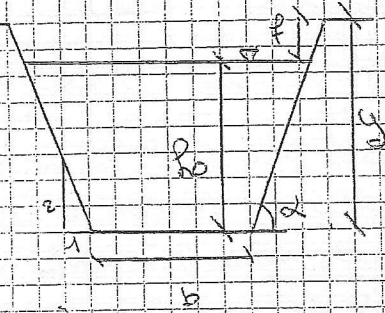
Q.

$$Q = A_0 C_0 \sqrt{R_0 i}$$

IL COEFFICIENTE C_0 È IL COEFFICIENTE DI SCALARE K E DEL FONDO

IL DIMENSIONAMENTO È FATTO PIÙ COMPLESSO DELLA VERIFICA

ES: SEZIONE TRAPEZIO



$$C_0 = K R^{\frac{1}{6}}$$

FOUR INCERTEZZE PERCHÉ IL VALORE DI SCALARE NON È UNA COSTANTE MA VARIA NEL TEMPO SPECIAMENTE NEI CANALI NATURALI (AD ES. LA VEGETAZIONE CHE CRESCA LUNGO LE SPALLE)



PER cui:

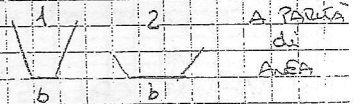
$$h = h_0 + p$$

FRANCO DI SICUREZZA CHE NON È LO SCOPO DELL'INCERTEZZA DEL K .

10-15 cm
HA AZIONE 200 NEI GRANDI CANALI

BISOGNA SCEGLIERE LA BASE b CHE NON PUÒ ESSERE TROPPO PICCOLA PERCHÉ ALTREMENTE SI AVREBBERO GRANDI OSCILLAZIONI DI R E PESTO SARI E SCANDI IN UN

CANALE IN TERRA POTREBBE ERODERE LE SPALLE; SI POSSONO AVERE DE STRAZIONI A PARITÀ DI AREA. NELLA 1ª DEVO



SAVARE PIÙ E QUINDI QUESTO COSA DI PIÙ RISPETTO AD

UNO STATO SUPERFICIALE, DI COSTO AVERE UN b GRANDE CHE A COSTA PIÙ DI

SCAVO LA COSTA PIÙ DI ESPANSIONE DI TERRA; FACENDO CONSIDERAZIONI DI TIPO IDRAULICO SI VA A SCEGLIERE PULIA FORMA DEL CANALE CHE HA UN VALORE MINIMO DEL PERIMETRO BACINATO P_0 E DI CONSEGUENZA UN VALORE DI RESISTENZA PIÙ PICCOLO (GLI SFORZI TANGENZIALI DI PENURIA DALLA SUPERFICIE URSALE)

PER cui LA COSTA (ESSENDO LA RESISTENZA MINIMA) PUÒ ESSERE TAGGIONE S

QUINDI CI PUÒ COSTARE PIÙ O TRAZIONE PERCHÉ TAGGIONE LA LINEA SE COST POTREBBE ESSERE SERVE PROBLEMI DI ESPANSIONE SE IL CANALE NON È PULITO, (VEDI FOTOCOPIA FINE QUADERNO).

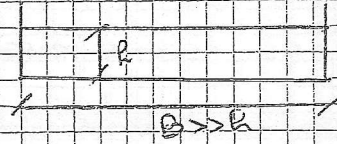
SE LA COSTA È PIÙ PICCOLA SI POSSONO VERIFICARE PROBLEMI DI SFRUTTAMENTO DEL MATERIALE SOTTOSTANTE CON CONSEGUENTE PARZIALEZZAZIONE DELLA SEZIONE;

SE LA COSTA È PIÙ ALTA SI POSSONO VERIFICARE PROBLEMI DI EROSIONE.

VAPO DIMENSIONARE PIÙ LE SPALLE DEL CANALE IN RELAZIONE ALLA COSTA DEI MATERIALI SOTT. PER LA LORO REALIZZAZIONE (FOTOCOPIE FINE QUADERNO)

È quindi dal tipo di terreno; se il canale è rivestito in calcestruzzo si può realizzare anche un alveo rettangolare. Se a suo volta materiali (rameo poco leale) si deve scegliere la scarpata in base alla fotocopia.

• Nel caso in cui abbiamo un canale rettangolare con la base molto maggiore di R e dimensioni resto di testa più mole d'acqua:



$$Q = A_0 C_0 \sqrt{R_0^3}$$

$$C_0 = \frac{B \times h}{B + 2h} \approx h$$

piccolo rispetto a B
potremmo trascurare rispetto a B

$$C_0 = K \cdot R_0^{\frac{1}{6}} = K \cdot h^{\frac{1}{6}} = K$$

non è più variabile è una costante xk se le h sono piccole non incidono più o meglio incide poco sulle resistenze

Quindi:

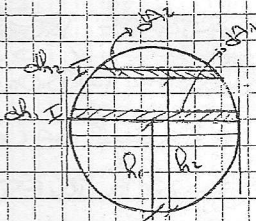
$$Q = K B \cdot h_0^{\frac{1}{2}} \cdot h_0^{\frac{1}{2}} \cdot h^{\frac{3}{2}} = A \cdot R^{\frac{3}{2}}$$

se prendendo la formula sperimentale
Q = a R^m abbiamo
che m = 3/2

Assunzione di canale
trascurare la formula che si possono trovare in letteratura delle
proprietà di resistenza - coefficienti di resistenza

VERIFICA DEI CANALI NEL CASO DI SEZIONI CHIUSE

Abbiamo visto qual è l'andamento della zona delle portate nelle sezioni aperte e andiamo adesso a vedere cosa succede nelle sezioni chiuse ad esempio i canali per le fognature; abbiamo visto come il raggio idraulico cresce in maniera diversa se la sezione è rettangolare o trapezoidale; consideriamo una sezione circolare chiusa:



$$\begin{cases} DA_1 > DA_2 \\ h_1 < h_2 \end{cases}$$

il raggio idraulico cresce fino ad un certo punto e poi inizia a diminuire, vediamo perché? se considero una certa altezza idraulica h_1 a questa corrisponderà un incremento dh_1 e quindi un incremento infinitesimo di superficie pari a dA_1 , se considero una seconda altezza idraulica $h_2 > h_1$ per uno stesso incremento $dh_2 = dh_1$ si avrà un incremento di superficie infinitesimo dA_2 che sarà minore di dA_1 . Quindi oltrepassata una certa soglia per valori crescenti di altezze idrauliche il raggio idraulico inizia a

una seconda altezza idraulica $h_2 > h_1$ per uno stesso incremento $dh_2 = dh_1$ si avrà un incremento di superficie infinitesimo dA_2 che sarà minore di dA_1 . Quindi oltrepassata una certa soglia per valori crescenti di altezze idrauliche il raggio idraulico inizia a

diminuire e di conseguenza dalla legge di Chezy diminuisce anche la velocità nonostante le altezze varino sensibilmente. 93

$$V = C\sqrt{R}$$

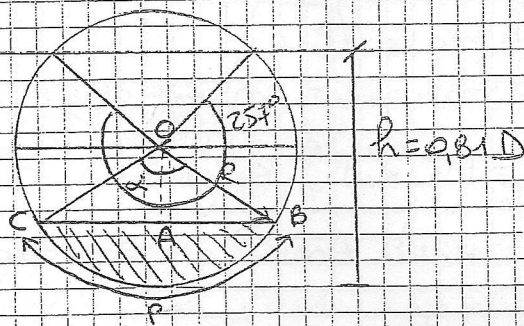
$Q = V \cdot A$ ← ma la portata Q non segue lo stesso andamento perché la velocità segue R , la portata segue il rapporto $V \cdot A \propto R^{1.5}$ dall'aumentare dell'altezza R aumenta A .

① valore di h per cui $R_0 = \text{MAX}$

immaginario di AREA USA SEGRE LINCH E ABBIAMO UNA CERTA ALTEZZA (UNA INDIVIDUA ALTEZZA)

l'angolo α (ESISTE α), SIA R IL RAGGIO DEL CERCHIO, L'ARCO CB

IL PERIMETRO BASTATO E LA PARTE TRIANGOLARE L'AREA BASTATA



$$P = R \cdot \alpha \quad \text{con } \alpha \text{ in radianti}$$

$A = \text{Area del cerchio} - \text{Area del triangolo}$

$$\text{Area del cerchio} = \frac{1}{2} R^2 \alpha$$

$$\text{con } OA = R \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$AB = R \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{Area del triangolo} = \frac{AB \cdot OA}{2}$$

$$= \frac{1}{2} (R \sin \frac{\alpha}{2} \cdot R \cos \frac{\alpha}{2}) \quad \text{ma } 2 \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = \sin \frac{\alpha}{2} \cdot \frac{2}{\frac{\alpha}{2}} = \sin \alpha$$

+
trascedi
per α

PER CUI:

$$\text{Area del triangolo} = \frac{1}{2} R^2 \sin \alpha$$

$$A = \frac{1}{2} R^2 \alpha - \frac{1}{2} R^2 \sin \alpha = \frac{1}{2} R^2 (\alpha - \sin \alpha)$$

$$R_0 = \frac{A}{P} = \frac{\frac{1}{2} R^2 (\alpha - \sin \alpha)}{R \alpha}$$

PER VEDERE CHE IL RAGGIO IDEALICO ASSIEME A SUO VALORE TASSATO SI DEVE VEDERE CHE IL RAPPORTO ASSIEME IL VALORE TASSATO

allora

$$\frac{d}{d\alpha} \left(\frac{\alpha - \sin \alpha}{\alpha} \right) = 0 \Rightarrow \frac{\cos \alpha \cdot \alpha - \sin \alpha}{\alpha^2} = 0$$

$$\cos \alpha \cdot \alpha - \sin \alpha = 0 \Rightarrow \alpha = \tan \alpha$$

$$\text{con } h = 0,81D$$

$$\text{con } \alpha = 257^\circ \quad \text{con } \alpha \text{ in Rad}$$

② VALORE DI P PER CUI Q=MAX

$$P = k \cdot a$$

$$A_0 = \frac{1}{2} R^2 (\alpha - \sin \alpha)$$

$$R_0 = \frac{A_0}{P_0}$$

$$Q = A_0 \cdot C \cdot \sqrt{R_0}$$

CHE POSSO ANCHE SCRIVERE COSI':

$$Q = A_0 \cdot k \cdot R_0^{\frac{1}{2}} \cdot R_0^{\frac{1}{2}} \cdot \mu^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = k \cdot \mu^{\frac{1}{2}} \cdot A_0 \cdot R^{\frac{5}{3}}$$

Sostituisco A $R = \frac{A_0}{P_0}$

Il grafico di Q in funzione di P si trova al vertice della parabola risultante. Per cui, è approssimabile alla somma di doppio il quadrato costante e di una variabile.

$$Q = k \cdot \mu^{\frac{1}{2}} \cdot A_0 \cdot \left(\frac{A_0}{P_0}\right)^{\frac{5}{3}}$$

Quindi:

$$Q = k \cdot \mu^{\frac{1}{2}} \cdot A_0^{\frac{8}{3}} \cdot P^{-\frac{2}{3}}$$

Sostituisco i valori trovati in precedenza

$$Q = k \cdot \mu^{\frac{1}{2}} \left[\frac{1}{2} R^2 (\alpha - \sin \alpha) \right]^{\frac{5}{3}} \cdot (R \mu)^{\frac{2}{3}}$$

ANEXO DI K E DI MU LA PRIMA SARA MASSIMA QUANDO IL TERMO TRA PARENTESI

GRAFFA SARA MASSIMO E QUINDI PUNTO:

$$(\alpha - \sin \alpha) \cdot \alpha^{\frac{5}{3}} = \text{MAX}$$

$$\left(\frac{\alpha - \sin \alpha}{\alpha^{\frac{2}{5}}} \right)^{\frac{5}{3}} = \text{MAX}$$

SE E' MASSIMO IL QUO 5/3 SARA' MAX ANCHE QUESTO

$$\left(\frac{\alpha - \sin \alpha}{\alpha^{\frac{2}{5}}} \right) = \text{MAX}$$

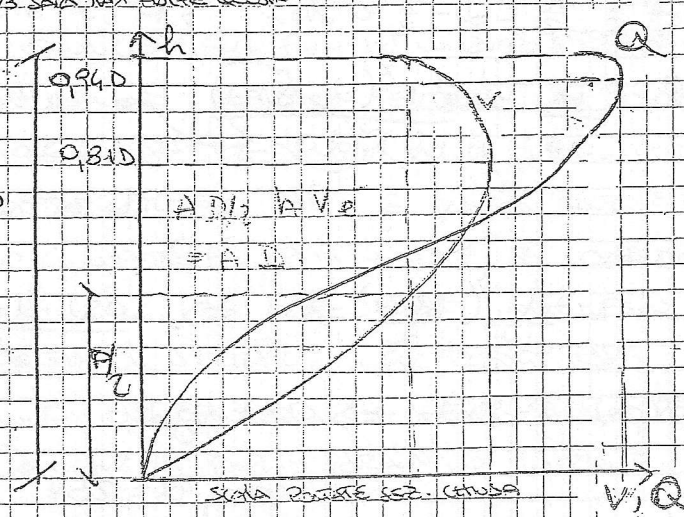
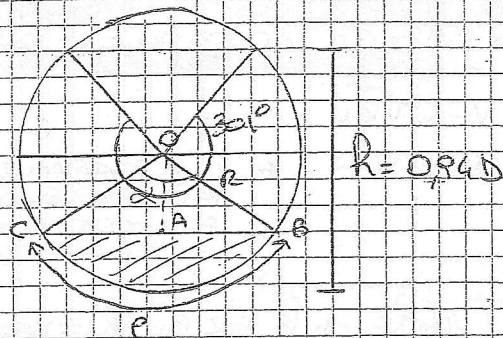
ANEXO:

$$\alpha^{\frac{2}{5}} - \sin \alpha \cdot \alpha^{\frac{-2}{5}} = \text{MAX}$$

$$\frac{d}{d\alpha} \left(\alpha^{\frac{2}{5}} - \sin \alpha \cdot \alpha^{\frac{-2}{5}} \right) = 0$$

$$\frac{2}{5} \alpha^{-\frac{3}{5}} - \cos \alpha \cdot \alpha^{-\frac{2}{5}} + \frac{2}{5} \sin \alpha \cdot \alpha^{-\frac{7}{5}} = 0$$

con $\alpha = 30^\circ$



Scala 20:1000 sez. (cm)

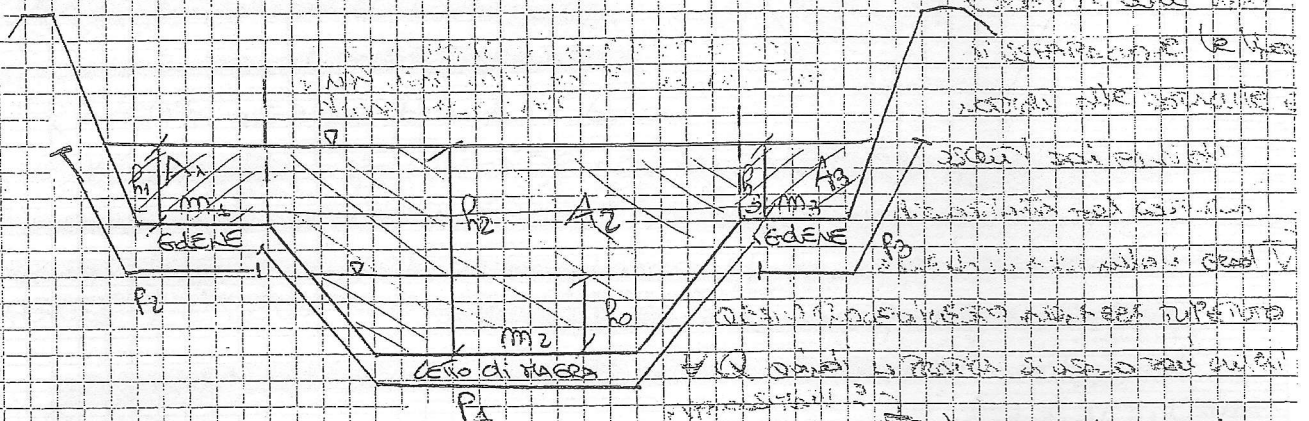
LEZIONE N° 24

12/05/2011

NUMERO DI SEZIONI

VERIFICA CANALI TUOTI UNIFORME [$Q = Q(h_0)$]

Obiettivo: Calcolare la scala delle portate per un sistema sequente, risultando in una sequenza



FINO A QUANTO L'ALTEZZA L'ALTEZZA NON INFERISCA LE SEZIONI (h0) VALE LA LEGGE DI Chezy: $Q = C_0 A_0 \sqrt{R_0 i}$; A PICCOLA ALTEZZA QUANDO h0 CRESCE E LA CORRENTE VA A INGRESSARE LE SEZIONI, L'ALTEZZA STA NEL RAGGIO IDEALE (ESSE O PUNTO A RAPPORTO TRA L'ALTEZZA E IL PERIMETRO) POICHE SE L'INCREMENTO DI h E PICCOLO, L'INCREMENTO DI SUPERFICIE DA E TRASCURABILE MA IL PERIMETRO AUMENTA AUTENTICA PER CUI R DIMINUISCE MA QUESTA E UNA ASSURDITA PERCHE LA PORTATA E AUMENTATA IN QUESTI CASI SI PROCEDE DIVIDENDO LA SEZIONE COMPRESA IN SEZIONI CIRCOLARE AVERE LO STESSO INDICE DI STABILITA M E SIDA:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Quindi

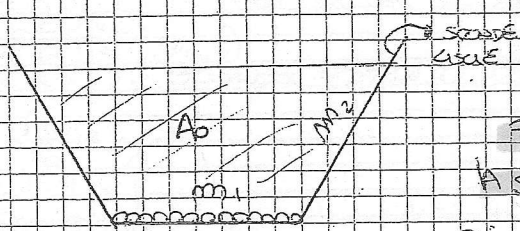
$$Q = A_1 C_1 \sqrt{R_1 i} + A_2 C_2 \sqrt{R_2 i} + A_3 C_3 \sqrt{R_3 i}$$

Le altezze h2 e h3 sono funzioni di h1; NOTE QUESTE ALTEZZE E POSSIBILE COSTRUIRE LA SCALA DELLE PORTATE PER UN SISTEMA COMPOSTO DI PUNTO IPO.

ad un determinato punto di vista h1 e quindi di h2, consentendo in forte aumento del numero esecuto, quindi di h1, di h2, h3, ma h1 e h2, h3, h4, h5, h6, h7, h8, h9, h10, h11, h12, h13, h14, h15, h16, h17, h18, h19, h20, h21, h22, h23, h24, h25, h26, h27, h28, h29, h30, h31, h32, h33, h34, h35, h36, h37, h38, h39, h40, h41, h42, h43, h44, h45, h46, h47, h48, h49, h50, h51, h52, h53, h54, h55, h56, h57, h58, h59, h60, h61, h62, h63, h64, h65, h66, h67, h68, h69, h70, h71, h72, h73, h74, h75, h76, h77, h78, h79, h80, h81, h82, h83, h84, h85, h86, h87, h88, h89, h90, h91, h92, h93, h94, h95, h96, h97, h98, h99, h100, h101, h102, h103, h104, h105, h106, h107, h108, h109, h110, h111, h112, h113, h114, h115, h116, h117, h118, h119, h120, h121, h122, h123, h124, h125, h126, h127, h128, h129, h130, h131, h132, h133, h134, h135, h136, h137, h138, h139, h140, h141, h142, h143, h144, h145, h146, h147, h148, h149, h150, h151, h152, h153, h154, h155, h156, h157, h158, h159, h160, h161, h162, h163, h164, h165, h166, h167, h168, h169, h170, h171, h172, h173, h174, h175, h176, h177, h178, h179, h180, h181, h182, h183, h184, h185, h186, h187, h188, h189, h190, h191, h192, h193, h194, h195, h196, h197, h198, h199, h200, h201, h202, h203, h204, h205, h206, h207, h208, h209, h210, h211, h212, h213, h214, h215, h216, h217, h218, h219, h220, h221, h222, h223, h224, h225, h226, h227, h228, h229, h230, h231, h232, h233, h234, h235, h236, h237, h238, h239, h240, h241, h242, h243, h244, h245, h246, h247, h248, h249, h250, h251, h252, h253, h254, h255, h256, h257, h258, h259, h260, h261, h262, h263, h264, h265, h266, h267, h268, h269, h270, h271, h272, h273, h274, h275, h276, h277, h278, h279, h280, h281, h282, h283, h284, h285, h286, h287, h288, h289, h290, h291, h292, h293, h294, h295, h296, h297, h298, h299, h300, h301, h302, h303, h304, h305, h306, h307, h308, h309, h310, h311, h312, h313, h314, h315, h316, h317, h318, h319, h320, h321, h322, h323, h324, h325, h326, h327, h328, h329, h330, h331, h332, h333, h334, h335, h336, h337, h338, h339, h340, h341, h342, h343, h344, h345, h346, h347, h348, h349, h350, h351, h352, h353, h354, h355, h356, h357, h358, h359, h360, h361, h362, h363, h364, h365, h366, h367, h368, h369, h370, h371, h372, h373, h374, h375, h376, h377, h378, h379, h380, h381, h382, h383, h384, h385, h386, h387, h388, h389, h390, h391, h392, h393, h394, h395, h396, h397, h398, h399, h400, h401, h402, h403, h404, h405, h406, h407, h408, h409, h410, h411, h412, h413, h414, h415, h416, h417, h418, h419, h420, h421, h422, h423, h424, h425, h426, h427, h428, h429, h430, h431, h432, h433, h434, h435, h436, h437, h438, h439, h440, h441, h442, h443, h444, h445, h446, h447, h448, h449, h450, h451, h452, h453, h454, h455, h456, h457, h458, h459, h460, h461, h462, h463, h464, h465, h466, h467, h468, h469, h470, h471, h472, h473, h474, h475, h476, h477, h478, h479, h480, h481, h482, h483, h484, h485, h486, h487, h488, h489, h490, h491, h492, h493, h494, h495, h496, h497, h498, h499, h500, h501, h502, h503, h504, h505, h506, h507, h508, h509, h510, h511, h512, h513, h514, h515, h516, h517, h518, h519, h520, h521, h522, h523, h524, h525, h526, h527, h528, h529, h530, h531, h532, h533, h534, h535, h536, h537, h538, h539, h540, h541, h542, h543, h544, h545, h546, h547, h548, h549, h550, h551, h552, h553, h554, h555, h556, h557, h558, h559, h560, h561, h562, h563, h564, h565, h566, h567, h568, h569, h570, h571, h572, h573, h574, h575, h576, h577, h578, h579, h580, h581, h582, h583, h584, h585, h586, h587, h588, h589, h590, h591, h592, h593, h594, h595, h596, h597, h598, h599, h600, h601, h602, h603, h604, h605, h606, h607, h608, h609, h610, h611, h612, h613, h614, h615, h616, h617, h618, h619, h620, h621, h622, h623, h624, h625, h626, h627, h628, h629, h630, h631, h632, h633, h634, h635, h636, h637, h638, h639, h640, h641, h642, h643, h644, h645, h646, h647, h648, h649, h650, h651, h652, h653, h654, h655, h656, h657, h658, h659, h660, h661, h662, h663, h664, h665, h666, h667, h668, h669, h670, h671, h672, h673, h674, h675, h676, h677, h678, h679, h680, h681, h682, h683, h684, h685, h686, h687, h688, h689, h690, h691, h692, h693, h694, h695, h696, h697, h698, h699, h700, h701, h702, h703, h704, h705, h706, h707, h708, h709, h710, h711, h712, h713, h714, h715, h716, h717, h718, h719, h720, h721, h722, h723, h724, h725, h726, h727, h728, h729, h730, h731, h732, h733, h734, h735, h736, h737, h738, h739, h740, h741, h742, h743, h744, h745, h746, h747, h748, h749, h750, h751, h752, h753, h754, h755, h756, h757, h758, h759, h760, h761, h762, h763, h764, h765, h766, h767, h768, h769, h770, h771, h772, h773, h774, h775, h776, h777, h778, h779, h780, h781, h782, h783, h784, h785, h786, h787, h788, h789, h790, h791, h792, h793, h794, h795, h796, h797, h798, h799, h800, h801, h802, h803, h804, h805, h806, h807, h808, h809, h810, h811, h812, h813, h814, h815, h816, h817, h818, h819, h820, h821, h822, h823, h824, h825, h826, h827, h828, h829, h830, h831, h832, h833, h834, h835, h836, h837, h838, h839, h840, h841, h842, h843, h844, h845, h846, h847, h848, h849, h850, h851, h852, h853, h854, h855, h856, h857, h858, h859, h860, h861, h862, h863, h864, h865, h866, h867, h868, h869, h870, h871, h872, h873, h874, h875, h876, h877, h878, h879, h880, h881, h882, h883, h884, h885, h886, h887, h888, h889, h890, h891, h892, h893, h894, h895, h896, h897, h898, h899, h900, h901, h902, h903, h904, h905, h906, h907, h908, h909, h910, h911, h912, h913, h914, h915, h916, h917, h918, h919, h920, h921, h922, h923, h924, h925, h926, h927, h928, h929, h930, h931, h932, h933, h934, h935, h936, h937, h938, h939, h940, h941, h942, h943, h944, h945, h946, h947, h948, h949, h950, h951, h952, h953, h954, h955, h956, h957, h958, h959, h960, h961, h962, h963, h964, h965, h966, h967, h968, h969, h970, h971, h972, h973, h974, h975, h976, h977, h978, h979, h980, h981, h982, h983, h984, h985, h986, h987, h988, h989, h990, h991, h992, h993, h994, h995, h996, h997, h998, h999, h1000, h1001, h1002, h1003, h1004, h1005, h1006, h1007, h1008, h1009, h1010, h1011, h1012, h1013, h1014, h1015, h1016, h1017, h1018, h1019, h1020, h1021, h1022, h1023, h1024, h1025, h1026, h1027, h1028, h1029, h1030, h1031, h1032, h1033, h1034, h1035, h1036, h1037, h1038, h1039, h1040, h1041, h1042, h1043, h1044, h1045, h1046, h1047, h1048, h1049, h1050, h1051, h1052, h1053, h1054, h1055, h1056, h1057, h1058, h1059, h1060, h1061, h1062, h1063, h1064, h1065, h1066, h1067, h1068, h1069, h1070, h1071, h1072, h1073, h1074, h1075, h1076, h1077, h1078, h1079, h1080, h1081, h1082, h1083, h1084, h1085, h1086, h1087, h1088, h1089, h1090, h1091, h1092, h1093, h1094, h1095, h1096, h1097, h1098, h1099, h1100, h1101, h1102, h1103, h1104, h1105, h1106, h1107, h1108, h1109, h1110, h1111, h1112, h1113, h1114, h1115, h1116, h1117, h1118, h1119, h1120, h1121, h1122, h1123, h1124, h1125, h1126, h1127, h1128, h1129, h1130, h1131, h1132, h1133, h1134, h1135, h1136, h1137, h1138, h1139, h1140, h1141, h1142, h1143, h1144, h1145, h1146, h1147, h1148, h1149, h1150, h1151, h1152, h1153, h1154, h1155, h1156, h1157, h1158, h1159, h1160, h1161, h1162, h1163, h1164, h1165, h1166, h1167, h1168, h1169, h1170, h1171, h1172, h1173, h1174, h1175, h1176, h1177, h1178, h1179, h1180, h1181, h1182, h1183, h1184, h1185, h1186, h1187, h1188, h1189, h1190, h1191, h1192, h1193, h1194, h1195, h1196, h1197, h1198, h1199, h1200, h1201, h1202, h1203, h1204, h1205, h1206, h1207, h1208, h1209, h1210, h1211, h1212, h1213, h1214, h1215, h1216, h1217, h1218, h1219, h1220, h1221, h1222, h1223, h1224, h1225, h1226, h1227, h1228, h1229, h1230, h1231, h1232, h1233, h1234, h1235, h1236, h1237, h1238, h1239, h1240, h1241, h1242, h1243, h1244, h1245, h1246, h1247, h1248, h1249, h1250, h1251, h1252, h1253, h1254, h1255, h1256, h1257, h1258, h1259, h1260, h1261, h1262, h1263, h1264, h1265, h1266, h1267, h1268, h1269, h1270, h1271, h1272, h1273, h1274, h1275, h1276, h1277, h1278, h1279, h1280, h1281, h1282, h1283, h1284, h1285, h1286, h1287, h1288, h1289, h1290, h1291, h1292, h1293, h1294, h1295, h1296, h1297, h1298, h1299, h1300, h1301, h1302, h1303, h1304, h1305, h1306, h1307, h1308, h1309, h1310, h1311, h1312, h1313, h1314, h1315, h1316, h1317, h1318, h1319, h1320, h1321, h1322, h1323, h1324, h1325, h1326, h1327, h1328, h1329, h1330, h1331, h1332, h1333, h1334, h1335, h1336, h1337, h1338, h1339, h1340, h1341, h1342, h1343, h1344, h1345, h1346, h1347, h1348, h1349, h1350, h1351, h1352, h1353, h1354, h1355, h1356, h1357, h1358, h1359, h1360, h1361, h1362, h1363, h1364, h1365, h1366, h1367, h1368, h1369, h1370, h1371, h1372, h1373, h1374, h1375, h1376, h1377, h1378, h1379, h1380, h1381, h1382, h1383, h1384, h1385, h1386, h1387, h1388, h1389, h1390, h1391, h1392, h1393, h1394, h1395, h1396, h1397, h1398, h1399, h1400, h1401, h1402, h1403, h1404, h1405, h1406, h1407, h1408, h1409, h1410, h1411, h1412, h1413, h1414, h1415, h1416, h1417, h1418, h1419, h1420, h1421, h1422, h1423, h1424, h1425, h1426, h1427, h1428, h1429, h1430, h1431, h1432, h1433, h1434, h1435, h1436, h1437, h1438, h1439, h1440, h1441, h1442, h1443, h1444, h1445, h1446, h1447, h1448, h1449, h1450, h1451, h1452, h1453, h1454, h1455, h1456, h1457, h1458, h1459, h1460, h1461, h1462, h1463, h1464, h1465, h1466, h1467, h1468, h1469, h1470, h1471, h1472, h1473, h1474, h1475, h1476, h1477, h1478, h1479, h1480, h1481, h1482, h1483, h1484, h1485, h1486, h1487, h1488, h1489, h1490, h1491, h1492, h1493, h1494, h1495, h1496, h1497, h1498, h1499, h1500, h1501, h1502, h1503, h1504, h1505, h1506, h1507, h1508, h1509, h1510, h1511, h1512, h1513, h1514, h1515, h1516, h1517, h1518, h1519, h1520, h1521, h1522, h1523, h1524, h1525, h1526, h1527, h1528, h1529, h1530, h1531, h1532, h1533, h1534, h1535, h1536, h1537, h1538, h1539, h1540, h1541, h1542, h1543, h1544, h1545, h1546, h1547, h1548, h1549, h1550, h1551, h1552, h1553, h1554, h1555, h1556, h1557, h1558, h1559, h1560, h1561, h1562, h1563, h1564, h1565, h1566, h1567, h1568, h1569, h1570, h1571, h1572, h1573, h1574, h1575, h1576, h1577, h1578, h1579, h1580, h1581, h1582, h1583, h1584, h1585, h1586, h1587, h1588, h1589, h1590, h1591, h1592, h1593, h1594, h1595, h1596, h1597, h1598, h1599, h1600, h1601, h1602, h1603, h1604, h1605, h1606, h1607, h1608, h1609, h1610, h1611, h1612, h1613, h1614, h1615, h1616, h1617, h1618, h1619, h1620, h1621, h1622, h1623, h1624, h1625, h1626, h1627, h1628, h1629, h1630, h1631, h1632, h1633, h1634, h1635, h1636, h1637, h1638, h1639, h1640, h1641, h1642, h1643, h1644, h1645, h1646, h1647, h1648, h1649, h1650, h1651, h1652, h1653, h1654, h1655, h1656, h1657, h1658, h1659, h1660, h1661, h1662, h1663, h1664, h1665, h1666, h1667, h1668, h1669, h1670, h1671, h1672, h1673, h1674, h1675, h1676, h1677, h1678, h1679, h1680, h1681, h1682, h1683, h1684, h1685, h1686, h1687, h1688, h1689, h1690, h1691, h1692, h1693, h1694, h1695, h1696, h1697, h1698, h1699, h1700, h1701, h1702, h1703, h1704, h1705, h1706, h1707, h1708, h1709, h1710, h1711, h1712, h1713, h1714, h1715, h1716, h1717, h1718, h1719, h1720, h1721, h1722, h1723, h1724, h1725, h1726, h1727, h1728, h1729, h1730, h1731, h1732, h1733, h1734, h1735, h1736, h1737, h1738, h1739, h1740, h1741, h1742, h1743, h1744, h1745, h1746, h1747, h1748, h1749, h1750, h1751, h1752, h1753, h1754, h1755, h1756, h1757, h1758, h1759, h1760, h1761, h1762, h1763, h1764, h1765, h1766, h1767, h1768, h1769, h1770, h1771, h1772, h1773, h1774, h1775, h1776, h1777, h1778, h1779, h1780, h1781, h1782, h1783, h1784, h1785, h1786, h1787, h1788, h1789, h1790, h1791, h1792, h1793, h1794, h1795, h1796, h1797, h1798, h1799, h1800, h1801, h1802, h1803, h1804, h1805, h1806, h1807, h1808, h1809, h1810, h1811, h1812, h1813, h1814, h1815, h1816, h1817, h1818, h1819, h1820, h1821, h1822, h1823, h1824, h1825, h1826, h1827, h1828, h1829, h1830, h1831, h1832, h1833, h1834, h1835, h1836, h1837, h1838, h1839, h1840, h1841, h1842, h1843, h1844, h1845, h1846, h1847, h1848, h1849, h1850, h1851, h1852, h1853, h1854, h1855, h1856, h1857, h1858, h1859, h1860, h1861, h1862, h1863, h1864, h1865, h1866, h1867, h1868, h1869, h1870, h1871, h1872, h1873, h1874, h1875, h1876, h1877, h1878, h1879, h1880, h1881, h1882, h1883, h1884, h1885, h1886, h1887, h1888, h1889, h1890, h1891, h1892, h1893, h1894, h1895, h1896, h1897, h1898, h1899, h1900, h1901, h1902, h1903, h1904, h1905, h1906, h1907, h1908, h1909, h1910, h1911, h1912, h1913, h1914, h1915, h1916, h1917, h1918, h1919, h1920, h1921, h1922, h1923, h1924, h1925, h1926, h1927, h1928, h1929, h1930, h1931, h1932, h1933, h1934, h1935, h1936, h1937, h1938, h1939, h1940, h1941, h1942, h1943, h1944, h1945, h1946, h1947, h1948, h1949, h1950, h1951, h1952, h1953, h1954, h1955, h1956, h1957, h1958, h1959, h1960, h1961, h1962, h1963, h1964, h1965, h1966, h1967, h1968, h1969, h1970, h1971, h1972, h1973, h1974, h1975, h1976, h1977, h1978, h1979, h1980, h1981, h1982, h1983, h1984, h1985, h1986, h1987, h1988, h1989, h1990, h1991, h1992, h1993, h1994, h1995, h1996, h1997, h1998, h1999, h2000, h2001, h2002, h2003, h2004, h2005, h2006, h2007, h2008, h2009, h2010, h2011, h2012, h2013, h2014, h2015, h2016, h2017, h2018, h2019, h2020, h2021, h2022, h2023, h2024, h2025, h2026, h2027, h2028, h2029, h2030, h2031, h2032, h2033, h2034, h2035, h2036, h2037, h2038, h2039, h2040, h2041, h2042, h2043, h2044, h2045, h2046, h2047, h2048, h2049, h2050, h2051, h2052, h2053, h2054, h2055, h2056, h2057, h2058, h2059, h2060, h2061, h2062, h2063, h2064, h2065, h2066, h2067, h2068, h2069, h2070, h2071, h2072, h2073, h20

VERIFICA CADUTI SEZIONE TRAPEZIA A DIVERSE COEFF. DI SCABREZZA

NEL CASO IN CUI ABBIAMO UN ALVEO A SEZIONE TRAPEZIA È NECESSARIO CALCOLARE



la somma delle resistenze offerte dalle diverse parti del canale, cioè $m_1 \neq m_2$ perché sul fondo w è un materiale con n diversa

la scabrezza, mentre le sponde sono lisce quindi l'indice di scabrezza è $n=0$

si potrebbe procedere come nel caso precedente ossia dividendo la

sezione in zone omogenee oppure si può partire dalla considerazione che

la resistenza compressiva offerta dalle parti del canale è data dalla somma delle resistenze offerte dalle diverse parti.

Ritorniamo l'equazione globale di equilibrio dinamico estesa ai

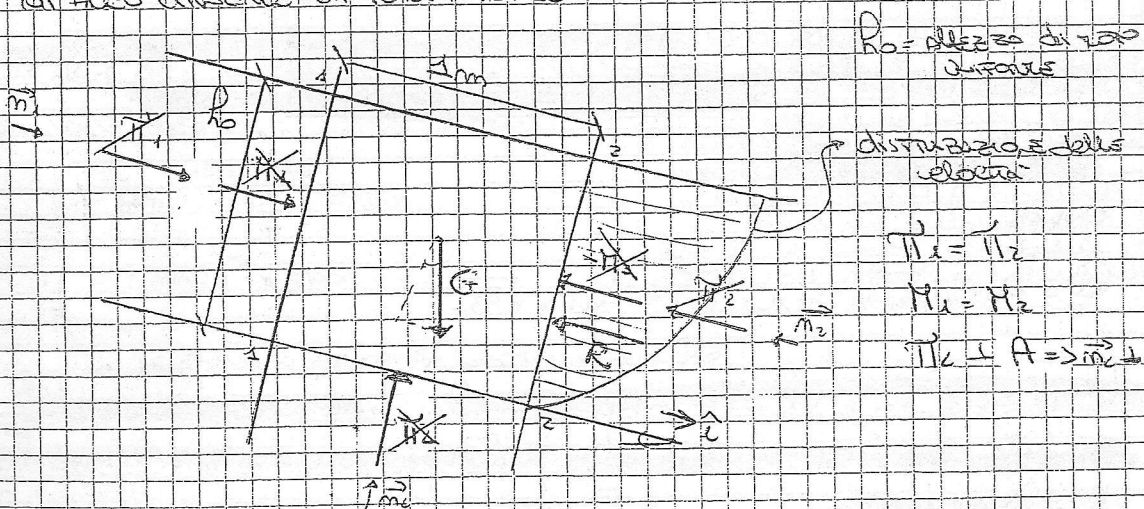
fluidi newtoni:

$$\vec{G} + \vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{T}_3 + \vec{T}_4 - \vec{T}_5 - \mu \int \frac{\partial v}{\partial m} dA = \vec{R}$$

resistenze

→ tutta la superficie di controllo

applicando questa equazione ad un tratto di canale di lunghezza pari a $1m$ di alveo cilindrico di forma trapezia



h_0 = altezza di stato uniforme

distribuzione della velocità

$$\begin{aligned} T_1 &= T_2 \\ T_3 &= T_4 \\ T_5 &= A \Rightarrow m_2 \downarrow v \end{aligned}$$

usando l'ipotesi seguente:

$$-\mu \int \frac{\partial v}{\partial m} dA = \mu \int \frac{\partial v}{\partial m} dA - \mu \int \frac{\partial v}{\partial m} dA - \mu \int \frac{\partial v}{\partial m} dA = R$$

Il moto è uniforme quindi lungo l'asse del tubo, cioè solo variazioni del valore velocità

ROTONDO LUNGO L'ASSE DEL ROTTO :

95

$$M_1 = M_2 \quad Y_1 = Y_2$$

Il disco di rotto è una perno $M_1 \perp A$ quindi il lato rotto è nullo

condizioni:

$$G \sin \alpha = R$$

$$\text{con } G = \gamma \cdot W = \gamma \cdot A_0 \cdot l$$

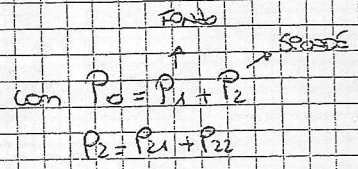
costruendo:

$\gamma A_0 \cdot l \sin \alpha = R$ ← resistenza compressiva di rotto funzione di tutta la superficie laterale formata da spalle e fondo

perché α è molto piccola $\tan \alpha \approx \sin \alpha \approx \alpha$

$$\gamma A_0 \alpha = R$$

dalla legge di Chezy $\rightarrow \gamma A_0 \frac{V_0^2}{C^2 R_0} = \frac{\gamma A_0 V_0^2 \cdot P_0}{C^2 A_0}$



raggio idraulico

costruito:

$$\cancel{\gamma} V_0^2 \left(\frac{P_1}{C_1^2} + \frac{P_2}{C_2^2} \right) = R = \cancel{\gamma} A_0 \alpha$$

possiamo calcolare la scala delle portate; per diversi valori di P_0 ci troviamo i diversi valori di A_0 e i diversi valori di C_0 anzitutto:

$$C = \frac{100}{1 + \frac{m}{R_0}}$$

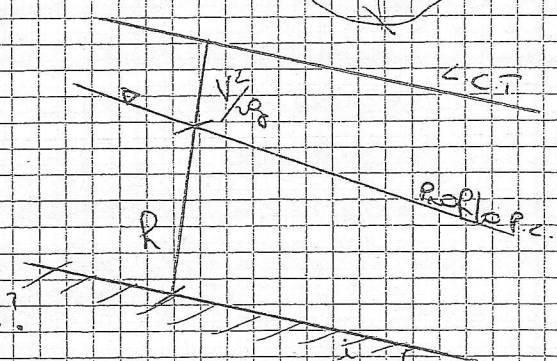
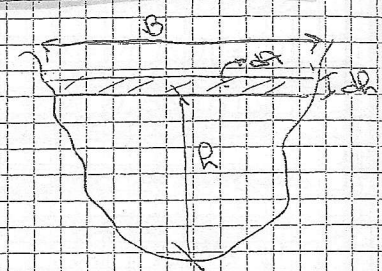
noto C possiamo calcolare (per il fondo e per le spalle) e ci calcoliamo i valori di V_0 , moltiplicando V_0 per A_0 e troviamo il valore della portata.

con C_1 e C_2 si trovano i valori di V_0 e A_0 per i diversi gradi di riempimento delle spalle.

FINE ROTTO DIFFERENZIALE

ENERGIA CORRENTE A VELO COSTANTE PER UNA COSTA PORTATA Q FISSATA

CONSIDERIAMO UN ALICO NEL QUALE TRASITA UNA COSTA PORTATA Q FISSATA; ABBANDONIAMO L'IPOTESI DI FLOTO ANFANTE E CONSIDERIAMO IL FLOTO PENDENTE. A SEGUITO DELLA PENDENZA DEL NOSTRO ALICO PER UNA PORTATA Q L'ALTEZZA PUÒ ESSERE POSITIVA (SE LA PENDENZA È FORTE LA CORRENTE ACCELERA E h DIMINUISCE E VICERSSA).



Qual è l'energia associata a questa corrente per una certa altezza h?

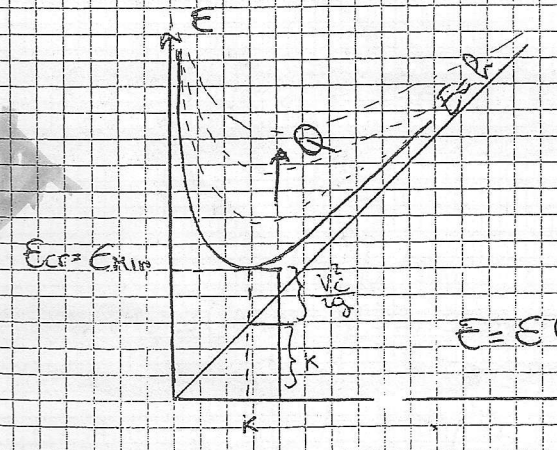
$E = R + V \frac{Q^2}{2gA^3}$
 → Q: COSTANTE PORTATA
 → V: VELOCITÀ
 → A: AREA
 → R: RAGGIO

$E = E_c + E_r$
 → E_c : ENERGIA CORRENTE
 → E_r : ENERGIA RESISTIVA

UNA PORTATA A DUE SUECCE È FUNZIONE DI Q: $Q = Q(h)$

$E = R + \frac{Q^2}{2gA^3}$ quindi $E = E(h) + V^2 Q$

POSSIAMO QUINDI ESPlicitARE QUESTO LEGAME AUTOMERSO IN UNA DIAGRAMMA



$R \rightarrow 0 \Rightarrow E \rightarrow \infty$
 $R \rightarrow \infty \Rightarrow E \rightarrow \infty$ ($V \rightarrow 0$)

PER $E < E_c$ LA CORRENTE NON SI TRASMETTE NELLA ALICO

PER $R = k \rightarrow E = E_c$

$E = E(R, Q = \text{cost})$

QUESTA CURVA AUTA UN PUNTO DI MINIMO A CUI CORRISPONDE IL MINIMO DELL'ENERGIA ($E_{critica}$) A CUI CORRISPONDE IL MASSIMO DELLA PORTATA

PER DETERMINARE IL K BASTA FARE $\frac{dE}{dR} = 0$

$\frac{dE}{dR} = 1 - \frac{2Q^2}{A^3} \frac{dA}{dR} = 0$

$$\frac{Q^2}{gB^3} = 1 - \frac{Q^2 B}{A^3} = 0$$

UNA UNICA SOLUZIONE PER K

$$\Rightarrow \frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{B}$$

← QUANDO SI LEVA QUESTA CONDIZIONE VEDIAMO CHE SIAMO IN PRESSIONE LE CONDIZIONI CRITICHE (h=k)

DA QUESTA ESPRESSIONE CI POSSIAMO TROVARE LA VELOCITÀ CRITICA CHE L'ALTEZZA CRITICA:

1) V_c :

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{B} \quad \text{moltiplichiamo per } \frac{1}{A^2} \text{ AMBOS I MEMBRI}$$

$$\frac{Q^2}{A^2 g} = \frac{A^3}{A^2 B} \Rightarrow \frac{V_c^2}{g} = \frac{Ac}{Bc}$$

= altezza media della corrente
di cui si parla su h=k

$$\text{PER CUI } V_c = \sqrt{\frac{Ac}{Bc} \cdot g} \quad \leftarrow \text{PER UN ALTEZZA DI FONDA CRITICA}$$

PER h=k

SE L'ALTEZZA HA FORMA RETTANGOLARE $Ac = Bc \cdot k$

$$V_c = \sqrt{\frac{Bc \cdot k \cdot g}{Bc}} = \sqrt{k \cdot g}$$

2) k :

SE L'ALTEZZA È DI FONDA CRITICA SI CALCOLA K PER TROVARE QUELLO SPASSO CRITICO VALORI DI K FINO A QUEL NON SI PERDEVA $\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{B}$

SE L'ALTEZZA È RETTANGOLARE:

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{B} \quad \text{moltiplico AMBOS I MEMBRI PER } \frac{1}{B^2} \quad \text{PER } h=k$$

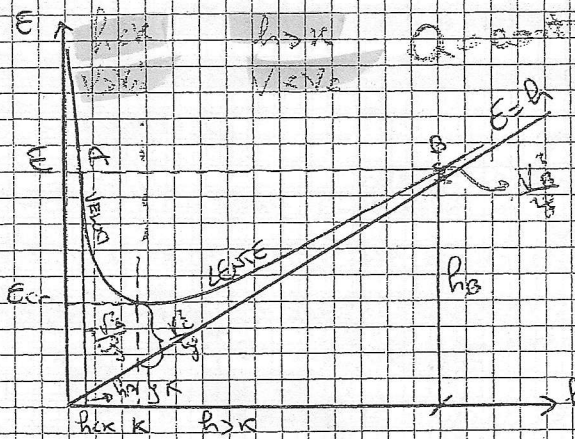
$$\frac{Q^2}{B^2 g} = \frac{A^3}{B^3} \Rightarrow k = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{B^2 g}}$$

SI DEFINISCE K QUELLO DI Bc DI MASSA CRITICA E QUELLO DI Bc DI MINIMA CRITICA K PER TROVARE IL VALORE CRITICO DI Bc IN RELAZIONE AL FONDAMENTO CRITICO

3) E_c : sostituendo il valore della velocità critica nella formula dell'energia
 Ga si ottiene l'energia critica:

$$E_c = K + \frac{K \cdot \frac{1}{3}}{\frac{1}{3}} = \frac{3}{2} K \quad \leftarrow \text{per il caso rettangolare}$$

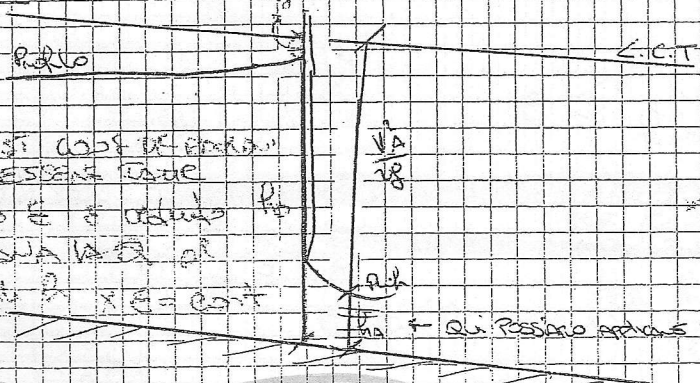
Considerato la diagramma che lega l'energia all'altezza della



la parte della curva che è
 ha il minimo dell'energia
 divide la curva in 2 parti:
 il ramo in cui $h > h_c$ è il
 ramo delle correnti lente (perché
 le h crescono e i termini $\frac{1}{3}g$
 dominano) e il ramo in cui
 $h < h_c$ è il ramo delle correnti

di corrente che si sta a diventare corrente veloce; in più dal diagramma
 notiamo che per una stessa Q fissata l'energia può trasformarsi in
 condizioni di corrente lenta o in condizioni di corrente veloce

ESEMPLO:



Tutti questi casi di corrente
 possono essere raggiunti
 fissando il valore di h
 con una valvola di
 controllo di h $x E = cost$

PER UNA Q FISSATA
 $x E = cost$
 tutti questi casi
 possono essere raggiunti
 con un valore di h

PER E FISSATA E Q VARIABILE

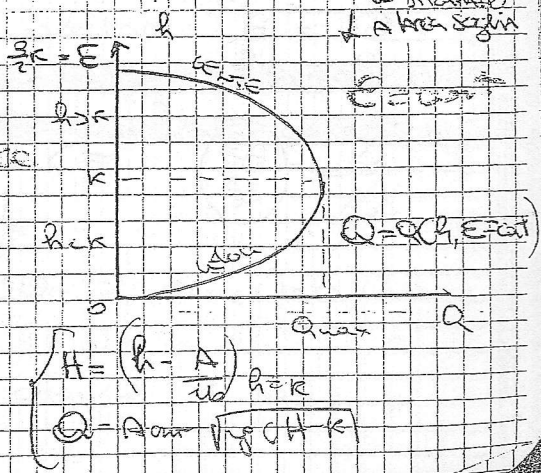
$$E = K + \frac{Q^2}{A^2 g} \Rightarrow Q = A \sqrt{g(E - K)}$$

Quindi a K costante E_{min} , Q_{max}

$Q = V \cdot A$ con $V^2 = E - K$

$$Q = A \sqrt{g(E - K)} \rightarrow 0 \quad Q = 0 \cdot \sqrt{E - K} = 0$$

$$h \rightarrow 0 \quad Q = 0 \cdot (E - h) = 0$$



PER UNA Q FISSATA
 LA AREA SOTTO
 LA CURVA

$$Q = Q(h, E = cost)$$

$$h = \left(\frac{h - A}{2g} \right) h = K$$

$$Q = A \sqrt{g(E - K)}$$

ALICO A DEBOLLE PENDENZA - ALICO A FORTE PENDENZA

CONSIDERIAMO UN ALICO (CANTO IN CONDIZIONI DI VENTO UNIFORME $P_0 = P_0$) CHE SIA TRALIBRATO UNA CERTA PORTATA Q FISICA, CIOE' LE ESISTENZE DELLA ALICO E LA STABILITA'; DALLA SOLA DELLE PORTATE POSSIAMO RICAVARE L'ALTEZZA DI VENTO UNIFORME P_0 E L'ALTEZZA CRITICA K AUTOCENTRO LA RELAZIONE:

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{B} \quad \text{POSSIAMO RICAVARE } K \text{ E } V_c \text{ (VELOCITA' CRITICA)}$$

PERE PUN NON K E P_0 SI POSSONO AVERE 3 SITUAZIONI:

- 1) $P_0 > K \rightarrow$ CONDIZIONE DI VENTO UNIFORME VESTA \rightarrow ALICO A DEBOLLE PENDENZA \rightarrow $l < l_c$
- 2) $P_0 < K \rightarrow$ CONDIZIONE DI VENTO UNIFORME VELOCE \rightarrow ALICO A FORTE PENDENZA \rightarrow $l > l_c$
- 3) $P_0 = K \rightarrow$ STATO CRITICO \rightarrow $l = l_c$

VEDIAMO PERCHE':

$$Q = A_0 C_0 \sqrt{P_0} \quad \rightarrow \text{chezy}$$

RICAVIAMO LA l :

$$l = \frac{Q^2}{C_0^2 A_0^2 P_0}$$

SONO TUTTE FUNZIONI DI P_0

VEDIAMO LA PORTATA IN CONDIZIONI CRITICHE:

$$Q = A_c C_c \sqrt{P_0 \cdot l_c}$$

$$l_c = \frac{Q^2}{A_c^2 C_c^2 P_0}$$

SONO TUTTE FUNZIONI DI K

QUINDI $l = l_c$ PER $P_0 = K$, $l > l_c$ PER $P_0 < K$, $l < l_c$ PER $P_0 > K$

COME SI CALCOLA LA l_c ?

$$Q = A_c C_c \sqrt{P_0 l_c}$$

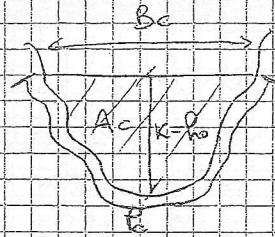
$$\Rightarrow C_c \sqrt{P_0 l_c} = \sqrt{\frac{A_c}{B_c} \frac{g}{g}}$$

$$Q = A_c \cdot V_c = A_c \sqrt{\frac{A_c}{B_c} g}$$

PER cui:

$$i_c = \frac{Ac \cdot g}{Bc \cdot C_c^2 R_c} = \frac{Ac \cdot g \cdot Pc}{Bc \cdot C_c^2 \cdot Ac} = \frac{g \cdot Pc}{Bc \cdot C_c^2}$$

Raggio
debole cavo.

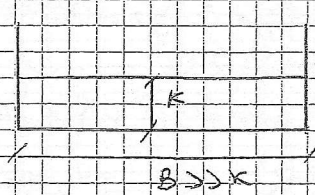


SE l'ALVEO È DI FORMA RETTANGOLARE CON $B \gg R$

$$i_c = \frac{g \cdot Pc}{Bc \cdot C_c^2}$$

con $Pc = Bc + 2R \approx Bc$ TRASCURSIBILE

$$C_c^2 = C^2 (R^2)^2 = e^2 R^{\frac{4}{3}} = e^2 K^{\frac{4}{3}}$$



Quindi:

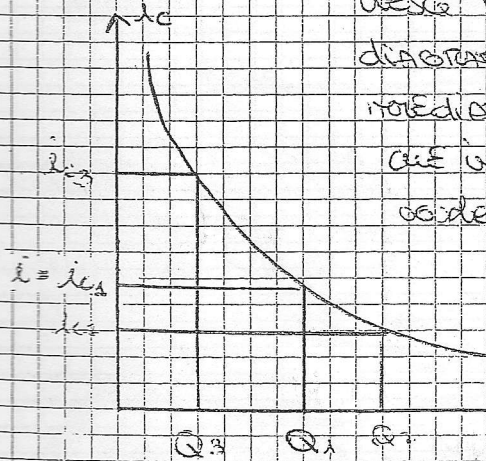
$$i_c = \frac{g \cdot Bc}{Bc \cdot C_c^2 K^{\frac{4}{3}}} = \frac{g}{e^2 K^{\frac{4}{3}}}$$

con $C_c = \frac{Ac}{Pc} = \frac{Bc \cdot K}{Bc + 2K} \approx K$

VEDIAMO ADesso QUAL È L'ADDESSO DELLA PENDENZA CRITICA i_c RISPETTO ALLA POTENZA Q

$$K = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{B^2 g}}$$

Quindi SE LA POTENZA Q AUMENTA K AUMENTA
E quindi i_c DIMINUISCE; quindi SE LA POTENZA
DECREA i_c DIMINUISCE. SE SOSTITUIAMO IN QUESTO
DIAGRAMMA CON UNA POTENZA Q_1 SI PUÒ DETERMINARE
NOTEDICAMENTE LA PENDENZA CRITICA i_{c1} E IMMAGINIAMO
CHE IL NOSTRO ALVEO ABBIAMO UNA PENDENZA ($i = \text{cost}$) PIÙ
BASSA DELLA i_{c1} ; questo vuol dire CHE LA CORRENTE



CHE TRASPITA IN QUEST'ALVEO STA UCCIDENDO
LE CONDIZIONI CRITICHE PER QUESTO ALVEO
DI POTENZA Q_1 IMMAGINIAMO CHE
> Q LA POTENZA AUMENTI FINO AD UN VALORE
 Q_2 (AD ES. POTREMO CONTINUARE A

PROF. E), A TRAVARCO DELLA CORRENTE A VALORE DI PENDENZA CRITICA i_{c2} ,
MA LA PENDENZA DEL CAVO È RESTATA SEMPRE LA STESSA ($i = i_{c1} = \text{cost}$); questo
vuol dire CHE SE LA POTENZA AUMENTA, LA PENDENZA CRITICA DIMINUISCE ED
IL VALORE i_{c2} CHE È PIÙ BASSO DI $i = i_{c1}$ quindi l'ALVEO SI È TRASFORMATO
IN UN ALVEO A FORTE PENDENZA ($i > i_{c2}$). SE LA POTENZA DIMINUISCE
 Q_3 LA PENDENZA CRITICA AUMENTA A i_{c3} E L'ALVEO SI TRASFORMA IN UN ALVEO
A DEBOLE O FORTE PENDENZA ($i < i_{c3}$) ALVEO A DEBOLE O FORTE PENDENZA DIPENDE DALLA POTENZA
CHE TRASPITA E NON DALLA PENDENZA $i = \text{cost}$ DELL'ALVEO.

Primo termine (verso l'ASSE del rotore relativo a S) ~~scartando per S~~

$$\int_{t=0}^{t=1} \vec{G} \times \vec{S} dt + \int_{t=0}^{t=1} \vec{H} \times \vec{S} dt + \int_{t=0}^{t=1} \vec{L} \times \vec{S} dt + \int_{t=0}^{t=1} \vec{M}_1 \times \vec{S} dt - \int_{t=0}^{t=1} \vec{M}_2 \times \vec{S} dt - \int_{t=0}^{t=1} \frac{d}{dt} \left(\frac{\vec{L}}{2\pi} \right) \times \vec{S} dt = 0$$

Seo termini (facendo il rotore di 2 piccoli) E' un opposto all'altro poiché si compresso a vicenda

Analizziamo il secondo termine che rappresenta la risultante lungo l'ASSE del rotore delle spinte idrostatiche che l'AMBIENTE ESTERNO ESERCA sul corpo di controllo.

$$\int_{t=0}^{t=1} \vec{M}_{mm} dt \times \vec{S} = \int_{t=0}^{t=1} \vec{M}_{mm} dt \times \vec{S} + \int_{t=0}^{t=1} \vec{M}_{mm} dt \times \vec{S} + \int_{t=0}^{t=1} \vec{M}_c dt \times \vec{S}$$

\vec{M}_c HA COMPRESO LUNGO L'ASSE DEL ROTORE

$$\vec{M}_{mm} = \gamma \rho g V_1 \cdot A_1 = \frac{\gamma}{2} \rho h_1 \cdot R_1^2 \leftarrow \text{non cambia nel tempo (tra } t=0 \text{ e } t=1) \text{ quindi l'integrale è inutile}$$

$$\int_{t=0}^{t=1} \vec{M}_{mm} dt \times \vec{S} = + \frac{\gamma}{2} \rho R_1^2$$

\vec{M}_{mm} è opposto a \vec{S}

$$\int_{t=0}^{t=1} \vec{M}_{mm} dt \times \vec{S} = - \frac{\gamma}{2} \rho h_0 R_0^2$$

Quindi:

$$\int_{t=0}^{t=1} \vec{M}_{mm} dt \times \vec{S} = \frac{\gamma}{2} \rho (R_1^2 - R_0^2)$$

Analizziamo la QUANTITÀ di rotore (unendo le stesse considerazioni delle pagine 11)

$$\int_{t=0}^{t=1} \vec{M}_1 dt \times \vec{S} = \rho Q_1 V_1 = \rho V_1^2 A_1 = \rho V_1^2 h_1 \cdot h$$

$$- \int_{t=0}^{t=1} \vec{M}_2 dt \times \vec{S} = - \rho V_0^2 h_0$$

\rightarrow opposto in verso opposto a \vec{S}

il discorso cambia quando considero le particelle locali:

99

$$\vec{F} = - \int_w \frac{\partial p \vec{v}}{\partial t} dw$$

$$- \int_{t=0}^{t=1} \frac{\partial}{\partial t} \int_w p \vec{v} dw dt \times \vec{s} = - \int_{t=0}^{t=1} \frac{\partial}{\partial t} \int_w p v dw dt = - \left[\int_w p v dw \right]_{t=0}^{t=1}$$

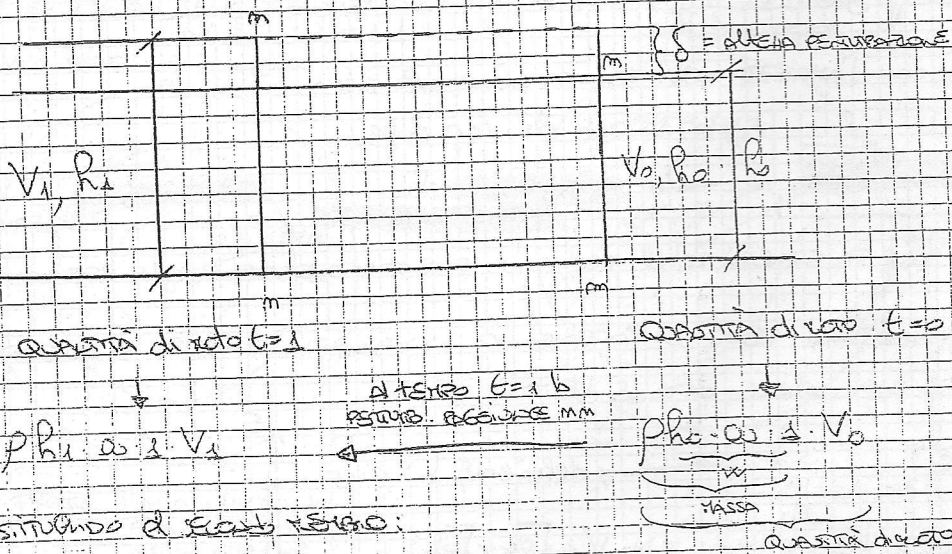
COMPRESSE di \vec{v} lungo \vec{s}

IN DEFINITIVA SI HA:

$$\frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_0^2) + p v_1 h_1 - p v_0 h_0 = \left[\int_w p v dw \right]_{t=0}^{t=1}$$

È una conseguenza della portata di portata di zero della massa costante nel limite di controllo nel tempo $t=0$ e $t=1$.

Analizziamo lo scamb. tempo nell'intervallo di tempo $t=0, t=1$:



PER lo scamb. tempo di scamb. tempo:

$$\frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_0^2) + p v_1 h_1 - p v_0 h_0 = \rho v_1 (h_1 v_1 - h_0 v_0)$$

HA $\dot{m} = C + V_0$ quindi

$$\frac{1}{2} \rho (v_1^2 - v_0^2) + p v_1 h_1 - p v_0 h_0 = \rho (C + V_0) (h_1 v_1 - h_0 v_0)$$

Equazione del moto

Le incognite sono R_1 e C quindi dobbiamo affiancare all'equazione del moto l'equazione di continuità:

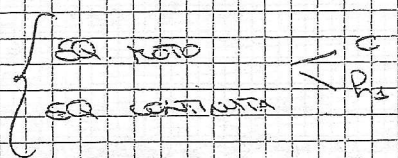
DATA UNA CERTA PORTATA Q LA MASSA ENTRANTE NELLA SEZIONE mm È UGUALE ALLA MASSA CHE ESCE DALLA SEZIONE mm NELLO STATO DI MASSA CHE HA SUBITO QUESTO VALORE DI CONTINUITÀ NEL TEMPO DI 1 SECONDO ($dt = 1 \text{ sec}$)
 Quindi

$$\rho v_1 R_1 \cdot 1 \cdot 1 = \rho v_0 R_0 \cdot 1 \cdot 1 + \rho a (R_1 - R_0) \cdot 1$$

$\rho v_1 R_1 \cdot 1 \cdot 1$ → massa entrante
 $\rho v_0 R_0 \cdot 1 \cdot 1$ → massa uscente
 $\rho a (R_1 - R_0) \cdot 1$ → massa di acqua che si è accumulata nel tempo a

$$\rho v_1 R_1 = \rho v_0 R_0 + \rho (C + v_0) (R_1 - R_0) \rightarrow \text{EQUAZIONE DI CONTINUITÀ}$$

Abbiamo adesso un sistema di 2 equazioni. In esse incognite è possibile ricavare C che soltanto con un valore di portata è uguale a:



$$C = \pm \sqrt{\frac{g h a}{R_0} (1 + \frac{3}{2} \frac{v_0^2}{R_0^2})} \rightarrow \text{se } \delta \text{ è infinitesimo } \frac{3}{2} \frac{v_0^2}{R_0^2} \text{ tende a zero}$$

Quindi con l'ampiezza della perturbazione infinitesima

Espressioni di appoggio

$$C = \pm \sqrt{g h a} \rightarrow \text{negazione di } C = \pm \sqrt{\frac{g h a}{R_0}} \rightarrow \text{GEOMETRICA}$$

$\frac{1}{R_0}$ → NEGAZIONE DI PORTATA
 $\frac{1}{R_0^2}$ → GEOMETRICA

Questa espressione di C che corre e rappresenta le piccole perturbazioni di livello

× LE PERTURBAZIONI SONO SI PROPAGANO IN UNA MERA DIREZIONE A SECONDA CHE LA CORRENTE SIA VELOCE OPPURE LENTA

LENTA: ← definizione $h > Vcr$

$$h > k \Rightarrow \sqrt{g k} < \sqrt{g h} \Rightarrow V < \sqrt{g k} < \sqrt{g h}$$

con $\sqrt{g h} = |C| \Rightarrow \boxed{C > V}$

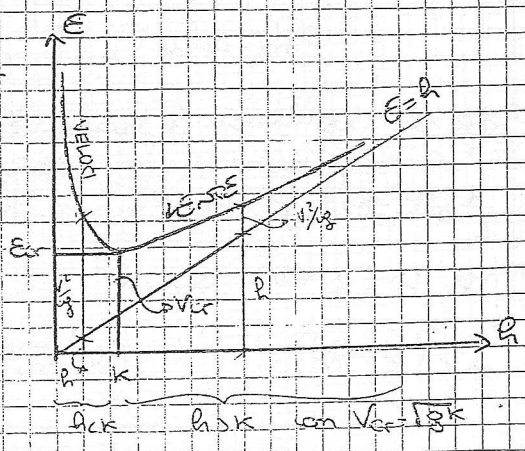
$\sqrt{g k} = Vcr$

VELOCE:

$$h < k \Rightarrow \sqrt{g k} > \sqrt{g h} \Rightarrow V > \sqrt{g k} > \sqrt{g h}$$

con $\sqrt{g h} = |C| \Rightarrow \boxed{C < V}$

$\sqrt{g k} = Vcr$



Quindi nel caso di comenti lente la velocità con cui si propaga la perturbazione è maggiore della velocità della corrente, questo è il caso di corrente veloce, la conseguenza, essendo $\omega = (c+v)$

VELOCE: $|c| > v$
 con $c = \pm \sqrt{gh}$
 $v/\sqrt{gh} > 1$

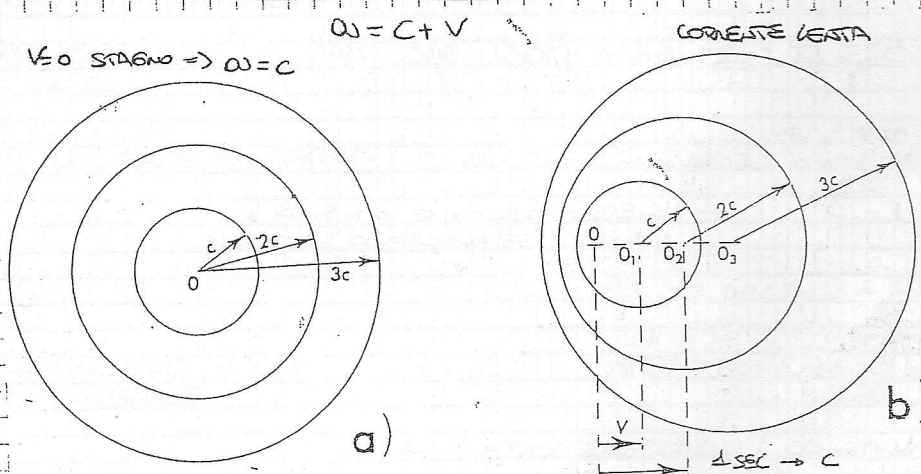
\Rightarrow con $\begin{cases} +c \rightarrow \omega = (c+v) \rightarrow \omega > 0 \\ -c \rightarrow \omega = (-c+v) \rightarrow \omega < 0 \end{cases}$

Essendo v più grande di c ω è sempre positivo quindi la perturbazione si propaga sempre verso valle.

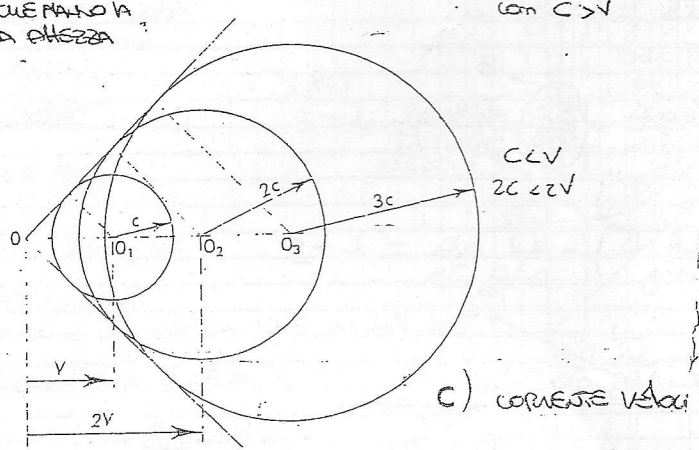
LENTA: $|c| < v$
 con $c = \pm \sqrt{gh}$
 $v/\sqrt{gh} < 1$

\Rightarrow con $\begin{cases} +c \rightarrow \omega = (c+v) \rightarrow \omega > 0 \\ -c \rightarrow \omega = (-c+v) \rightarrow \omega < 0 \end{cases}$

Essendo c più grande di ω esiste un segno di c per cui la perturbazione in una corrente lenta può risalire la corrente oltre che propagarsi verso valle.



FRONTE d'onda = luogo dei punti equidistanti a stessa altezza



IN UNO DEI PUNTI DI PUNTO DI VISUALIZZAZIONE SI FORMA UNO SPINTE TRANSVERSALE CHE SI PROPAGA VERSO VALLE (E' LA LENTA) SU ESPANSIONE SPINTE ALTERNAMENTE IN CORRENTE E IN CORRENTE, ANCHE IN UNA CORRENTE LENTA LA VELOCITA' CON LA QUALE SI PROPAGA LA PERTURBAZIONE E' SEMPRE PIU' GRANDE DELLA VELOCITA' DELLA CORRENTE.

Fig. 10.19