

TURBULENTNI TOK V CEVODVODIH

① TRENJSKE (LINIJSKE) IZGUBE

Osnovno enačbo za enakomerni tok lahko zapišemo kot:

$$R \cdot l = j \cdot g$$

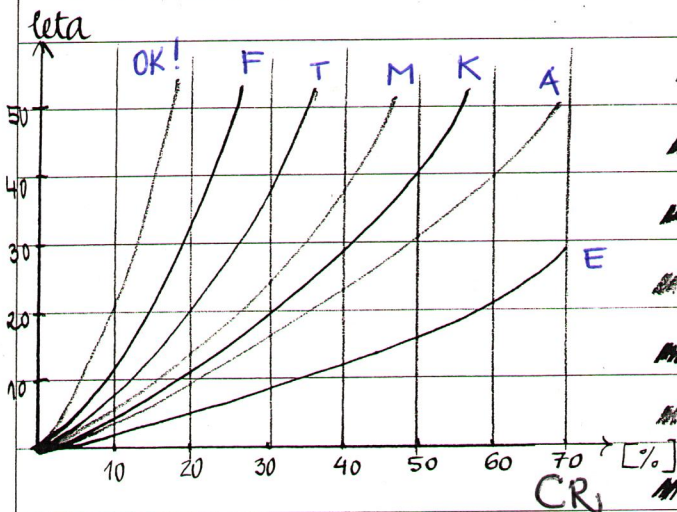
* de Chezy: $j \cdot g = \left(\frac{1}{C^2} \right) \cdot v^2$ c... de Chezy-jev koeficient
koef. proporcionalnosti

Ko vpeljemo v osnovno enačbo dobimo de Chezy-jevo enačbo $v = C \cdot \sqrt{R \cdot I}$. Za praktično uporabo je boljše, če koeficienti nimajo enot.

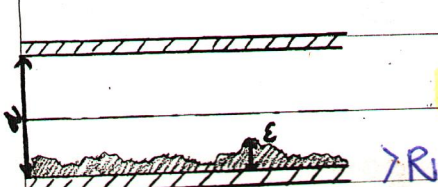
ENAČBA ZA TRENJSKE IZGUBE: $\Delta E_{tr} = \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{\lambda l}{d}$

② STARANJE CEVODVODA

Cevovod se stara zaradi različnih vplivov. Posledice staranja kovinskih cevi prikazuje Priceov diagram.



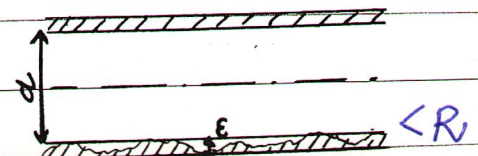
- najustrežnejši primer
- filtrirana, nekoroziрана voda
- trde vode, malo koroziране
- močvirne vode, malo kisle
- kisle vode iz granita
- izjemno agresivne vode
- ekstremni primeri.



OBLOGE V CEVI
(zmanjšani premer) $> R$

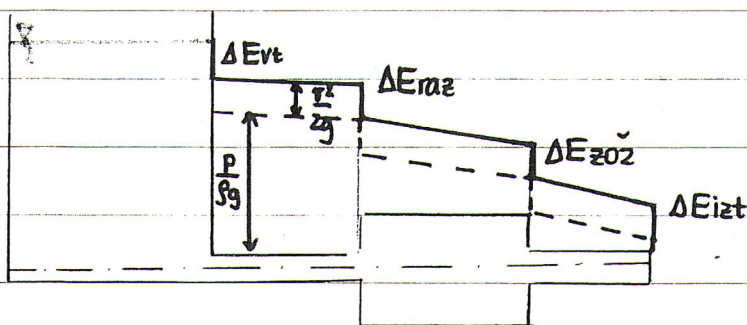
$$Q_{STARO} = Q_{NOVO} (1 - C_R)$$

% zmanjšanja
prevodne sposobnos.
Alta



RAZJEDANJE CEVI
(povečan premer) $< R$

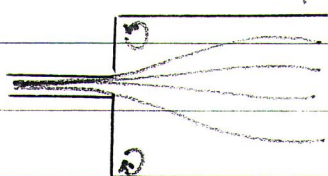
③ LOKALNE IZGUBE



Vsaka sprememba smeri tokovnic, ki izzovejo motnje v toku povzroči nastanek dodatnih izgub E .

Lokalne izgube: $\Delta E_{lok} = \zeta_{lok} \cdot \frac{v^2}{2g}$

* IZGUBA ZARADI HIPNE RAZŠIRITVE

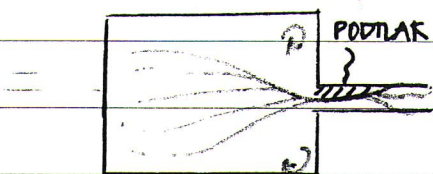


VZTR. SILA \rightarrow TOKOV. SE NE MOREJO

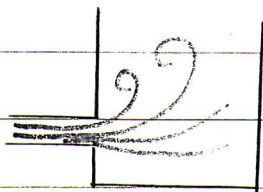
TAKOJ PRILAGODITI NOVEMU ROBNEMU

POGOJU \rightarrow ODLEP. TOKOVNIC \rightarrow VRTIČ.

* IZGUBA ZARADI HIPNE ZOŽITVE



* IZGUBE NA IZTOKU (iz cwi v posodo)



$$\zeta_{izt} = 1$$

* IZGUBENA V TOKU

$$\zeta_{ve} = 0.5$$

$$\zeta_{ve} = 0.15 - 0.20$$

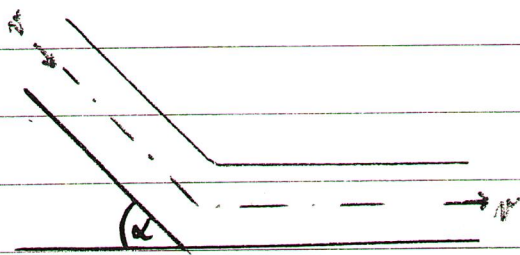
$$\zeta_{ve} = 0.06$$

* KOLENA IN KRIVINE

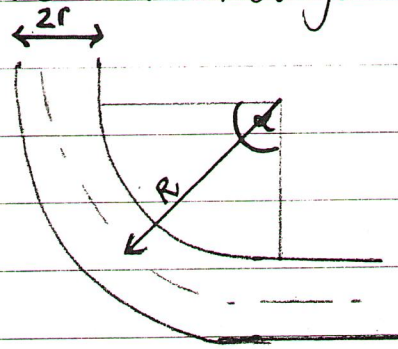
Glede na način izdelave kolen (krivin) ločimo:

→ (gladka) **zakrivljena kolena**

→ **sestavljena (lomljena) kolena**, izdelana iz odsekom a ravnih delov zato se pojavljajo ostri robovi - prelomi, v katerih pride do odlepjanja tokovnic in vrtenčenja.

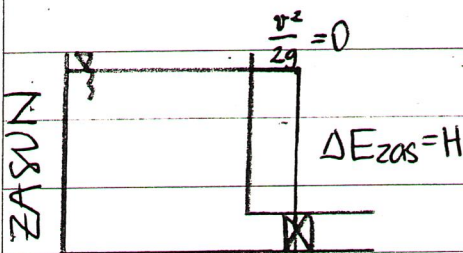


SESTAVLJENO KOLENO
(ξ odvisen od α)

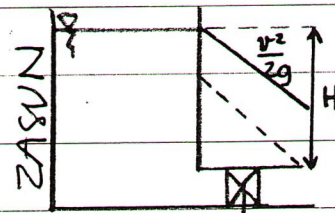


GLADKO ZAKRIVLJENO KOLENO
(ξ odvisen od $\frac{r}{R}$ in α)

* ZAPORNI ELEMENTI: VENTILI, ZASUNI

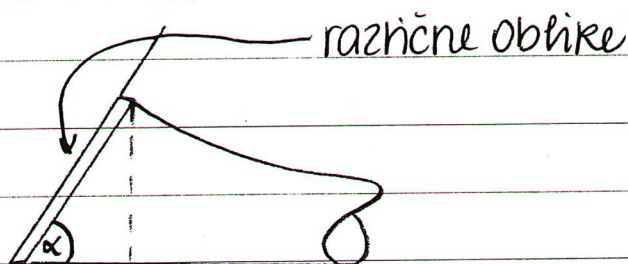


ZAPRT SISTEM



ODPRT SISTEM

* REŠETKE



④ INŽENIRSKÉ POENOSTAVITVE

1. PRINCIP SUPERPOZICIJE ENERGIJSKIH IZGUB

Izhaja iz predpostavke, da je celotna izguba enaka vsoti posameznih izgub.

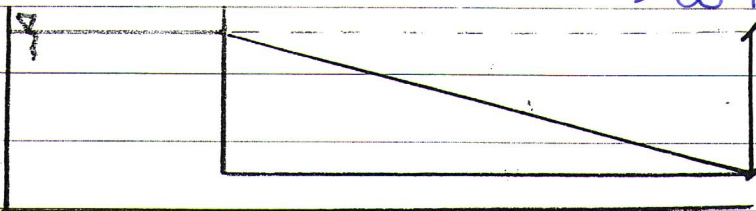
Lahko uporabimo, kadar računamo sisteme pod pritiskom (lokame motnje se med seboj ne prepletajo). Če se motnje prekrivajo jih moramo obravnavati kot celoto.

$$\sum \Delta E = \sum_{i=1}^n \frac{v_i^2}{2g} \frac{\lambda_i L_i}{d_i} + \sum_{j=1}^m \zeta_j \frac{v_j^2}{2g}$$

2. HIDRAVLIČNO DOLGI CEVOVODI

Dolgi cevovodi: vsota linijskih izgub daleč presega skupne lokalne izgube. Zato lokalne izgube zanemarimo!

↳ SO TAKO MAJHNE



$$E = \Delta E_{lin}$$

NE DA BI S TEM
POSLABŠALI NATAHČ.

$$\sum \Delta E = Q^2 \cdot \sum \frac{L_i}{k_i^2} \quad k \dots \text{pretočni modul} \quad \text{IZRAČUNOV.}$$

3. NADOMESTNA DOLŽINA CEVOVODA

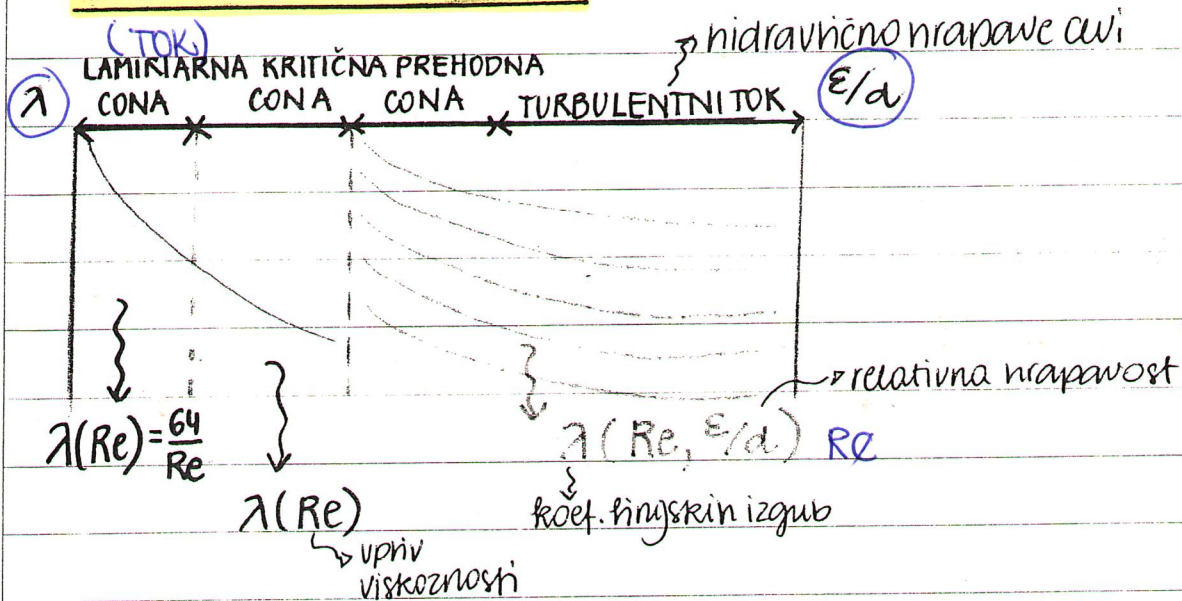
Uporabljamo, kadar je tok vode v hidravlično hrupavem območju

* premer cevi se ne spreminja $\sum \Delta E = \left(\lambda \frac{L}{d} + \sum \zeta_{lok} \right) \frac{v^2}{2g}$

* $\sum \zeta_{lok} = \lambda \frac{L_e}{d}$ $L_e \dots$ nadomestna dolžina

* $\sum \Delta E = \lambda \frac{\sum(L+L_e)}{d} \frac{v^2}{2g}$

⑤ MOODY-EV DIAGRAM



⑥ KOEFICIENT HRPAVOSTI n_g

Manningova enačba: $v = \frac{1}{n_g} \sqrt{I} R^{2/3}$

⑦ PODTLAK V CEVOVODIH → KAVITACIJA

↳ max podtlak → 7 mVs

Kadar obravnavamo tok v cevovodih v relativnem sistemu, smo omejeni s fizikamo omejitvijo max podtlaka.

Na zniževanje podtlaka v cevovodih je vezana **KAVITACIJA**. Zaradi podtlaka v cevovodu je v neki točki že prekoračena meja, ko se tekočina upareva, že ob običajni temperaturi okoli, v sosednji točki pa ta meja še ni prekoračena.

V praksi nastopijo problemi s kavitacijo že prej, preden se približamo absolutnemu vakuumu, zato moramo preveriti, kakšni podtlaki nastopajo v sistemu.

Dopustimo le podtlake do $0,75 p_0 = 7,5 \text{ mVs}$.

⑧ DODANA IN ODVZETA ENERGIJA

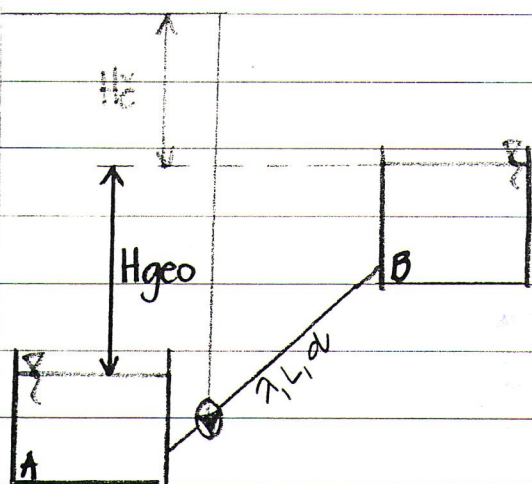
1. ČRPALKE V CEVOVODIH

Pretakanje tekočine → posledica **potencialne energije**, lanko pa pretok dosežemo tudi s pomočjo dodatne energije -

ČRPALKE. V zelo dolgih cevovodih lanko upora bomo več črpalk.

↳ DODATNA E

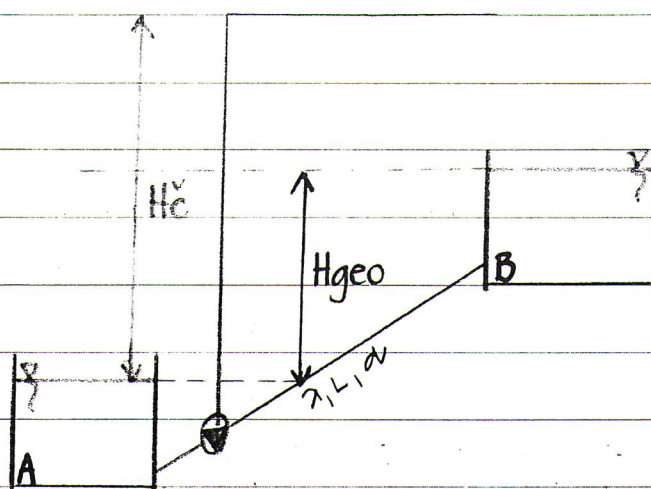
ČRPANJE NAVZDOL



$$H_c + H_{geo} = \left[1 + \lambda \frac{L}{D} + \sum_{i=1}^n \zeta_i \right] \frac{v^2}{2g}$$

H_c ... efektivna višina

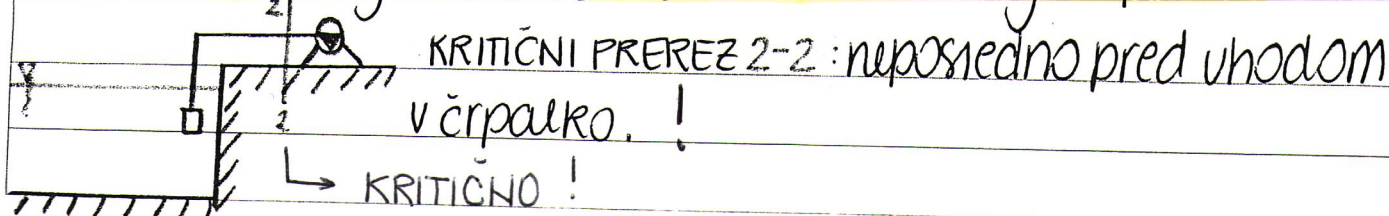
ČRPANJE NAVZGOR



$$H_c - H_{geo} = \left[\lambda \frac{L}{D} + \sum_{i=1}^n \zeta_{i+1} \right] \frac{v^2}{2g} = H_c$$

$$N_c = \frac{\rho \cdot Q \cdot H_c \cdot g}{\eta_c} \dots \text{MOČ ČRPALKE}$$

Do problemov s podtlakom prihaja v cevovodih, če je črpalka nameščena nad gladino v zbiralniku iz katerega črpamo:



2. IZRABA VODNE MOČI

$$H_{\text{neto}} = H_{\text{bruto}} - \Sigma(\text{vse izgube})$$

$$N_{\text{HE}} = \eta_{\text{HE}} \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_{\text{neto}}$$

↓
instalirana moč → moč, ki bi bila potrebna, da bi vsako sekundo premaknili določeno maso za prikazano razhiko potenciala, pomnoženo s koef. učinkovitosti.

9) SESTAVLJENI CEVOVODI

Glede na način hidravličnega izračuna:

* VEJČAST SISTEM:

"obtežbeni" primer
 smer toka -

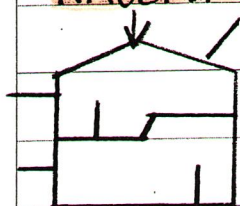


za vsako možno vejo in za vsako

lahko določimo vežnost in

hidravlično določen sistem.

* KROŽNI SISTEM CEVI: cevi so povezane v posamezne zaprte



krugotoke. Sprememba v posamezni točki lahko vpliva takona konično kot na smer toka.

hidravlično nedoločen sistem.

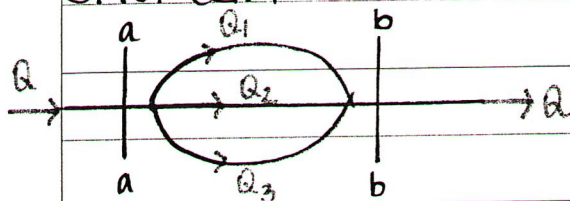
* KROŽNI SISTEM Z RAZVODNICAMI: skrozi razvodnice

hidravlično določen sistem

ni pretoka!



SNOP CEVI:

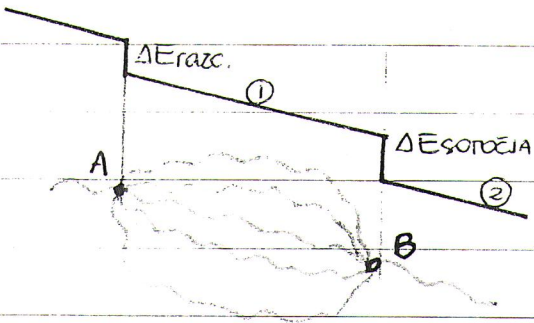


$$\frac{p_a}{\rho g} + \frac{v_a^2}{2g} + z_a = \frac{p_b}{\rho g} + \frac{v_b^2}{2g} + z_b + h_{GA-B} + \lambda \frac{L_i}{d_i} \frac{v_i^2}{2g}$$

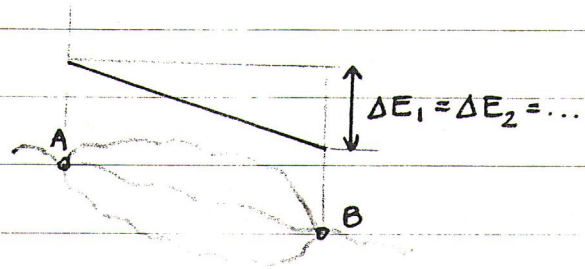
lahko povečamo pretok brez večjih izgub E

$$\lambda_1 \frac{L_1 v_1^2}{D_1 2g} = \lambda_2 \frac{L_2 v_2^2}{2g D_2} = \dots \quad Q = Q_1 + Q_2 + \dots$$

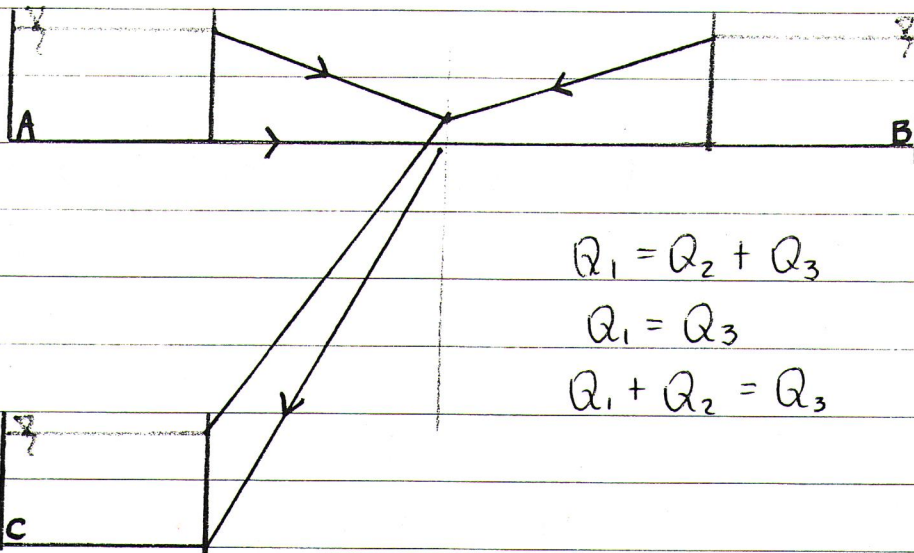
LINIJSKE+LOKALNE IZGUBE



LINIJSKE IZGUBE



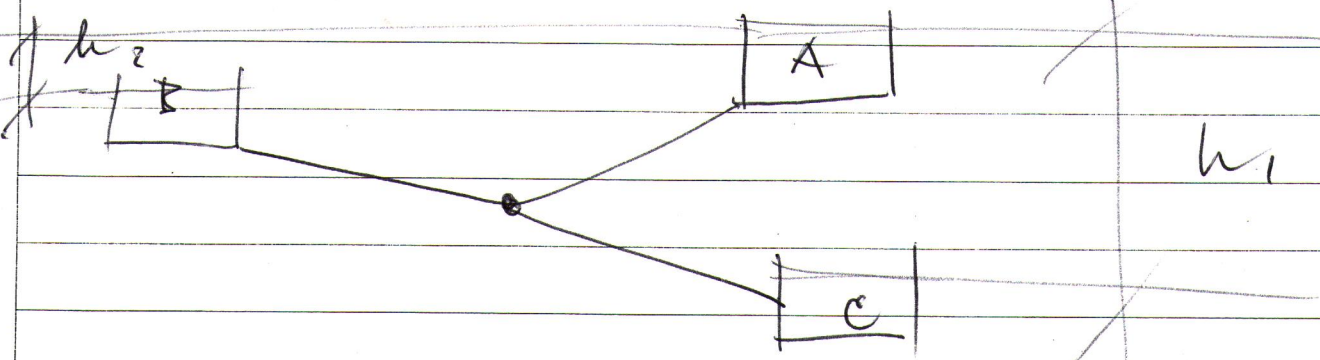
⑩ PROBLEM TREH POSOD

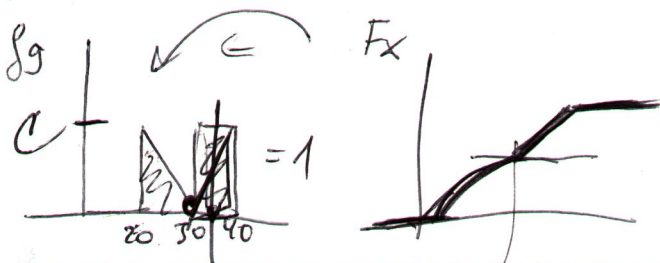


$$Q_1 = Q_2 + Q_3$$

$$Q_1 = Q_3$$

$$Q_1 + Q_2 = Q_3$$





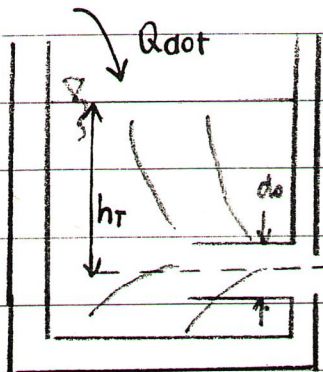
STR9

IZTOK IZ ODPRTIN, IZENAČEVANJE GLADIN

Iztok iz odprtine v vertikalni steni na globini z je odvisen od:

- * velikosti odprtine S_0
- * dejanske energije, ki jo ima masna točka v curku $E = z + \frac{v_{dot}^2}{2g}$
- * koeficienta iztoka $\mu = \frac{Q_{real}}{Q_{ideal}} = \frac{Q_R}{Q_{E1}} = \mu$ DEL.

① OSTROROBA ODPRTINA



STALNI NIVO: $Q_{dot} = Q_{izt}$

$Q = \mu \cdot S_0 \cdot \sqrt{2gh_T}$

← iztok iz odprtine pri stalnem toku

KOEFICIENT IZTOKA IZ ODPRTINE:

- * vpliv določene hitrosti ϕ
 - * vpliv koef. stisnjenja curka ϵ
 - * koef. iztoka iz odprtine μ
- $\mu = \phi \cdot \epsilon$

② PROST IZTOK SKOZI KRATKE NASTAVKE

μ

① HORIZONTALNI NASTAVEK

Glede na nastale razmere ločimo tri primere:

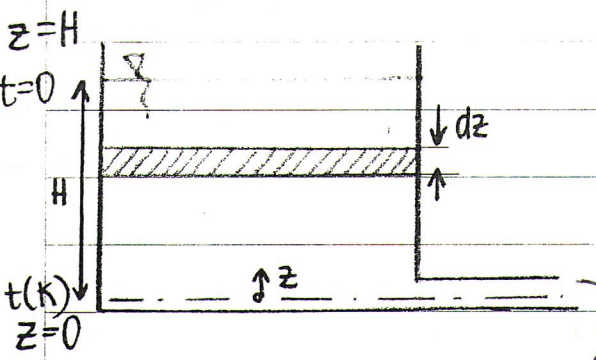
- * pri kratkih nastavkih se podtlak ne pojavlja. Upoštevamo razmere kot pri iztoku iz ostroroba odprtine $\mu = 0.6$
- * vsami nastavek $3 \sim 5d \leq L \leq 80 \sim 100L$ - vsami učinek $\mu = 0.8$
- * dolgi nastavki (kot dogajanje v kratkem cevu vodu) $\mu < 0.6$

04.1.2020
1955

③ IZTOK IZ ODPRTIN PRI SPREMENLJIVEM TOKU

1. ČAS PRAZNIENJA (3. POLNIENJA) POSODE - PROST IZTOK

- * praznjenje posode: kadar v posodo ni dotoka $\dot{Q}_{dot} < \dot{Q}_{izt}$
- * polnjenje posode: kadar ni iztekanja $\dot{Q}_{dot} > \dot{Q}_{izt}$
- * gladina v posodi se ne spreminja, saj je doseženo stacionarno stanje: $\dot{Q}_{dot} = \dot{Q}_{izt}$



$$S \cdot dz = \mu \cdot s_0 \cdot \sqrt{2gz} \cdot dt$$

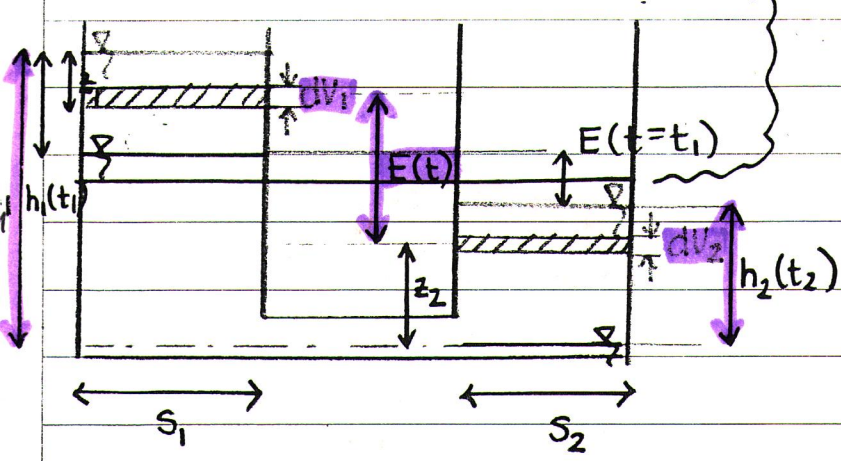
$$dV = \dot{Q}_{izt}(t) dt$$

$$S_p \cdot dz = \mu \cdot \sqrt{2gz} \cdot s_0 \cdot \sqrt{h} \cdot dt$$

$$\int S_p \cdot dz = \mu \cdot s_0 \cdot \sqrt{2gz} \int z \cdot dt$$

$$\frac{S_p}{\mu \cdot s_0 \cdot \sqrt{2g}} \int -\frac{dz}{\sqrt{z}} = \int dt$$

② IZENAČEVANJE GLADIN $E_1 = E_2$



$$Q_{pret} = \mu \cdot s_0 \cdot \sqrt{2gz} (E_1 - E_2) = 0$$

$$dV_1 = Q_p dt = dV_2$$

$$S_1 \cdot dz_1 = \mu \cdot S_{cvi} \cdot \sqrt{2gz} E(t) dt = S_2 \cdot dz_2$$

ODTOK ČEZ PRELIVE, PRAGOVE IN JEZOVE

S pregradami oz. jezovnimi zgradbami ustvarimo lokamo zajezbo pri običajni pretokih. Pri nastopu visokih voda pa moramo zagotoviti odtok le - teh brez škodljivega (previsokega) dviga gladine na zajeznem gorvodnem odseku, hkrati pa preprečiti ogrožanje stabilnosti same jezovne zgradbe.

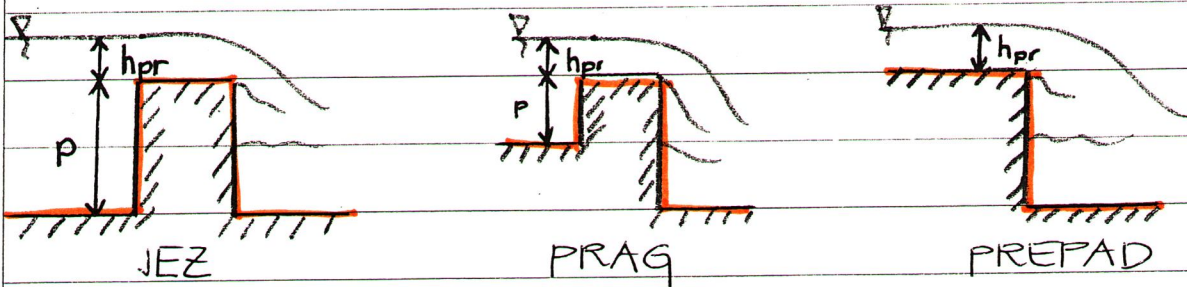
PRELIV: kota kroga prehiva je nad gladino spodnje vode

JEZ: pred jezom je vedno le miren tok

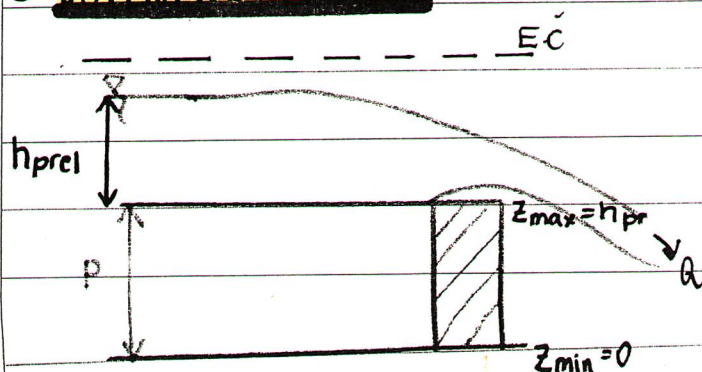
PRAG: lahko je miren ali deroč tok pred pragom. Mejo med jezom in pragom določamo z razmerjem $n = \frac{h_0 - P}{P}$

TALNI PRAG: gladina spodnje vode višja kot krogna samega praga

PREPAD: v niveletni dnu se pojavi stopnica.



① OSTROROBI PRELIV



$$\int dQ = \int v_z \cdot dS_z$$

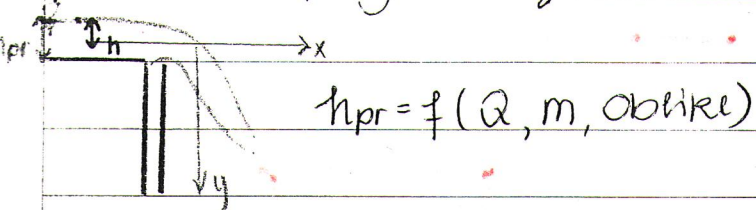
TORICELLI

$$Q = \int_0^{h_{prel}} \sqrt{2g(E-z)} b_z dz$$

$$M_{prel} = \Phi \cdot G$$

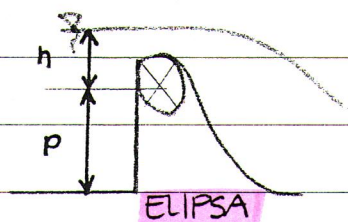
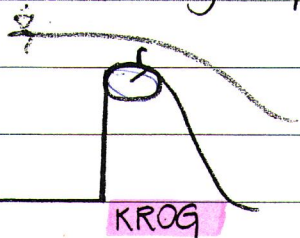
② PRELIV PRAKTIČNE OBLIKE → CREAGER

Obliko prelivnega objekta določata namen zgradbe in konstrukcijske zahteve. Če izdelamo prelivni objekt v skladu s spodnjo konturo curka govorimo o **BREZVAKUUMSKEM PROFILU**, saj se prelivni curek niti ne odlepi, niti ne naleže na prelivni hrbet. Kadar se pojavi odlepljanje curka od podlage se pojavijo podtlaki na pregradi. $\mu = 0,65 - 0,73$



Na podlagi raziskav o spodnjem obrisu prostih prelivnih curkov je Creager predlagal način za določitev ustreznega obrisa prelivne krone. Podal je koordinate s pomočjo katerih lahko izračunamo obris prelivne krone za podjubo prelivno višino.

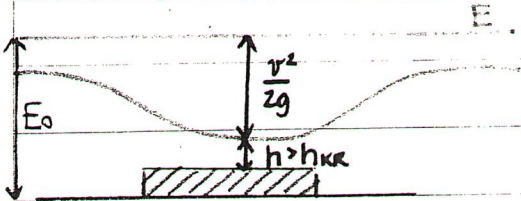
Poenostavljeni prelivi:



Koeficient preliva: $\mu = C_0 C_1 C_2 f$ \rightarrow zmanjšanje pretoka zaradi potopitve dolvodne str
 osnovni k. preliva } } zajema vpliv natočnih razmer in naklona }
 vpliv višine jazu } } črne stene

③ ŠIROKI PRAG

Kadar je dolžina praga tako velika, da curek nalezena konstrukcija na takšni dolžini, da na kroni zabeležimo tokovnice vzporedno vzdolž krone praga. Tok vode preko širokega praga je lahko miren ali deroč, važno je le da na neki dolžini praga dosežemo stalni enakomerni tok.



$I_E = I_{\text{gladine}} = I_{\text{praga krone}}$
 ~ lokamo znižanje gladine
 ~ ni zajezbe

④ BOČNI PREHIV

Lahko služi kot odzemni ali razbremenilni objekt.



$$Q_{\text{bočno}} = Q_{\text{dotok}} - Q_{\text{odtok}}$$

* mirni tok pred bočnim prehivom - gladina vzdolž prehiva počasi narašča

* deroči tok pred bočnim prehivom - gladina vzdolž prehiva počasi pada

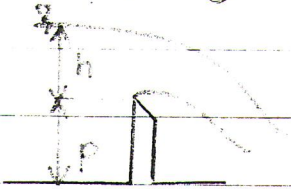
Na potek gladine vplivajo:

1. Režim toka: deroči, mirni
2. Končina odzema: $0 \leq \frac{Q_b}{Q_{\text{dot}}} \leq 1$
3. Širina glavnega konita $b_{\text{DOLV}} \leq b_{\text{GORV}} \rightarrow \frac{E_{\text{GOR}}}{E_{\text{DOL}}} \leq 1$
4. Relativni padeč krone prehiva
5. Izdelava prehiva
6. Velikost koef. prehiva

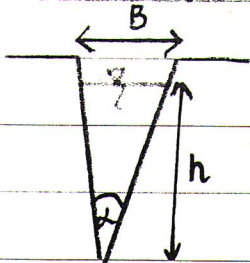
⑤ PREFLIVI

→ Nepopolni (potopljeni) preliv

Kadar je nivo vode za prelivom takšen, da na prelivu ni dosežen prehod v **DEROČI TOR**. Energija spodnje vode vpliva na razpoložljivo energijo za prehvanje. Zato se pojavi zaježitev zaradi dodatnega upliva spodnje vode na gonodnem odseku.



→ Trikotni preliv



$$Q = \frac{8}{15} \mu \tan \frac{\alpha}{2} \sqrt{2g} h^{5/2}$$

~ vedno se pojavi **ozračen prelivni curek**

→ Pravokotni preliv

TOK S PROSTO GLADINO

Vzdolž toka ima oblikovano prosto gladino:

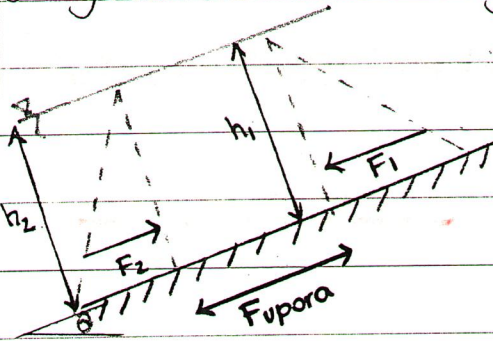
① DE CHEZY-EVA ENAČBA

Izpeljemo jo iz definicije enakomernega toka (pojavi se, ko so sile upora toka v ravnotežu s silami, ki povzročajo gibanje).

Sila, ki povzroča gibanje: $F_g = G \sin \theta = \rho g \sin \theta S L$.

Ker je ponavadi θ majhen $\rightarrow \sin \theta = \tan \theta = I_0$. Sila upora toka deluje na omočenem obodu kanala, narašča premo sorazmerno s kvadratom povprečne hitrosti. $F_{upora} \sim \bar{u}^2$

Ko govornimo o ravnovesju



$$\bar{u} = \sqrt{\frac{\rho \cdot g}{\kappa}} \cdot \sqrt{R I} \Rightarrow \bar{u} = C \cdot \sqrt{R I}$$

↳ HITROST
TOKA

de Chezy-ev koef.

↳ JE EKSPERIMENT. ZNAČAJA

② MANNINGOVA ENAČBA

Je nastala kot rezultat izrednotenja eksperimentalnih podatkov.

$$\bar{u} = \frac{1}{n_g} R^{2/3} \sqrt{I} \rightarrow n_g \dots \text{koef. trenja}$$

POVEZAVA MED C IN n_g :

$$\bar{u} = \bar{u} \quad C \sqrt{R I} = \frac{1}{n_g} R^{2/3} \sqrt{I} \Rightarrow C = \frac{1}{n_g} R^{1/6} !$$

③ BAČUN GLADIN ZA STALNI ENAKOMERNI TOK z, S, v, Q

① Račun globin in hitrosti za normalni tok

↳ KONST.

Manningova enačba: $\bar{u} = \frac{1}{n_g} \sqrt{I} R^{2/3}$

$$Q = \bar{u} \cdot S = \frac{1}{n_g} S R^{2/3} \sqrt{I_0}; \quad R = S / i_0 \Rightarrow Q = \frac{I_0}{n_g} \frac{R^{5/3}}{i_0^{2/3}}$$

Ovisnost \bar{u} : * oblike kanala * koef. hrapavosti n_g

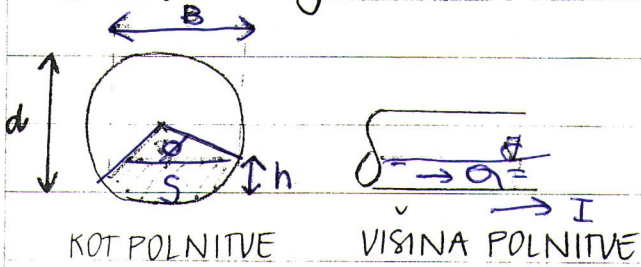
* vzdolžni naklon I_0 * globine toka h_0

Ahtar

KOMPON.
SILE
TEŽE
V SMER
TOKA

→ PRI VIŠJIH GLADINAH, KO SE GLADINA PRIBLIŽUJE TEMENU CEVOVODA, OMOČEN OBOD HITREJE POVEČUJE.
 $Q \rightarrow \downarrow$ zmanjšuj

② Tok s prosto gladino v cevovodih



KOT POLNITVE

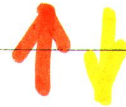
VIŠINA POLNITVE

* IZRAČUN S KOEF. ENERGIJE C_g

$$Q = \frac{1}{n_g} \sqrt{I} C_g \Rightarrow Q = \frac{1}{n_g} \sqrt{I} D^{3/5} \cdot d$$

* IZRAČUN S KOEF. POLNITVE C_p

$$Q_{delno} = C_p Q_{polno} \rightarrow h_0/D = 0.94 \leftarrow Q_{max}$$



④ DOLOČITEV KOEFICIENTA HRAPAVOSTI n_g

* HRAPAVOST OSTENJA: če je material na obodu kanala finejši je vrednost n_g nizka

* RASTLINSTVO, VEGETACIJA: upoštevati moramo tudi vpliv zarasti (gostota, porazdelitev, tip, ...)

* POLJUBNA SPREMENLJIVOST: spreminjanje prečnih prerezov vodotoka, oblike in omočenega oboda vzdolž trase vodotoka. Nenadne spremembe dajejo večje vrednosti n_g

* PREPREKE, OVIRE: padla drevesa, adložene plavine

* TRASA VODOTOKA: krivine velikih polmerov, brez pogostih sprememb vzdolž krivine nudijo relativno majhen odpor toku vodi. Meandri majhnega polmera pa znatno povečajo vrednost n_g .

* TRANSPORT PLAVIN IN IZPODIJEDANJE: oboje povzroča nenehno spreminjanje oblike kroga \Rightarrow poveča vrednost n_g

* VODOSTAJ IN PRETOK: ko se poveča vodostaj in pretok se vrednost n_g zmanjša.

→ MANNING. EN
Q

→ ISTI PRETOK LAHKO PREVAJA KORITO Z RAZLIČNIMI GEO.

⑤ **HNK** KARAKT.

Manning: $Q = \bar{v} \cdot S = \frac{I_0}{n_g} \frac{S^{5/3}}{0^{2/3}}$ **TRAPEZNO KORITO**

$S = bh + mh^2$

$0 = b + 2h\sqrt{1+m^2}$

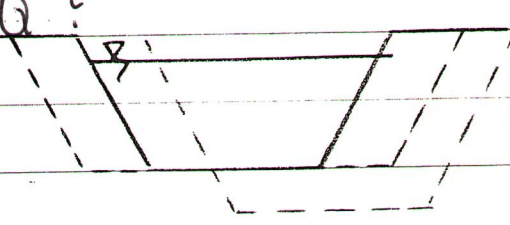
KAKŠNO HAJ BO KORITO, DA BO

* **HNK PRI POGOJU $m = \text{const}$** PRI MIN. PRESEKU PREVAJALO

$\frac{dQ}{dh_0} = 0 \rightarrow -\frac{S}{h_0^2} - m + 2\sqrt{1+m^2} = 0$ ISTI Q?

$S = [2\sqrt{1+m^2} - m] h_0^2$

HIDRAVLIČNI RADIJ: $R = \frac{h_0}{2}$



PRI **PRAVOKOTNEM KORITU $m=0$**

$S = b \cdot h_0, 0 = b + 2h_0 \Rightarrow 0 = \frac{3}{2}h_0 + 2h_0, b = 2h_0$

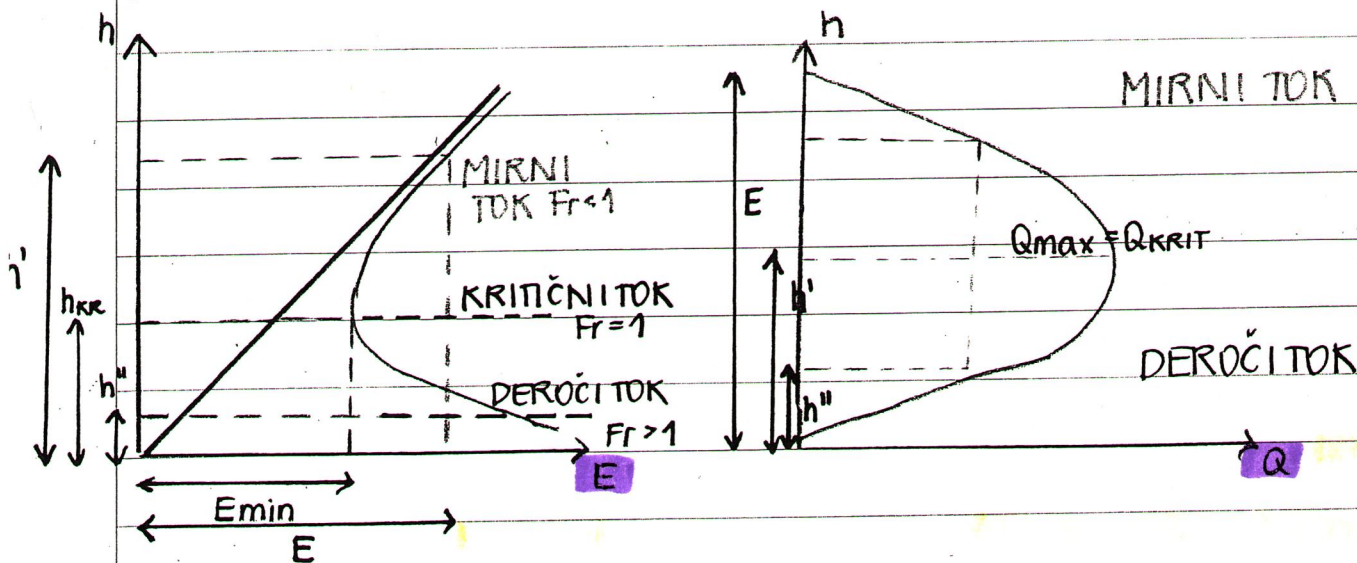
* **HNK PRI POGOJU $h_0 = \text{const}$**

$\frac{dQ}{dm} = 0 \rightarrow -h_0 + 2h_0 \frac{2m}{2\sqrt{1+m^2}} = 0 \rightarrow \frac{2m}{2\sqrt{1+m^2}} = 1 \Rightarrow m = \cot \alpha = \frac{1}{\sqrt{3}}$

⑥ **ENERGIJA PREREZA**

E-KRIVULJA

Q-KRIVULJA



* obstaja min potrebna E, ki zagotavlja še dani pretok
 $Q = \text{konst.}$

* manjši $Q < Q_{\text{max}}$ pri dveh različnih globinah toka

⑦ **LOKALNE MOTNJE V ODPRTIH VODOTOKIH**

* **MOSTNI OPORNIK**: zase dajo (zaprejo) del pretočnega profila. Na taki lokaciji se spremeni hitrost, hkrati pa povzročajo lokalne izgube. Ko vodni tok zadane ob ovoje se pojavi 3D tok ob mostnem oporniku - na gladini se pojavi zastojna točka, tok vode pa se usmeri navzdol in levo/desno ob uporniku. Vrtinčenje povzroči erozijo, ki oblikuje poglobitve v obliki podkve → **PODKVAŠTI TOLMUN**. Globina tolmuna že določa min. globino temeljenja mostnih opornikov.

* **CEVNI PREPUSTI**: * postavitve cevne prepusta ali premostitve običajno **bistveno preseže v razmere v vodotoku**.

* lokalna izguba nastane kot posledica **hitrega zožanja vodnega toka** na vstopu v cevni prepust in hitre razširitve toka na razpoložljivi prerez izza cevne prepusta

* " samem cevnem prepustu nastane že izguba zaradi **trenja ob ostenju**

* izgubo na iztoku opoštevamo izjemoma

* pretočno sposobnost prepusta določimo z upoštevanjem

kontinuitetne enačbe in E bilance med profilom na določenem odseku

→ **ODGNAHI, POPOLNI, POTOPLJEN**

⑧ **VODNI SKOK, PODSLAPJE** ↪ VČIHKOVITEJŠI !

Pri vodotokih s strmejšimi padci je pogosto naravni material, ni dovolj odporen proti eroziji vodnega toka. Odpornost erozijske sile povečamo z:

* **oblogo** na ostenju

* z **zmanjševanjem padca** dna z izgradnjo **pragov**

V zadnjem primeru sicer zmanjšamo vzdolžni naklon, vendar pa v tem območju ostaja višek W_p . Zato prepadajoči curek prehaja naprej v demoi tok, ko pa se porabi dovolj odvečne E

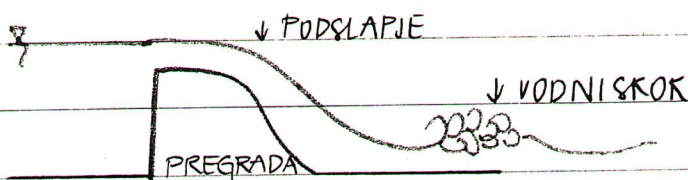
preide tok, preko vodnega skoka v ustrezni režim toka.

Iz več razlogov je nujno, da dosežemo pretvorbo v mirni tok čimprej.

Razdalja na kateri se pojavi vodni skok je odvisna tako od pretoka, kot od razpoložljive energije, zato je smotrnno, da s tehničnimi ukrepi dosežemo, da se vodni skok in z njim povezana disipacija odvečne E zgodi čim bližje objektu.

S tem dosežemo optimalno dolžino odseka, na katerem je potrebno zaviranje pred enozijo.

Učinkovito disipacijo lahko dosežemo le z dobro razvitim vodnim skokom.



$Fr = 1.0 - 1.7$ ni vodnega skoka

$Fr = 1.7 - 2.5$ slaboten vodni skok

$Fr = 2.5 - 4.5$ oscilirajoči vodni skok

$Fr = 4.5 - 9.0$ stabilni, učinkovit vodni skok

* ODGNANI VODNI SKOK

Nekoliko podprt vodni skok je učinkovitejši od popolnega skoka

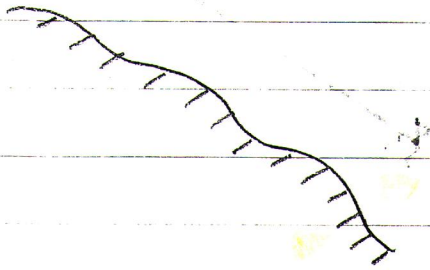
* POPOLNI VODNI SKOK (normalni)

* PODPRT VODNI SKOK (potopljeni)

Predpostavke:

~ porazdelitev hitrosti po prerezu je enaka: $v = Q/S$

POLAGOMA PREHAJAJOČI TOK



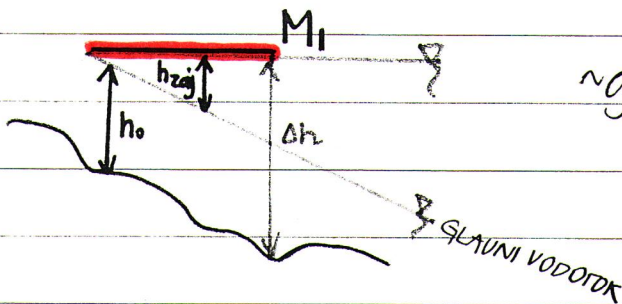
$$Q = \text{konst.}$$

$$S = S(x)$$

① GLADINSKE KRIVULJE

Za vodotoke z zmernim (blagim) naklonom dna, kjer je možen (normami) mirni tok.

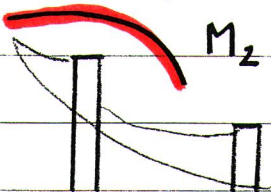
ZAJEZITVENA KRIVULJA M1



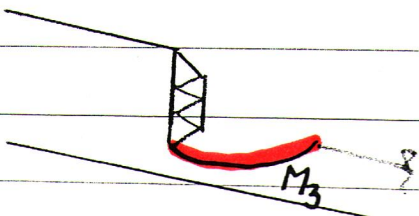
~ glavni vodotok zajezi pritok

DEPRESIJSKA KRIVULJA M2

Najdemo v primeru neoviranega prehiva ali v primeru, ko se spremeni padec v vodotoku iz blagega v strmij naklon.



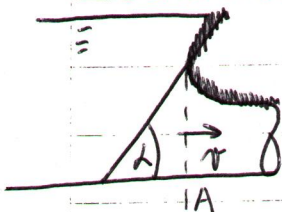
KRIVULJA M3



HIDRAVLIKA

Opisi izračun lokalnih izgub v cevovodih. Podrobneje obravnavaj rešetko na vtoku? $\xi_{\text{IZGUB NA VTOKU}} +$

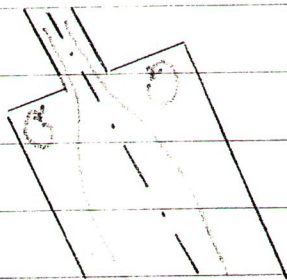
VPLIV REŠETKE



$$\Delta E_{\text{lok}} = \xi_{\text{lok}} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

ξ_{lok} ... koef. lokalne izgube

* IZGUBA ZARADI HIPNE RAZŠIRITVE ΔE_{hr} :



- hipna razširitev
- curek se postopno širi
- v vogalih vrtinčenje

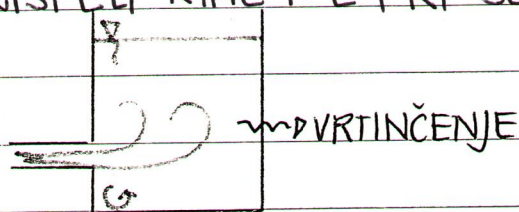
Na maso tekočine delujejo pri nagli razširitvi:

* SILI HIDROSTATIČNEGA PRITISKA: $P_1 = p_1 \cdot S_1$, $P_2 = p_2 \cdot S_2$

* KOMPONENTA TEŽE TEKOČINE: $G \cdot \cos \alpha \Rightarrow G = \rho \cdot g \cdot S \cdot L$

* IZGUBA NA IZTOKU ΔE_{izt} :

PRISPELI KINET. E, KI SE PRETVORI V VRTINČENJE!

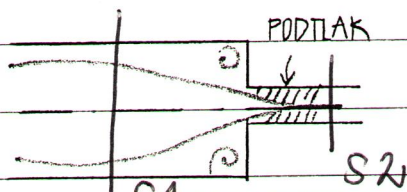


$$\xi_{\text{izt}} = 1.0$$

$$\Delta E_{\text{izt}} = \frac{v^2}{2g} \cdot \xi_{\text{izt}}$$

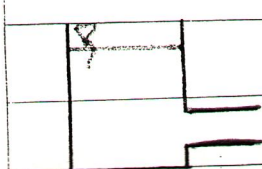
člen kinetične energije

* IZGUBA ZARADI HIPNE ZOŽITVE $\Delta E_{\text{zož}}$:

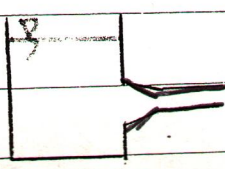


$\xi_{\text{zož}}$... odvisen od razmerja površin S_1/S_2

* IZGUBA NA VTOKU ΔE_{vt} :

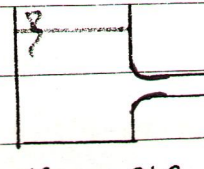


$$\xi_{\text{vt}} = 0.5$$



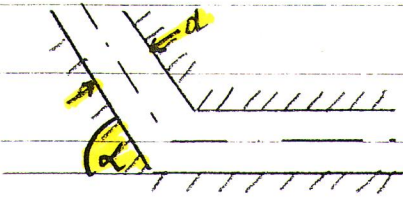
$$\xi_{\text{vt}} = 0.15 - 0.20$$

flata



$$\xi_{\text{vt}} = 0.6$$

* KOLENA, KRIVINE ΔE_K :



SESTAVLJENO KOLENO:

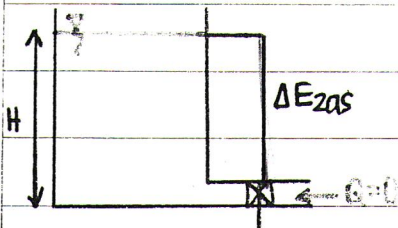
$$\xi_K = \xi_K(\alpha, d) \quad \text{!}$$

obv. odv.

GLADKO ZAKRIVLJENO KOLENO:

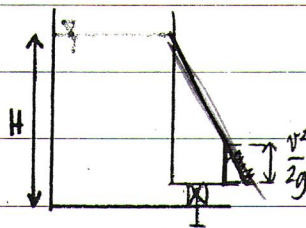
$$\xi_K = \xi_K(\alpha, \frac{r}{R}) \quad \text{!}$$

* VENTILI, ZASUNI:

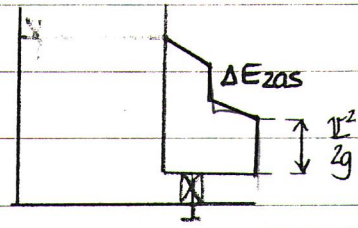


ZAPRT SISTEM

$$\Delta E_{zas} = H$$

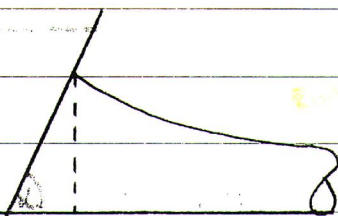


ODPRT SISTEM

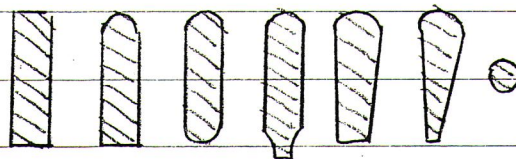


DELNO ODPRT/ZAPRT

* REŠETKE: da bi preprečili v nos večjih predmetov v cevovod, ki bi ga lahko zamašili.



RAZLIČNE OBLIKE:



$$\Delta E_{reš} = \xi_{reš} \frac{v_{cev}^2}{2g}$$

$$\xi_{reš} = \beta \left(\frac{d}{a}\right)^{3/4} \cdot \sin \alpha$$

koef. oblike palic

Koeficientu izgub na vtoku je potrebno dodati še vpliv rešetke.

Opisi izračun pretoka skozi potopljeno odprtino.

Iztok iz odprtine je odvisen od:

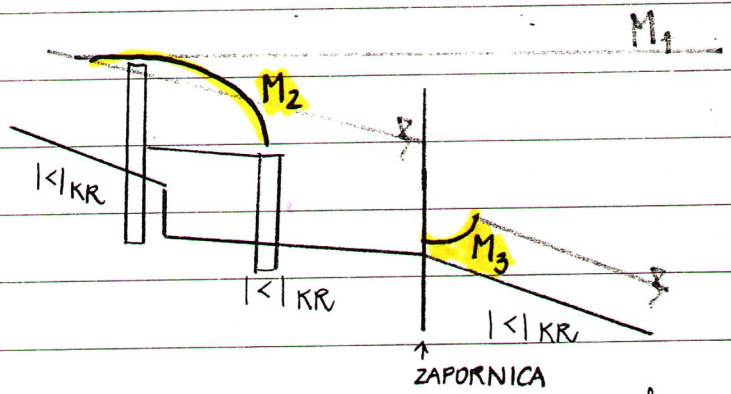
- velikosti odprtine S_0
- dejanske energije, ki jo ima masna točka v curku
- koeficienta iztoka $\mu = \frac{Q_{real}}{Q_{ideal}}$

* **TEŽIŠČNA ENAČBA:** odprtina je globoko potopljena, zato se hitrosti z globino blago spreminjajo $Q = v_{tež} \cdot S \cdot \mu$

* **SPLOŠNA ENAČBA:** odprtina je blizu gladine - hitrosti z globino strmo naraščajo $Q = \int \mu \cdot v(z) \cdot dS$

$\mu = \phi \cdot C \rightarrow$ koef. stisnjenja curka
 ↑
 vpliv dotočne hitrosti

Nariši gladinske krivulje na primeru!



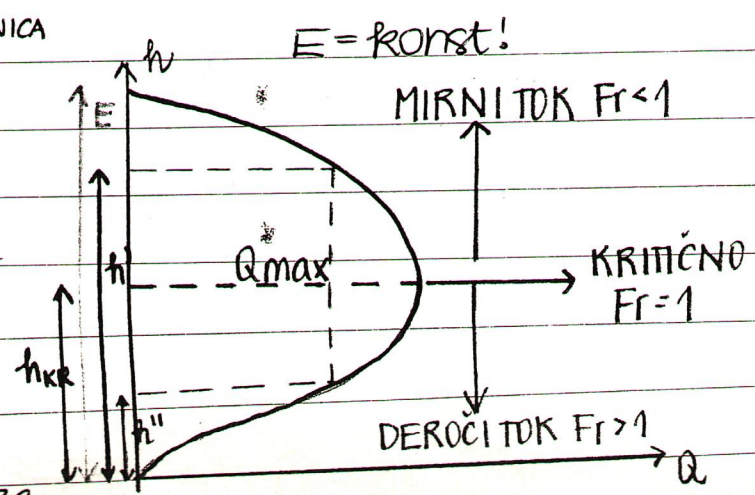
- M_1 ... zajezna krivulja
- M_2 ... depresijska krivulja
- M_3 ... prehod med M_1 in M_2

Q - krivulja!

* manjši $Q < Q_{max}$ so možni pri dveh različnih globinah

* **FROUDOVO ŠTEVILO**

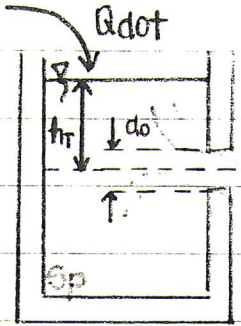
$$Fr = \frac{v}{\sqrt{gh_0}}$$



UPORABA: reševanje enačbe za E in Q

⑤ **Odprtine, cevi brez nastavka.** Določanje koeficienta μ in račun pretoka po splošni in težiščni enačbi.

* **OSTROROBA ODPRTINA:** iztok iz odprtin pri stalnem toku



$$Q_{\dot{}} = Q_{izt} \rightarrow \text{STALNI NIVO}$$

$$Q = \mu \cdot S \cdot \sqrt{2gh}$$

$$\mu = \frac{Q_{real}}{Q_{ideal}}$$

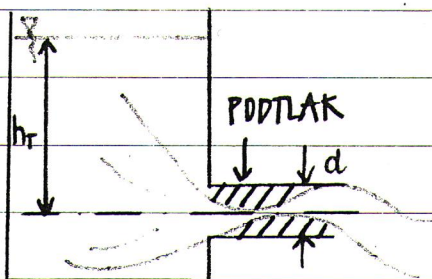
$$\mu = \phi \cdot C \rightarrow \text{koeficient stisnjenja curka}$$

↓
vpliv dotične hitrosti

* **TEŽIŠČNA ENAČBA:** odprtina je globoko potopljena, zato se hitrost z globino le blago spreminja $Q = v_{tež} \cdot S \cdot \mu$ $Q = \mu \cdot S \sqrt{2gh}$

* **SPLOŠNA ENAČBA:** odprtina je v bližini gladine - hitrost z globino strmo narašča $Q = \int \mu \cdot v(z) \cdot dS$ $dQ = \mu \cdot dS \cdot \sqrt{2gh}$

* **HORIZONTALNI NASTAVEK!**



* Pri **KRATKIH NASTAVKIH** se podtlak ne pojavlja - upoštevamo razmere za ostrorobe odprtine $\mu = 0.6$

* **SESALNI NASTAVEK** $3 \sim 5d \leq L \leq 80 \sim 100d$

$$\mu = 0.6$$

POŠEVNI NASTAVEK:
 $\mu = 0.815 - 0.005 \frac{d^0}{3}$

* Pri **DOLGIH NASTAVKIH** je potrebno upoštevati razmere kot v kratkih

cevodih: $\mu = \frac{1}{1 + \sum \xi_{kol} + \sum \frac{\lambda L}{d}}$ $\mu = 0.6$

● Hidravlično najugodnejše konito. Namen, uporaba, oblika, pogoji za določitev? $R = \frac{h_0}{2}$

NAMEN: pretok istega pretoka skozi najmanjši presek (kakšno naj bo konito, da bo pri najmanjšem preseku se vedno prevajalo isti pretok)

TRAPEZNO KORITO:

$$m = \cot \alpha = \frac{1}{3} \quad (\alpha = 60^\circ)$$

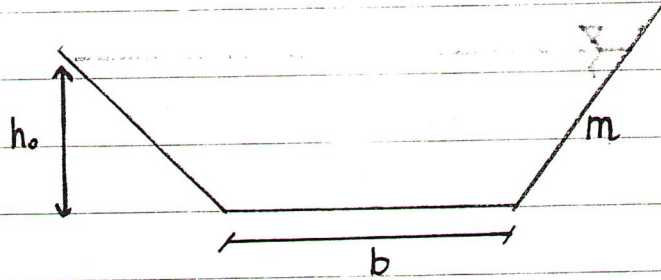
$$S = b \cdot h_0 + m h_0^2$$

$$O = b + 2 h_0 \sqrt{1 + m^2}$$

$$R = \frac{S}{O}$$

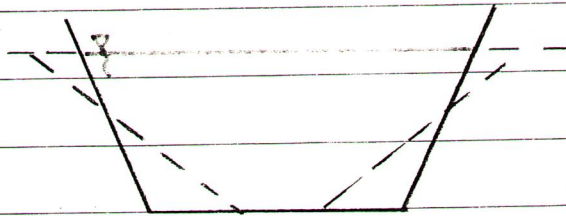
$$Q = \gamma \bar{u} \cdot S = \frac{1}{n} \frac{S^{5/3}}{O^{2/3}}$$

ISKANJE EKSTREMA: $\frac{dQ}{dh_0} = 0 \rightarrow m = \text{const.}$



POGOJ: $R = \frac{h_0}{2}$!

$$\frac{dQ}{dm} = 0 \rightarrow h_0 = \text{const}$$



$\frac{dQ}{dn} = 0$ izraz za prerez z n -stranicami $n = \infty$

Hidravlično najugodnejši je polkrožni prerez. !

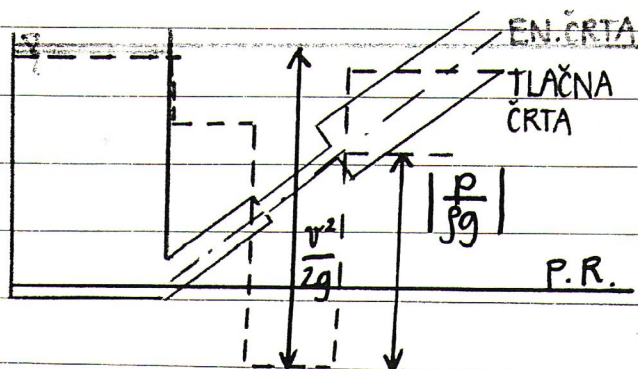
Podtlaki in kavitacija v cevovodih in črpalkah pri realni tekočini.

PODTLAK V CEVODIH: kadar obravnavamo tok v cevovodih v relativnem sistemu, smo omejeni s fizikalno omejitvijo **max podtlaka**. Pri računanju v absolutnem sistemu smo omejeni z **absolutnim tlakom**.

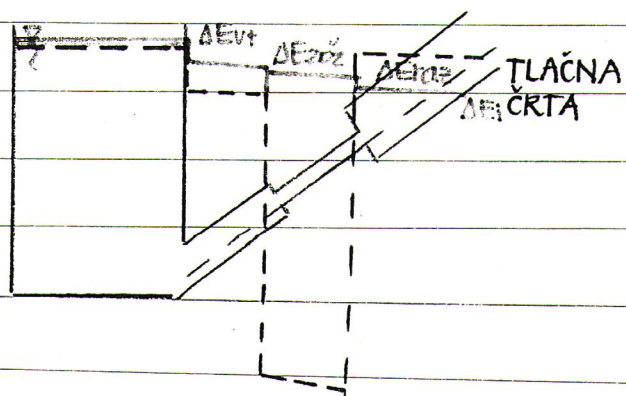
KAVITACIJA: je pojav vezan na zniževanje podtlaka v cevovodih. Zaradi podtlakov v cevovodu je lahko v neki točki cevovoda že prekoračena meja, ko se tekočina upareva že ob običajni T , v sosednji točki pa še ta meja ni prekoračena.

Na odseku med dvema lokacijama se pojavita dva procesa: najprej uparjevanje, nato kondenzacija. Za skupen proces so značilne velike pulzacije lokalnih tlakov (material se poškoduje). V praksi nastopijo problemi s kavitacijo že prej, preden se približamo absolutnemu vakuumu, zato moramo preveriti, kakšni podtlaki nastopijo v sistemu. **Maksimalni dovoljeni podtlak je 7.5 mVs .**

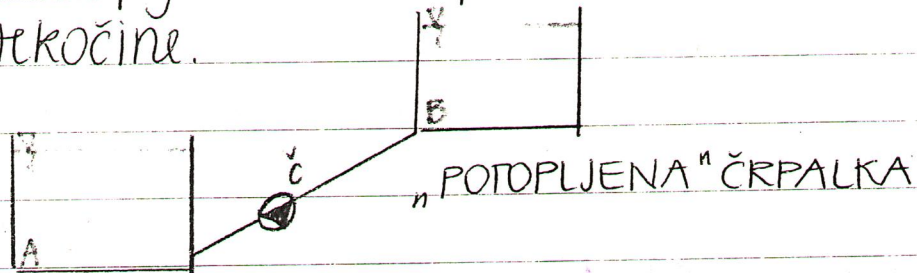
IDEALNA TEKOČINA



REALNA TEKOČINA

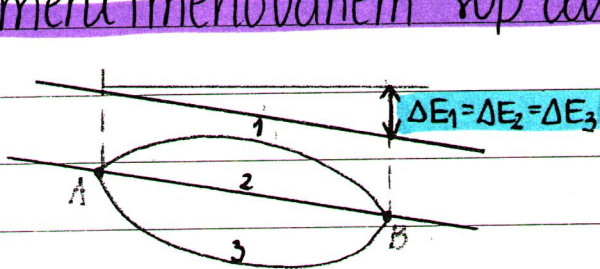


PODTLAK PRI ČRPALKAH: V primerih kadar je črpalka "potopljena" to pomeni, da je nižje od gladine vode v posodi A se problem **KAVITACIJE** ne pojavlja, saj je v minujočem stanju tekočine v vseh prerezih cevovoda **NADTLAK**. Kavitacija bi se v tem primeru lahko pojavila samo pri ekstremno velikih hitrostih tekočine.



Do problemov s podtlaki na odseku pred črpalko navadno prihaja pri cevovodih, kjer je črpalka nameščena nad gladino vode v zbirniku.

● Razloži hidravlični izračun za sestavljene cevovode na primeru imenovanem "šop cwi"



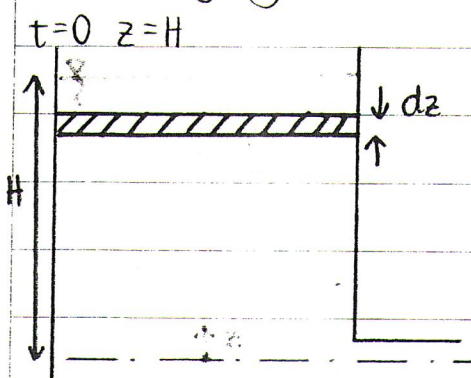
$$\Delta E = \frac{\lambda L}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \text{LINIJSKE IZGUBE}$$

Če imamo dolg cevovod lokalne izgube zanemarimo.

- * **KONTINUITETNA ENAČBA:** $Q_A = Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_B$
 - * **ENERGIJSKA ENAČBA:** $\Delta E_1 = \Delta E_2$
 $\Delta E_1 = \Delta E_3$
- } 3 enačbe
3 neznani

Cev se razveja v tri cevi, ki se potem ponovno združijo. Vgradnja faksšnega snopa nam bistveno **poveča pretok** brez večje izgube energije. Snope cevi uporabljamo tudi, kadar **zaradi pomankanja prostora ne moremo vgraditi cwi večjega premera.**

9 Praznjenje posode! $Q_{dot} < Q_{izt}$



ČAS PRAZNIJENJA POSODE

$$dV_p = dV_o$$

$$S_1(-dz) = Q \cdot dt$$

$$S_1(-dz) = \mu \cdot S_o \sqrt{2gz} \cdot dt$$

$$-S_1 \int_0^H dz = \mu \cdot S_o \sqrt{2gz} \int_0^T dt$$

$$T = \frac{2 \cdot z^{1/2}}{\mu \cdot S_o / S_1 \sqrt{2g}} \Big|_0^H$$

10 **Sistematika prelivov!**

* **GLEDE NA POLOŽAJ OSI PRELIVA:** pravokoten, poševen, vzporeden (bočni preliv), sestavljen

* **GLEDE NA KONSTRUKCIJO:** ostroobni, široki, preliv s posebno obliko, preliv praktične oblike.

* **GLEDE NA VPLIV SPODNJE VODE:** popolni (ni vpliva sp. vode), nepopolni (nivo vode pred prelivom)

* **OZRAČENJE SPODNJE KONTURE PRELIVNEGA CURKA:** ozračeni, neozračeni, priselahi

* **GEOMETRIJA PRELIVNEGA PREČNEGA PREREZA:** trikotni, pravokotni, trapezni, proporcionalni, sestavljeni.

ČAS PRAZNIJENJA / POLNJIENJA POSODE

$$dV = (Q_{dot} - Q_{izt}) dt$$

$$Q_{dot} = Q_{izt}$$

$$-S_1 \int_0^H dz = \mu S_o \sqrt{2gz} \int_0^T dt$$

$$dV_p = dV_o$$

$$S_1(-dz) = Q dt$$

$$S_1(-dz) = \mu \cdot S_o \sqrt{2gz} dt$$

$$-\frac{1}{z} dz = \mu \frac{S_o}{S_1} \sqrt{2g} dt$$

$$T = \frac{2 \cdot z^{1/2}}{\mu \cdot S_o / S_1 \sqrt{2g}} \Big|_0^H$$

OBRAČNE
MEJE!

1. Za Newtonovsko tekočino je značilna

a) $\frac{du}{dz} = \text{konst.}$

b) so nestisljive

c) $\mu = f\left(\frac{du}{dz}\right)$

d) $\mu = \text{konst.}$ temperatura = konst.

2. Newtonov zakon se glasi

a) $\frac{F}{S} = \nu \rho \frac{du}{dz}$

b) $\tau = \mu \frac{du}{dx}$

c) $\tau = \mu \frac{du}{dz}$

d) $\mu = f(p, T)$

3. člen ki izraza neto masni pretok skozi površino

se glasi:

a) $\frac{d}{dt} \int_V \rho \, dV$

b) $\frac{d}{dt} \int_S \rho \, dS$

c) $\int_S \rho \, \nabla \cdot \vec{S}$

d) $-\frac{d}{dt} \int_V \rho \, dV$

4. Samo nujn. nmp imamo:

a) pri potencialnem toku

b) $\frac{\partial v}{\partial z} = \frac{\partial w}{\partial y} = 0$; $v = w = 0$

c) idealni tekočini

d) pri mirujoči tekočini

5) Stokesov zakon izraza: $\vec{L}_i = -\eta \nabla^2 \vec{L}_i = \frac{1}{2} \nabla^2 \vec{L}_i$

a) kontinuiteta mase

b) Strizno nmp. v odvisnosti od tlaka

c) Viskoznost v odvisnosti od hitrosti

d) komponente nmp. v odvisnosti od komponent hitrosti

6) Voj spomenija členu dimenzijske enačbe

7) Modul elastičnosti je v splošnem

a) $\lambda = -\frac{dp}{d\rho}$

b) $\lambda = -\frac{dp}{d\rho}$

c) konst. pri idealnih tekočinah

d) funkcija tlaka pri plinih

8) Obtežbeni diagrami je

a) razponed tlaka v simetrični ravni

b) Težišče o. d. je vedno v prijemlišču sile

c) Preset obrnjenjene ploskve s simetrično ravni

d) $-1 =$ obteženega telesa z vertikalno sim. ravni

9) $h_s' = h_T' + \frac{v_T'^2}{2g}$

a) težišče obrnjenjene ploskve

b) težišče obteženega telesa

c) prijemlišče sile

d) težišče obteženega diagrama

10) Za stabilnost plavanja je razra sledesa razdalja

a) $\overline{C_{WM}}$

b) $\overline{C_{GII}}$

c) $\frac{v}{g}$

d) $\frac{v}{g} = \overline{C_{WC}}$

11) Pri vrtanju tekočine skruži s posodo odli... ebi

a) za gladino velja: $dp = 0$

b) napred: tlak po višini je hidrostatičen

c) $\frac{dp}{dz} = 0$

d) gladina se postavi pod notranjo $\frac{v^2}{g}$

12) Tekočnice:

a) $\frac{dx}{dt} = \frac{dy}{dt}$

b) črta, ki jih orise: črta tekočine pri gibanju

c) = s trajektorijami; tok ni stabilen

d) = s stenami črta, ki

13) Zaton hitrosti:

a) rot $v = 2\vec{\omega}$

b) (rot) $\vec{z} = \frac{\partial w}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial z}$

c) = 0; laminarnem toku

d) rot $\vec{v} = 0\vec{v}$

14) Kolcinomi? teorem; kaj izraža

15) Potencialni tok

a) $\frac{\text{rot } \vec{v}}{\rho} = \text{konst.}$

b) reona je laminarnu

c) idealna tekočina

d) nestisljiva tel. $\text{div}(\text{grad } \phi) = 0$

216) Pri računu s pomočjo gibalne količine moram
zbrati konstantni volumni tok, da je:

a) hitrost \perp na ustropni in izstopni preseki

b) da se k.v. premeta skruži s hitrostjo

20. Razpored hitrosti v ostrojnem in izstopnem preseku enakomernu.

a) hitrost v ostrojnem preseku glede na promeni k. s. enaka nič

21. Froudeovo število

a) z oznakami vezgajnostih in težnostnih sil v teklinah

b) $F = \frac{v}{\sqrt{gL}}$ // $Fr = \frac{v^2}{g \cdot L}$

22. Reynoldsovo število $Re = \frac{vL}{\nu}$

23. Turbulentni tok

a) Tok ni potencialen.

b) Oblika Froudeov št.

c) modulu $\frac{dz}{du}$ v turbul. mejni plasti je manjši kot pri laminarni

d) $\propto \sqrt{x}$

24. Mejna plast

a) V vadole name plasti se debelina meje plasti manjša

b) Laminarna m.p. preide hitreje odloženje kot turbulentna

c) $\frac{d\delta}{dx} > 0$ preide hitreje odloženje m.p. kot $\frac{d\delta}{dx} = 0$

d) Debelina meje plasti je definitno s točko, ki se imenuje točka

• Kelvinov teorem; Helmholtzovi zakoni

• Funkcija toka Ψ , hitrostni potencial ϕ , metode za občanje toka

• Dinamične enote v brezdimenzijski obliki; gomen Re š. f

• kontinuitetna enota v skalski obliki; tekočina ceste

VPRAŠANJA NA TEORIJ - USTNO IZ HIDROMECHANIKE

- 8.) HELMHOLTOVI ZAKONI:
- veljajo, če je tok potencialen
 - veljajo, če je tok izmiraren
 - veljajo, če je $\rho = 0$, $\rho = f(p)$ in $\vec{F} = \text{grad } V$ - $\frac{\text{rot } V}{\rho} = \text{konst.}$
- 9.) edec od zakonov je $\frac{1}{\rho} \nabla^2 \psi = \text{konst.}$
- 9.) FUNKCIJA TOKA:
- ima fizikalno dimenzijo tlaka
 - ima fizikalno dimenzijo pretoka
 - črte $\psi = \text{konst.}$ so \perp na stene trdnih objektov v toku
 - črte $\psi = \text{konst.}$ so \perp na ekvipotencialne ploskve
- 10.) ANALOGNI PARAMETRI PRI EKSPERIMENTALNIH METODAH SO:
- ϕ in ψ (viskozna analogija)
 - ϕ in p (viskozna analogija)
 - Z in ψ (membranska analogija)
 - ϕ in U (napetost) (električna analogija)
- 11.) PRI IZPELJAVI BERNOULLIJEVE ENAČBE SMO UPORABILI HIPOTEZE:
- tekočina je idealna in $\rho = f(p)$
 - tok je potencialen
 - tok je stalen
 - $\vec{F} = -\text{grad } U$ (\vec{F} = masna sila)
12. Kavitacija v cevovodu nastane:
- če se relativni tlak zniža do ničle
 - če se absolutni tlak zniža do ničle
 - če se tlačna črta spusti pod os cevovoda
 - če se energijska tlačna črta spusti pod os cevovoda
13. Pri Darcyevi enačbi velja:
- tekočina je idealno nestisljiva
 - tekočina je realno nestisljiva
 - tok podtalnice skozi skatine razpoke
 - tok je potencialen
14. Froudovo število:
- izražja razmerje vztrajnostnih in viskoznostnih sil
 - se uporablja za prerzčun iz modela v naravo
 - če prevladuje vpliv težnosti
 - izpelje se iz konstitutivne enačbe
15. Za turbulentni tok je značilno:
- veliko Froudovo število
 - dočasne stične napetosti
 - konstantno hitrost v X osi
 - energijske izgube so proporcionalne s prvo potencialno hitrostjo
1. Katera krivulja velja za Navier-Stokesove enačbe

IZVEDBA:

5.1. RELATIVNI TLAK - OS X JE FIZICALNO PLOSTI

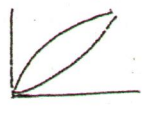
5.2. ABSOLUTNI TLAK - OS Y JE FIZICALNO PLOSTI

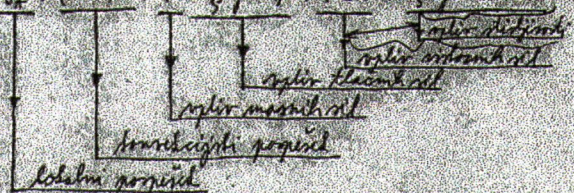
5.3. KONSTANTNI ZNAČNI TLAK JE PRIZUČENO 1.0 BAR REL. TLAK

5.4. REL. TLAK ODBIMO ČE JE ABSOLUTNI TLAK = 1.0 BAR

ABSOL. SIST. RELAT. SIST.

Relativni tlak	1.0 bar	0.0 bar
Absolutni tlak	1.0 bar	0.0 bar



- Modul elastičnosti: $K = \frac{1}{\chi} = \frac{dF}{d\Delta l} = \frac{dF}{dL} \cdot \frac{dL}{d\Delta l}$; konstante pri deformaciji
- Učitelni diagram: pri delovanju sile se podoben materialni vzamemo, kar pomeni, da je sila sorazmerna s podobenostjo
- Enačba $h_2^2 = h_1^2 + \frac{7}{5} \Delta h$ deli pri gravitacijski sili
- Za stabilnost plavanja je razina delnice razdeljena: $MC_G = \frac{1}{\rho} \pm \frac{PC_W}{C_W C_G}$
- Eni sistema težišne skupaj in poudarjajo stabilnost na sili: $\frac{d^2 \theta}{dt^2} = 0$ (nizew lok)
- Velocitni: $\frac{dx}{dt} = \frac{dy}{dt}$
- Rotor hidroturbin: $(\text{rot } \vec{v})_z = \frac{\partial v_x}{\partial y} - \frac{\partial v_y}{\partial x}$; poudarja, da je tok potencialen
- Dimenzionalna analiza: $F_r = \frac{U^2}{Lg}$; se uporablja za proučanje iz modela v naravi, če je vzlet težišne podobenosti; razmerje razmerij vrtoglavih tokovnih sil
- Reynoldsovo število: $Re = \frac{UL}{\nu}$; razmerje razmerij vrtoglavih tokovnih sil
- Za turbulentne tokove je značilno: $\text{vred. razmerij, vrtoglavost}$ (tok ni potencialen, lokalne delnice razporejene)
- Plava plast: δ laminarna n.p. površina hitrosti odstopanja kot turbulentna
- Sila upora sile in toka sile modeliramo na vrstni upor in upor oblike; pri različnih geometrijskih oblikah
- Za NE nevtrone težišne je značilno: $\frac{du}{dy} = \text{konst.}$
- NEWTONOV ZAKON za tekočine: $\tau = \frac{F}{S} = \mu \frac{du}{dy}$
- Člen, ki povezuje neto marni potencial skozi površino: $\rho Q = \iint \rho \vec{v} \cdot d\vec{S}$
- Jasno normalne napetosti imajo: idealne tekočine ($\mu=0$), nujno tekočina
- Hidravni cikel varčevanja: komponente napetosti in odzivnosti od komponent hitrosti in drugih odzvodov
- DINAMIČNA ENAČBA: $\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} = \vec{F} - \frac{1}{\rho} \text{grad } p + \nu \Delta \vec{v} + \frac{1}{3} \text{grad } \text{div } \vec{v}$

- Kirchhoffov teorem: povezuje vzletni potencial, tlak in hitrosti tokov, kar pomeni, da je vzletni potencial, če je vzletni potencial, pri čemer je vzletni potencial, če je vzletni potencial
- Za potencialni tok je značilno: $\text{rot } \vec{v} = 0$, tekočina je idealna, nujna
- Analogni parametri pri eksperimentalnih metodah so: Φ (potencial), ψ (stream function), χ (elektronski)
- Eni vzletni Bernoullijeva enačba ima uporabni delnice hipoteze: tekočina je idealna in $\rho = f(\Phi)$; $\vec{F} = -\text{grad } U$; tok je stalen
- Vzletni nastane (in cirkulacija): če se vzletni potencial, tlak poveča do nič; če se tlak poveča, potem se vzletni potencial poveča
- Eni Darcyjev je značilno: tekočina je idealna, nujna; tok je potencialen
- Eni razmerje od razmerij izrabe in globalni tlakovi parametri izrabe tekočine razmerij; da je ρ razmerje hitrosti in razmerij in razmerij posredno razmerij; hitrost proučujemo na razmerij in razmerij pri (0)
- Za Newtonove tekočine velja krogli: a, c
- Člen $\mu \left(\frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} \right)$ je del Helmholtzovega razbora; povezuje tlakove napetosti in razmerij x-y
- Kirchhoffovi razbora: eden od razbora je $\frac{\text{rot } \vec{v}}{\rho L} = \text{konst.}$
- Zunaj toka: sile $\vec{F} = \text{konst.}$ so proučujemo na ekvipotencialne sile

16) Opisite značilnosti turbulentnega toka in izpeljite konveksijsko - difuzijsko enačbo za turbulentni transport snovi.

° ZNAČILNOSTI TURBOLENTNEGA TOKA

- VZTRAJNOSTNE KLE SO RELATIVNO POMEMBNE V PRIMERJAVI Z VISKOZINIMI
- $Re \geq 2300$ (TOK V CEVI)
- $Re \geq 500$ (TOK V ODPRTIH KANALIH)
- ENERGIJSKE IZGUBE SO PREPOSORAZMERNE S KVADRATOM HITROSTI
- V GRADBENI PRAKSI TURBOLENTNI TOK NASTOPA ZELO POGOSTO = VEČINA TOKOV V NARAVI JE TURBOLENTNIH

° KONVEK. - DIFUZIJSKA ENAČBA ZA TURBOLENTNI TRANSPORT SNOVI

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho c) + \frac{\partial}{\partial x} (\rho c u) + \frac{\partial}{\partial y} (\rho c v) + \frac{\partial}{\partial z} (\rho c w) = 0$$

$$\rho = \text{const.}$$

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} (cu) + \frac{\partial}{\partial y} (cv) + \frac{\partial}{\partial z} (cw) = 0$$

$$u = \bar{u} + u' \leftarrow \text{odstopaji } c = \bar{c} + c'$$

↑
rednja vrednost

$$\bar{u} \frac{\partial \bar{c}}{\partial t} + \bar{u} \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} + \bar{v} \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} + \bar{w} \frac{\partial \bar{c}}{\partial z} = - \frac{\partial}{\partial x} (\overline{u'c'}) - \frac{\partial}{\partial y} (\overline{v'c'}) - \frac{\partial}{\partial z} (\overline{w'c'})$$

$$\overline{u'c'} = - D_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x}$$

$$\overline{v'c'} = - D_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y}$$

$$\overline{w'c'} = - D_z \frac{\partial \bar{c}}{\partial z}$$

$$\bar{u} \frac{\partial \bar{c}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D_x \frac{\partial \bar{c}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D_y \frac{\partial \bar{c}}{\partial y} \right) +$$

◦ POSTOPEK

- Določimo tokovno mrežo pod pregrado
- Konstruiramo potek piezometrične črte med točkami, tako da upoštevamo znižanje piezometrične črte za $\Delta\pi$ med dvema naslednjima ekvipot. črtama
- Na vsakem mestu dna pregrade določimo tračno crto

◦ DOKAZ, DA JE TOK POTENCIALEN (nerotirčen)

$$\vec{v} = -k \text{ grad } \pi$$

če je $k = \text{konst.}$

$$\vec{v} = \text{grad } \underbrace{(-k \cdot \pi)}_{\Phi}$$

$$\vec{v} = \text{grad } \Phi$$

$$\Phi = -k\pi$$

②
✗

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + \Delta E$$

↑
Ta enačba, ki smo jo dobili za tok podtalnice je enaka

Pri Darcy-evi enačbi velja energijski smisel za

- Tekočina je realna nestisljiva enodimenzijski tok realne tekočine.
- Tok je potencialen

OPIS DARCYEVEGA POKUSA

VAGNJEVA CEV JE NAPOLNJENA S PREPUSTNIM MATERIALOM, SKOZI KATEREGA TEČE PRETOK VODE Q. NA RAZDALJI Δs STA PRIKLJUČENA 2 PIEZOMETRA. NA KATERIH MERIMO PIEZOMETRIČNO VISINO π_1 IN π_2 .

$$v = \frac{Q}{S} = -k \cdot \frac{\Delta\pi}{\Delta s}$$

DARCYEVA ENAČBA

PRIMERJAVNA

DARCYEVE ENAČBE

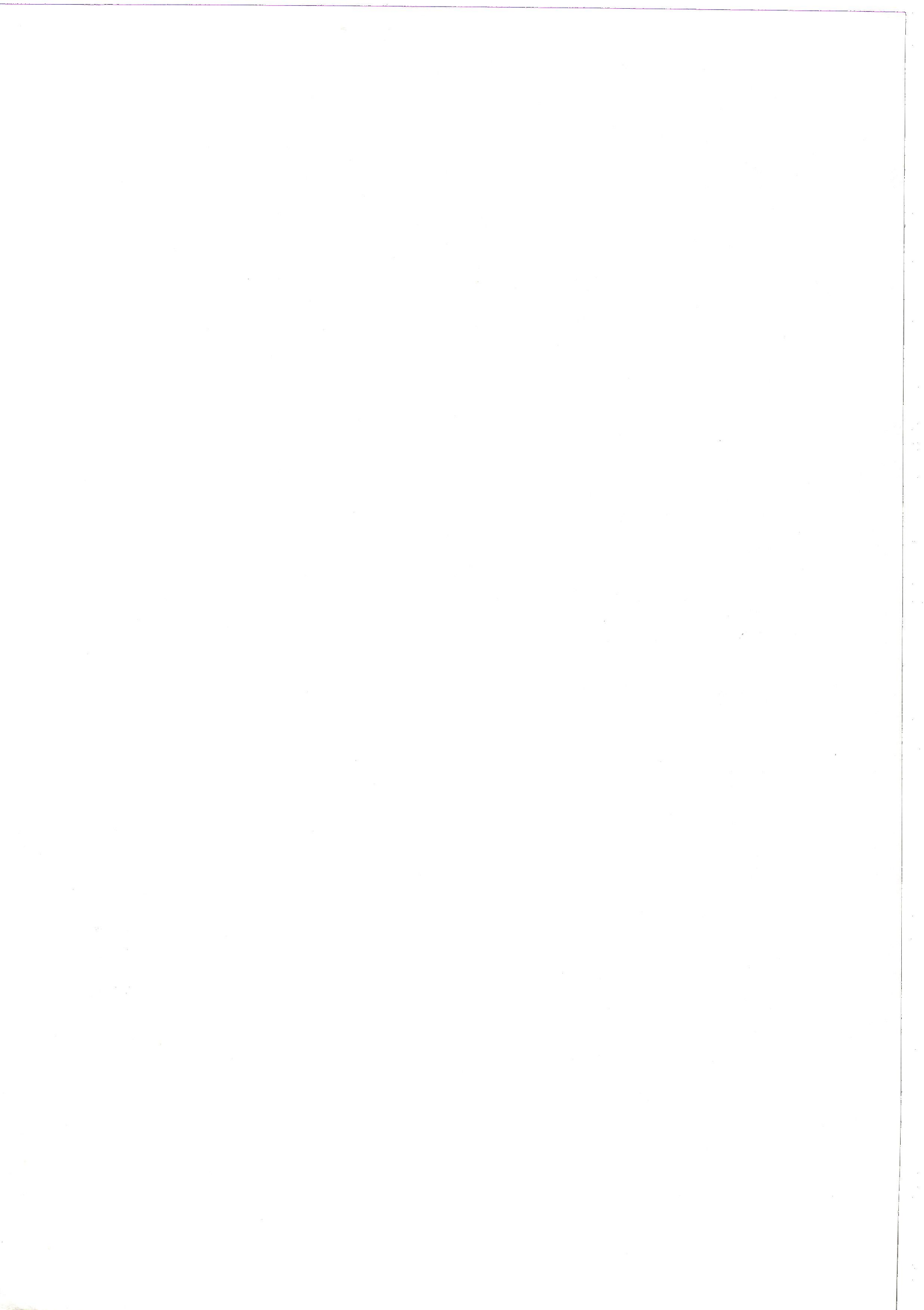
BERNOULLI

$$E_1 = z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} = \pi_1 + \frac{v_1^2}{2g}$$

$$E_2 = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} = \pi_2 + \frac{v_2^2}{2g} \Rightarrow \Delta E = \pi_1 - \pi_2$$

IZPIT IZ HIDROMECHANIKE (teoretični del)
(univerzitetni študij GR-B, VKI-B, GR in VKI,
šolsko leto 2011/2012)
27. 8. 2012 (računalniški rok 27. 8. 2012)

1. Test (glejte priložen list).
2. Navedite osnovne lastnosti tekočin ter jih razvrstite v razne tipe. Nato opišite Couettov poskus in podajte enačbo osnovnega Newtonovega zakona za tekočine. Narišite diagram, ki prikazuje zvezo med strižno napetostjo in deformacijsko hitrostjo za razne tipe snovi!
3. Narišite skico in izpeljite izraza za silo hidrostatičnega pritiska in njeno prijemališče na ravno ploskev v poševni ravnini. Pojasnite tudi, kako določimo silo na krivo ploskev!
4. Izpeljite Kelvinov teorem in komentirajte pomen posameznih členov v njem. Naštejte tudi Helmholtzove zakone in pojasnite, kdaj veljajo!
5. Opišite upor teles v toku in pojasnite razliko med uporom trenja, uporom oblike in dinamičnim vzgonom. Kako praktično računamo skupno silo upora teles v toku (navedite enačbo in pojasnite pomen oznak v njej)? Zakaj imajo bolj hrapava telesa v nekem področju Re števil manjši upor kot bolj gladka? Pojasnite še, kako je z uporom teles (npr. ladij) v bližini gladine!



IZPIT IZ HIDROMECHANIKE (teoretični del)
(univerzitetni študij GR in VKI, šolsko leto 2009/2010)
27. 8. 2010 (računalniški rok 26. 8. 2010)

1. Test (glejte priložen list).
2. Narišite skico in izpeljite izraza za silo hidrostatičnega pritiska in njeno prijemališče na ravno ploskev v poševni ravnini. Pojasnite tudi, kako določimo silo na krivo ploskev!
3. Narišite skico in podajte definicije za trajektorije, tokovnice in sledi. Navedite lastnosti tokovnic in izpeljite njihovo enačbo! Nato podajte še definicije za vrtinčnice, vrtinčne cevke in vrtinčne obroče.
4. Navedite uporabljene predpostavke in izpeljite Bernoullijevo oz. energijsko enačbo! Na kratko navedite še nekaj primerov njune uporabe!
5. Opišite Darcy-jev poskus, podajte enodimenzijsko in nato še splošno trodimenzijsko Darcy-jevo enačbo in dokažite, da je tok podtalnice v poroznem prostoru potencialen. Nato primerjajte Darcyjevo enačbo z Bernoullijeve oz. energijsko enačbo!

6, 9, 10, 11, 15, 16, 17

99

HIDROMEHANIKA – vprašanja za teorijo

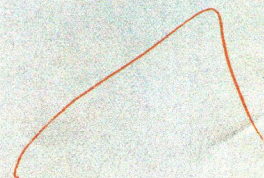
- 3 ✓ 1. Izpeljite kontinuitetno enačbo v splošni obliki in nato kot poseben primer še kontinuitetno enačbo za tekočinsko cevko!
- 1 ✓ 2. Izpeljite Kelvinov teorem in ga komentirajte. Navedite tudi Helmholtzove zakone!
- 3 ✓ 3. Navedite definicijo funkcije toka in hitrostnega potenciala ter naštejte in na kratko opišite metode za določevanje tokovnih mrež!
- 3 ✓ 4. Izpeljite dinamično enačbo v brezdimenzijski obliki in komentirajte pomen Reynoldsovega (Re) in Froudovega (Fr) števila!
- 1 ✓ 5. Izpeljite izraz za prijemališče hidrostatičnega pritiska na ravno ploskev!
- 1 ✓ 6. Izpeljite izraza za tokovno funkcijo in hitrostni potencial za primer potencialnega toka proti ponoru!
- 1 ✓ 7. Pojasnite razliko med viskoznim uporom, uporom oblike in dinamičnim vzgonom ter opišite praktični način računa upora teles v toku!
- 2 ✓ 8. Navedite enačbo stanja za tekočine ter izpeljite izraza za stisljivost oz. modul stisljivosti za kapljevine in pline. Komentirajte razliko v stisljivosti med obema agregatnima stanjema! Od česa je odvisen modul stisljivosti pri plinih?
- 9 ✓ 9. Narišite skico in navedite izraze za izračun sile hidrostatičnega pritiska in prijemališče na krivo ploskev. Dokažite, da je vzgon enak teži izpodrinjene tekočine!
- 1 ✓ 10. Izpeljite Bernoullijevo oz. energijsko enačbo in navedite primerne njene uporabe! Opišite pojav kavitacije!
- 1 ✓ 11. Pojasnite, zakaj ima lahko pri določenem območju Re števila hrapava krogla manjši upor v toku kot gladka krogla? Naštejte nekaj primerov, kjer lahko ta paradoksalen pojav praktično izkoristimo!
- 2 ✓ 12. Izpeljite izraz za spremembo tlaka pravokotno na tokovnice! Z izpeljavo tudi pokažite, kako se spreminja tlak v primeru toka, kjer se tekočina vrti skupaj s posodo!
- 1 ✓ 13. Opišite način računa stabilnosti pri majhnih kotih nagiba in izpeljite izraze za račun metacentrične razdalje! Na kratko opišite tudi način računa stabilnosti plavanja pri velikih kotih nagiba! Opišite vzgon in ga tudi dokažite!
- 2 ✓ 14. Opišite značilnosti laminarnega in turbulentnega toka in nato izpeljite konvekcijsko-difuzijsko enačbo za turbulentni transport snovi!
- 1 ✓ 15. Navedite splošno definicijo rotorja vektorskega polja in nato izpeljite izraz za rotor vektorskega polja hitrosti v cilindričnih koordinatah. Navedite nekaj primerov vrtničnega in nevrtničnega toka in utemeljite, zakaj je v posameznem primeru tok vrtničen oziroma nevrtničen!
- 1 ✓ 16. Opišite Darcyjev poskus, podajte enodimenzijsko in nato še 3D Darcyjevo enačbo in dokažite, da je tok podtalnice v poroznem prostoru potencialen. Nato opišite postopek za določitev vertikalne sile na dno pregrade in izpeljite enačbo za določitev količine pronicanja pod pregrado.
- 1 ✓ 17. Narišite skico in podajte definicijo za trajektorije, tokovnice in sledi. Navedite lastnosti tokovnic in izpeljite njihovo enačbo! Podajte tudi definicijo ekvipotencialnih črt ter napišite Cauchy-Riemannove enačbe v kartezičnih in polarnih koordinatah!
- 2 ✓ 18. Navedite lastnosti tokovnih mrež in jih na kratko opišite!
- 3 ✓ 19. Navedite osnovne lastnosti tekočin ter jih razvrstite v razne tipe. Nato opišite Couettov poskus in podajte enačbo osnovnega Newtonovega zakona za tekočine. Narišite diagram, ki prikazuje zvezo med strižno napetostjo in deformacijsko hitrostjo za razne tipe snovi!
- 3 ✓ 20. Izpeljite teorem o gibalni količini za stalni tok in navedite kočno obliko enačb za primer kolena v horizontalni ravnini! Nato pokažite še, kako rešujemo problem vodnega skoka v pravokotnem koritu. 2

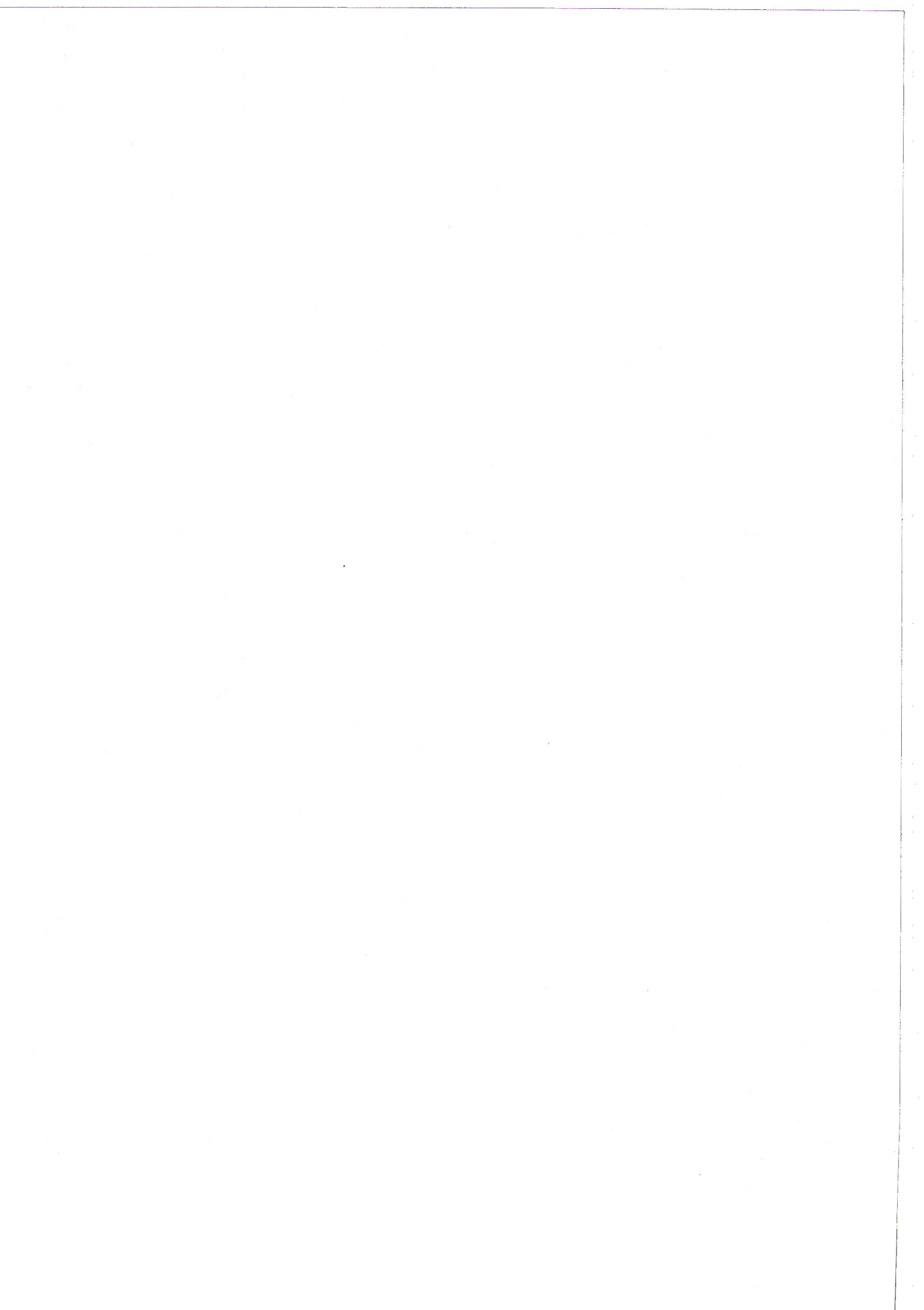
preveri v zapisniku

3.1 ploskev
ifog

IZPIT IZ HIDROMECHANIKE (teoretični del)
(univerzitetni študij GR in VKI, šolsko leto 2009/2010)
27. 8. 2010 (računalniški rok 26. 8. 2010)

1. Test (glejte priložen list).
2. Narišite skico in izpeljite izraza za silo hidrostatičnega pritiska in njeno prijemališče na ravno ploskev v poševni ravnini. Pojasnite tudi, kako določimo silo na krivo ploskev!
3. Narišite skico in podajte definicije za trajektorije, tokovnice in sledi. Navedite lastnosti tokovnic in izpeljite njihovo enačbo! Nato podajte še definicije za vrtinčnice, vrtinčne cevke in vrtinčne obroče.
4. Navedite uporabljene predpostavke in izpeljite Bernoullijevo oz. energijsko enačbo! Na kratko navedite še nekaj primerov njune uporabe!
5. Opišite Darcy-jev poskus, podajte enodimenzijsko in nato še splošno trodimenzijsko Darcy-jevo enačbo in dokažite, da je tok podtalnice v poroznem prostoru potencialen. Nato primerjajte Darcyjevo enačbo z Bernoullijeve oz. energijsko enačbo!





36. MEJNA PLAST

NEČA

~~Uzdolž ravnne ploskve se debelina mejne plasti "maljša"~~

6) Laminarna mejna plast povzroča hitrejšo odtekanje kot turbolentna.

c) $\frac{dp}{dx} > 0$ povzroči hitrejšo odtekanje kot $\frac{dp}{dx} = 0$

~~Debelina mejne plasti je definirana s točko, kjer se konča laminarni film. RAZDALJA OD STENE, KJER SE DOJEŽE 95% " "~~

37. SILO UPORA TELES A LAHKO RAZDELIMO NA VISKOZNI UPOR IN UPOR OBLIKE :

a) Upor oblike nastane zaradi striznih napetosti " upor hruja "

b) Viskozni upor je sorazmeren kvadratu hitrosti " prvi potenciji "

c) Pri velikih hitrostih prevladuje upor oblike

d) Upor oblike je sorazmeren z gostoto tekočine " s tlakom "

38. DINAMIČNA PODOBNOST MODEL-NARAVA POTENI :

a) geometrično podoben raspored tokovnic

b) enak raspored tlakov

~~c) enak raspored hitrosti~~

~~d) enake vrednosti klenovnega koeficienta~~

Idealna tekočina $\rightarrow \mu = 0$ (viskoznost je enaka 0)

32. PRI DARCY-EVI ENACBI VELJA:

- ~~a)~~ Tekočina je idealna nestisljiva
- b) Tekočina je realna nestisljiva
- c) Tok je potencialen
- ~~d)~~ Tok podaljšice skozi skalne razpoke

33. PRI RAČUNU SIL S POMOČJO IZREKA O GIBALNI KOLIČINI MORAMO IZBRATI KONTROLNI VOLUMEN, TAKO DA JE:

- a) Hitrost pravokotna na vstopni in izstopni preseki
- b) Da se kontrolni volumen premika skupaj s hitrostjo
- c) Da je razpored hitrosti v vstopnem in izstopnem preseku enakomeren.
- d) Hitrost v vstopnem preseku glede na premični koordinatni sistem je enaka 0.

34. REYNOLDSOVO ŠTEVILO:

- ~~a)~~ Poi ali je tok potencialen ali ne
- b) Izraz za $Re = \frac{VL}{\nu}$
- c) Izraza razmerja vztrajnostnih in viskoznih sil
- ~~d)~~ Poi, če je v toku mejna plast

laminarni ali turbulenten

35. ZA TURBOLENTNI TOK JE ZNAČILNO

- a) Tok ni potencialen
- ~~b)~~ Veliko Froudovo število "Re"
- ~~c)~~ Razlom $\frac{dz}{dx}$ v turbulentni mejni plasti je "majhni" kot pri laminarni
- d) Pred in mesanju tekočin v prčni smeri (+ostinjanje)
- e) Dodatne strižne napetosti
- f) Konstantna hitrost v smeri osi x
- ~~g)~~ Energijske izgube so proporcionalne kvadratu hitrosti

(28.) KELVINOV TEOREM:

- ~~a)~~ Pove velikost rotorja pri vrtecuji porode
- b) Pok, da je sprememba cirkulacije nič, če imajo manje sile potencial, če $\rho = \rho(p)$ in $\nu = 0$
- c) Izraža vpliv mernih, tlačnih in viskoznih sil na časovno spremembo cirkulacije
- ~~d)~~ Izraža zakonitosti $\frac{\text{rot } \vec{v}}{\rho \cdot l} = \text{konst.}$
↑ HELMHOLTZOV ZAKON

(29.) ZA POTENCIALNI TOK JE ZNACILNO

~~a)~~ $\frac{\text{rot } \vec{v}}{\rho \cdot l} = \text{konst.}$

~~b)~~ tok je laminaren

c) tekočina je idealna, razen v posebnih primerih

d) Pri nestisljivi tekočini je $\text{div}(\text{grad } \phi) = 0$

(30.) ANALOGNI PARAMETRI PRI EKSPERIMENTALNIH METODAH

SO:

a) p in ϕ (viskozna analogija)

b) z in ϕ (membranska analogija)

~~c)~~ ϕ in ψ (membranska analogija)

d) ψ in I (električna analogija)

(31.) PRI REPELJAVI BERNOULLIJEVE ENACBE JIHO UPORABILI

SLEDEČE HIPOTEZE:

a) Tekočina je idealna in $\rho = \rho(p)$

~~b)~~ tok je potencialen

c) tok je stalen

d) $\vec{F} = -\text{grad } U$

24. Enačba $h_s' = h_T' + \frac{J_T}{s \cdot h_T'}$ (pri splomih ravnih ploskvah)

a) Da je težišče obremenjene ploskve

b) Daje težišče obteženega telesa

c) Daje prajemališče ste

d) Daje težišče obteženega diagrama

25. Za stabilnost plavanja je važna sledeća razdalja:

a) razdalja \overline{CWM}

b) razdalja \overline{CGM}

c) razdalja J/P

d) razdalja $J/P - \overline{CWCG}$

26. Pri vrtanju tekočine skupaj s posado okrog vertikalne osi velja:

a) Za gladino velja enačba $dp = 0$

b) Razpored tlakov po površini je hidrostaticen

c) $\frac{\partial p}{\partial z} = 0$

d) gladina se postavi pod naklonom $\frac{\omega^2 x}{g}$

27. Tokovnice

a) Imajo enačbo $\frac{dx}{u} = \frac{dy}{v}$

b) so črte, ki jih tvorijo delci tekočine pri gibanju
"TRAJEKTORJE"

c) So identične s trajektorijami, če tok ni stalen

d) So identične s stenami objekta, ki se premika skozi tekočino, če se opazovalec giblje skupaj z objektom

21) Dinamična enačba x glasi :

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \cdot \nabla) \vec{v} = \vec{F}_m - \frac{1}{\rho} \text{grad } p + \nu \Delta \vec{v} + \frac{\nu}{\rho} \text{grad} (\text{div } \vec{v})$$

\uparrow c \uparrow d \uparrow e \uparrow f
 vpliv mernih sil vpliv tlačnih sil

~~a)~~ Člen a izraža konvekcijski pospešek, člen e pa vpliv stisljivosti.

b) Člen b izraža konvekcijski posp., člen e pa vpliv viskoznih sil.

c) Člen a izraža lokalni pospešek, člen c in f pa vpliv viskoznosti

d) Člen c izraža vpliv sil normalnih napetosti, člen e pa vpliv strižnih napetosti.

22. Modul stisljivosti je v splošnem :

a) $K = - \frac{dp}{dV/V}$

b) Konstanta pri idealnih tekočinah

~~c) $K = - \frac{dp}{dp/p}$~~

d) Funkcija tlaka pri plinih

23) Obtežbeni diagram je :

a) kaže raspored tlakov v simetrični ravnini

b) Težnja obtežbenega diagrama je vedno v prijemalniku sil

c) Presek obremenjene plošče s simetrično ravnino

d) Presek obtežbenega telesa z vertikalno simet. ravnino

17. Osnovni Newtonov zakon α glasi :

~~a)~~ $\tau/s = \gamma \cdot \rho \cdot \frac{du}{dy}$

~~b)~~ $\tau = \mu \frac{du}{dx}$

c) $\tau = \mu \frac{du}{dy}$

~~d)~~ $\mu = f(\rho, \tau)$

18. Člen, ki izraža neto masni pretok skozi površino α glasi :

a) $\frac{\rho}{\sigma t} \int_P \vec{J} d\vec{\sigma}$

b) $\frac{\rho(\vec{J} \cdot \vec{n})}{\sigma \Delta t} J_x$

c) $\iint_S \vec{J} \cdot d\vec{\sigma}$

d) $-\frac{\rho(\vec{J} \cdot \vec{n})}{\sigma t}$

19. Dajmo normalne napetosti imamo :

a) Pri potencialnem toku

b) \bar{u} je $\frac{\partial u}{\partial z} = \frac{\partial u}{\partial y} = 0$, $v = w = 0$

c) Pri idealni tekočini $\mu = 0$

d) Pri mirujoči tekočini $v = 0$

20. Stokesov zakon izraža :

a) kontinuiteto mase

b) strižne napetosti τ odvisnosti od tlakov

c) Viskoznost τ odvisnosti od hitrosti

d) Komponente napetosti τ odvisnosti od komponent hitrosti in njihovih odvodov.

13) PRI DARCYEVI ENACBI VELJA :

- ~~a)~~ tekočina je idealna nestisljiva
- b)** tekočina je realna nestisljiva
- ~~c)~~ tok poteka skozi skalne razpoke
- d)** tok je potencialen

14. FROUDOVO ŠTEVILO : ~~NZ~~ dinamične enačbe

- ~~a)~~ izraža razmerje vztrajnostnih in viskoznih sil
- b)**
$$Fr = \frac{v^2}{gL}$$

~~c)~~ se uporablja za preračun iz modela v naravo, če prevladuje npr. težnost.

~~d)~~ izpelja se iz kontinuitetne enačbe

15) ZA TURBOLENTNI TOK JE ZNAČILNO

~~a)~~ veliko Froudovo število "Re"

b) dodatne križne napetosti

~~c)~~ konstantna hitrost v smeri x-osi "KVADRATON"

~~d)~~ energijske izgube so proporcionalne s prvo potenco hitrosti. ↑ za laminaren tok

16) ZA NE-NEWTONSKE TEKOČINE JE ZNAČILNO :

a) $\frac{du}{dy} \neq konst.$

b) so nestisljive ; so stisljive

c) $\mu = f\left(\frac{du}{dz}\right)$; $\mu = \mu(P, \frac{du}{dz})$

d) $\mu = konst.$ in Temp. $\neq konst.$ \Rightarrow tudi T. konst., $\mu \neq konst.$

9.) FUNKCIJA TOKA

- ~~a)~~ ima fizikalno dimenzijo tlaka
- b)** ima fizikalno dimenzijo pretoka
- ~~c)~~ črte $\Psi = \text{konst.}$ so na stene trdnih objektov \approx toku.
- d)** črte $\Psi = \text{konst.}$ so pravokotne na ekvipotencialne črte

10.) ANALOGNI PARAMETRI PRI EKSPERIMENTALNIH METODAH SO:

- ~~a)~~ ϕ in Ψ (viskozna analogija)
- b)** ϕ in p (viskozna analogija)
- c)** Z in Ψ (membranska analogija)
- d)** ϕ in U (napetost) (električna analogija)

11.) PRI IZPELJAVI BERNOULLIJEVE ENAČBE JE TO VPORABILI HIPOTEZE:

- a)** tekočina je idealna in $f = f(p)$ idealna tekočina
 \rightarrow viskoznost = 0
- ~~b)~~ tok je potencialen
- c)** tok je staten
- d)** P ali $(\overline{F}) = - \text{grad} U$ ($F =$ marna sila)

12.) KAVITACIJA V CEVOVODU NASTANE:

- ~~a)~~ če se relativni tlak zniža do nič
- b)** če se absolutni tlak zniža do nič
- ~~c)~~ če se tlačna črta spusti pod os cevovoda (v relativnem sistemu) \approx absolutnem sistemu
- ~~d)~~ če se energijska črta spusti pod os cevovoda
- ~~e)~~ če se tlačna črta drigne nad energijsko

5. ENAČBA $h_0' = h_T' + \frac{I_T'}{S h_T'}$ PRI SPLOŠNIT RAVNIT

PLOSKVAH:

- a) \bar{u} je sila na ravno ploskev
- b) \bar{u} je prijemaljšča sila $h_0' = h_c' + \frac{I_T'}{S h_T'}$?
- c) \bar{u} je težišče obtežbenega telesa
- d) \bar{u} je težišče obtežbenega telesa

6. KOT NAGIBA PRI NESITETIČNI OBRETNITVI PLAVAJOČEGA TELESA JE ODVIŠEN:

- a) od specifične teže telesa
- b) od lege težišča
- c) od razdalje $C_G C_W$
- d) od volumna potopljivega dela

7. ROTOR HITROSTI

- a) $\text{Rot } \vec{v} = 2 \cdot \vec{\omega}$ $\text{Rot } \vec{v} = 2 \times \vec{\omega}$
- b) je enak 0, \bar{u} je tok laminaren
- c) $(\text{Rot } \vec{v})_x = \frac{\partial v_z}{\partial y} - \frac{\partial v_y}{\partial z}$
- d) je enak 0, \bar{u} je tok potencialen. (mentum)

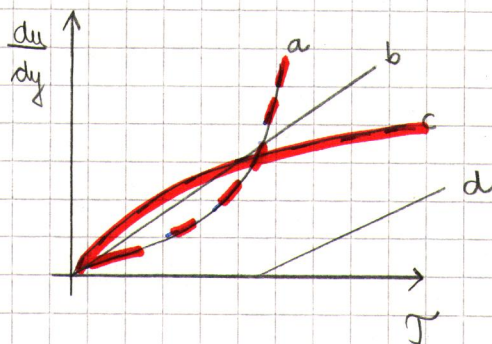
8. HELMHOLTZOVI ZAKONI

- a) veljajo, \bar{u} je tok potencialen
- b) veljajo, \bar{u} je tok laminaren
- ? c) veljajo, $\mu = 0$, $f = f(\rho)$ in $\vec{F} = \text{grad } U$
- d) eden od zakonov je $\frac{\text{rot } \vec{v}}{f \cdot \rho} = \text{konst.}$

ODKROŽI PRAVILNE ODGOVORE

1. ZA NE-NEWTONSKE TEKOČINE VAJAJO KRIVULJE:

- a
- b
- c
- d



2. ČLEN $\mu \left(\frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \right)$ JE (IZRAŽA):

- a) neto masni pretok skozi površino
- b) komponento rotorja $\vec{\omega}$ / ω smeri z
- c) je del Stokersonega zakona
- d) izraža strižno napetost τ ravnini x-y

3. SAPO STRIŽNE NAPETOSTI IHTATO PRI:

- a) idealni tekočini
- b) pri nenevtonskih tekočinah
- c) pri mirujoči tekočini
- d) če je $\frac{\partial u}{\partial z} = \frac{\partial v}{\partial y} = 0$, $v = w = 0$

4. MODUL STIŠLJIVOSTI JE V SPLOŠNEM:

- a) $K = + \frac{dp}{d\rho/\rho}$
- b) $K = - \frac{dp}{d\rho/\rho}$
- c) konstanta pri kapljicah
- d) funkcija tlaka pri plinih

(KOEFFICIENT STIŠLJIVOSTI) $\chi = - \frac{d\rho/\rho}{dp}$