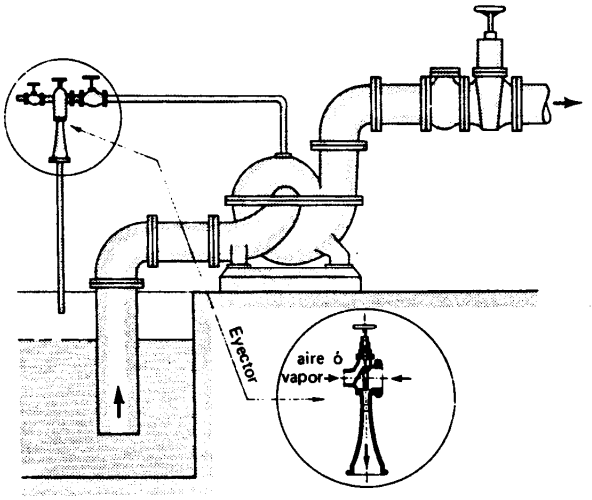
Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitatea

FLUIDOEN MEKANIKA. ARIKETA-BILDUMA



Alberro Eguilegor, Gorka
Almandoz Berrondo, Jabier
Aranburu Aierbe, Joseba
Esnaola Aldanondo, Ganix
Garmendia Antín, Maddi
Goikoetxea Miranda,Estibalitz
Pellejero Salaberria, Idoya

Ingeniaritza Nuklearra eta
Fluidoen Mekanika Saila

Gipuzkoako Ingeniaritza Eskola
Donostia-San Sebastian

Escuela de Ingeniería de Gipuzkoa

Ariketa-bilduma hau Fluidoen Mekanika irakasgaiari dagokio. Hamar kapituluz osaturik dago. Kapitulu bakoitzaren hasieran ariketa-eredu batzu xehetasun osoz ebatziak aurkezten dira. Segidan ikasleari proposaturiko ariketak daude, emaitza barne.

Lan hau Euskal Herriko Unibertsitateko Ingeniaritza Nuklearra eta Fluidoen Mekanika Saileko Gipuzkoako Ingeniaritza Eskolako irakaslegoak egin du. Julian Urdangarin eta Iñigo Herrerok ere hartu dute parte.

Parte hartu dugun guztiok nahi eta espero dugu Fluidoen Mekanika irakasgaiko ikaslearentzat baliagarria eta lagungarria izatea.

Gustora jasoko ditugu zuen gomendioak bilduma hau hobetzeko. Eskertuko dugu bildumako akatsen berri ematea ere kurtsoz-kurtso zuzentzeko.

Donostia – San Sebastián, 2020ko Urtarrila

Aurkibidea

Hitzaurrea **Orr.**

Irakasgaiaren antolakuntza..... i

Irakasgaiaren programa teorikoa..... vii

Irakasgaiaren Laborategiko programa..... xiii

Gaiak

1 Fluidoen propietateak..... 1
2 Fluidoen estatika eta indarrak gainazaletan 23
3 Masa eta energiaren kontserbazioa fluxuan. Neurgailu-
4 ak 73
4 Higidura-kantitatearen kontserbazioa..... 109
5 Analisi dimentsionala eta ereduen antzekotasuna 155
6 Fluxu iraunkorra hodi itxietan 169
7 Erregimen aldakorra hodietan 215
8 Fluxua hodi irekietan eta ubideetan 227
9 Turbomakina hidraulikoak 239
10 Ponpaketa-instalazio sinpleak..... 263

ERANSKINAK: Turboponpen ezaugarri-kurbak 291

eman ta zabal zazu

universidad
del país vasco

euskal herriko
universitatea

Ingeniería Nuclear
Mecánica de Fluidos

FLUIDOEN MEKANIKA

ANTOLAKUNTZA

EBALUAKETA

IRAKASGAIAREN PROGRAMA

FLUIDOEN MEKANIKA

HELBURU OROKORRAK

Ingeniaritzaren arlo bateko oinarria edo funtsa den irakasgai honetan lortu nahi dena hauxe da: ikasleak ezagutu, ulertu eta menpera ditzala solidoetatik guztiz ezberdinak diren fluidoen propietateak eta portaera, bai geldirik bai mugimenduan, ondorengo irakasgaietan makinen eta instalazioen arloetako aplikazio industrial funtsezkoenak garatzen lagunduko diotenak.

Fisikatik eratorritako irakasgaia da eta ikaslearentzat berezko zailtasuna du ulermenean eta arrazoiketan, baina bizitza errealeko arazo praktiko eta ohikoak ebazteko baliagarria izatearen abantaila du.

Fluidoen propietateez gain bere portaera definitzen duten oinarrizko ekuazioak ere aztertuko dira eta esperimentazioan oinarrituriko analisia mota, fisikako arlo guztietan oso erabilgarria dena, analisi dimentsionala deiturikoa. Laburbilduz, ondorengoa lantzen da.

- Estatika eta Hidrostatikaren ekuazioak eta bere aplikazioak.
- Jarraitasunaren edo masaren kontserbazioaren ekuazioa.
- Energiaren ekuazioa eta fluxu-neurgailuak.
- Higidura-kantitatearen ekuazioa eta aplikazioak.
- Dimentsio-analisia eta antzekotasuna

Aplikazioen eremuan ondorengoak aztertuko dira:

- Fluxuen kalkulurako era ezberdinak, bai hodi itxietan bai gainazal librean, fluxu iraunkorren kasuan.
- Transitorioak ere aztertuko dira laburki, bai kontzeptu bai kalkulu mailan.
- Makina hidraulikoen sailkapena eta deskribapena.
- Ponpaketa-instalazio sinpleen azterketa.

Orokorrean ikasleak, bereziki arlo bereko irakasgaiak aukeratzen ez dituenak, gaitasuna eta oinarrizko errekurtsoak izan behar ditu bizitza profesionalean fluidoei buruz azaltzen zaizkion arazoak konpontzeko.

IRAKASGAIAREN ANTOLAKUNTZA

Irakasgaia 6 kredituz osaturik dago, 4,5 kreditu teorikoak (teoria eta ariketak) eta 1,5 laborategiko kreditu praktikoak.

Irakasgaiak astean ordu t´erdiko bi klase ditu bigarren lauhilabetean, teoriari eta ariketei eskeiniak, bereizi gabe, hau da azaldutako teoriaren arabera ariketak planteiatuko dira.

Ikasturtean zehar ikasle bakoitzak 15 ordu laborategiko praktikak egiten ditu. Praktikak bereiziki dozenteak dira eta beraien bidez ikaslea ondorengo arloetan formatu nahi da:

- **Errepasatu, sakondu eta erabili** klase teorikoetan aldez aurretik azaldutako kontzeptu teorikoak.
- **Esperientzia eta praktika hartzea** neurriak hartzen eta enseiu esperimentalak egiten**.**
- **Taldeko lanean trebatzea,** oso beharrezkoa izango baitu bere lanean ingeniari gisa.
- **Txostenak egitea,** oso inportantea ere bere lanerako etorkizunean.
- **Software informatikoen erabilera**

Laborategiko praktikak taldeka egingo dira, gehienez 5 ikaslez osaturikoak izanik. Klase teorikoetan praktika horietan beharrezko diren oinarrizko kontzeptuak azaldu ondoren egingo dira (ahal den heinean). Kurtsoan zehar talde bakoitzak 3 orduko 5 saio ditu gutxi gora behera, saio bakoitzean batazbesteko hiru praktika eginez. Laborategiko praktikatan ikasleei zerrenda pasatzen zaie. Saio bakoitzean talde bakoitzak aldez aurretik zehazturiko kalkulu batzuk entregatu ditzazke laborategian hartutako datuak erabiliz. Bestetik ikasleek, taldeka ere, **txostena** egin dezakete, praktiken-gidan zehazturik dagoen bezalaxe, eta ezarritako epe batean entregatu.

Irakasgai hau ondo barneratu eta menperatzeko ikasleak **lan jarraia, etengabea** egin behar du kurtsoan zehar, kontzeptuak barneratu eta menperatzeko.

IRAKASGAIAREN EBALUAZIOA

Ikasleak **bi ebaluazio aukera desberdindu ditu eskuragarri**: ebaluazio **jarraia** eta ebaluazio **finala**. Besterik adierazi ezean, **ebaluazio jarraia** izango da ebaluazio sistema **ohiko deialdian**, eta **ebaluazio finala** berriz **ezohiko deialdian**. Hala ere ikasleak **ohiko deialdian ebaluazio finala jarraitzeko aukera izango du** jarraian adierazten diren **baldintzak zorrotz bete** ezkero.

- **Ebaluazio jarraia:**
    - Azterketa partzial bat egingo da Fluidoen estatikako atalaren ondoren, 1-8 gaiak eta laborategiko bi saio (nota finalaren %30).
    - Azterketa partzial bat egingo da Dimentsio Analisiaren atalaren ondoren, 9-16 gaiak eta laborategiko saio bat (nota finalaren %35).
    - Azterketa partzial bat egingo da, **ohiko deialdiaren datan**, 17-25 gaiak eta laborategiko 2 saio (nota finalaren %35).
- **Azterketa finala (ohiko nahiz ez-ohiko deialdietan):** Ikasgai osoari buruzko proba idatzia (nota finalaren %100). Laborategiko praktikei buruzko galderak, ariketak eta teoria izango dira azterketa honetan. Ebaluazio finaleko azterketak, ohiko deialdian zein ez-ohikoan, eskolak jarritako data eta ordu ofizialetan egingo dira.

AURKEZTEKE kalifikazioaren inguruan, "Graduko Titulazio Ofizialetako Ikasleen Ebaluaziorako Arautegia"-ren 12.artikuluko 2.atalak honako hau adierazten du deialdiari uko egiteari buruz:

"Etengabeko ebaluazioaren kasuan, azken probaren pisua bada irakasgaiko kalifikazioaren %40 baino handiagoa, nahikoa izango da proba horretara ez aurkeztea azken kalifikazioa "aurkezteke" izan dadin. Aldiz, azken probaren pisua bada irakasgaiko kalifikazaren % 40 edo hori baino txikiagoa, deialdiari uko egin nahi dioten ikasleek kasuan kasuko irakasgaiaren irakaskuntza aldia bukatu baino, gutxienez, hilabete lehenago egin beharko dute eskaria. Eskari hori idatziz aurkeztu beharko zaio irakasgaiaren ardura duen irakasleari".

Graduko titulazio ofizialetako ikasleen ebaluaziorako arautegiaren 8. artikuluak honela dio: “Ikasleek eskubidea izango dute azken ebaluazio bidez ebaluatuak izateko, etengabeko ebaluazioan parte hartu zein ez hartu. Eskubide hori baliatzeko, ikasleak etengabeko ebaluazioari uko egiten diola jasotzen duen idatzi bat aurkeztu beharko dio irakasgaiaren ardura duen irakasleari eta, horretarako, bederatzi asteko epea izango du lauhilekoko irakasgaien kasuan edo 18 astekoa urteko irakasgaienean, ikastegiko eskola egutegian zehaztutakoarekin bat lauhilekoa edo ikasturtea hasten denetik kontatzen hasita. Irakasgaiaren irakaskuntza gidan epe luzeagoa ezarri ahal izango da”. FLUIDOEN MEKANIKA ETA HIDRAULIKA irakasgaian **EZ da epe hori luzatzeko aukerarik** izango. Beraz, irakasgaia lauhilekoa denez, lauhilekoaren hasieratik kontatzen hasita **9 ASTEKO GEHIENEKO EPEA** izango du ikasleak uko eskaera behar bezala aurkezteko, eta ez da eszepziorik onartuko.

Irakasgaian eskainitako bi ebaluazio modalitateen zehaztasunak ematen dira jarraian. Ebaluazio finalari erreferentzia egiten dion guztiak ohiko zein ezohiko deialdietako azterketa finalentzat balio du. Ebaluazio jarraiari dagozkion azterketa partzialak bigarren mailari dagokion irakats ordutegitik kanpo egingo dira. Azterketa partzial hauen behin-behineko data eta ordua lauhilekoaren hasieran emango zaie ikasleei. Kasu guztietan, azterketa partzial zein finaletan laborategi saioei buruzko galderak izango dira. Laborategiko saioen eboluzioaren arabera, ebaluazio jarraiko azterketa bakoitzaren aurretik azterketa horretan laborategiko zein saiori buruz galde daitekeen adieraziko zaio ikasleari. Azterketa finaletan kurtsoko edozein laborategi saiori buruz galde daiteke. Laburbilduz, kurtsoko edozein azterketetan galdera teorikoak, ariketak zein laborategiari buruzko galderak izan daitezke.

INFORMAZIO OSAGARRIA

Ikaslearen lan jarraia baloratu eta haren espedienteko nota hobetu dadin ikaslearen asistentzia eta beste zenbait lan osagarri kontutan izango dira.

Batetik asistentzia kontutan izango da (klase teorikoetan eta laborategiko praktikatan zerrenda pasako da). Bestetik ikasleari agindutako lanak, bere borondatez eginak, jaso eta baloratuko dira.

Lan horien eta asistentziaren balorazioa irakaslearn baitan dago.

Honela, arestian aipatu bezala ikaslearen lan jarraia baloratu eta haren espedienteko nota hobetu nahi da.

IRAKASGAIRAKO GOMENDIOAK

Aldez aurretiko beharrezko ezagutzak

- Fisikako oinarrizko ezagutza, batez ere solidoen mekanika eta aldagai fisikoen neurketarako unitateen erabilera.
- Matematikako oinarrizko ezagupenak: trigonometria, integralen ebazpena, ekuazio diferentzialak eta erraztasuna ekuazioen askapenean.
- Trebetasuna eta arintasuna kalkulagailuaren erabileran.
- Windows inguruko programa informatikoen ezagupena: Word, Excel eta Power-Point.

FLUIDOEN MEKANIKA. PROGRAMA

1. gaia.- FLUIDOEN MEKANIKAREN SARRERA. ALDEZ AURRETIKO KONTZEPTUAK.

1.1.- Fluidoen mekanikaren xedea.
1.2.- Fluidoen mekanikaren aplikazioak.
1.3.- Unitate - sistemak. Dimentsioak.
1.4.- Dentsitatea. Pisu espezifikoa eta bolumen espezifikoa.
1.5.- Aldagai termodinamikoak. Egoera - ekuazioak.
1.6.- Gradientearen kontzeptua. Dibergentzia, laplacetarra eta errotazional eragileak.

2. gaia.- FLUIDOEN PROPIETATE FISIKOAK. DEFINIZIOAK.

2.1.- Fluidoaren definizioa. Solidoak, likidoak eta gasak. Analogiak eta diferentziak.
2.2.- Fluidoa ingurune jarraia.
2.3.-Biskositatea. Biskositatearen Newton-en legea. Diagrama erreologikoa. Biskositatearen unitateak. Biskositate zinematikoa. Biskositate enpirikoak.
2.4.- Fluido ideal eta perfektua.
2.5.-Elastikotasuna eta elastikotasun bolumetrikoaren modulua. Konprimagarritasun kubikoaren koefizientea.
2.6.- Gainazal - tentsioa. Kapilartasuna.
2.7.- Lurrin - tentsioa. Kabitazioa
2.8.- Likidoen bolumenean gasen absorzio edo zurgapena. Henry-ren legea.

3. gaia.- FLUIDOEN ESTATIKAREN LEGE OROKORRAK.

3.1.- Sarrera. Fluido batean eragiten duten indarren sailkapena.
3.2.- Fluido baten puntu bateko presioa. Isotropiaren printzipioa.
3.3.- Fluidoen estatikaren funtsezko ekuazioa.
3.4.- Estatikaren ekuazioa bolumen - indarrak potentzial batetik eratortzen diren kasuan.
3.5.- Fluidoen estatikaren ondorioak.

4. gaia.- FLUIDO KONPRIMAEZINEN ESTATIKA EREMU GRABITATORIOAN. HIDROSTATIKA.

4.1.- Hidrostatikaren funtsezko ekuazioa.
4.2.- Hidrostatikaren ondorioak.
4.3.- Geldirik dagoen fluido konprimaezin bateko presio - aldaketa.
4.4.- Pascal-en printzipioa. Prentsa hidraulikoak.
4.5.- Presioaren unitateak.
4.6.- Presioaren eskalak. Presio absolutua eta presio manometrikoa.
4.7.- Presio - neurgailuak. Manometro eta mikromanometroak.

5. gaia.- FLUIDOEN ESTATIKA BESTE INDAR - EREMU BATZUTAN. OREKA ERLATIBOA

5.1.- Beste indar-eremu batzuen menpe dauden fluidoak.
5.2.- Funtsezko ekuazioa.
5.3.- Azelerazio uniformearen menpe dagoen fluido baten azterketa.
5.4.- Errotazio uniformearen menpe dagoen fluido baten azterketa.

6. gaia.- FLUIDO KONPRIMAGARRIEN ESTATIKA EREMU GRABITATORIOAN.

6.1.- Funtsezko ekuazioa.
6.2.- Fluidoen konprimaezintasuna onartu ezin daitekeeneko zenbait kasu.
6.3.- Fluido gutxi konprimagarrietan presio-aldaketa: likidoak.
6.4.- Fluido konprimagarrietan presio-aldaketa: gasak.

7. gaia.- GAINAZALETAN ERAGITEN DUTEN INDARRAK.

7.1.- Gainazal laun horizontalen gaineko indarrak. Ordezkaria. Ekintza-zentrua.
7.2.- Gainazal laun inklinatuen gaineko indarrak. Ordezkaria. Ekintza-zentrua. Presio-prismaren bitartez eginiko indarren kalkulua.
7.3.- Indarren kalkuluan egurats-presioak daukan eragina
7.4.- Gainazal kurbatuen gaineko indarrak. Osagai horizontalak. Osagai bertikala. Ordezkaria. Ekintza -zentrua.
7.5.- Azpipresioaren fenomenoa.

8. gaia.- GORPUTZ ITXIEN GAINEKO INDARRAK.

8.1.- Osagai horizontala. Ordezkaria.
8.2.- Osagai bertikala. Bultzada. Arquimedes-en printzipioa. Ekintza-zentrua.
8.3.- Hodi, deposituen hondo eta esferetan trakzio-tentsioak. Lodieren kalkulua. Barlow-en formula.
8.4.-Egonkortasun lineal, bertikal eta errotazionala. Oreka egonkor, ezegonkor eta indiferentea.
8.4.- Gorputz flotatzaileak. Definizioak.
8.5.- Metazentrua. Altuera metazentrikoa. Gorputz prismatikoen egonkortasun flotatzailea.

9. gaia.- FLUIDOEN HIGIDURAREN OINARRIAK.

9.1.- Sarrera.
9.2.- Fluxu edo jarioa. Fluxu-motak.
9.3.- Euler eta Lagrange-ren aldagaiak.
9.4.- Korronte-lerroa; korronte-tutua; ibilbidea.
9.5.- Partikula jariakor baten azelerazioa. Azelerazio lokal eta konbektiboa.
9.6.- Fluxu bolumetrikoa eta masikoa.

9.7.- Ingurune jarraien funtsezko printzipioak; kontrol-sistemak eta kontrol-bolumenak.
9.8.- Kontrol-sistema eta bolumen-kontrolaren metodoen arteko erlazioak. Reynolds-en garraioaren teorema.

10. gaia.- MASAREN KONTSERBAZIOAREN TEOREMA. JARRAITASUNAREN EKUAZIOA.

10.1.- Jarraitasunaren ekuazio integrala, fluido konprimaezin eta fluxu iraunkor eta unidimentsionalaren kasurako.

11. gaia.- FLUIDOEN DINAMIKAREN FUNTSEZKO EKUAZIOAK.

11.1.- Fluido batetan eragiten duten indarrak.
11.2.- Euler-en ekuazioa edo fluido perfektuen dinamikaren funtsezko ekuazioa.
11.3.- Fluido perfektuen higiduraren ekuazio orokorrak.
11.4.- Navier/ Stokes-en ekuazioak.

12. gaia.- BERNOUILLI-REN EKUAZIOA.

12.1.- Euler-en ekuaziotik abiatuta Bernouilli-ren ekuazioa. Hipotesi sinplifikatzaileak.
12.2.- Bernouilli-ren ekuazioaren eta Termodinamikaren lehen printzipioaren arteko erlazioa.
12.3.- Interpretazio fisikoa eta Bernouilli-ren ekuazioaren baliozkotasun - baldintzak.
12.4.- Bernouilli-ren ekuazioa oinarritu zeneko hipotesien aldakuntza. Bernouilli-ren ekuazioaren orokortasuna.
12.5.-Energia zinetikoaren zuzenketa - faktorea.

13. gaia.- BERNOUILLI-REN EKUAZIOAREN APLIKAZIOAK. NEURGAILUAK.

13.1.- Presio estatiko, dinamiko eta totalaren kontzeptuak.
13.2.- Presio estatikoaren neurgailuak: piezometroa eta tutu estatikoa.
13.3.- Presio totalaren neurgailuak: Pitot-en tutua.
13.4.- Abiaduraren neurgailuak. Pitot-en tutua eta piezometroaren artean osatutako gailua. Pitot-en tutua eta tutu estatikoarena.
13.5.- Ontzi baten neurketa-zuloa. Torricelli-ren ekuazioa.Deposituen hustuketa eta beraien arteko intsuldaketa erregimen iraunkorrean
13.6.-. Aparatu deprimogenoak: Venturimetroa, tobera, diafragma eta ukondo-neurgailua.
13.7.-. Zeharkako neurgailuak.
13.8.-. Isurgailuak.

14. gaia.- HIGIDURA - KANTITATEAREN TEOREMA.

14.1.- Higidura-kantitatearen teorema. Kasu bereziak: fluxu iraunkorra. Fluxu dimentsiobakarra. Fluxu konprimaezina.
14.2.- Higidura-kantitatearen zuzenketa-koefizientea.
14.3.- Higidura-kantitarearen momentuaren teorema.

15. gaia.- HIGIDURA - KANTITATEAREN TEOREMAREN APLIKAZIOAK.

15.1.- Solido batetan fluido batek eragindako indarrak.
15.2.- Helize bultzatzaileen teoria. Rankine-ren hipotesiak.
15.3.- Txorro-propultsio edo bultzaketa.
15.4.- Kohetearen mekanika.
15.5.- Alabeen teoria orokorra eta Pelton turbina batetan aplikatua.
15.6.- Bapateko zabalgune edo estugune batean karga-galeren kalkulua.
15.7.- Aspersoreen funtzionamendua.

16. gaia.- ANALISI DIMENTSIONALA ETA EREDU-TEORIA.

16.1.- Sarrera
16.2.- Entitate baten dimentsioak. Adierazpen dimentsionala.
16.3.- Homogenotasun-printzipioa.
16.4.- Vaschy/ Buckingham-en teorema.
16.5.- Parametro adimentsionalak. Aplikazio-adibideak. Parametro-aukeraketa.
16.6.- Fluidoen mekanikaren parametro adimentsional garrantzitsuenak.
16.7.- Antzekotasun-motak.
16.8.- Antzekotasun eta analisi dimentsionalaren aplikazioak.

17. gaia.- BISKOSITATEAREN ERAGINA FLUXUETAN.

17.1.- Barne- eta kanpo-fluxuak.
172.- Reynolds-en esperientziak. Ondorioak. Reynolds-en zenbakia.
17.3.- Muga-geruzaren kontzeptua.
17.4.- Erresistentzia murgildutako gorputzetan. Erresistentzia- eta euste-koefizienteak.
17.5.- Fluxu laminarra barne-fluxuetan.
17.6.- Fluxu turbulentua barne-fluxuetan.

18. gaia.- HODI ITXIETAKO KARGA-GALEREN IKERKETA.

18.1.- Fluxuarekiko erresistentzia hodi itxietan. Darcy/Weisbach-en ekuazioa.
18.2.- Hodi leun eta zimurtsuak ikuspegi hidraulikotik. Mugak.
18.3.- Igurtziera-koefizientearen kalkulurako adierazpenak. Aldizkotasunaren fenomenoa. Nikuradse-ren entseiu edo saiakuntzak.
18.4.- Moody-ren abakoa
18.5.- Moody-ren abakoaren erabilera..
18.6.- Karga-galeren kalkulua fluxua konprimagarri denean.

19. gaia.- HODI ITXIETAN FLUXU IRAUNKORRA. KONDUKZIOEN KALKULU PRAKTIKOA. SAREAK.

19.1.- Garrantzi txikiko galerak: luzera baliokidea eta pasu-faktorea.
19.2.- Hodien zahartzea.
19.3.- Lerro piezometrikoa eta altuera totala.
19.4.- Karga-galerak kalkulatzeko formula enpirikoak.
19.5.- Serieango hodiak. Paraleloango hodiak. Zirkuitu bateko fluidoen zirkulazioaren legeak.
19.6.- Sareak. Sare adarkatuak. Sare mailatuak

20. gaia.- ERREGIMEN ALDAKORRA HODIETAN.

20.1.-Ariete-kolpe handiena. Jouguet eta Michaud-en formulak.
20.2.- Uhin elastikoen propagazioa. Uhinaren abiadura.
20.3.- Partikulen mugimenduaren ekuazioa. Allievi-ren formula.
20.4.- Hodi bateko ahari - talkaren kalkulua grabitateari esker funtzionatzen duelarik.
20.5.- Hodi bateko ahari - talkaren kalkulua ponpaketari esker funtzionatzen duelarik.
20.6.- Ahari - talkaren ahuldura edo atenuazioaren moduak.

21. gaia.- HODI IREKIETAN (KANALAK) FLUXU IRAUNKORRA.

21.1.- Fluxu iraunkor eta uniformearekiko erresistentzia hodi irekietan. Chezy-ren adierazpena.
21.2.- Chezy-ren koefizientea. Manning-en formula.
21.3.- Zeharkako ebakiduran dagoen presio eta abiadura - banaketa.
21.4.- Ebakidura hidraulikoki hoberenak.
21.5.- Kanalen kalkulu praktikoa.

22. gaia.-. MAKINA HIDRAULIKOAK. FUNTSEZKO PRINTZIPIOAK. TURBOMAKINAK.

22.1.- Makina hidraulikoen definizioa. Sailkapenak.
22.2.- Turbomakinen definizioa. Funtsezko elementuak.
22.3.-Deskribapena eta funtzionamendu-printzipioa. Abiadura-diagrama. Turbomakinen funtsezko teorema.
22.4.- Turbomakinen sailkapena.

23. gaia.- TURBINA HIDRAULIKOAK. ZENTRAL HIDROELEKTRIKOAK

23.1.- Turbina hidraulikoaren definizioa. Funtsezko elementuak.
23.2.- Gaurregungo turbina hidrauliko motak. Akzio- eta erreakzio-turbinak. Azalpen orokorra. Funtsezko ezberdintasunak. Aplikazio-eremuak.
23.3.- Pelton turbinak: deskribapena. Elementuak. Funtzionamendu- printzipioak.
23.4.- Francis turbinak: deskribapena. Elementuak. Funtzionamendu- printzipioak.

23.5.- Helize, Kaplan, Deriaz eta Bulbo turbinak.
23.6.- Zentral hidroelektriko motak.

24. gaia.- PONPA HIDRAULIKOAK.

24.1.- Ponpa hidraulikoaren definizioa. Likidoaren energia gehitzeko erak.
24.2.- Ponpa hidraulikoen sailkapena.
24.3.-Turboponpak: deskribapen orokorra, funtsezko elementuak, funtzionamendu-printzipioak, aplikazio - eremua, sailkapena.
24.4.- Ponpa alternatiboak: deskribapen orokorra, funtsezko elementuak, funtzionamendu - printzipioak, aplikazio - eremua, sailkapena.
24.5.- Ponpa birakariak: deskribapen orokorra, funtsezko elementuak, funtzionamendu - printzipioak, aplikazio - eremua, sailkapena.

25. gaia.- PONPAKETA - INSTALAZIOAK.

25.1.- Instalakuntzaren kurba karakteristikoa.
25.2.- Instalazioaren altuera manometrikoa. Ponparen altuera manometrikoa. Errendimenduak.
25.3.- Turboponparen kurba karakteristikoak.
25.4.- Ponpen kabitazioaren edo hustasunaren ikerketa: N.P.S.H.
25.5.- Ponparen aukeraketa. Funtzionamendu-puntua.
25.6.-Funtzionamendu-puntuaren aldaketa instalazioaren kurba karakteristikoaren aldakuntzaren eta turboponparen kurbaren aldakuntzaren arabera.
25.7. – Ponpak seriean eta paraleloan.

LABORATEGIKO PRAKTIKEN PROGRAMA

1.- Fluidoen propietateei eta presioaren neurketa buruzko praktikak

1.1.- Dentsitatearen neurketa balantzaren bidez.
1.2.- Biskositatearen neurketa Engler biskosimetroaren bidez.
1.3.- Kapilaritatearen behaketa.
1.4.- Presioaren neurketarako tresnak.
1.5.- Presioaren neurketa manometro diferentzialen bidez.
1.6.- Presioaren neurketa mikromanometroen bidez.

2.- Indarren kalkuluari buruzko praktikak

2.1.- Gainazal gaineko indarren neurketa.
2.2.- Hidrometroaren erabilpena.
2.3.- Solido eta likido baten dentsitatearen kalkulua pisatze hidrostatikoaren bidez.
2.4.- Kabitazioaren behaketa eta azterketa.

3.- Fluidoen fluxuaren neurketari buruzko praktikak

3.1.- Presio estatiko, dinamiko eta totalaren neurketa.
3.2.- Aire-fluxu baten abiaduraren neurketa.
3.3.- Zuloguneetan zeharreko deskarga erregimen iraunkorrean. Zulogune bateko koefizienteen kalkulua.
3.4.- Depositu baten huste-denbora.

4.- Fluidoen fluxuaren neurketari buruzko praktikak

4.1.- Venturimetroen kalibraketa.
4.2.- Diafragmaren kalibraketa.
4.3.- Errotametro baten kalibraketa.
4.4.- Emarien neurketa isurbideen bidez.
4.5.- Zeharkako fluxu-neurgailuak

5.- Fluxu errealen azterketari buruzko praktikak.- Karga-galerak hodi itxietan. Ponpa eta ponpaketa-instalazioei buruzko praktikak

5.1.- Hodi itxietako karga-galeren azterketa.
5.2.- Pieza berezietako karga-galeren azterketa.
5.3.- Balbulen irekitze-gradu ezberdinetarako luzera baliokidea eta igarotze-faktorea determinatzea
5.4.- Ariete-kolpearen azterketa.
5.5. - Makina Hidraulikoen azterketa topologikoa

BIBLIOGRAFIA

1) ALMANDOZ J., MONGELOS B., PELLEJERO I., “Fluidoen Mekanikako apunteak” (irakasgaiaren 2. zatia) Donostiako U.E.P. UPV-EHU.
2) ALMANDOZ J., MONGELOS B., PELLEJERO I., “Fluidoen Mekanika. Kuadroak eta abakoak” E.U.Politécnica de Donostia. San Sebastián. UPV-EHU.
3) ALMANDOZ J., MONGELOS B., PELLEJERO I. SANTOS SABRAS, F. “Fluidoen Mekanika. Ariketa-bilduma” Elhuyar. 1998.
4) ALMANDOZ J., MONGELOS B., PELLEJERO I., REBÓN D. “Fluidoen Mekanikako laborategiko praktikak” Donostiako U.E.P. UPV-EHU.
5) AGÜERA SORIANO, José. "Jariakin konprimaezinen mekanika eta makina hidraulikoak" Ed. Ciencias - 1992.
6) DOUGLAS J.F. “Mecánica de los fluidos” Volumen I y II. Ed. Bellisco 1991
7) MATAIX C. "Mecánica de fluidos y Máquinas Hidráulicas". Ed. del Castillo, 1982.
8) GILES R. V. "Mecánica de los fluidos e Hidráulica". Ed. Mc. Graw-Hill.
9) STREETER V.L. WYLIE E.B. "Mecánica de los fluidos". Ed. Mc. Graw-Hill, 1979.
10) FOX R.W. y Mc. DONALD. A.T. “Introducción a la Mecánica de Fluidos”. Ed. Mc. Graw-Hill-1989.
11) FRANZINI J.B. y FINNEMORE E.J. “Mecánica de Fluidos con aplicaciones en Ingeniería” Ed. Mc. Graw-Hill –1999.
12) WHITE F.M. “Mecánica de los fluidos” Ed. Mc. Graw-Hill 1983.
13) ROBERSON / CROWE "Mecánica de fluidos". Ed.: Interamérica.
14) GARCÍA TAPIA, Nicolás. “Ingeniería Fluidomecánica”. Ed. Secretariado de publicaciones. Universidad de Valladolid.
15) POTTER M.C., WIGGERT D.C. “Mecánica de Fluidos”. Ed. Thomson. Ciencias e Ingenierías.
16) MUNSON B.R., YOUNG D.F., OKIISHI T.H. “Fundamentos de Mecánica de Fluidos” Ed. Limusa Wiley.
17) CENGEL A., YUNUS; CIMBALA M., JHON. “Mecánica de Fluidos. Fundamentos y aplicaciones”. Ed. McGraw Hill.
18) “Makina Hidraulikoen Topologia-ri” buruz Power Point-en eginiko programa dozenteak. Ikasleen eskura daude Donostiako Unibertsitate-Eskola Politeknikoko Makina Hidraulikoen laborategian.

1 GAIA

Fluidoen propietateak

FLUIDOEN PROPIETATEAK

SARRERA

Kapitulu honetan fluidoen propietateei buruzko zenbait ariketa aurkezten dira, hala nola biskositatea, elastikotasun bolumetrikoaren modulua eta gainazal-tentsioaren ondoriozko kapilartasuna.

ARIKETA EBATZIAK

1.1. Gorputz baten pisua 50 kg-koa da 3,5 m/s^2-ko grabitatea duen planetan, eta bere dentsitatea 2.500 kg/m^3-koa da. Ondokoa eskatzen zaizu:

a) Gorputzaren masa eta bolumena.
b) Gorputzaren pisua, lurrean.

Oharra: Egizu problema Sistema Internazionalean (SI).

Ebazpidea

$$\boxed{Datuak: W = 50\ kg; g = 3{,}5\ m/s^2; \rho = 2.500\ kg/m^3}$$

a) Gorputzaren masa eta bolumena. ·

$$W = m \cdot g \Rightarrow m = \frac{50 \cdot 9{,}8}{3{,}5} = 140\ kg \rightarrow m = 140\ kg \cdot$$

$$\boxed{m = 140\ kg}$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow V = \frac{m}{\rho} = \frac{140}{2.500} = 0{,}056\ m^3 \rightarrow V = 56 \cdot 10^{-3}\ m^3$$

$$\boxed{V = 56 \cdot 10^{-3}\ m^3}$$

b) Gorputzaren pisua lurrean.

$$W = m \cdot g = 140 \cdot 9{,}8 = 137{,}2\ N \rightarrow W = 1.372\ N$$

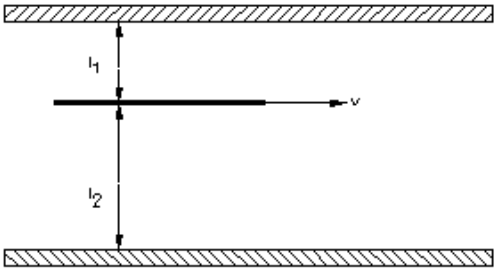
$$\boxed{W = 1.372\ N}$$

1.2. Dimentsio handiko bi gainazal lau 32 mm-ko tarteaz bereizita daude. Tarte hau 0,15 Poise-ko biskositatea duen likidoaz bete da. Abiadura-gradientea lineala dela suposatuz, ondorengoa eskatzen da:

a) Zenbateko indarra behar da (daN-etan) 0,5 m^2-ko azalera eta alde batera uzteko lodiera duen plaka 20 cm/s-ko abiaduraz desplazatzeko? Plaka gainazal batetik 10 mm-ra dago.

b) Zenbatekoa da galdutako potentzia W-etan? Arrazoitu egiten duzun guztia.

Ebazpidea:

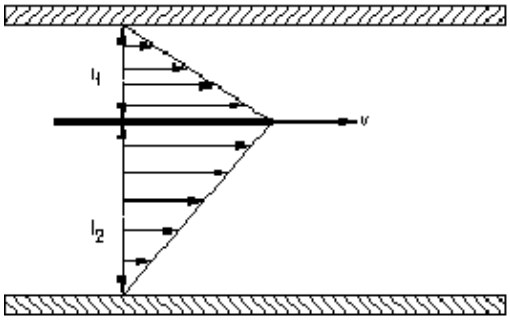


$$\boxed{\begin{array}{l} Datuak: \mu = 0{,}15\ Po = 0{,}015\ Pl; l_1 = 10\ mm; \\ l_2 = 32 - 10 = 22\ mm \\ Abiadura - gradientea\ lineala; A = 0{,}5\ m^2; \\ V = 20\ cm/s = 0{,}2\ m/s \end{array}}$$

a) Indarra daN-etan.

Newton-en biskositatearen legea.

$$\frac{dF_t}{dA} = \mu \cdot \frac{dV}{dy} \Rightarrow F_t = \mu \cdot \frac{V}{y} \cdot A$$



non

μ: likidoaren biskositate dinamikoa.

v/y: abiadura-gradientea.

A: plaka mugikorraren sekzioa.

$$F_t = \mu \cdot \frac{V}{l_1} \cdot A + \mu \cdot \frac{V}{l_2} \cdot A = \mu \cdot A \cdot \left(\frac{V}{l_1} + \frac{V}{l_2} \right) =$$

$$= 0{,}015 \cdot 0{,}5 \cdot \left(\frac{0{,}2}{0{,}01} + \frac{0{,}2}{0{,}022} \right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_t = 0{,}218\ N \Rightarrow 0{,}0218\ daN$$

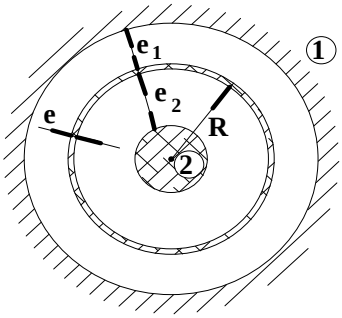
$$F_t = 0{,}218\ N \Rightarrow 0{,}0218\ daN$$

b) Galdutako potentzia W-etan.

$$Pot = F_t \cdot V = 0{,}218 \cdot 0{,}2 = 0{,}0436\ W \Rightarrow Pot = 0{,}0436\ W$$

$$\boxed{Pot = 0{,}0436\ W}$$

1.3. Erdiko zilindroak 30 bira/min-ko abiadura angeluarraz bira dezan 4 Nm-ko bihurdura-momentua behar da. 1 eta 2 zilindroak finko daude. Zilindro guztiek 450 mm--ko luzera dute. Kalkulatu olioaren biskositate dinamikoa. Alde batera utzi muturretako efektuak eta erdiko zilindroaren lodiera (e≅0).

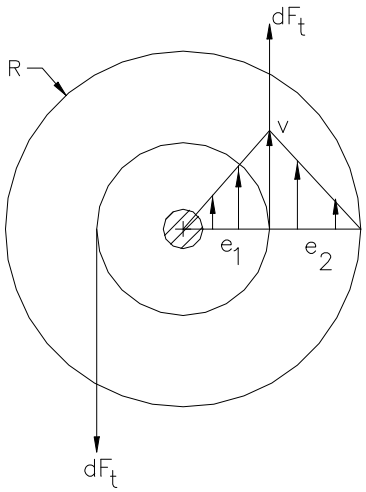


Datuak: R= 0,15 m; $e_1 = e_2 = 3$ mm

Ebazpidea:

$$\boxed{Datuak: M = 4\ mN; N = 30\ bira/min; L = 450\ mm; e \approx 0; e_1 = e_2 = 3\ mm; R = 0{,}15\ m}$$

a) Olioaren biskositate dinamikoa (μ)



$$Abiadura - gradientea. = \frac{V}{e_1} = \frac{V}{e_2}$$

$$V = \omega \cdot R = \frac{30 \cdot 2\pi}{60} \cdot R = \pi \cdot R\left(m/s\right) =$$
$$= \pi \cdot 0{,}15\left(m/s\right)$$

Newton-en biskositatearen legea:

$$dF_t = \mu \cdot \frac{dV}{dl} \cdot dA$$

$$dF_t = \mu \cdot \frac{V}{e_1} \cdot dA + \mu \cdot \frac{V}{e_2} \cdot dA = \mu \cdot dA \cdot \left(\frac{V}{e_1} + \frac{V}{e_2}\right)$$

dF_t indar infinitesimalak binaka anulatzen dira.

$$dM = dF_t \cdot R \Rightarrow M = \int_A dF_1 \cdot R = \int_A \mu \cdot \left(\frac{V}{e_1} + \frac{V}{e_2}\right) \cdot dA \cdot R \Rightarrow$$

$$M = \mu \cdot \left(\frac{V}{e_1} + \frac{V}{e_2}\right) \cdot 2\pi \cdot R \cdot L \cdot R \Rightarrow$$

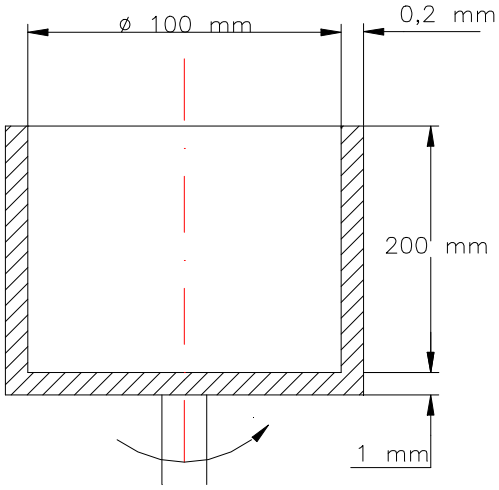
$$\mu = \frac{M}{\left(\frac{V}{e_1} + \frac{V}{e_2}\right) \cdot 2\pi \cdot R^2 \cdot L} = \frac{4}{\frac{2 \cdot 0{,}15 \cdot \pi}{0{,}003} \cdot 2\pi \cdot 0{,}45 \cdot 0{,}15^2} = 0{,}2\ Pl$$

$$\boxed{\mu = 0{,}2\ Pl = 2\ Po}$$

1.4. Irudiak erakusten duen kojineteak 2 zilindro ardazkide ditu, eta bien artean 0,95 dentsitate erlati-boko olioa dago.

Kalkulatu:

a) Olioaren biskositate dinamikoa.
b) Olioaren biskositate zinematikoa.
c) Prozesuan erabili den potentzia.
d) Olioaren deformazioaren abiadura angeluarra.



Datuak: Kanpoko zilindroaren biraketa-abiadura = 90 bira/min. Barruko zilindroaren biraketa-abiadura = 0. Bihurdura-momentua = 0,04 m·kg.

Ebazpidea:

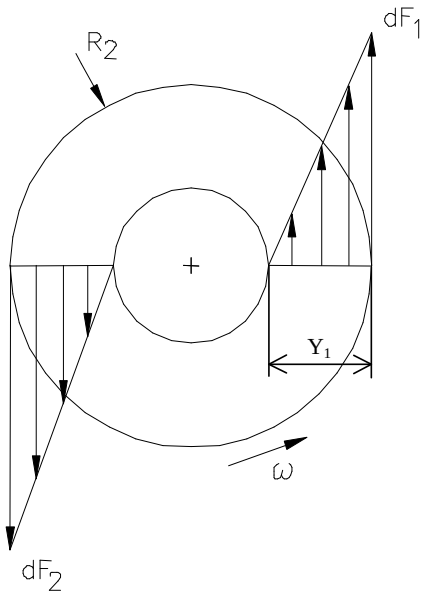
$$Datuak: s = 0{,}95;\ N = 90\ bira/\min \Rightarrow \omega = \frac{90 \cdot 2\pi}{60} = 3\pi\ {}^{rad}\!/_{s};\ R_1 = 50\ mm;\ R_2 = 50{,}2\ mm$$
$$y_1 = 0{,}2\ mm;\ y_2 = 1\ mm;\ L = 200\ mm;\ M_T\left(bihurdura - momentua\right) = 0{,}04\ mkg = 0{,}04 \cdot 9{,}8 =$$
$$= 0{,}392\ mN = 0{,}392\ J$$

a) Olioaren biskositate dinamikoa (μ).

M_1 = egin beharreko momentua, alboko gainazalak olioaren higidurari ezartzen dion erresistentzia gainditzeko.

M_2 = egin beharreko momentua hondoko gainazalak olioaren higidurari ezartzen dion erresistentzia gainditzeko.

$$M_T = M_1 + M_2 = 0{,}392 mN$$



<u>Alboko gainazala (A_1).</u>

dF_1 = dF_2, indarrak binaka anulatu egiten dira. F_{totala} = 0.

Newton-en biskositatearen legea:

$$dF_1 = \mu \cdot \frac{dV}{dy_1} \cdot dA_1 = \mu \cdot \frac{\omega \cdot R_2}{y_1} \cdot dA_1$$

$$dM_1 = dF_1 \cdot R_2 = \mu \cdot \frac{\omega \cdot R_2}{y_1} \cdot dA_1 \cdot R_2$$

$$M_1 = \int_{A_1} \mu \frac{\omega \cdot R_2^{\,2}}{y_1} \cdot dA_1 = \frac{\mu \cdot \omega \cdot R_2^{\,2}}{y_1} \cdot 2\pi \cdot R_2 \cdot \left(L + 10^{-3}\right) \Rightarrow$$

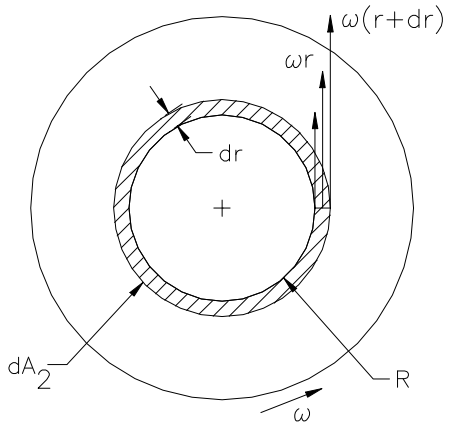
$$M_1 = \frac{\mu \cdot 3\pi \cdot \left(50{,}2 \cdot 10^{-3}\right)^2}{0{,}2 \cdot 10^{-3}} \cdot 2\pi \cdot 50{,}2 \cdot 10^{-3} \cdot 0{,}201 \Rightarrow$$

$$M_1 = 7{,}53 \cdot \mu \ mN$$

<u>Hondoko gainazala edo oinarria (A_2)</u>

Aurreko kasuan bezala, indar ebakitzaile infinitesimalak binaka anulatu egiten dira. Beraz , $F_{totala} = 0$.

Newton-en biskositatearen legea:



$$dF_2 = \mu \cdot \frac{dV}{dy_2} \cdot dA_2 \Rightarrow \mu \cdot \frac{\omega \cdot r}{y_2} \cdot dA_2 \Rightarrow$$

$$dA_2 = 2\pi \cdot r \cdot dr$$

$$dM_2 = dF_2 \cdot r = \mu \cdot \frac{\omega \cdot r}{y_2} \cdot dA_2 \cdot r \Rightarrow$$

$$dM_2 = \mu \cdot \frac{\omega \cdot r^2}{y_2} \cdot 2\pi \cdot r \cdot dr = f(r)$$

$$M_2 = \int_0^{R_2} \frac{\mu \cdot \omega \cdot 2\pi}{y_2} \cdot r^3 \cdot dr = \frac{\mu \cdot \omega \cdot 2\pi}{y_2} \left| \frac{R_2^{\,4}}{4} \right|_0^{0{,}0502}$$

$$M_2 == \frac{\mu \cdot 3\pi \cdot 2\pi}{10^{-3}} \times \frac{0{,}0502^4}{4} = 0{,}094\mu \ mN$$

$$M_T = M_1 + M_2 \Rightarrow 0{,}392 = 7{,}53\mu + 0{,}094\mu \Rightarrow$$

$$\boxed{\mu = 0{,}05142 \ Pl \rightarrow 0{,}5142 \ Po}$$

b) Olioaren biskositate zinematikoa (υ).

$$\upsilon = \mu / \rho = \frac{0{,}05142}{0{,}95 \cdot 10^3} = 5{,}413 \cdot 10^{-5} \ m^2/s = 0{,}5413 \ St \Rightarrow$$

$$\boxed{\upsilon = 0{,}5413 \ St}$$

c) Prozesuan galdutako potentzia.

$$Pot = M \cdot \omega = 0{,}392 \cdot 3\pi = 3{,}6945 \ W \Rightarrow$$

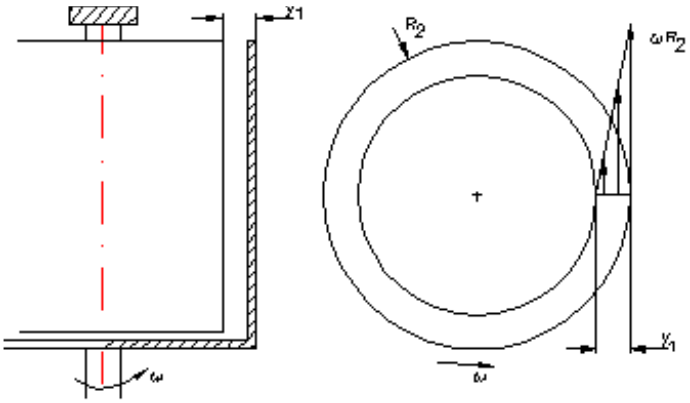
$$\boxed{Pot = 3{,}6945 \ W}$$

d) Olioaren deformazio angeluarraren abiadura.

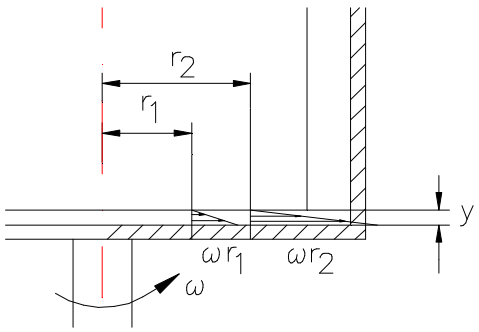
Alboko gainazala A_1

$$\frac{du}{dy} = \frac{\omega \cdot R_2}{y_1} = \frac{3\pi \cdot 50{,}2 \cdot 10^{-3}}{0{,}2 \cdot 10^{-3}} =$$

$$= 2.365{,}6 \ {}^{rad}\!/_{s}$$



Hondoko gainazala A_2



$$\frac{du}{dy} = \frac{\omega \cdot r}{y_2} = \frac{3\pi \cdot r}{y_2}\left({}^{rad}\!/_{s}\right) \Rightarrow (aldakorra \ \ r \ \ funtzioan)$$

$$Maximoa = \frac{du}{dy}\max = \frac{3\pi \cdot 50{,}2 \cdot 10^{-3}}{1 \cdot 10^{-3}} = 473{,}12 \ {}^{rad}\!/_{s}$$

1.5. Likido batean presioa 0,5 kg/cm² handiagotuta bere dentsitatea % 0,02 igotzen da. Zenbatekoa da elastikotasun bolumetrikoaren modulua K, kPa-etan?

Ebazpidea:

$$\boxed{Datuak; \Delta P = 0{,}5 \ kg/cm^2; \Delta\rho = \%0{,}02}$$

a) Elastikotasun bolumetrikoaren modulua kPa-etan.

$$K = \frac{dp}{-\frac{dv}{v}} = \frac{dp}{\frac{d\rho}{\rho}} \Rightarrow dp = K \cdot \frac{d\rho}{\rho}$$

K = ktea dela suposatuz.

$$\Delta P = K \cdot \ln\frac{\rho_2}{\rho_1}; \quad \rho_2 = \rho_1 + \frac{0{,}02}{100}\rho_1 = 1{,}0002\rho_1$$

$$K = \frac{0{,}5}{\ln 1{,}0002} = 2.500{,}25 \ kg/cm^2$$

$$K = 2.500{,}25 kg/cm^2 \cdot 9{,}8 N/kg \cdot 10^4 cm^2/m^2 \cdot 10^{-3} kPa/Pa = 2{,}45 \cdot 10^5 kPa$$

$$\boxed{K = 2{,}45 \cdot 10^5 kPa}$$

1.6. Altzairuzko depositua r en bolumena % 1 zabaltzen da, barruko presioa 700 kg/cm^2 handiagotzen denean. 1 kg/cm^2-ko presio absolutuan 500 kg ur dauka. Ondokoa eskatzen da:

a) Zenbat ur erantsi beharko da presioa 700 kg/cm^2 handiagotzeko?

Datuak: Uraren dentsitatea: 1.000 kg/m^3; Uraren elastikotasun bolumetrikoaren modulua: 21.000 kg/cm^2 .

Ebazpidea

$$\boxed{\begin{array}{l} Datuak: \Delta v = \%\,1; \Delta P = 700\ kg/cm^2; \rho_0 = 1.000\ kg/m^3 (uraren\ dentsitatea\ egoera\ normalean.) \\ m_0 = 500\ kg(hasierako\ ur-masa); K = 21.000\ kg/cm^2 \end{array}}$$

Elastikotasun bolumetrikoaren modulua (K) presio-aldakuntza eta bolumenaren deformazio unitarioaren arteko erlazio bezala definitzen da.

$$K = \frac{\Delta p}{-\Delta V/V} = \frac{\Delta p}{\Delta\rho/\rho} = \frac{dp}{d\rho/\rho} \Rightarrow d\rho/\rho = \frac{dp}{K} \Rightarrow \ln|\rho|_{\rho_0}^{\rho} = \frac{\Delta p}{K} \Rightarrow$$

$$\ln \rho/\rho_0 = \Delta p/K \Rightarrow \rho/\rho_0 = e^{\Delta p/K} \Rightarrow \rho = \rho_0 \times e^{\Delta p/K} \Rightarrow \rho = 10^3 \cdot e^{700/21.000} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \rho = 1.033{,}895\ kg/m^3$$

Hasieran:

$$\rho_0 = m_0/V_0 \Rightarrow V_0 = m_0/\rho_0 = \frac{500}{1.000} = 0{,}5\ m^3 (hasierako\ ur-bolumena)$$

Presioa 700 kg/cm^2 igota depositua % 1 handiagotzen da.

$$V = V_0 + 0{,}01 \times V_0 = 0{,}505\ m^3\ (bukaerako\ ur-bolumena)$$

$$m = \rho \cdot V = 1.033{,}89 \cdot 0{,}505 = 522{,}12\ kg(bukaerako\ ur-masa)$$

$$\Delta m\ (ur-masaren\ gehikuntza) = m - m_0 = 522{,}12 - 500 = 22{,}12\ kg$$

$$\boxed{\Delta m = 22{,}12\ kg}$$

1.7. Merkuriozko termometro-lantegi batek 5 mm-ko barruko diametroa duen termometro patroi edo txantiloi batez kalibratu ditu bere aparatuak. Nolanahi ere, merkurioa aurreztearren, fabrikatzen dituen salmentarako termometroek, 1 mm-ko diametroa besterik ez dute. Ondokoa eskatzen da:

a) Aztertu termometroek neurria ongi adierazten duten, eta akatsen bat baldin badute, hori zenbatekoa den.
b) Gaizki neurtuz gero, kalkulatu errore hori, baldin eta gradu bati 5 mm egokituko balitzaio.

Datuak: Merkurioaren gainazal-tentsioa = 0,52 N/m.
Merkurioaren pisu espezifiko erlatiboa = 13,6.

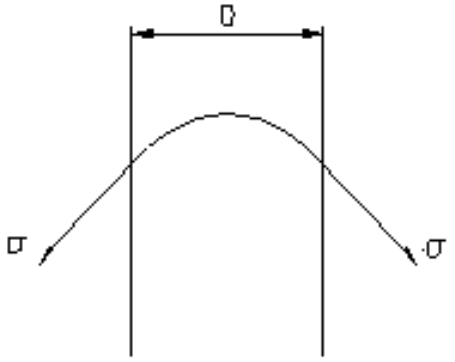
Oharra: Merkurio eta hodiaren arteko atxikidura-indarrak nulutzat hartuko dira. Merkurioa jaitsi daitekeela ere kontuan izango da. Kapilartasun-indarrak baino ez dira kontuan izango.

Ebazpidea:

$$\boxed{\begin{array}{l} Datuak: D = 5\ mm\,(termometro\ \ patroia); D = 1\ mm\,(saltzekoa); 5\ mm = 1^{o}\ saltzekoan \\ \sigma_{Hg} = 0{,}52\ N/m; S_{Hg} = 13{,}6 \end{array}}$$

Merkurio eta hodi arteko atxikidura-indarrak nulutzat hartzen dira. Kapilartasun-indarrak besterik ez dira kontuan izango.

<u>Oreka:</u>



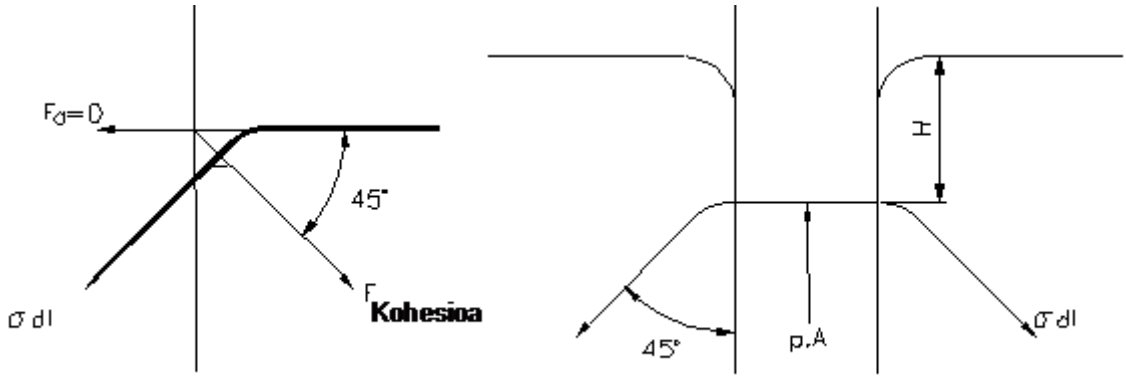
$$\Sigma F_y = 0$$

$$\sigma \cdot l \cdot \cos 45^{o} = P \cdot A \Rightarrow$$

$$\sigma \cdot \pi \cdot D \cdot \cos 45^{o} = H \cdot \gamma \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \Rightarrow$$

$$H = \frac{4 \cdot \sigma \cdot \cos 45^{o}}{\gamma \cdot D}$$

Merkurioaren jaitsiera kapilarraren adierazpena, gainazal-tentsioaren eraginez.

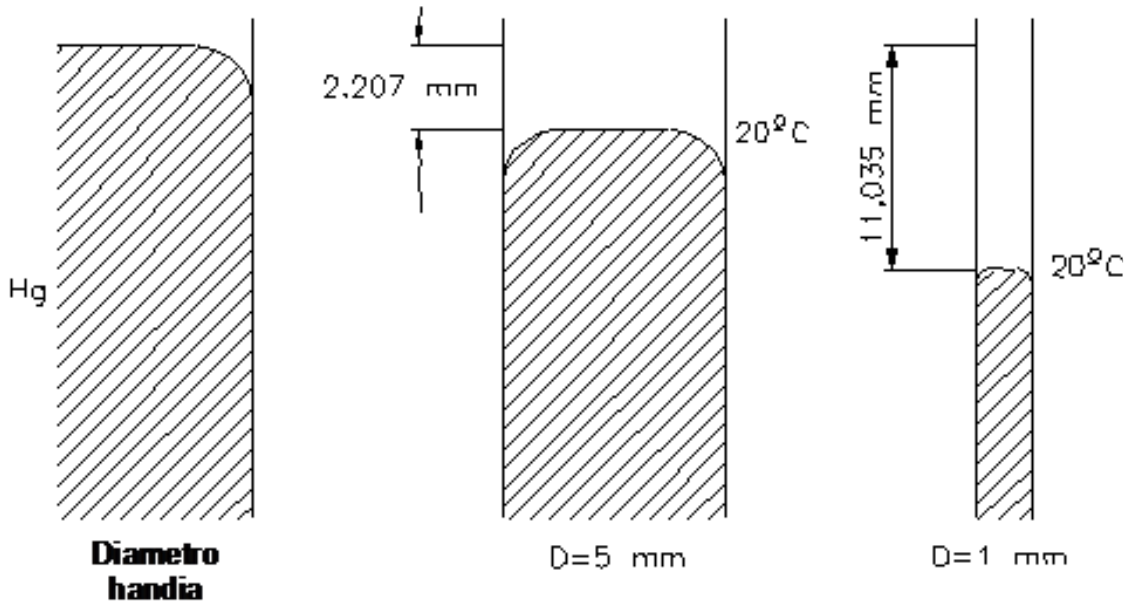


$$D = 5\ mm \rightarrow H = \frac{5 \cdot 0{,}52 \cdot \cos 45}{13{,}6 \cdot 9.800 \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 0{,}0022\ m = 2{,}207\ mm$$

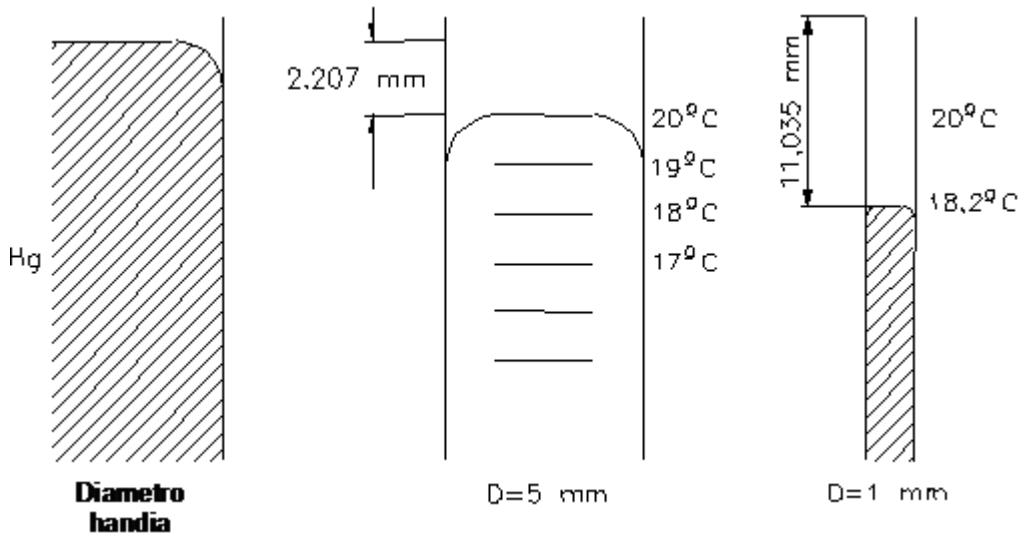
$$D = 1\,mm \rightarrow H = \frac{4 \cdot 0{,}52 \cdot \cos 45}{13{,}6 \cdot 9.800 \cdot 1 \cdot 10^{-3}} = 11{,}035 \cdot 10^{-3}\,m = 11{,}035\ mm$$

$$\Delta H = 11{,}035 - 2{,}207 = 8{,}828\ mm$$
$$1^{o}C \rightarrow 5\ mm$$
$$x \rightarrow 8{,}828\ mm \Rightarrow x = 1{,}8^{o}C$$

<u>Errorea = 1,8 ºC</u>



D = 1 mm diametroko saltzekoak 20 ºC markatzen duenean, tenperatura erreala 18,2 ºC-koa da. Errorea 1,8 ºC-koa.



1.8. L luzera eta D diametroko hodi kapilare bat hasieran airez beterik dago. Hodi hori likidoa duen depositu batera sartu da zabalik duen muturretik. Likidoa hodian barrena igo egin da airea konprimatuz, oreka-egoera lortu arte, hau da, gainazal-tentsioa grabitate-indarrak eta airean sorturiko gainpresioak orekatu arte. Ondorengoa eskatzen da:

a) H altuera eta airean sortutako ΔP gainpresioaren adierazpenak, deposituan sarturiko hodiaren luzera zero dela suposatuz. Airearen konpresioa prozesu isotermotzat hartu eta zerotzat hartu kohesio-indarrak atxikidura-indarren aldean.

b) H eta ΔP-ren balio numerikoak ondorengo datuen arabera:

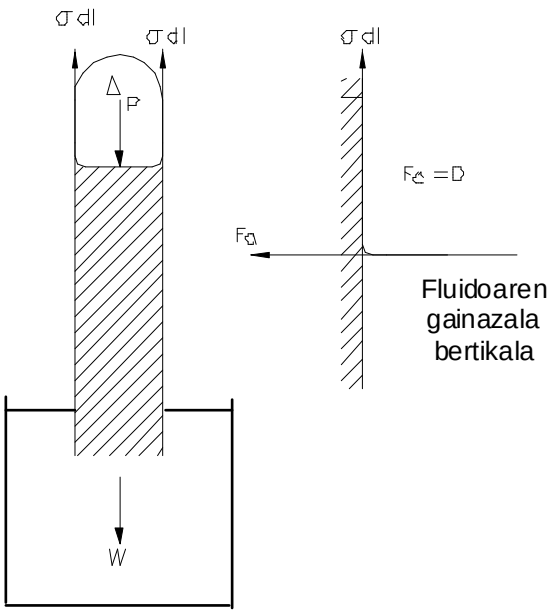
Datuak: Likidoaren dentsitate erlatiboa: s = 1.
Gainazal-tentsioa: σ = 75 dyn/cm
L = 20 cm; D = 0,01 mm
P_a = 1 atm; T_a = 288 K

Ebazpidea:

$$\boxed{\begin{array}{l} Datuak: Likidoaren\ dentsitate\ erlatiboa: s = 1;\ Gainazal-tentsioa\ \sigma = 75\ {}^{dyn}\!/_{cm} \\ l = 20\ cm;\ D = 0{,}01\ mm;\ P_a = 1\ atm;\ T_a = 288\ K \end{array}}$$

a) H altuera eta ΔP gainpresioaren adierazpenak. Airearen konpresio-prozesua isotermoa. Kohesio-indarrak = 0.

Hodia oreka estatikoan dagoen gorputz libre gisa hartuz:



$$W = \gamma \cdot \forall = \gamma \cdot \pi \cdot D^2 / 4 \cdot H$$

$$\textit{Ardatz bertikalean}: \Sigma F_y = 0$$

$$\Delta P \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} + \gamma \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H - \sigma \cdot \pi \cdot D = 0 \Rightarrow$$

$$\Delta P + \gamma \cdot H = \frac{4 \cdot \sigma}{D} (1)$$

Airearen konpresio-prozesua isotermoa denez (Tª = ktea).

$$\left.\begin{array}{l} P_0 \cdot V_0 = P \cdot V \\ P = P_0 + \Delta P \\ P_0 = P_{atm} \end{array}\right\} \left.\begin{array}{l} P_0 \cdot V_0 = (P_0 + \Delta P) \cdot V \\ V_0 = A \cdot L \\ V = A \cdot (L - H) \end{array}\right\} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow P_0 \cdot A \cdot L = (P_0 + \Delta P) \cdot A \cdot (L - H) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta P = \frac{P_0 \cdot L}{L - H} - P_0 = P_0 \cdot \left[\frac{L}{L - H} - 1 \right] = P_0 \cdot \frac{H}{L - H}$$

$$\boxed{\Delta P = P_0 \cdot \frac{H}{L - H}}$$

(1) adierazpenean ordezkatuz:

$$P_0 \cdot \frac{H}{L - H} + \gamma \cdot H = \frac{4 \cdot \sigma}{D} \Rightarrow P_0 \cdot H + \gamma \cdot H \cdot (L - H) = \frac{4 \cdot \sigma}{D} \cdot (L - H)$$

$$\boxed{\gamma \cdot H^2 - H \left(P_0 + \gamma \cdot L + \frac{4 \cdot \sigma}{D} \right) + \frac{4 \cdot \sigma}{D} \cdot L = 0}$$

b) Balioak ordezkatuz:

$\gamma = 9.800$ N/m^3.
$P_0 = 1$ atm $= 0{,}76 \cdot 13{,}6 \cdot 9.800 = 101.292{,}8$ N/m^2.
$\sigma = 75$ dyn/cm $= 75 \cdot 10^{-5}/10^{-2} = 75 \cdot 10^{-3}$ N/m.
L = 0,2 m.
D = 0,01 mm $= 0{,}01 \cdot 10^{-3}$ m $= 10^{-5}$ m.

$$9.800 \cdot H^2 - H\left(101.292{,}8 + 9.800 \cdot 0{,}2 + \frac{4 \cdot 75 \cdot 10^{-3}}{10^{-5}}\right) + \frac{4 \cdot 75 \cdot 10^{-3}}{10^{-5}} \cdot 0{,}2 = 0$$

$$H^2 - 13{,}597 \cdot H + 0{,}6122 = 0$$
$$H_1 = 13{,}55\ m \rightarrow ez\ du\ balio$$
$$H_2 = 0{,}0452\ m$$

$$\boxed{H = 0{,}0452\ m = 4{,}52\ cm}$$

$$\Delta P = 101.292{,}8 \cdot \frac{4{,}52}{(20 - 4{,}52)} = 29.554{,}52\ Pa \equiv 3\ muz$$

$$\boxed{\Delta P = 3\ muz}$$

IKASLEARI PROPOSATURIKO ARIKETAK

1.9. Neil Armstrong-ek, gure satelitea zapaldu zuen lehen gizonak, Ilargirantz abiatu baino lehen 78 kg pisatzen zuen eta bidaian 2 kg-ko masa galdu zuen; ondokoa eskatzen da:

a) Armstrong-en pisua Ilargira iritsi zen unean.
b) Bere masa une berean.

Datua: Ilargiko grabitatea = 1,61 m/s^2.

Emaitza:122,36 N; 76 kg.

1.10. Fluido baten dentsitatea 1.225 kg/m^3-koa bada, kalkulatu:

a) Fluido horren kantitate zehatz baten bolumena, kantitate horren pisua 10^7 dyn-koa denean.
b) 5 m^3-ko fluido-bolumenaren pisua.
c) Ilargian 250 N pisatzen duen fluido-kantitate zehatz baten masa (kg).

***Datua*:** Ilargiko grabitatea = 1,61 m/s^2.

Emaitza: 0,0083 m^3; 6.002,5 daN; 155,3 kg.

1.11. Baldin eta 0,06 N/s-ko olio-emaria badugu (pisu-emaria, beraz) eta olio honen dentsitate erlatiboa s = 0,86 bada, ondokoa eskatzen da:

a) Emari masikoa Sistema Internazionalean.
b) Emari bolumetrikoa m^3/s, l/s eta cm^3/s-tan.

Emaitza: 0,0061 kg/s; $7{,}12\cdot10^{-6}$ m^3/s; $7{,}12\cdot10^{-3}$ l/s; 7,12 cm^3/s.

1.12. Plaka finko batetik 0,5 mm-ra kokaturik dagoen plaka bat 0,25 m/s-ko abiaduraz mugitzen da, eta abiadura hori mantentzeko azalera-unitateko 2 N/m^2-ko tentsioa behar da. Kalkulatu plaken artean dagoen likidoaren biskositate absolutua Sistema Internazionalean eta fluidoaren deformazioaren abiadura angeluarra.

Emaitza: 0,004 Pl, 500 s^{-1}

1.13. 40 kg-ko pisua duen gorputz bat horizontalarekiko 30º inklinaturik dagoen plano batean labaintzen da, ukipen-azalera 1.800 cm^2-koa izanik. Fluidoaren biskositatea 1 Po-koa bada eta gorputzaren abiadura 1,5 m/s-koa, kalkulatu olio lubrikatzailearen geruzaren lodiera eta labainketan zurgatutako potentzia kW-etan.

Emaitza: 0,1376 mm; 0,294 kW.

1.14. 4 dyn/cm^2-ko indar ebakitzaileak fluido newtondar batean 1 rad/s-ko deformazio angeluarra sortzen du. Zenbatekoa da fluidoaren biskositatea zentipoisetan?

Emaitza: 400 cPo.

1.15. D=70 mm-ko diametroa duen altzairuzko zilindro trinko bat (s=7,8) bere pisuari esker, D_1=71 mm-ko barruko diametroa duen hodi baten barrutik labaintzen da, horizontalarekin 60º ko angelua osatuz.

a) Kalkulatu tarte edo hutsunean dagoen fluidoaren μ (Pl) biskositatea, zilindroaren abiadura 2 m/s-koa izanik. Erresistentzia bakarra fluidoak sortzen du.
b) Biskositatearen abakoak erabiliz: Zein fluido izan daiteke? Eta zein tenperaturatan dago?

Emaitza: 0,290 Pl; Glizerina 30 ºC-tan.

1.16. 0,13 mm-ko lodiera duen olio-geruza uniforme batek, 200 mm-ko diametroa duten 2 disko ardazkide bereizten ditu.

Ertz-efektuak alde batera utziz, kalkula ezazu diskoetako bat 7 bira/s-ko abiadura angeluarraz birarazteko behar den bihurdura-momentua, olioaren biskositatea 0,14 Pl-koa izanik.

Emaitza: 7,44 mN.

1.17. Fluxu biskoso bateko puntu batean, ebakidura-esfortzua 35 kPa-ekoa da eta abiadura-gradientea 6.000 s^{-1}-koa. Likidoaren dentsitate erlatiboa 0,93 koa bada, kalkulatu biskositate zinematikoa (Stokes).

Emaitza: 62,7 St

1.18. Ardatz horizontal baten eta honekiko ardazkide den atorra baten arteko hutsunean fluido newtondar bat dago. Atorrari ardatzarekiko paraleloa den F indarra eragiten badiogu:

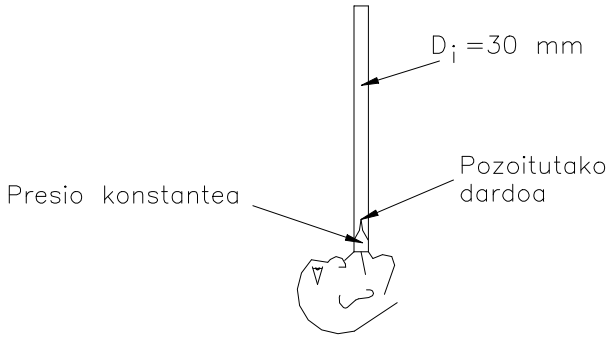
a) Zein izango da atorraren abiadura? Adieraz ezazu v abiadura hau beharrezko dituzun aldagaien arabera.
b) F indarra 600 N-ekoa denean, v = 1 m/s da. Baldin eta F = 1500 N bada, zein balio hartuko du abiadurak?
c) Atorrari 1500 N-eko indarra aplikatutakoan 600 N-ekoa aplikatutakoan baino tenperatura handiagoa badu, zer espero daiteke abiaduraz kasu honetan?
d) Fluido newtondar baten ordez ez-newtondarra balitz, abiadurak berdinak izango al lirateke? Arrazoitu baieztapena edo ezeztapena.

Emaitza: $V = \dfrac{eF}{2\pi\mu(R+e)L}$ *; 2,5 m/s;* $T^a\uparrow \mu\downarrow V\uparrow$ *; Ez*

1.19. Ehiztari afrikar batek zerbatana batez W = 0,5 N pisatzen duen pozoitutako dardo bat botatzen du. Ehiztariak dardoari P = 5 kPa-eko presio konstantez bultzatzen dio. Zerbatanaren barnealde eta dardoaren arteko ukipen-azalera A = 1.500 mm^2-koa da, eta berauen (bi azaleren) arteko batez besteko tartea h = 0,01 mm-koa, dardoa zuzen gorantz botatzen denean. Zerbatanaren barruko diametroak D = 30 mm neurtzen du. Zerbatanaren barnealdeko azalera lehor

dago: aireak eta ehizatariaren hatsak lubrikatzaile-lana egiten dute dardo eta zerbatanaren artean. Nahaste honek $\mu = 3\cdot 10^{-5}\,\frac{N\,.\,s}{m^2}$ -ko biskositatea du.

a) Kalkula ezazu V-ren aldaketa Z-rekiko $\frac{dV}{dZ} = f\left(p, D_i, W, \mu, A, h, V\right)$-ren funtzio bezala, dardoa gorantz botatzen denean.



V = dardoaren abiadura t unean.
Z = dardoaren altuera t unean.

Oharra: t = 0, Z = 0 (ehiztariaren ahoa).

Laguntza: $a = \frac{dV}{dt}$ eta $V = \frac{dZ}{dt}$.

b) Kalkula ezazu zerbatanaren luzera, dardoaren irteerako abiadura V = 15 m/s--koa izan dadin.

Emaitza: $\frac{dV}{dZ} = \left(pA_i - W - \mu\cdot AV/h\right)/mV$ ***;*** *1,92 m.*

1.20. 50 mm-ko barruko diametroa duen polea bat 400 bira/min-ko abiaduraz ari da biraka ardatz baten inguruan, eta ardatz eta txirrikaren artean 0,075 mm-ko hutsune erradiala dago. Ondokoa eskatzen da:

a) Hutsunean dagoen olioaren erresistentzia gainditzeko beharrezko momentua.
b) Gastatutako potentzia.
c) Jariakinaren deformazioaren abiadura angeluarra.

Datuak: Olioaren biskositate dinamikoa = 1 Po; Polearen luzera=10 cm.

Emaitza: 0,55 mN; 23 W; 13.962,2 rad/s.

1.21. 30 cm-ko aldea eta 20 kg-ko pisua duen pieza kubiko bat beherantz labaintzen da horizontalarekiko 20 graduko inklinazioko plano batean dagoen olio--geruzaren gainean, 25 m/s-ko abiaduraz. Geruzaren lodiera 0,03 mm-koa bada, kalkula ezazu:

a) Biskositate dinamikoa, SI-ean.
b) Gauza bera CGS sisteman.

Emaitza: $8{,}9\cdot.10^{-4}$ *Pl;* $8{,}93\cdot 10^{-3}$ *Po.*

1.22. 140 mm-ko barruko erradioko zilindro batek zentrokideki biratzen du 146 mm--ko erradioko beste baten barruan. Bien luzera 40 cm-koa da.

a) Kalkulatu hutsunean dagoen olioaren biskositatea.

Datuak: Gastatutako potentzia = 6,12 W; Barruko zilindroaren biraketa-abiadura = 50 bira/min ; Kanpokoarena = 0.

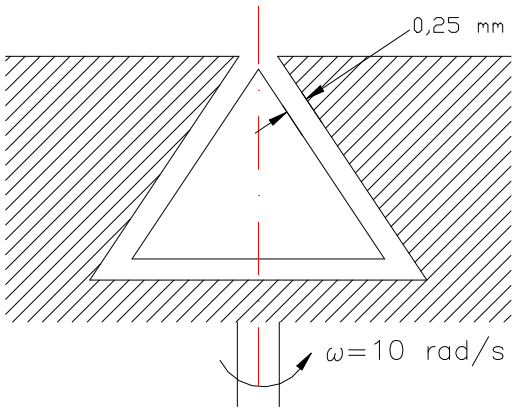
Emaitza: 1,94 Po.

1.23. 50 mm-ko diametroa duen ardatz bat 1000 bira/min-ko abiaduraz ari da biraka 52 mm-ko barruko diametro eta 200 mm-ko luzerako zilindro baten barruan; azken honek bere aldetik, ardatzaren kontrako norantzan 350 bira egiten ditu minutuko. Zilindro eta ardatzaren arteko tartea 0,125 Po-ko biskositate dinamikoa duen lubrikatzaile batez beterik dago. Ondokoa eskatzen zaizu:

a) Lubrikatzaileak sortutako erresistentzia dela eta, galdutako potentzia.

Emaitza: 5,064 W.

1.24. Gorputz koniko batek 10 rad/s-ko abiadura konstantez biratzen du; $2{,}2\cdot 10^{-4}$ $kg\cdot s/m^2$-ko biskositatea duen olio-geruza batek bereizten ditu aipaturiko konoa eta berau dagoen ontzia. Baldin eta geruzaren lodiera 0,25 mm-koa bada, kalkulatu:



Higidura mantentzeko beharrezko momentua.

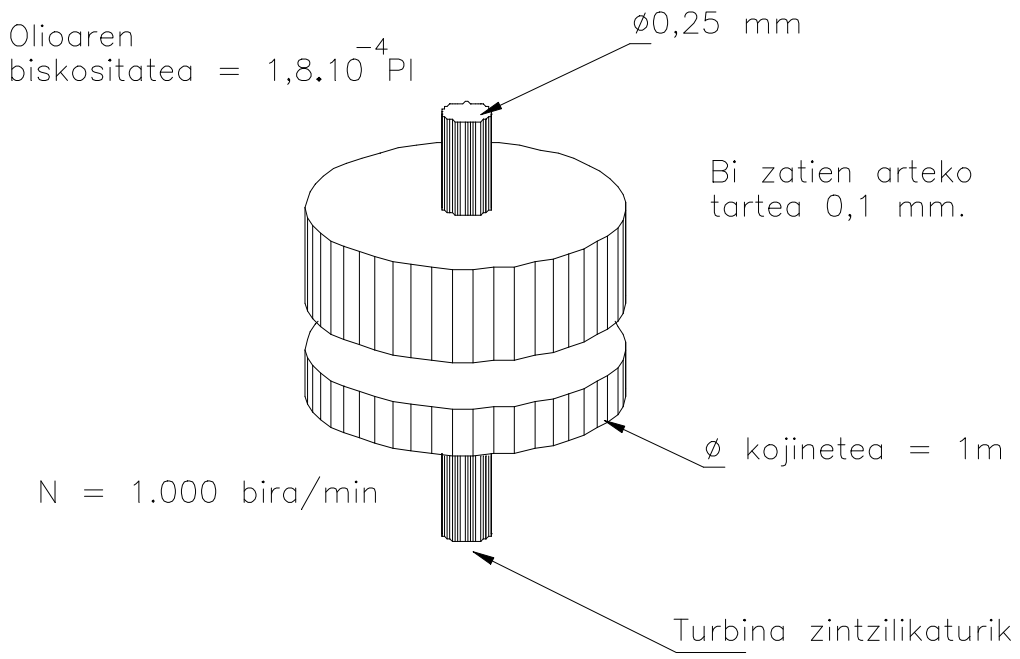
Datuak: Konoaren erradioa, bere oinarrian = 5 cm; konoaren altuera = 10 cm.

Emaitza: $2{,}74\cdot 10^4$ erg.

1.25. Ardatz bertikaleko turbina hidraulikoa dugu, eta bere ardatza koroa zirkularreko forma duen kojinete lau bati esker zintzilikatuta dago. Ardatzaren diametroa 0,25 m-koa da eta kojinetearena 1 m-koa; kojinetearen bi zatien arteko hutsune edo espazio librea 0,1 mm-koa da eta aipaturiko bi zati horien artean dagoen olioaren biskositatea $1{,}8\cdot 10^{-4}$ Pl-koa. Turbinak 1000 bira/min-ko abiaduraz biratzen du. Bila itzazu:

a) Kojinetean galdutako potentzia, koroa zirkularrean bakarrik dagoen galera kontuan hartuz.
c) Turbinaren errendimendu edo etekin organikoa, baldin eta bere potentzia eraginkorra 100 kW-ekoa bada.

Oharra: Potentzia eraginkorra edo efektiboa, potentzia baliagarria da, alegia, lorturiko potentzia mekanikoa.



1.25. ariketa.

Emaitza:1,93 kW; 0,98.

1.26. 3 cm-ko diametroa eta 40 cm-ko luzera duen altzairuzko ardatz bat, 3,02 cm-ko barne-diametroa duen hodi bertikal baten barnetik erortzen da, bere pisua dela medio. Tarte edo hutsartea, zeina uniformea suposatzen den, 30 ºC-ko glizerinaz beteta dago. Kalkulatu:

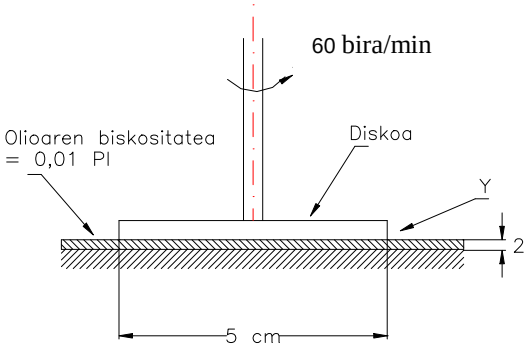
a) Altzairuzko ardatzaren beheranzko abiadura.

Datua: Altzairuaren pisu espezifiko erlatiboa = 7,85.

Emaitza: 19,62 cm/s.

1.27. Irudian dagoen mekanismoak 5 cm-ko diametroko diskoa 60 bira/min-ko abiadura angeluarraz birarazten duen ardatza dauka. Diskoa muga solido batetik 2 mm-ra dago. Diskoa eta mugaren artean 0,01 Pl-ko biskositatea duen olioa dago. Ondokoa eskatzen da:

a) Biskositatearen Newton-en legea-ren adierazpen arrazoitua.
b) Olioaren erresistentzia gainditzeko aplikatu behar den momentua.
c) Gastaturiko potentzia.



Emaitza: $1{,}9\cdot10^{-5}$ m·N; $12\cdot10^{-5}$ W.

1.28. 0,02892 m^3-ko alkohol bolumen bati 51000 kPa-eko presioa eragiten zaionean, alkohola 0,02770 m^3-ko bolumenera konprimatzen da. Kalkulatu elastikotasun bolumetrikoaren modulua (MPa).

Emaitza: 1208 MPa.

1.29. Zenbatekoa da gas baten elastikotasun bolumetrikoaren modulua, gasari konpresio-prozesu isotermoa ezarrita, presioa (absolutua) 0,4 MPa-ekoa bada? Nola aldatzen da elastikotasun bolumetrikoaren modulua presioa aldatuta T kte mantenduz?

Emaitza: K =0,4 MPa; K = p.

1.30. Altzairuzko depositua daukagu, ustez zurruna, 5.000 l-ko edukiera duena eta hutsik dagoenean 7.000 kg pisatzen duena. Depositu horrek, 150 atmosferako presioa duen urez betez gero 12.036,7 kg pisatzen du. Honako hau eskatzen da:

a) Uraren elastikotasun bolumetrikoaren modulua.

Datua: 1atm = 10.336 kg/m^2. *Emaitza: 21.059 kg/cm^2.*

1.31. Depositu metalikoak 30 MPa-eko barruko presioa jasaten duenean 2.000 kg ur dauka, bolumen osoa hartuz. Baldin eta presio hori jasaten duenean deposituaren bolumena % 0,5 zabaldu bada, bilatu:

a) Depositua presiogabetzean isuriko den ur kantitatea.

Datua: Uraren elastikotasun bolumetrikoaren modulua: k = 2.100 MPa.

Emaitza:38 l.

1.32. Sekzio zilindrikoa duen hodi kapilarra uretan sartzen badugu:

a) Atera hodi kapilarrean urak lortzen duen altueraren adierazpena, likidoak solidoa zeharo bustitzen duela suposatuz.
b) Hodiaren diametroa 5 mm-koa izanik, kalkula ezazu goranzko altuera.

Datua: Uraren gainazal-tentsioa: 0,0074 kg/m.

Emaitza: 5,92 mm.

1.33. 1,5 mm-ko aldea duen ebakidura karratuko hodi kapilarra sartzen da alkohola daukan ontzi batean. Ondokoa eskatzen da:

a) Alkoholak hodian gora egiten duen altuera, likidoaren kohesio-indarrak likido eta solidoaren arteko atxikidura-indarren aurrean alde batera uztekoak direla kontuan hartuz.

Datuak: Alkoholaren gainazal-tentsioa = 0,023 N/m.
Alkoholaren dentsitate erlatiboa = 0,9.

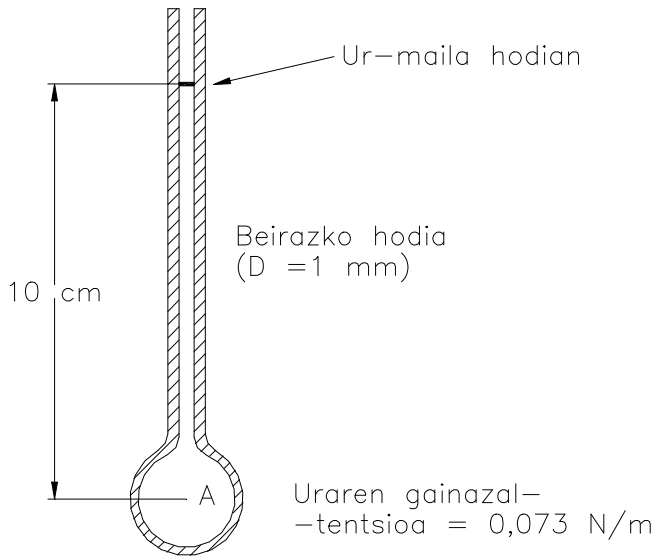
Emaitza: 6,954 mm.

1.34. Hodi kapilarra daukagu eta bertan, solidoa erabat bustitzen duen likidoa dago. Ondokoa eskatzen da:

a) Atera, gainazal-tentsioa dela medio, hodi kapilarrean likidoaren gorapen edo beherapenaren altuera ematen duen ekuazioa.
b) A puntuan, kalkulatu presio manometri-koak zenbat balio duen, gainazal-tentsioak eraginiko ondorioak kontuan hartuz.

Datuak: Uraren gainazal-tentsioa = 0,073 N/m

Oharra: Kohesio-indarrek ez dute baliorik atxikidura-indarrekin alderatuz.



Emaitza: 0,69 kPa.

1.35. Kalkulatu 1 mm-ko diametroa duen ur-tanta baten barruko presioa, uraren gainazal-tentsioa 0,0728 N/m-koa bada.

Emaitza: 288 Pa.

1.36. Zenbateko diametroa izan behar du beirazko tutu batek, merkurioaren jaitsiera kapilarra 1 mm-koa izan dadin? Merkurioaren gainazal-tentsioa = $51{,}33 \cdot 10^{-2}$ N/m; atxikidura-indarrak alde batera uztekoak dira kohesio-indarren aldean.

Emaitza: 10,89 mm.

1.37. Zeharkako ebakidura koroa zirkularraren formakoa duen hodi bat ($\varnothing_{max}$ = 10 mm eta $\varnothing_{min}$ = 6 mm) likidoz beteriko ontzi batera sartu da, eta likidoaren s = 0,78 eta σ = 0,0223 N/m dira. Atxikidura- eta kohesio-indarren moduluen arteko erlazioa 5/4 dela jakinik, deduzitu eta kalkulatu:

a) Likidoak solidoa bustitzen duen ala ez. Kalkulatu likidoaren gainazalak solidoarekin osatzen duen angelua.
b) Koroa zirkularreko ebakidura kapilarrean dagoen likidoaren gorapen edo beherapen kapilarraren adierazpena.
c) Kalkulatu gorapena edo beherapena aurreko datuen arabera.

Emaitza: Likidoak solidoa bustitzen du; α = 52,48º, 1,78 mm.

1.38. Deduzitu ebakidura zirkularreko hodi baterako gorapen edo beherapen kapilarraren adierazpena.

Merkuriozko barometro baten beirazko hodiak 1 mm-ko diametroa du. Merkurioaren altuera 750 mm-koa bada, zenbatekoa da presio atmosferikoa? Zergatik?

Datuak: Atxikidura-indarrak oso txikiak dira kohesio-indarren aldean. S_{Hg} = 13,6; σ_{Hg} = 0,51 N/m.

Emaitza: 101,4 kPa.

2 GAIA

Fluidoen estatika eta indarrak gainazaletan

2. FLUIDOEN ESTATIKA ETA INDARRAK GAINAZALETAN

SARRERA

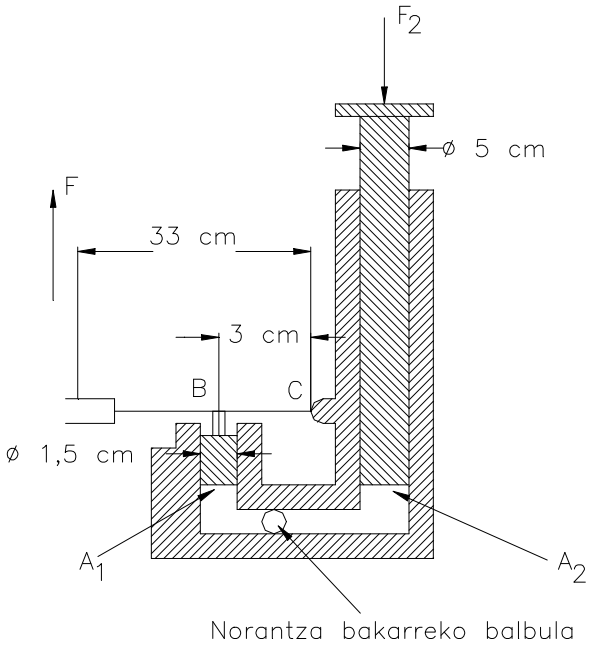
Kapitulu honetan fluidoen estatikari buruzko zenbait ariketa aurkezten dira. Fluido konprimaezin eta konprimagarriak aztertzen dira eremu grabitatorioan eta fluido konprimagarrien estatika beste indar-eremu batzuetan. Bi kasu aztertzen dira: azelerazio lineal uniformea eta ardatz bertikalaren inguruko errotazio uniformea.

Segidan, fluidoek gainazal lau horizontal, lau inklinatu eta kurbatuan eragiten dituzten indar hidrostatikoei buruzko ariketak proposatzen dira, baita gorputz itxien gaineko indarrei buruzkoak ere, eta azkenik hodi, esfera eta deposituen hondoko trakzio-tentsioak eta Barlow-ren formularen bidez lodieren kalkulua aztertzen dira.

ARIKETA EBATZIAK

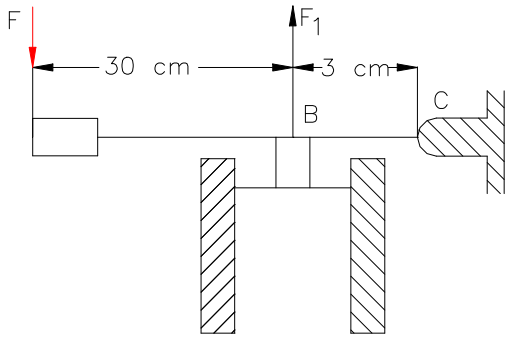
2.1. Ondoko irudian agertzen diren neurriak ditu katu hidraulikoak. Honek duen zataga edo palankan 100 N-eko indarra eginez gero, ondokoa eskatzen da:

a) A_1-ean sortutako presioa bar- etan adierazita.
b) Katuak jaso dezakeen F_2 karga daN-etan.



Ebazpidea:

a) A_1-n egindako presioa bar-etan adierazita



$$\boxed{Datuak\ F = 100\ N}$$

$$\sum M_C = 0 = F \cdot 0{,}33 = F_1 \cdot 0{,}03 \Rightarrow F_1 = P_1 \cdot A_1 \Rightarrow P_1 = \frac{F_1}{A_1} = \frac{1.100}{\pi \cdot \frac{0{,}015^2}{4}}$$

$$F_1 = \frac{100 \cdot 0{,}33}{0{,}03} = 1.100\ N$$

$$\Rightarrow P_1 = 6.224.726{,}66\ Pa = 62{,}24\ bar$$

$$\boxed{P_1 = 62{,}2\ bar}$$

b) Katuak jasan dezakeen F_2 indarra daN-etan

Pascal-en teorema: $P_1 = P_2$.

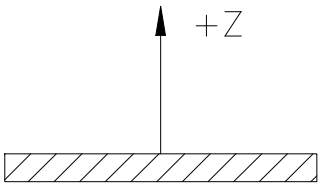
$$F_2 = P_2 \cdot A_2 = 62{,}2 \cdot 10^5 \cdot \pi \cdot \frac{0{,}05^2}{4} = 12.222{,}22\ N$$

$$\boxed{F_2 = 1.222{,}2\ daN}$$

2.2. Fluidoen estatikaren ekuaziotik abiatuta, deduzitu presio-aldaketa sakonerarekiko adierazten duen formula, k elastikotasun bolumetrikoa duten likido komprimagarrien kasurako. Adieraz itzazu erabilitako hipotesiak. Zenbateko presioa egongo da 10.000 m-ko sakonera duen ozeanoko puntuan?

Datuak: K_{ura}=2,1·10^9 Pa; ρ_0 = 1.000 kg/m^3.

Ebazpidea:



$$\boxed{Datuak: K_{ura} = 2{,}1 \cdot 10^9\ Pa;\ \rho_0 = 1.000\ {}^{kg}\!/_{m^3}}$$

a) K elastikotasun bolumetrikoaren modulua duen fluido konprimagarriaren presio-aldakuntzaren ekuazioa.

Estatikaren funtsezko ekuazioa

$$\rho \vec{F} - \text{gra}\,\vec{d}\ p = 0$$

Bolumen-indarrak potentzial grabitatoriotik eratortzen badira:

$$\boxed{\vec{F} = -\text{gra}\,d\ \vec{g}z}$$

$$-\rho\,\text{gra}\,\vec{d}\ gz - \text{gra}\,\vec{d}\ p = 0$$

$$\rho \times \frac{\partial gz}{\partial x} + \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \Rightarrow \frac{\partial p}{\partial x} = 0$$

$$\rho \cdot \frac{\partial gz}{\partial y} + \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \Rightarrow \frac{\partial p}{\partial y} = 0$$

$$\rho \cdot \frac{\partial gz}{\partial z} + \frac{\partial p}{\partial z} = 0 \Rightarrow \rho g + \frac{\partial p}{\partial z} = 0$$

p presioa z aldagaiaren funtzio da soilik. Beraz;

$$\rho g + \frac{dp}{dz} = 0 \Rightarrow$$

$$\rho g + \frac{dp}{dz} = 0 \Rightarrow \rho g \cdot dz + dp = 0 \begin{cases} \textit{Fluido konprimagarrien} \\ \textit{estatikaren} \\ \textit{ekuazioa} \end{cases}$$

P presioaren aldakuntzaren legea behar da integratu ahal izateko. Likidoen kasuan p-ren aldakuntza K elastikotasun bolumetrikoaren moduluak definitzen du.

$$K = \frac{dP}{d\rho/\rho} \rightarrow \rho \approx \rho_0 = kte \rightarrow d\rho/\rho = \frac{dp}{K} \rightarrow$$

$$z = 0 \Rightarrow p = 0$$

$$z \Rightarrow p$$

$$\int_{\rho_0}^{\rho} d\rho/\rho = \int_0^P dp/K$$

$$\ln \rho/\rho_0 = \frac{P}{K} \rightarrow \rho = \rho_0 \cdot e^{p/K}$$

$$\left.\begin{array}{l} \rho \cdot g \cdot dz + dp = 0 \\ \rho = \rho_0 \cdot e^{p/K} \end{array}\right\} \rho_0 \cdot e^{p/K} \cdot g \cdot dz + dp = 0 \Rightarrow \frac{dp}{e^{p/K}} = -\rho_0 \cdot g \cdot dz$$

$$\frac{dp}{e^{p/K}} = -\rho_0 g \; dz \Rightarrow \int_0^P \frac{dp}{e^{p/K}} = -\int_0^z \rho_0 \cdot g \cdot dz \Rightarrow -K \; e^{-p/K}\Big|_0^p = -\rho_0 \cdot g \cdot z\Big|_0^z \Rightarrow$$

$$-K \; e^{-p/K} + K \; e^0 = -\rho_0 \cdot g \cdot z \Rightarrow K\left(1 - e^{-p/K}\right) = -\rho_0 \cdot g \cdot z \Rightarrow 1 - e^{-p/K} = \frac{-\rho_0 \cdot g \cdot z}{K} = 1 + \frac{\rho_0 \cdot g \cdot z}{K} = e^{-p/K}$$

$$\ln\left(1 + \frac{\rho_0 \cdot g \cdot z}{K}\right) = -p/K \Rightarrow p = -K \cdot \ln\left(1 + \frac{\rho_0 \cdot g \cdot z}{K}\right) \Rightarrow p = K \cdot \ln\left(1 + \frac{\rho_0 \cdot g \cdot z}{K}\right)^{-1} K \cdot \ln\left(\frac{1}{1 + \frac{\rho_0 \cdot g \cdot z}{K}}\right)$$

$$\boxed{P = K \cdot \ln\left[\frac{1}{1 + \frac{\rho_0 \cdot g \cdot z}{K}}\right]}$$

b) Presioa 10.000 m-ko sakoneran.

$$K = 2{,}1 \cdot 10^9\, Pa; \rho_0 = 1.000\, kg/m^3; z = -10.000\, m$$

$$P = 2{,}1 \cdot 10^9 \times \ln\left[\frac{1}{1 + \frac{10^3 \cdot 9{,}8 \cdot \left(-10^4\right)}{2{,}1 \cdot 10^9}}\right] = 100.360.394\, Pa \Rightarrow$$

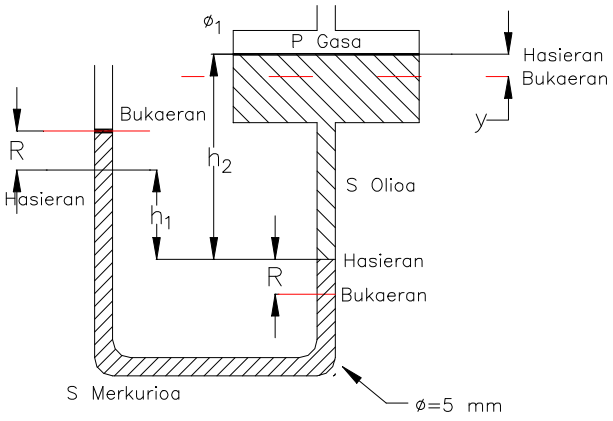
$$\boxed{p = 10.240{,}85\, muz}$$

p = ktea balitz 10.000 muz izango litzateke, ordea.

2.3. Manometro bat 5 mm-ko diametroa duen U-erako hodi batez osaturik dago, olioa (S= 0,85) eta merkurioa (S= 13,6) ditu eta bi adarrak bertikalean daude. Eskuineko adarrak 25 mm-ko diametroa duen zabalgune batean du amaiera. Zabalgune honetan olioa bakarrik dago. Olio eta merkurioaren arteko banaketa--azala 5 mm-ko diametroko eskuineko zatian dago. Ezkerreko adarrean merkurioa besterik ez dago, eta goiko aldea eguratsera zabalik dago. Eskuineko adarra presiopean dagoen gasa duen depositu batera konektatzen bada, olio eta merkurioaren banaketa-azala 2 cm jaisten dela ikusten da. Olioaren goiko azalak zabalgunean jarraitzen badu, kalkulatu gasaren presioa Pa-etan.

Ebazpidea:

$$\boxed{Datuak: \varnothing_{hodia} = 5\, mm;\ s_{olioa} = 0{,}85;\ s_{Hg} = 13{,}6; \varnothing_1 = 25\, mm;\ R = 2\, cm}$$



a) Kalkulatu gasaren presioa (Pa).

Hasieran:

$$h_1 \cdot s_{Hg} - h_2 \cdot s_{olioa} = 0$$
$$h_1 \cdot s_{Hg} = h_2 \cdot s_{olioa}$$

Bukaeran:

$$p_{gas}/\gamma + (h_2 + R - y) \times s_{olioa} - (R + h_1 + R) \times s_{Hg} = 0\,(muz)$$
$$P_{gas}/\gamma + (R - y) \cdot s_{olioa} - 2 \cdot R s_{Hg} = 0 (muz)$$

y-ren kalkulua:

$$\frac{\pi \cdot \varnothing_1^{\,2}}{4} \cdot y = \frac{\pi \cdot \varnothing_{hodia}^{\,2}}{4} \cdot R \Rightarrow y = \frac{\varnothing_{hodia}^{\,2}}{\varnothing_1^{\,2}} \cdot R \Rightarrow$$

$$y = \frac{5^2}{25^2} \cdot 0{,}02 = 0{,}0008\ m \Rightarrow 0{,}8\ mm$$

$$P_{gas}/\gamma + (0{,}02 + 0{,}0008) \cdot 0{,}85 - 2 \cdot 0{,}02 \cdot 13{,}6 = 0 \Rightarrow$$

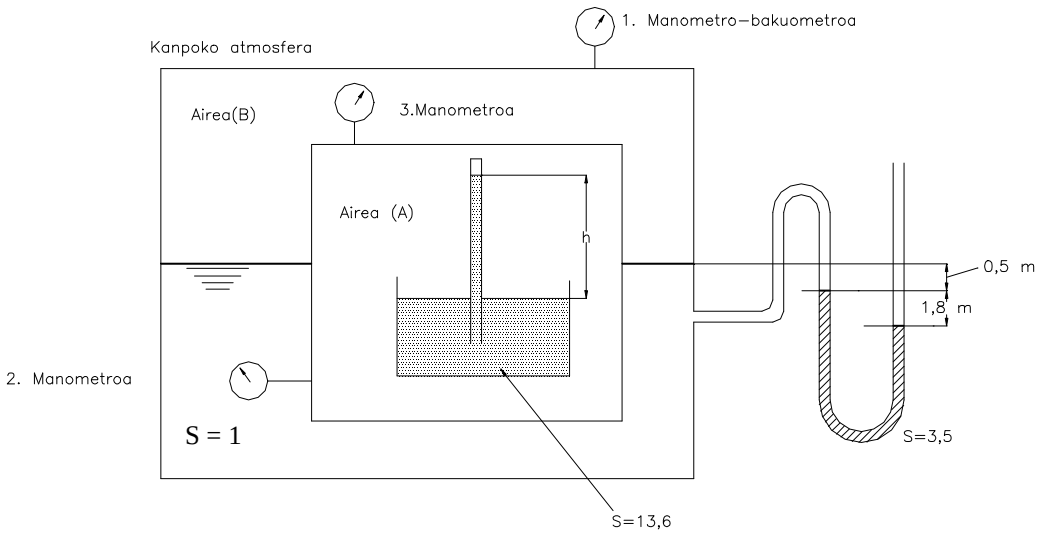
$$P_{gas}/\gamma = 0{,}526\ muz \Rightarrow$$

$$\boxed{P_{gas} = 5.157{,}9\ Pa}$$

2.4. Ondoko irudian oinarrituz, kalkulatu:

a) 1. manometro-bakuometroak adierazten duen presioa (kg/cm^2).
b) B airearen presio absolutua (bar).
c) 2. manometroak markatzen duen presioa (kPa).
d) h = 0,75 m izanda, kalkulatu merkuriozko barometroaren goialdean dagoen merkurioaren lurrin-presioa (baria).

Datuak: 1. manometroak presio manometrikoak adierazten ditu.
2. manometroak presio absolutuak adierazten ditu.
3. manometroak presio manometrikoak adierazten ditu.
Kanpo-eguratsaren presioa = 750 Torr.
3. manometroaren presioa = 7 muz.



2.4. ariketa.

Ebazpidea:

a) 1. manometro-bakuometroak adierazten duen presioa (kg/cm^2)

$$P_1/\gamma + 0{,}5 + 1{,}8 \cdot 3{,}5 = 0(muz)$$
$$P_1/\gamma = -0{,}5 - 1{,}8 \cdot 3{,}5 = -6{,}8\ muz = -0{,}68\ kg/cm^2$$
$$\boxed{P_1/\gamma = -0{,}68\ kg/cm^2}$$

b) Airearen presio absolutua (bar) B-n.

$$P_{atm} = 750\ Torr = 0{,}75 \cdot 13{,}6 = 10{,}2\ muz$$
$$P_B^{abs} = P_1 + P_{atm} = -6{,}8 + 10{,}2 = 3{,}4\ muz = 3{,}4 \cdot \frac{9.800}{10^5} = 0{,}3332\ bar$$

$$\boxed{P_B^{Abs} = 0{,}3332\ bar}$$

c) 2. manometroak markatzen duen presioa (kPa).

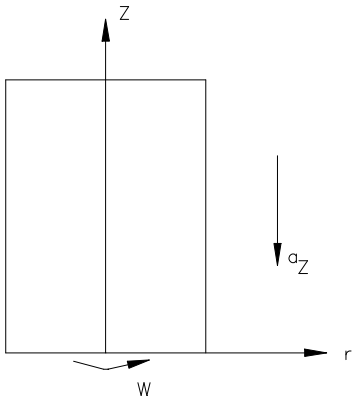
$$P_2^{abs} = P_A^{abs} = P_3^{man} + P_B^{abs} = 7 + 3{,}40 = 10{,}4\ muz = 10{,}4 \cdot \frac{9.800}{10^3} = 101{,}92\ kPa$$

$$\boxed{P_2^{abs} = 101{,}92\ kPa}$$

d) Merkurioaren lurrin-presioa (baria).

$$P_A^{abs} - h = P_V(Hg) \Rightarrow P_V(Hg) = 10{,}4 - 0{,}75 \cdot 13{,}6 = 0{,}2\ muz$$
$$P_V(Hg) = 0{,}2 \cdot 9.800 \cdot 10 = 19.600\ baria$$
$$\boxed{P_V(Hg) = 19.600\ baria}$$

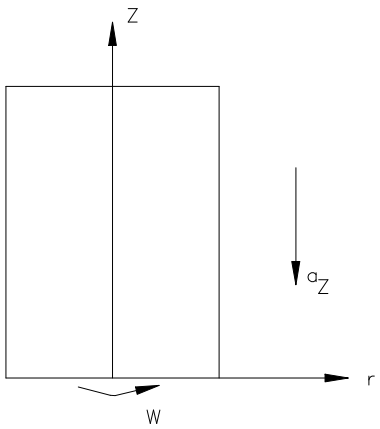
2.5. Likido ezaguna duen ontzi batek bere ardatz bertikalaren inguruan ω rad/s-ko abiadura angeluarraz biratzen du. Aldi berean ontziak beherantz a_z m/s^2-ko azelerazioa du.



a) Zein da presioa konstantea duen gainazalaren ekuazioa z = f(r)?

b) a_z = 3 m/s^2-koa bada, kalkulatu biraketa-abiadura (rad/s-tan) ardatzetik 0,4 m--ra eta 1,2 m-ra dauden bi puntuetako presioak berdinak izan daitezen, bi puntu hauetako kota-diferentzia 0,7 m-koa bada.

Ebazpidea:



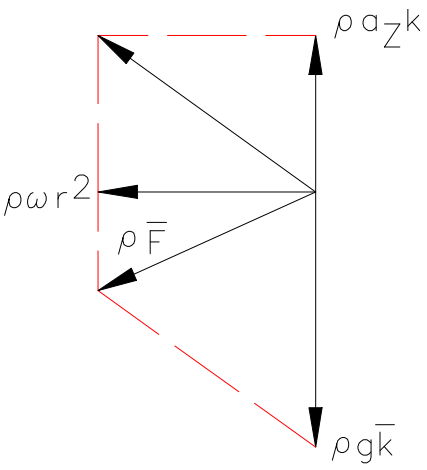
Fluido-partikula bat hartuz, bertan eragiten duten indarrak bolumen- -unitateko aztertzen dira.

$\rho\omega^2 r$: errotazioari dagokion indarra bolumen-unitateko.

ρa_z: azelerazio linealari dagokion indarra bolumen-unitateko.

ρg: grabitateari dagokion indarra bolumen-unitateko.

$$\rho\vec{F} = \rho \cdot \omega^2 \cdot r \cdot \vec{r} - \rho \cdot (g - a_z)\vec{k}$$



Estatikaren ekuazio orokorra.

$$\rho\vec{F} = \text{gra}\,d\ \vec{p} = \frac{\partial p}{\partial r}\vec{r} + \frac{\partial p}{\partial z}\vec{k}$$

$$\frac{\partial p}{\partial r} = \rho\omega^2 r \rightarrow \frac{\partial p}{\partial z} = -\rho(g - a_z)$$

$$dp = \frac{\partial p}{\partial r}dr + \frac{\partial p}{\partial z}dz = \rho\omega^2 r dr - \rho(g - a_z)dz$$

$$\boxed{p = \rho\omega^2 \frac{r^2}{2} - \rho(g - a_z)z + k}$$

a) Presio konstanteko gainazalak z = f(r).

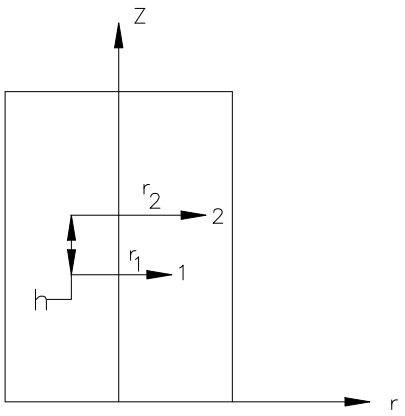
$$\rho(g - a_Z)z = \rho\omega^2 \frac{r^2}{2} + k - p$$

$$\boxed{z = \frac{\omega^2 r^2}{2(g - a_Z)} + \frac{k - p}{\rho(g - a_Z)}}$$

b) ω abiadura angeluarra (rad/s)

$$z_1 = \frac{\omega^2 r_1^{\,2}}{2(g - a_Z)} + \frac{k - p_1}{\rho(g - a_Z)}$$

$$z_1 = \frac{\omega^2 r_2^{\,2}}{2(g - a_Z)} + \frac{k - p_2}{\rho(g - a_Z)}$$



$$z_2 - z_1 = h$$
$$P_1 = P_2$$

$$h = z_1 = \frac{\omega^2\left(r_2^{\,2} - r_1^{\,2}\right)}{2(g - a_Z)} \Rightarrow \omega = \left[\frac{2(g - a_Z)h}{\left(r_2^{\,2} - r_1^{\,2}\right)}\right]^{1/2}$$

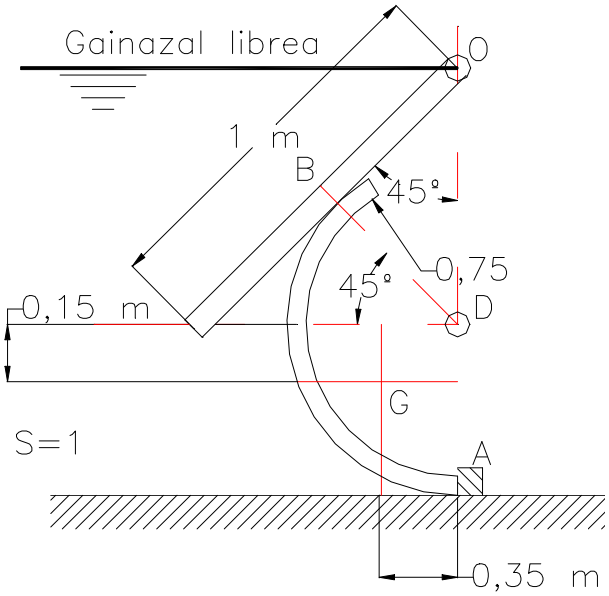
$$\Rightarrow \omega = \left[\frac{2(9{,}8 - 3)0{,}7}{1{,}2^2 - 0{,}4^2}\right]^{1/2} = 2{,}727\ rad/s$$

$$\boxed{\omega = 2{,}727\ rad/s}$$

2.6. Irudiko konportak bi konporta dauzka. Alde batetik, 45º inklinaturik, 3.920 N/m lineal-eko pisua duen konporta lau eta homogeneoak O errotularen inguruan bira dezake. Konporta hau bestetik, 0,75 m-ko erradioko bigarren konporta zirkularrean bermatzen da; bigarren honek D ardatzean dauka giltzadura. Gainera, 4900 N/m lineal-eko pisua dauka, eta G grabitate-zentroa irudian agertzen da.

a) Konporta lauaren gaineko indar hidrostatikoa eta aplikazio-puntua.
b) B puntuan konporta kurbatuan eragindako indarra.
c) Konporta kurbatuan eragindako indar hidrostatikoaren osagai horizontala.
d) Konporta kurbatuan eragindako indar hidrostatikoaren osagai bertikala.
e) A topeak jasaten duen indarra.
d) D ardatzak jasaten duen indarra.
e) Beheko konporta irekitzeko aplikatu beharreko momentua.

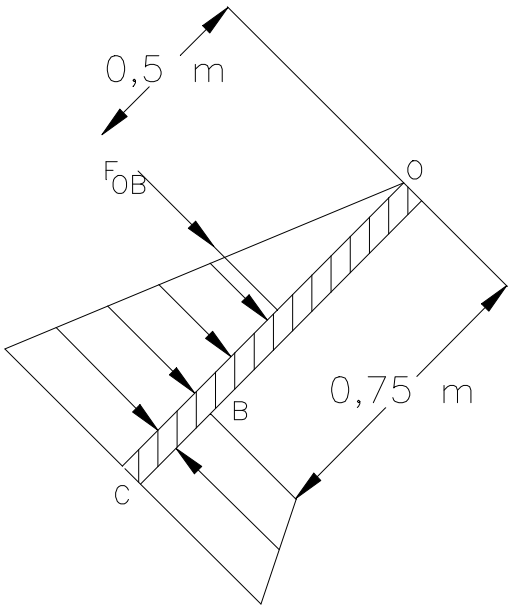
Oharra: Marraztu indar hidrostatiko guztiei dagozkien presio-prisma bornatuak. Indarrak kalkulatzeko, modulua metro linealeko, norabidea eta norantza adierazi behar dira..



2.6. ariketa.

Ebazpidea:

a) Konporta lauaren gaineko indar hidrostatikoa luzera unitatekiko eta aplikazio-puntua.



$$P_B/\gamma = 0{,}75 \cdot \cos 45 = 0{,}53\ muz$$

$$P_C/\gamma = 1 \cdot \cos 45 = 0{,}71\ muz$$

$F_{OB} = presio - prismaren\ bolumena$

$$F_{OB} = \frac{1}{2} \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}53 \cdot 9.800$$

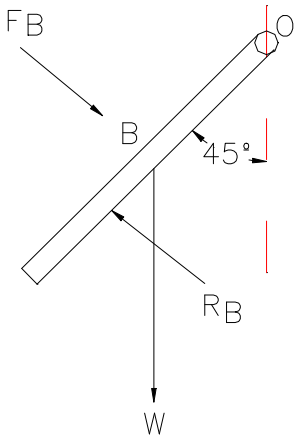
$$= 1.948{,}96\ N$$

$$\boxed{F_{OB} = 1.948{,}96\ N}$$

Aplikazioa: presio-prismaren zentroidea

$$\tfrac{2}{3} h \quad 0 - rekiko = \tfrac{2}{3} \cdot 0{,}75 = 0{,}5\ m$$

b) Erreakzioa B-n (R_B).



$$W = 3.920\ N$$

Oreka

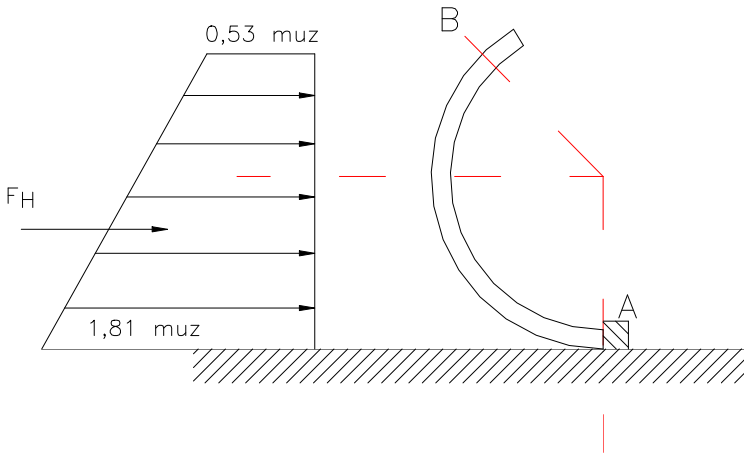
$$\Sigma M_0 = 0$$

$$R_B \cdot 0{,}75 = F_{OB} \cdot 0{,}5 + W \cdot 0{,}5 \cdot \cos 45^o$$

$$R_B = \frac{1.947{,}75 \cdot 0{,}5 + 3.920 \cdot 0{,}5 \cdot \cos 45^o}{0{,}75} = 3.147{,}2\ N$$

$$\boxed{R_B = 3.147{,}2\ N}$$

c) Konporta kurbatuan eragindako indar hidrostatikoaren osagai horizontala luzera unitateko.



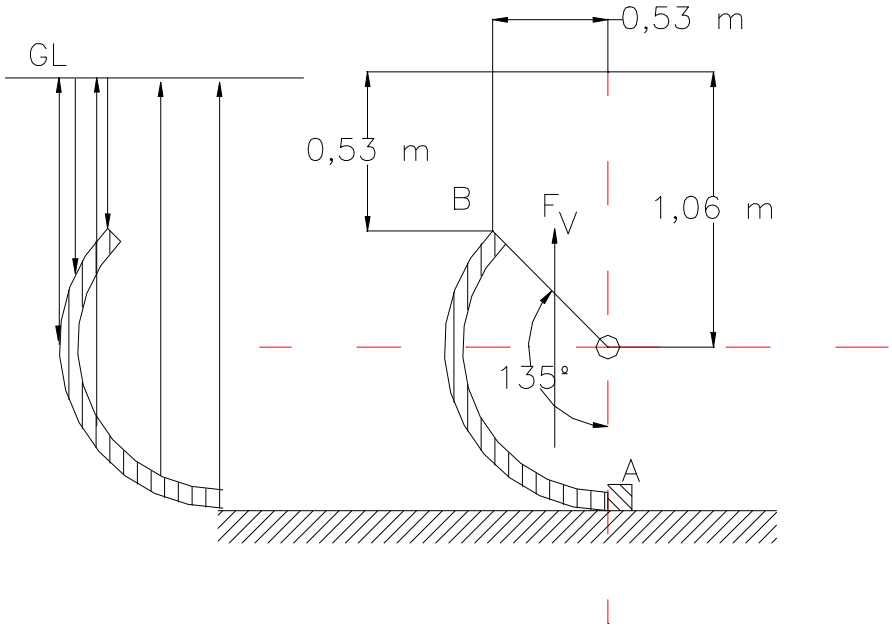
$$\frac{P_A}{\gamma} = 0{,}75 \cdot \cos 45 + 0{,}75 \cdot \cos 45 + 0{,}75 = 1{,}81\ muz$$

$$F_H = presio - prismaren\ \ bolumena$$

$$F_H = \frac{0{,}53 + 1{,}81}{2} \cdot 9.800 \cdot (1{,}81 - 0{,}53) \cdot 1 = 14.686{,}48\ N$$

$$\boxed{F_H = 14.686{,}48\ N}$$

d) Konporta kurbatuan eragindako indar hidrostatikoaren osagai bertikala.

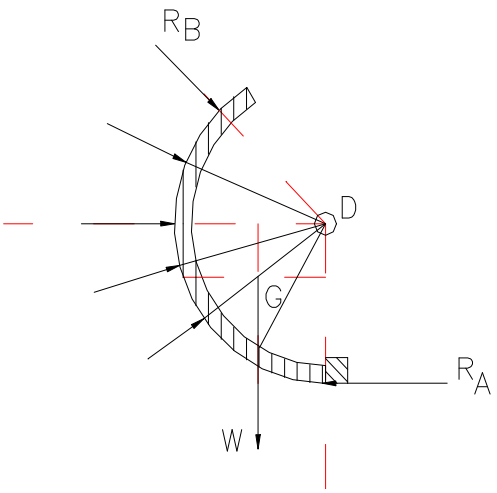


$$F_V = \textit{Gainazal kurbatu eta gainazal librearen arteko ur-bolumenaren pisua}$$

$$F_V = \left(F_{trapezioa} + F_{zir}\right) = \left[\left(\frac{0{,}53+1{,}06}{2}\right)\cdot 0{,}53 + \pi \cdot 0{,}75^2 \cdot \frac{135}{360}\right]\cdot 9.800 \cdot 1 = 10.628{,}64\ N$$

$$\boxed{F_V = 10.628{,}64\ N}$$

e) Erreakzioa A topean (R_A).



$W = 4.900\ N$

Oreka:

$\Sigma M_D = 0$

Uraren indar hidrostatikoak ez du momenturik sortzen D-rekiko, indar infinitesimalak gainazalarekiko elkarzut direlako, hots, erradialak dira eta gainazal kurbatuaren zentrotik (D) pasatzen dira.

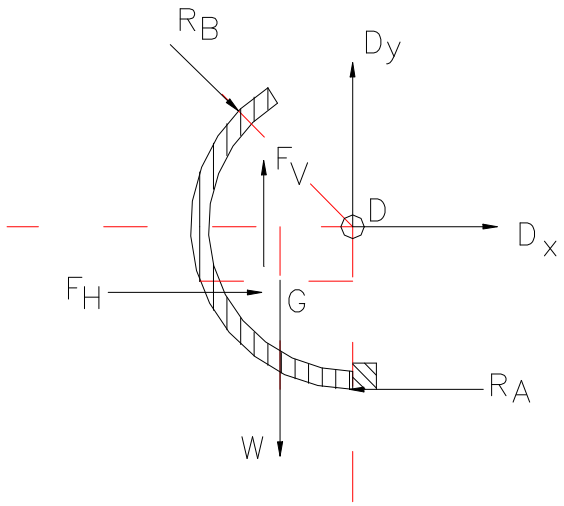
$$R_A \cdot 0{,}75 = W \cdot 0{,}35 \Rightarrow R_A = \frac{4.900 \cdot 0{,}35}{0{,}75} = 2.286{,}7\ N$$

$$\boxed{R_A = 2.286{,}7\ N}$$

f) Indarrak D giltzaduran (D_x.D_y).

$$\textit{Orekan}:$$
$$\sum F_X = 0 \Rightarrow D_X + F_H + R_B \cdot \cos 45^o = R_A \Rightarrow$$
$$\Rightarrow D_X = 14625{,}19\ N(\leftarrow)$$

$$\boxed{D_X = 14625{,}19\ N(\leftarrow)}$$



$$\textit{Orekan}:$$
$$\sum F_Y = 0 \Rightarrow D_Y + F_V = R_B \cdot \cos 45^o + W \Rightarrow$$
$$D_Y = 3146{,}4 \cdot \cos 45^o + 4900 - 10623{,}49 = -3503{,}23\ N$$

$$\boxed{D_Y = 3503{,}23\ N(\downarrow)}$$

g) Beheko konporta irekitzeko aplikatu beharreko momentua

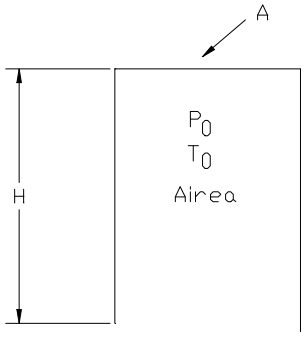
Konportaren pisuak ixte-momentua eragiten du. Konporta kurbatuan eragiten duten gainerako indarrek ez dute ez ixte- ez irekitze-momenturik sortzen D--rekiko. Konporta irekitzeko aplikatu beharreko momentua ixte-momentuaren berdina izango da, baina kontrako norantzan aplikatua.

$$M = W \times 0{,}35 = 4.900 \times 0{,}35 = 1.715\ mN$$
$$M = W \times 0{,}35 = 4.900 \times 0{,}35 = 1.715\ mN$$
$$\boxed{M = 1.715\ mN\ (erloju - orratzen\ norantzan)}$$

2.7. Goialdea itxita eta behealdea irekita dituzten 2 murgiltze-kanpai zilindriko urperatu dira bereizita, alegia, inongo konexiorik gabe. Uretan murgildu aurretik, biak airez beteta zeuden (P_0 = 1 bar absolutua eta T_0 = 20º C). Bi kanpaiek H altuera eta A_0 zeharkako sekzioa berdinak dituzte, H = 3 m eta A_0 = 0,9 m^2; baina biak pisu desberdinekoak dira (W_1 = 8.820 N eta W_2 = 6.615 N).

Uretan murgildu ondoren eta orekan daudenean, kalkulatu kanpai bakoitzean:

a) Kanpai bakoitzaren barruko aireak lortzen duen altuera (h_1 eta h_2).
b) Kanpai bakoitzaren barruko presio absolutua (bar) (P_1 eta P_2).
c) Aireak okupatzen duen lekuetatik bi kanpaien barrualdeak oso bolumen txikiko tutu fin baten bidez konektatuz gero, kalkulatu kanpai bakoitzean uraren maila, kanpo-gainazal librearekiko, eta kanpaien barruko airearen presioa.



Datua: Airearen tenperatura konstantea da murgiltze-prozesu osoan.

Ebazpidea:

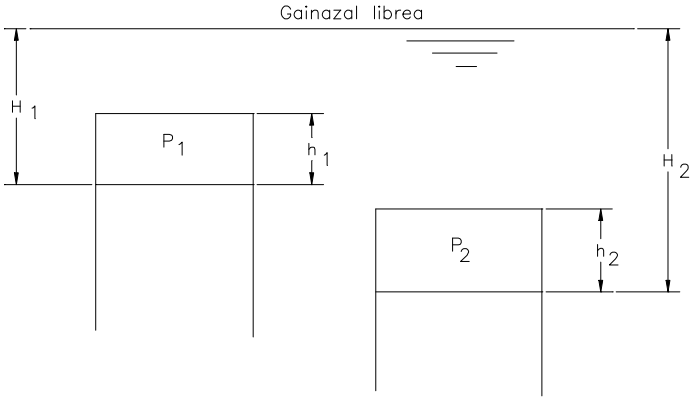
$$\boxed{Datuak: H = 3\ m; A = 0{,}9\ m^2; W_1 = 8820\ N; W_2 = 6615\ N; P_0 = 1\ bar; T_0 = 20\ ^oC}$$

$$Airearen\ konpresio - prozesua\ isotermoa(T^a\ kte)$$
$$p \times V = kte$$

a) Orekan, kanpai bakoitzaren barruko aireak lortzen duen altuera (h_1 eta h_2)

$$Oreka\ estatikoa:$$
$$W_1 = Bultzada \Rightarrow W_1 = \gamma_{ura} \cdot \forall_1$$
$$8.820 = 9.800 \cdot h_1 \cdot 0{,}9 \Rightarrow h_1 = 1\ m$$

$$\boxed{h_1 = 1\ m}$$



$$W_2 = Bultzada \Rightarrow W_2 = \gamma_{ura} \times \forall_2 \Rightarrow$$
$$\Rightarrow 6.615 = 9.800 \times h_2 \times 0{,}9 \Rightarrow h_2 = 0{,}75\ m$$

$$\boxed{h_2 = 0{,}75\ m}$$

b) Kanpai bakoitzaren barruko presio absolutua (bar) (P_1 eta P_2).

Airearen konpresio-prozesua isotermoa:

$$P_0 \cdot V_0 = P_1 \cdot V_1 \Rightarrow P_0 \cdot H \cdot A = P_1 \cdot h_1 \cdot A \Rightarrow P_1 = \frac{P_0 \cdot H}{h_1} = \frac{1 \cdot 3}{1} = 3\ bar$$

$$\boxed{P_1 = 3\ bar}$$

$$P_0 \cdot V_0 = P_2 \cdot V_2 \Rightarrow P_0 \cdot H \cdot A = P_2 \cdot h_2 \cdot A \Rightarrow P_2 = \frac{P_0 \cdot H}{h_2} = \frac{1 \cdot 3}{0{,}75} = 4\ bar$$

$$\boxed{P_2 = 4\ bar}$$

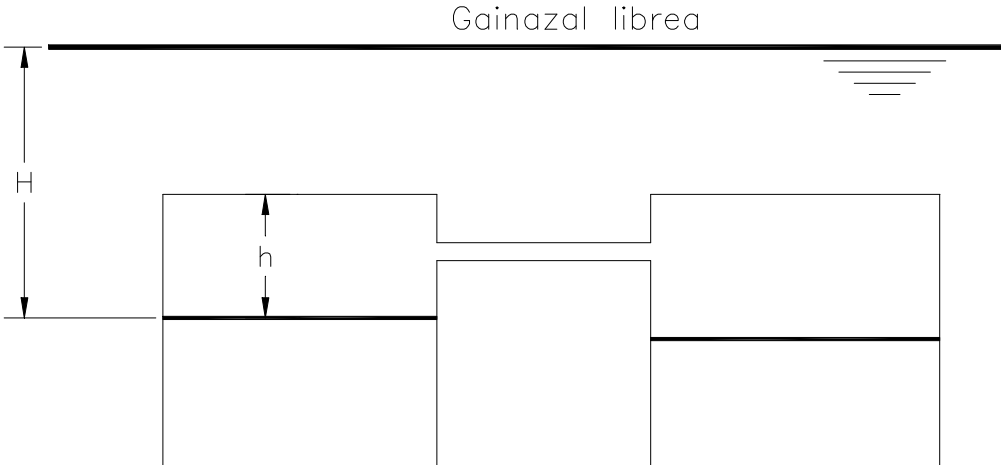
c) Kanpai bakoitza dagoen sakonera H_1 eta H_2.
1. kanpai barruan airea ukituz dagoen ura airearen presio berean dago (P_1).
Uraren presio hau H_1 muz-koa da.
Presio manometrikoak hartuz:

$$P_1^{man} = P_1^{abs} - P_{atm} = 3 - 1 = 2\ bar = 2 \cdot 10^{-5}\ Pa$$

$$H_1 = \frac{P_1^{man}}{\gamma_{ura}} = \frac{2 \cdot 10^5}{9.800} = 20{,}41\ muz \Rightarrow H_1 = 20{,}41\ m$$

$$H_2 = \frac{P_2^{man}}{\gamma_{ura}} = \frac{3 \cdot 10^5}{9.800} = 30{,}6122\ muz \Rightarrow H_2 = 30{,}6122\ m$$

d) Bi kanpaiak konektatzen badira, kalkulatu ur-maila kanpai bakoitzean (h) eta barruko presioa.



Bi kanpaiak hodi batez konektatzen badira, oreka espazio osoan dago.

$$W_1 + W_2 = \gamma \cdot (V_1 + V_2) \Rightarrow 8.820 + 6.615 = 9.800 \cdot 0{,}9 \cdot (h + h) \Rightarrow h = 0{,}875\ m$$

Bi kanpaietako airearen barruko presioa bera da. Beraz, H altuera berdina da. Prozesu isotermoa:

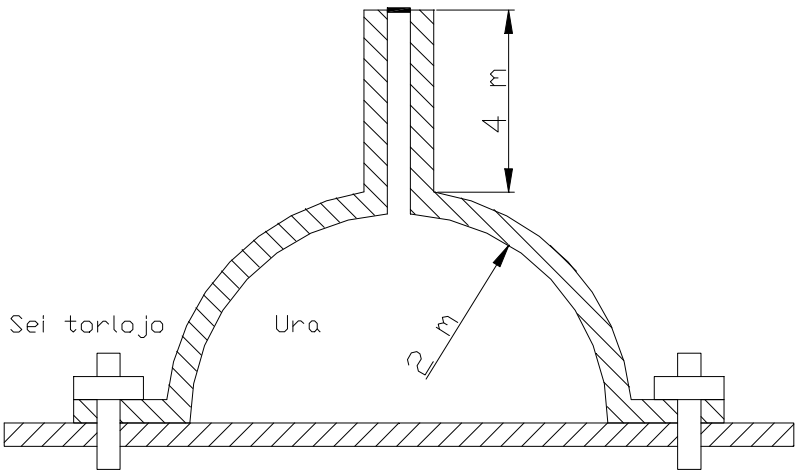
$$P_0 \cdot 2 \cdot V_0 = P \cdot 2 \cdot V \Rightarrow 1 \cdot A \cdot 3 = P \cdot A \cdot 0{,}875 \Rightarrow$$

$$\boxed{P = 3{,}4286\ bar\ (abs)}$$

$$P_{man} = P_{abs} - P_{atm} = 2{,}4286\ bar \Rightarrow$$
$$\Rightarrow P_{man} = 2{,}4286 \cdot 10^5\ Pa$$
$$H = \frac{P_{man}}{\gamma_{ura}} = \frac{2{,}4286 \cdot 10^5}{9.800} = 24{,}78\ m$$

$$\boxed{H = 24{,}78\ m}$$

2.8. Irudiko kupula erdiesferikoak 31 kN pisatzen du. Lurrari berno erresitente bitartez lotzen zaio, batetik bestera tarte berdina utzita. Ondokoa eskatzen da:

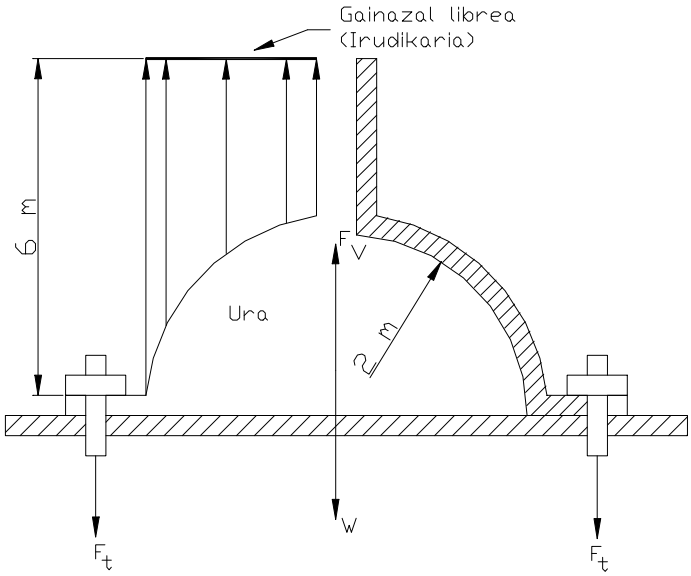


2.8. ariketa.

a) Torlojo bakoitzari eragiten dion indarra zenbatekoa den.
b) Berno bakoitzaren diametroa, materialaren tentsio onargarria 9,58 kg/mm^2--koa bada.
c) Hodiko uraren altuera, torlojoak hauts daitezen, haustura-tentsioa 40 kg/mm^2--koa bada.

Ebazpidea:

a) Torlojo bakoitzak jasaten duen indarra (F_t).



F_V = kupula erdiesferiko eta gainazal librearen arteko ur-bolumenaren pisua.

$$F_V = \left(\pi \times R^2 \times 6 - \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \times \pi \times R^3\right) \times 9.800 = \pi \times 2^2 \times 6 - \frac{1}{2} \times \frac{4}{3} \times \pi \times 2^3 \Rightarrow$$

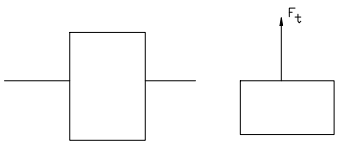
$$\Rightarrow F_V = 574.702\ N$$

Oreka :

$$\sum F_Y = 0 \Rightarrow F_V = W + 6 \times F_t \Rightarrow F_t = \frac{F_V - W}{6} = \frac{574.702 - 31.000}{6} = 90.617\ N$$

$$\boxed{F_t = 90.617\ N}$$

b) Berno bakoitzaren diametroa. σ_{onarg} = 9,58 kg/mm^2.



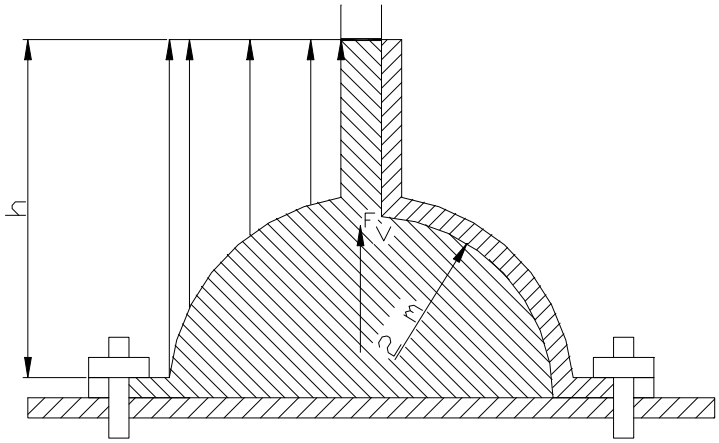
Berno bat ebakiz:

$$\sigma = (trakzio - tentsioa) = F_t / S = \frac{F_t \times 4}{\pi \times D^2} \langle \sigma_{onarg}$$

$$D \rangle \left[\frac{4 \times F_t}{\pi \times \sigma_{onarg}}\right]^{1/2} \Rightarrow D_{\min} = \left[\frac{4 \times F_t}{\pi \times \sigma_{onarg}}\right]^{1/2} = \left[\frac{4 \times 90.617}{\pi \times 9,58 \times 9,8}\right]^{1/2} = 35\ mm$$

$$\boxed{D_{min} = 35\ mm}$$

c) Hodiko uraren altuera, torlojoak hauts daitezen, haustura-tentsioa 40 kg/mm^2 -koa bada.



Bernoak, hauts dadin jasan behar duen trakzio-indarra:

$$F_t = \sigma \cdot \pi \cdot D^2/4 = 40 \cdot 9{,}8 \cdot \pi \cdot \frac{35^2}{4} = 377.148\ N$$

Oreka :

$$\sum F_Y = 0 \Rightarrow F_V = W + 6 \cdot F_t \Rightarrow$$

$$F_V = 31.000 + 6 \cdot 377.148 = 2.293.888\ N$$

$$F_V = \left(\pi \cdot R^2 \cdot h - \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R^3\right) \cdot 9800 \Rightarrow 2293888 =$$

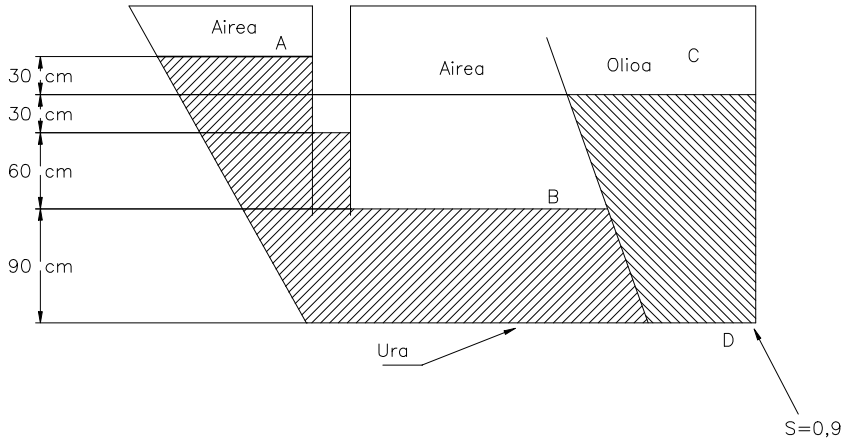
$$\left(\pi \cdot 2^2 \cdot h - \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot 2^3\right) \cdot 9800 \Rightarrow$$

$$h = 19{,}96\ m \approx 20\ m (\text{lurzorutik neurtuta})$$

IKASLEARI PROPOSATURIKO ARIKETAK

2.9. Irudia kontuan hartuta, ondokoa eskatzen da

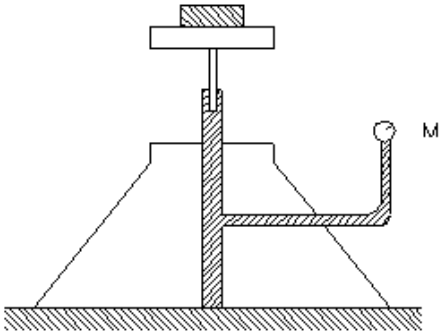
a) A, B, C eta D puntuetako presioa (kg/cm^2).
b) Gauza bera unitate hauetan: MPa.
c) Torr.
d) muz (metro ur-zutabe).
e) mlz (olioaren dentsitate erlatiboa = 0'9).



Emaitza: -0,06; 0,06; 0,06 eta 0,222 kg/cm^2; -0,0059; 0,0059; 0,0059 eta 0,0218 MPa; -44,14; 44,14; 44,14 eta 163,33 Torr; -0,6; 0,6; 0,6 eta 2,22 muz; -0,67; 0,67; 0,67 eta 2,47 mlz.

2.10. Presio handiak neurtzeko erabili nahi den M manometroa kalibratzeko irudian erakutsitako prentsa erabiltzen da. Prentsako platerak hutsik 1,34 daN pisatzen ditu eta pistoiaren diametroa 1,22 cm-koa dela jakinik, kalkulatu:

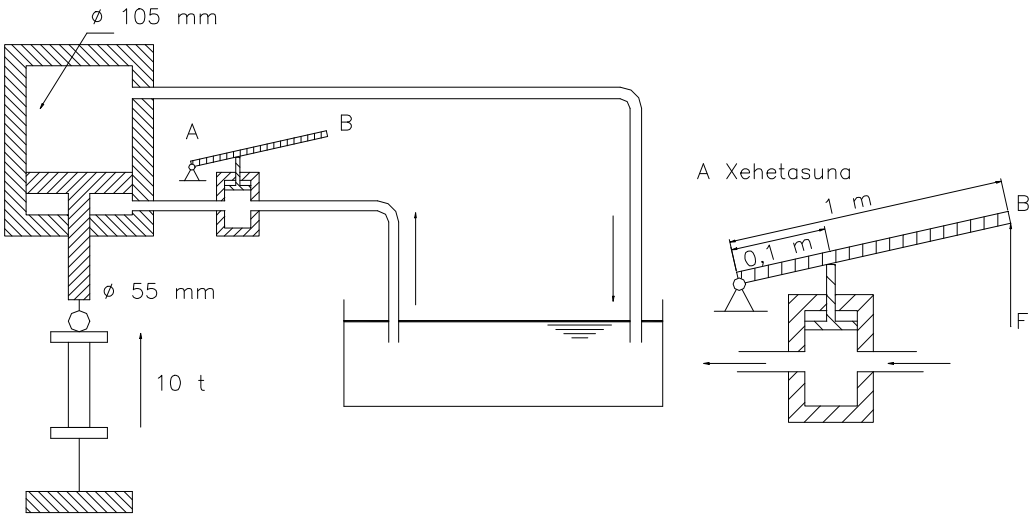
a) Prentsako plateraren gainean 543 daN-eko gainkarga ipintzen denean M manometroan egin beharko den presioa (kg/cm^2).



2.10. ariketa.

Emaitza: 475 kg/cm^2.

2.11. Trakzio-saiakuntza burutzeko, irudiko prentsa erabiltzen da. Prentsa honek 105 mm-ko pistoia du eta 55 mm-ko diametroa duen zurtoinak eragiten dio. Prentsa honi eragiten dion ponpak, 18 mm-ko diametroko pistoia du, irudian ikus daitekeenez eta palanka batek higiarazten du.



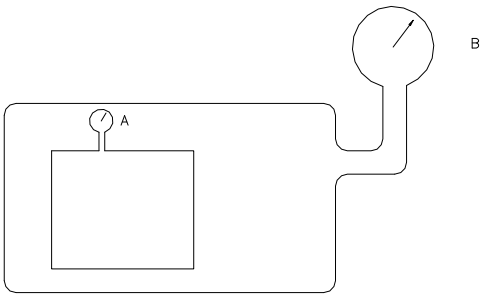
2.11. ariketa.

Ondokoa eskatzen da:

a) Zirkuitu hidraulikoko presioa, 10 t-ko trakzio-esfortzua lortzeko.
b) Ponpako palankaren muturrean egin beharreko F indar edo esfortzua.
c) Saiakuntzako piezak izango duen zabalkuntza, aipatutako palanka 10 cm desplazatzen denean.

Emaitza:159,5 kg/cm^2; 39,88 daN; 0,407 mm.

2.12. Presiopean dagoen depositu baten barrualdean kokaturik dagoen A manometroaren irakurketak 0,9 kg/cm^2-ko presioa adierazten du. Presiopeko deposituaren kanpoaldean jarrita dagoen barometro aneroide batek 750 Torr-eko presioa markatzen du. B manometroak 1,4 kg/cm^2-ko presioa markatzen du. Honako hau eskatzen da:



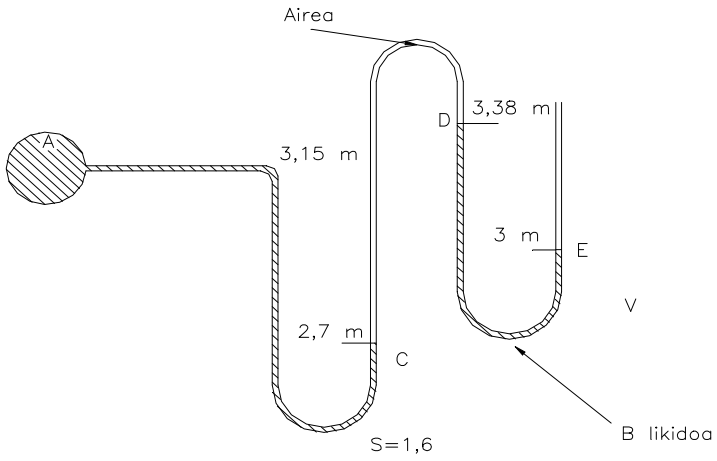
2.12. ariketa.

a) Barruko deposituko presio absolutua Torr-etan.
b) Presio bera kPa-etan.

Emaitza: 2.441,2 Torr; 325,4 kPa.

2.13. Irudiko A puntuan – 0,1078 daN/cm^2-ko presioa baldin badago, kalkulatu:

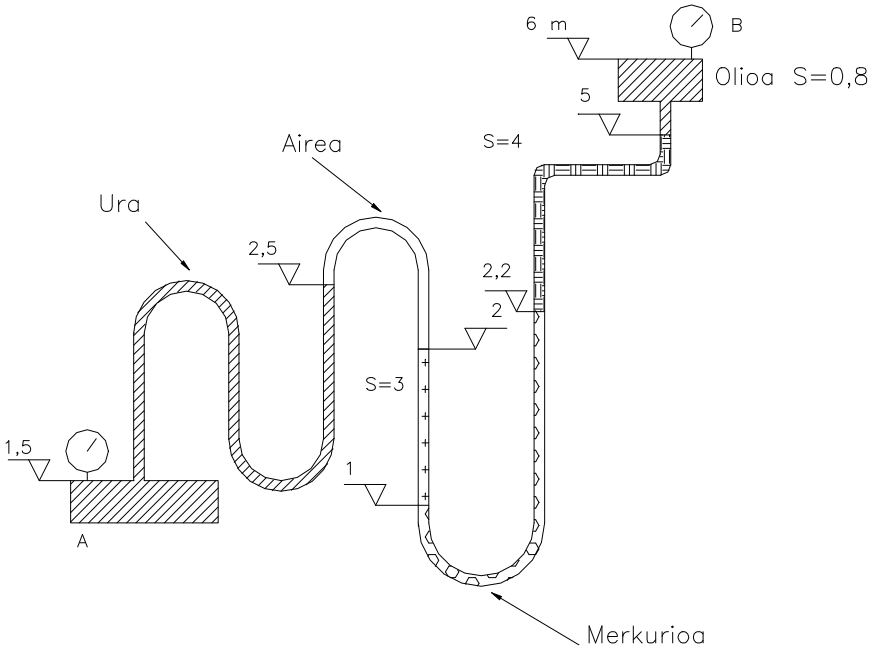
a) B likido manometrikoaren dentsitate erlatiboa.



2.13. ariketa.

Emaitza: 1

2.14. Irudiko B deposituko manometroak 5 atm-ko presioa adierazten badu, kalkulatu:



2.14. ariketa.

a) A puntuko presioa kg/cm^2-tan.

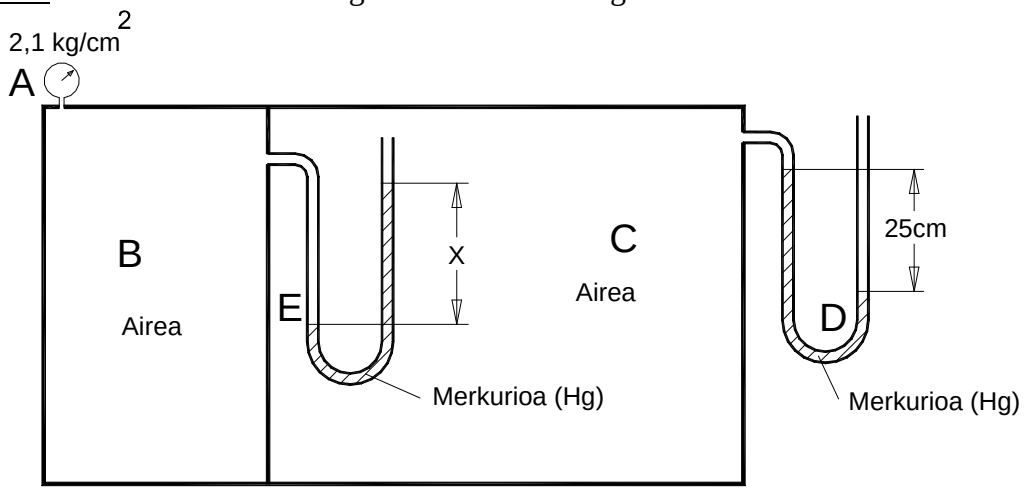
b) Gauza bera bar-etan.

Emaitza: 7,797 kg/cm^2; 7,64 bar.

2.15. Irudiko B eta C lekuguneak itxita eta airez beteta daude. Irakurketa barometrikoa 1,02 kg/cm^2-koa da. A eta D manometroek irudian agertzen diren irakurketak ematen dituztenean, ondokoa eskatzen da:

a) E manometroan agertzen den x magnitudea.

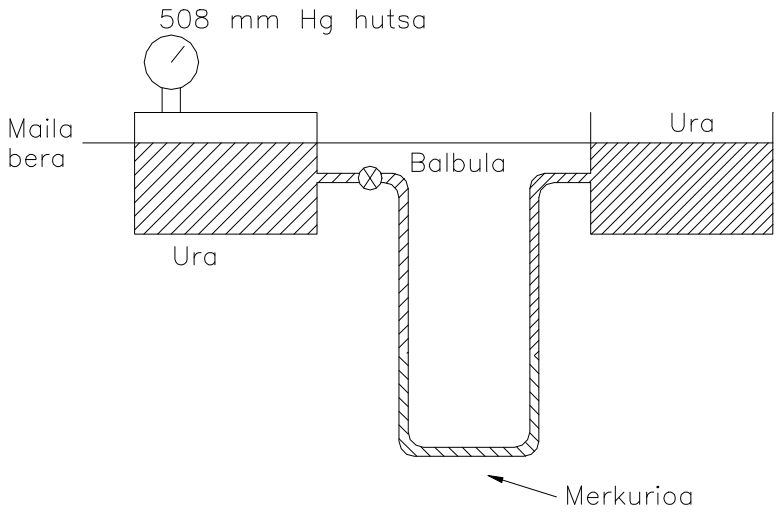
Oharra: E manometroa C lekugunearen barruan dago.



2.15. ariketa.

Emaitza: 1,794 m.

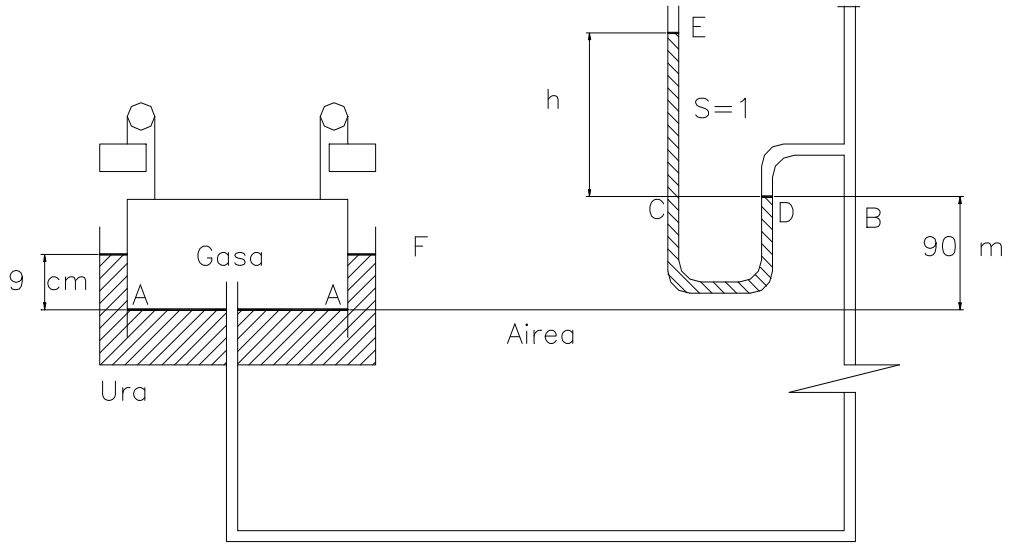
2.16. Kalkulatu manometroaren irakurketaren magnitude eta norabidea, balbula irekita dagoenean. Deposituak oso handiak dira manometroaren tutuaren aldean.



2.16. ariketa.

Emaitza: 54,8 cm.

2.17. Irudiko guneetako gas eta airearen pisu espezifikoak hauexek dira: gasarena 0,56 eta airearena 1,26 kg/ m^3. Ondokoa eskatzen da:

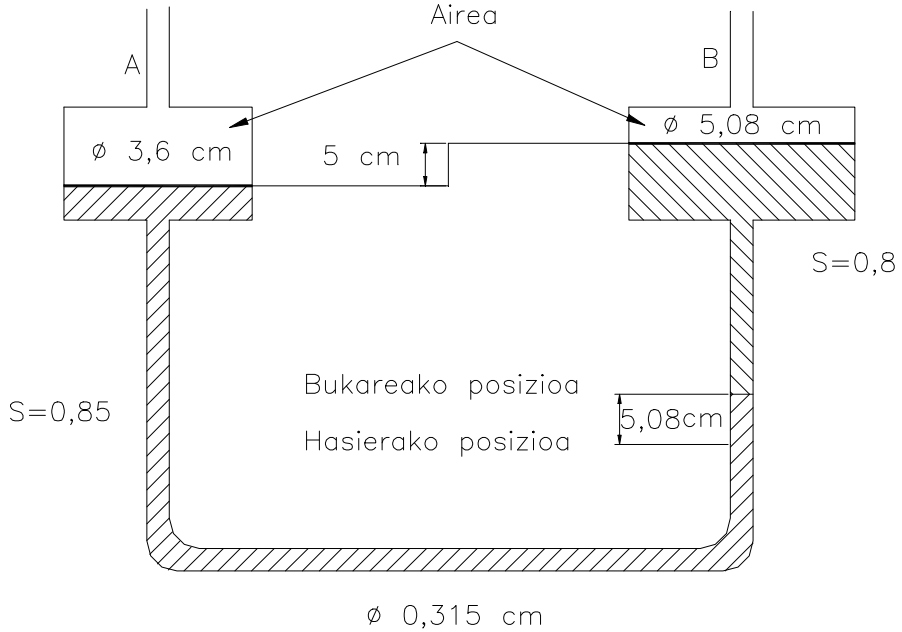


2.17. ariketa.

a) U forma duen urezko manometroko h altuera.

Emaitza: 0,153 m.

2.18. Bi fluidoko manometroa, irudian agertzen den bezalakoa, fluido bakarreko manometroaren ordez erabil daiteke presio-diferentziak doitasun handiagoz neurtzeko. Hasierako posizioan: $P_A = P_B$. Honako hau eskatzen da:

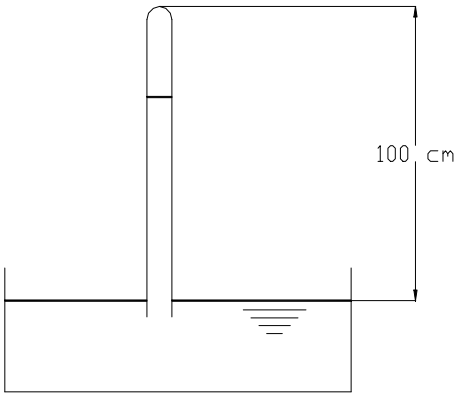


2.18. ariketa.

a) Bi fluidoen geruzen arteko deflexioa 5 cm-koa denean presioen ezberdintasuna (P_A-P_B).

Emaitza: $3 \cdot 10^{-4}$ kg/cm^2

2.19. Barometro bat hondaturik dago huts-ganbaran airea sartu zaiolako. Presio erreala 76 cm-koa denean 72 cm markatzen du. Hodiaren goiko muturra merkurioa duen ontzitik 100 cm-ra badago, zein da benetako presio atmosferikoa barometroak 68 cm markatzen duenean? Zergatik? Hartu T = ktea

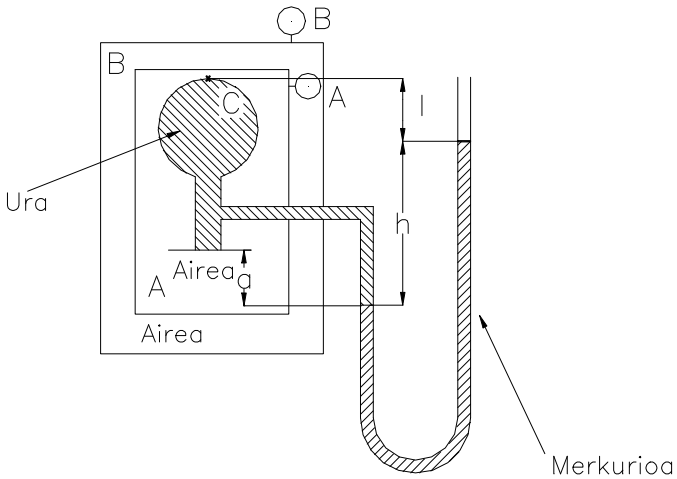


Emaitza: 71,5 cm

2.19. ariketa

2.20. Urez beteriko matraze bat iraulita dago, ura isur ez dadin ahoan paper bat duelarik. Kalkulatu:

a) Presioa C puntuan(mbar).
b) Presio absolutua C puntuan (bar).
c) Presio absolutua A deposituan (kg/cm^2).
d) B manometroak markatuko duen presioa (Torr).



2.20. ariketa.

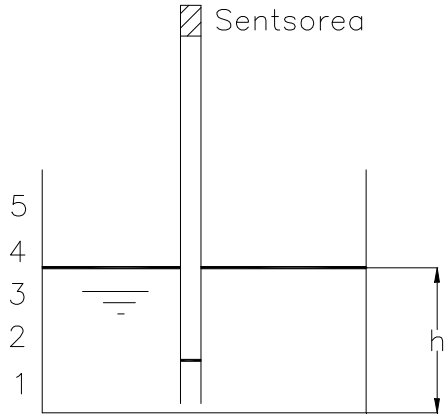
Datuak: h = 50 cm; a = 10 cm; l = 40 cm; s (Hg) = 13,6;
P_A = 0,4 kg/cm^2; P_{atm} = 980 mbar

Emaitza: 578,2 mbar; 1,558 bar; 1,67 kg/cm^2; 198,5 Torr.

2.21. Kerosenoak 0,81eko dentsitate erlatiboa du. Zenbateko altuerako kerosenozutabea behar da presioa 2.000 Pa-ekoa izan dadin? Presio atmosferikoa 750 mmHgz-koa bada, kalkulatu presio absolutua bar-etan.

Emaitza: 0,2519 mkz; 1,0196 bar.

2.22. Irudiko gailua depositu bateko ur-maila neurtzeko erabiltzen da. Hodi bertikala hasieran (depositutik kanpo dagoenean) airez beteta dago eta itxia duen goiko aldean sentsore bat du, hodi barruko airearen presioa adierazten duena.



a) Lortu uraren altuera deposituan "h" eta airearen presio manometrikoa metro urzutabetan erlazionatzen dituen adierazpena. Airearen konpresio-prozesua isotermoa da.

b) Zein presio manometrikoren artean (Pa) egin beharko du lan sentsoreak deposituaren ur-mailak 1 eta 5 m bitartean oszilatzea nahi bada.

$P_{atmosferikoa}$ = 10 muz; Hodiaren altuera H = 5,5 m

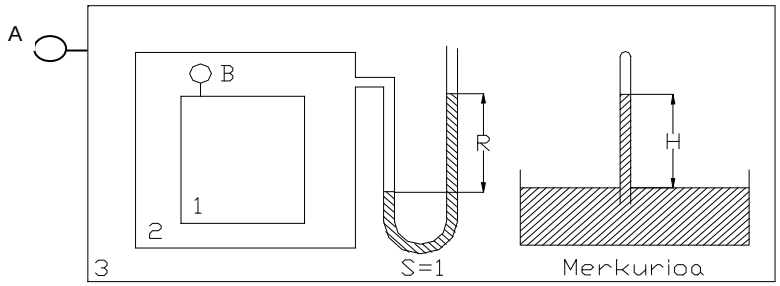
Emaitza:

$y^2 + y(15,5 - h) - 10h = 0$ ($y = airearen$ *presioa muz* $-\tan$); *6.464 Pa; 34.858,2 Pa.*

2.23. A manometroak 1,3 bar markatzen du, B manometroak 4,5 bar. R= 2 m eta H = 1,695 m.

Hg-ren lurrin-presioa 0 dela suposatuz, kalkulatu:

a) Kanpoko presio atmosferikoa Torr-etan.
b) 3 deposituaren barruko presio absolutua bar-etan.
c) 2 deposituaren barruko presio absolutua muz-tan.
d) 1 deposituaren barruko presio absolutua kg/cm^2-tan.



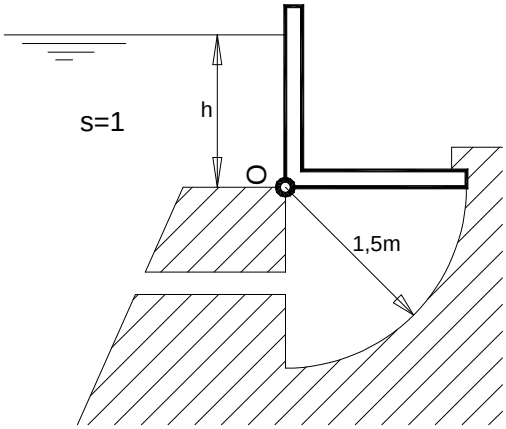
2.23. ariketa

Emaitza: 719,6 Torr; 2,26 bar; 25,05 muz; 7,097 kg/cm^2

2.24. Ondoko irudiko konportak 0 puntuaren inguruan bira dezake. Irudiarekiko norabide normalean metroko 15 kg pisatzen du eta bere grabitate-zentroa ezkerreko aurpegitik 45 cm-ra eta behekotik 60 cm-ra kokaturik dago.Kalkulatu:

a) Oreka-posizioan h altuera.
b) Giltzadurako erreakzioak h altueraren kasurako.

***Datua*:** Sakonera = 1 m.

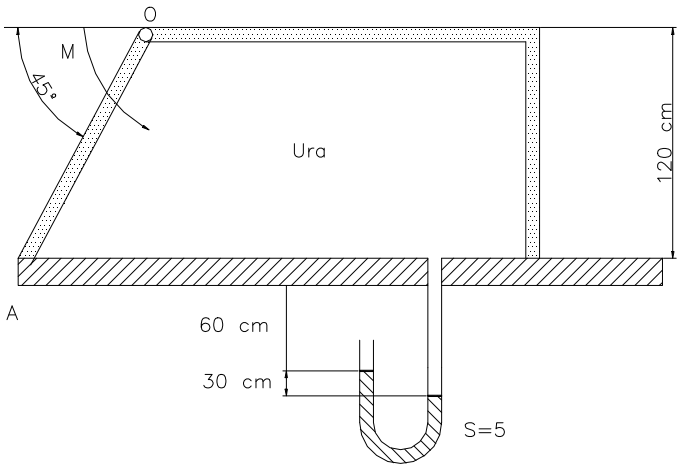


2.24. ariketa.

Emaitza: 2,595 m; 33 kN eta 38 kN.

2.25. Ondoko irudian oinarrituz, kalkulatu:

a) 0 puntuan aplikatu beharreko momentua, oreka posizioan OA konporta itxita egotea lortu ahal izateko.



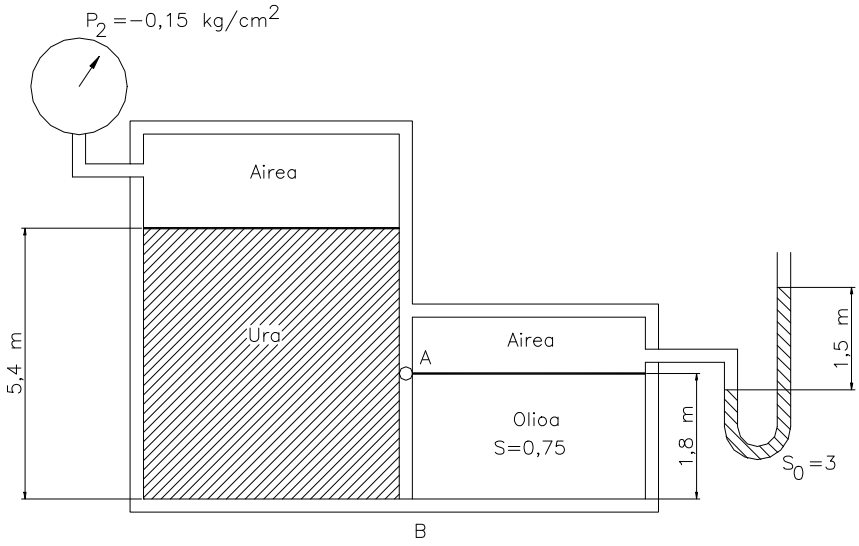
2.25. ariketa.

Datua: Irudiarekiko zabalera normala = 1,8 m.

Emaitza: 508 mdaN

2.26. Irudiko AB konportak marrazkiarekiko 1,20 m-ko zabalera normala du eta A puntuan giltzaturik dago.

a) Konporta orekan egoteko zenbateko indarra eragin behar da B puntuan? Indar horren modulua eta norantza kalkulatu.



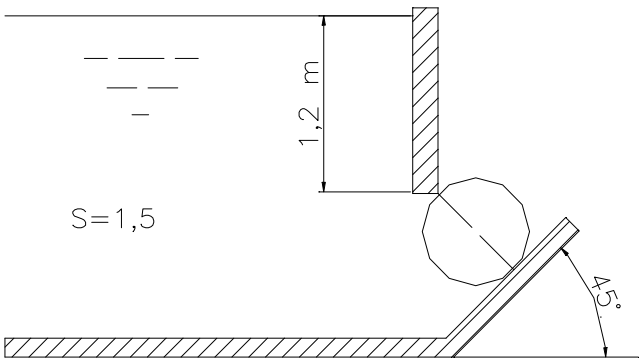
2.26. ariketa.

Emaitza: 2.221,9 daN; Eskuinalderantz.

2.27. Irudiko sisteman, ondokoa eskatzen da:

a) Konporta zilindrikoan egiten den indar horizontal eta bertikala.

Datuak: Konportaren diametroa = 1,8 m; Irudiarekiko zabalera normala = 2,5 m.



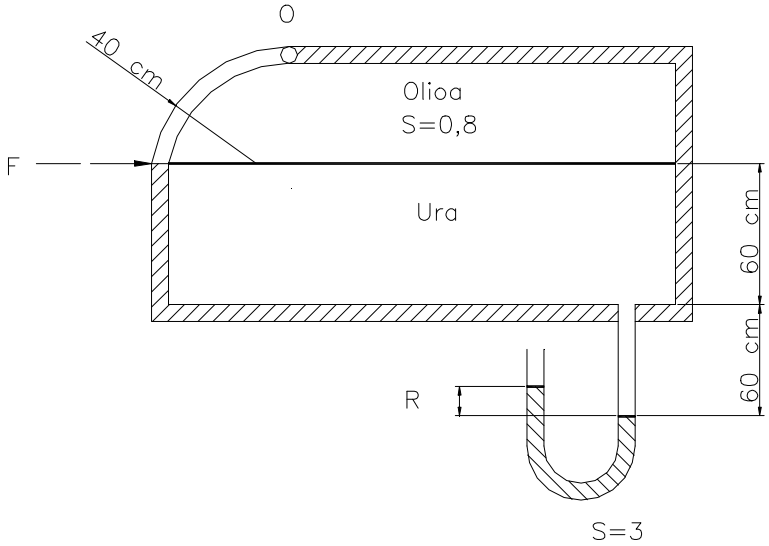
2.27. ariketa.

Emaitza: 8.589,8 daN; 13.265,6 daN.

2.28. Irudiko datuak kontuan harturik, ondokoa eskatzen da:

a) Orekan dagoenean, OF konporta itxita mantentzeko egin behar den F indarra.

Datuak: R = 0,4 m; Irudiarekiko zabalera normala = 1,2 m.

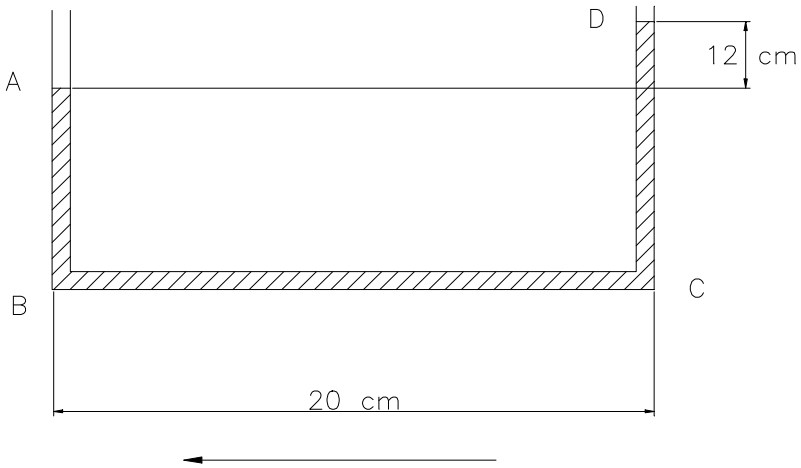


2.28. ariketa.

Emaitza: -752,5 N

2.29. Automobil baten balaztaketa-mekanismoa ongi dabilen ikusteko azelerometro hidraulikoa daukagu. Irudian ikusten duzun bezala, azelerometro hau hiru hodik osatzen dute. AB eta CD automobilean bertikalki jartzen dira eta BC autoa doan norabidean eta norantzan. Azelerazio-saiakuntzan aparatuak irudiko kokaera du. Ondokoa eskatzen da:

a) Zenbateko azelerazioa lortzen duen eta norantza.



2.29. ariketa.

Emaitza: 5,9 m/s^2; azelerazio negatiboa.

2.30. Depositu laukizuzena dugu, estalkirik gabea, 1,5 m-ko zabalera, 3 m-ko luzera eta 1,8 m-ko sakonera dauzkana; bere ur-mintza 1,2 m-tan dago. Depositu hau luzerarekiko norabide paraleloan horizontalki azeleratzen da 4,9 m/s^2-tan. Honako hau eskatzen da:

a) Gainazal librearen horizontalarekiko angelua.
b) Egiaztatu urik ixurtzen den eta hala bada, bolumena kalkulatu.

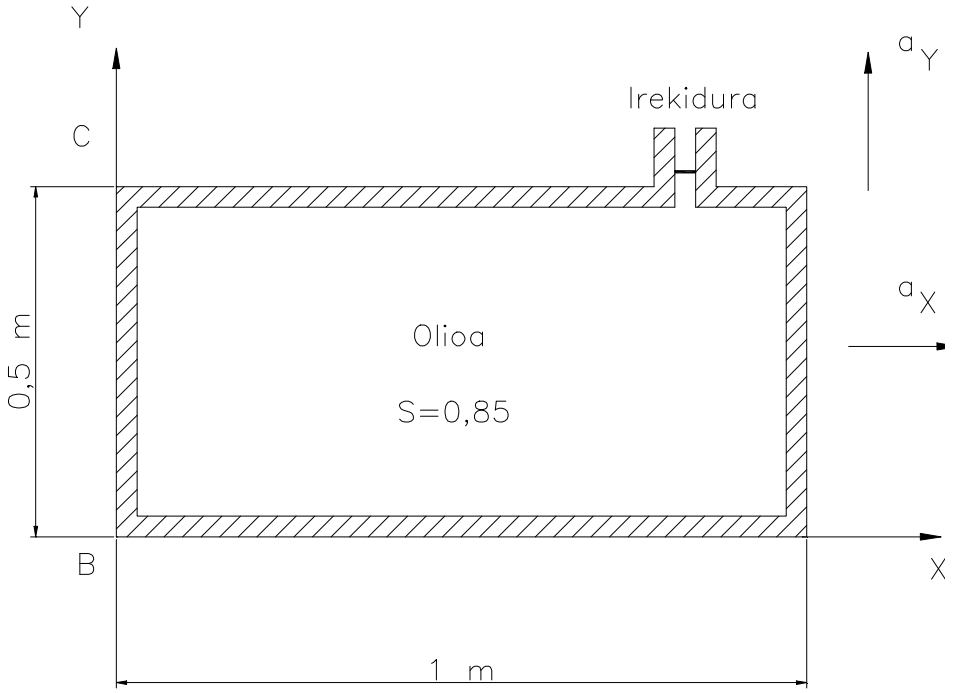
Emaitza: 26,56º; bai; 675 l.

2.31. 2 m-ko ertza duen estalkirik gabeko kutxa kubikoa 0,9 dentsitate erlatiboko olioz beteta dago erdiraino. Horizontalarekiko 30ºko inklinazioa duen planotik, grabitazioa dela eta, azeleratu edo irristatu egiten da. Ondokoa eskatzen da:

a) Gainazal libreak horizontalarekiko osatzen duen angelua.
b) Zolako presioa kotarik txikieneko punturainoko distantziaren arabera.
c) Azeleraziorik handiena norantza berean likidorik ez ixurtzeko.

Emaitza: 30º; $p = \rho g \cos 30\ (1 - y)$; 13,39 m/s^2.

2.32. Irudiko kutxari ondoko azelerazioa eragiten zaio: a_x = 4,9 m/s^2 eta a_y = 3,68 m/s^2. Ondokoa eskatzen da:

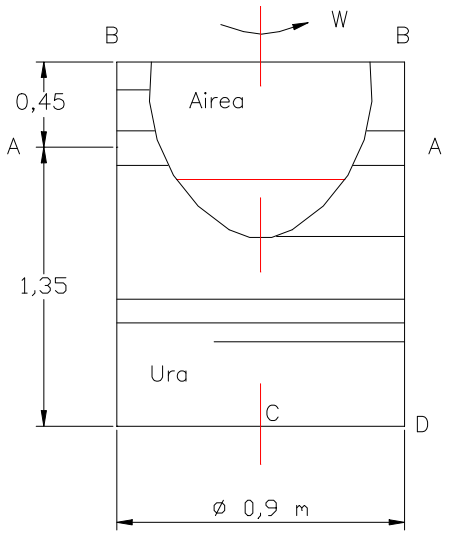


2.32. ariketa.

a) Presio berdineko gainazalek horizontalarekiko osatzen duten angelua.
b) Berdina presio izardunarekin.
c) B eta C puntuetako presioa.

Emaitza: 20º; 53º; 0,101 eta 0,0425 kg/cm^2.

2.33. 1,8 m-ko altuera eta 0,9 m-ko diametroa duen depositu zilindriko itxiak 1,35 m--ko ur-kopurua du eta gainerakoa 1,09 kg/cm^2-ko presioko airez beterik dago. Ondokoa eskatzen da:



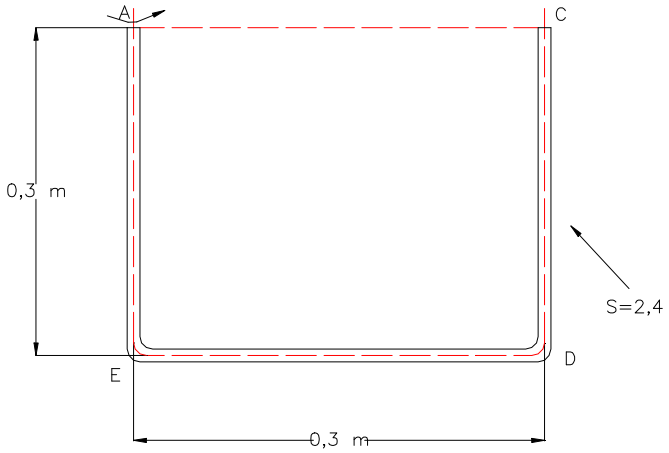
2.33. ariketa.

a) Irudiko C eta D puntuetako presioak depositua ardatzaren inguruan 12 rad/s--ko abiaduraz bira egiten duenean, ardatza bertikalki egonik.

b) Biraketa-abiadurarik txikiena C puntuan sakonera 0 izan dadin.

Emaitza: 1,15 eta 1,3 kg/cm^2; 18,6 rad/s.

2.34. U forma duen hodiak 2,4 dentsitate erlatiboko likidoa dauka eta irudian ikusten duzun bezala, AB ardatzaren inguruan bira egiten du; abiadura angeluarra 60 bira/min-koa da. Ondokoa eskatzen da:



2.34. ariketa.

a) C, D eta E puntuetako presioak.

b) Abiadura angeluarra, zati horizontaleko erdiko puntuko presioa eta C puntukoa berdinak izateko.

Oharra: C muturra itxita dago eta A irekita.

Emaitza: 4,26; 11,32 eta 7,06 kPa. 89,13 bira/min.

2.35. Parking-bar bateko zerbitzari batek, bezeroak patinen gainean joanda zerbitzatzen dituenak, erretiluan baso bat darama. Basoa ebakidura karratukoa da, 8 cm-ko aldea du eta likidotik basoaren ertzeraino 1 cm dago.

a) Kalkulatu zerbitzariak eraman dezakeen azeleraziorik handiena, bandeja horizontal duela, likidoak gainezka egin ez dezan.

Taberna berean konbinatuak prestatzeko nahasteak birarazten dira 8 cm-ko diametroa eta altuera duten baso zilindrikoetan. Geldiunean likidotik basoaren ertzeraino 1 cm dago;

b) Kalkulatu basoari ezar dakiokeen abiadura angeluar maximoa likidoak gainezka egin ez dezan.

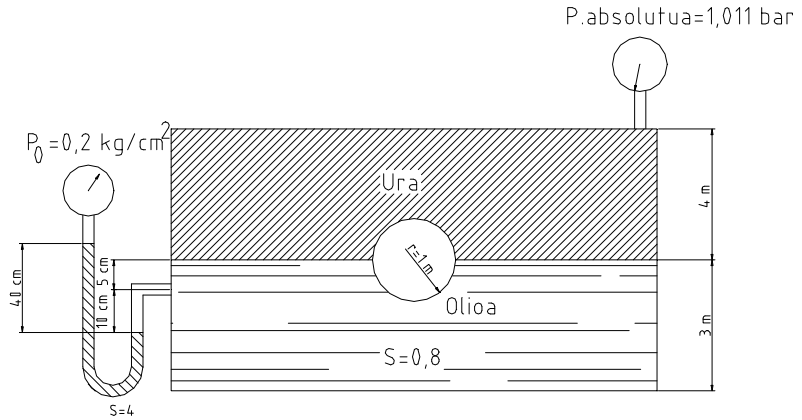
c) Basoaren hondoko presioaren adierazpen matematikoa, aurreko abiadura angeluarrarekin, (p = p(r)).

Arrazoitu egindako guztia

***Datuak**:* Likidoaren dentsitate erlatiboa s = 0,9.

Emaitza: 2,45 m/s^2; 15,65 rad/s; (11.0250·r^2 + 529,2) Pa

2.36. Irudiko despozituaren bi parteak erabat isolaturik daude, gainazal horizontalaren eta 2 m-ko diametroko esfera baten bitartez. Azken honek obturadore gisa eragiten du. Ondokoa eskatzen da:



2.36. ariketa.

a) Marraztu, esferari eragiten dioten indar bertikalei dagozkien presio-prismak.
b) Aipatutako indarren modulu eta norantza.
c) Esferari eragiten dioten indar horizontal eta bertikalen ordezkaria.
d) Trinkoa balitz, esferak oreka lortzeko izan beharko lukeen pisua eta pisu espezifikoa.

Datua: Presio atmosferikoa = 740 mmHg z

Emaitza: 110,4 kN beherantz; 123,6 kN gorantz; 0; 13,17 kN; 3.143,4 N/m^3.

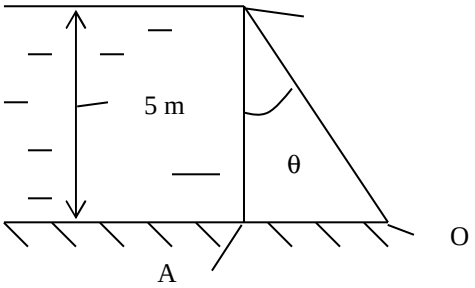
2.37. Hormigoizko urtegiak 10 m-ko altuera duen urak sortzen duen indarra jasan behar du. Koroak edo goialdeak 2 m ditu eta uraren gaineko xaflatik 1 m-ra dago. 5 cm-ko lodieradun izotz-geruza egin daitekeela kontuan izanik, ondokoa eskatzen da:

a) Oinarriaren zabalera, baldin eta iraulketaren aurka 1,8ko segurtasun-koefizientea lortu nahi bada.

Datuak: Izotzak eragindako presioa: 80 kg/cm^2; Hormigoiaren pisu espezifiko erlatiboa s = 2,4. Ez da inongo azpipresio-efekturik aintzakotzat hartuko.

Emaitza: 9,9 m.

2.38. Zenbatekoa da θ angelua urtegiko presak O puntuarekiko bira ez dezan?



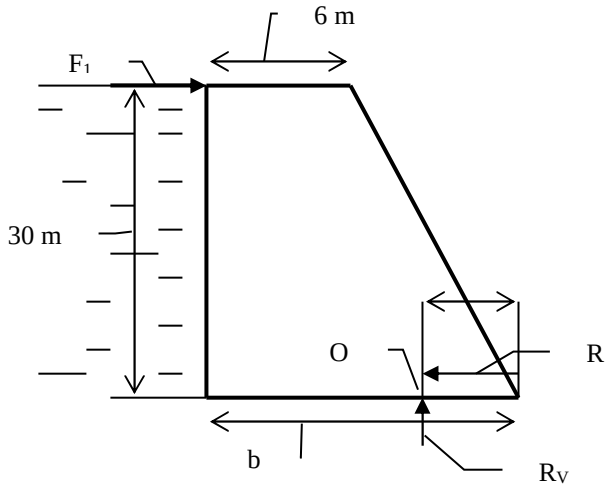
Presaren hondoan uraren presioaren balioa gutxituz doala suposatuko da, A puntuan balore maximoa izatetik O puntuan presio atmosferikoa izateraino.

Datuak: presako materialaren pisu espezifiko erlatiboa s= 2,5; urtegiko ur-maila = 5 m; presaren sakonera normala b = 50 m.

Emaitza: 30º

2.39. Grabitatezko presa batean bere pisuak orekatzen du presan eragiten duten indarren eragina. Indarrak ondorengoak dira:

- Urak presako paretan eragindako indar horizontala.
- Ura izoztuko balitz goikaldean eragingo lukeen indarra F_1.
- Presaren oinarrian urak eragindako indar bertikala, ura lur azpian sartuko balitz presaren hondoan, Suposatzen da uraren presioa linealki aldatzen dela balore maximoa izatetik ur-goitiko ertzean zero izateraino ur-behetikoan.

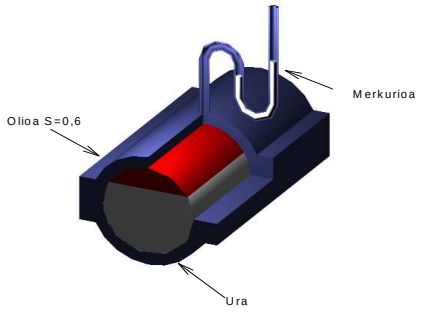


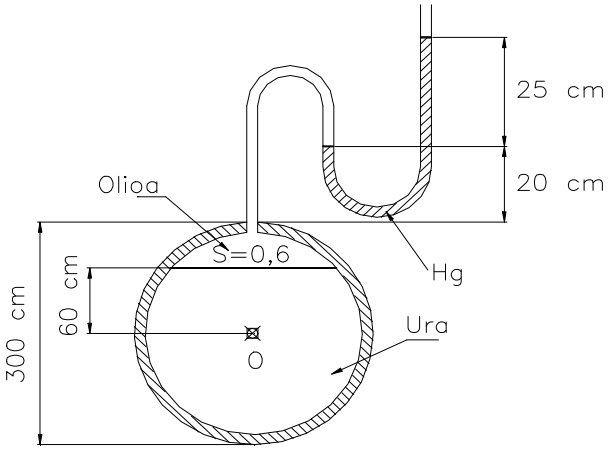
Suposatzen da presaren oinarriaren erreakzioa (R_v bertikala + R marruskadura) ur-behetiko ertzetik oinarriaren b zabaleraren heren batean kokatzen dela (O puntuan).

Irudiko datuen arabera, F_1 = 18600 kg/m bada eta materialaren pisu espezifiko erlatiboa s = 2,5, kalkulatu presaren oinarriaren zabalera minimoa **b.**

Emaitza: 22,5 m

2.40. Irudiak erakutsi bezala, goialdetik zintzilik eta sostengaturiko hodi handi batek ura eta olioa dauzka presiopean. Bi ebakidura erdizilindrikoz egina dago, errematxe bitartez lotuta. Ebakidura bakoitzak 450 kg/m-ko pisua du. Ondokoa eskatzen da:





a) Hodiari eragiten dioten indar hidrostatikoei dagozkien presio-prisma bertikal eta horizontalak marraztu, puntu singularretako balioak kalkulatuz.
b) Beheko zilindroerdiko ebakidurari eragiten dion indarra.
c) Iltzeburu bakoitzari eragiten dion indarra, 6 metroko zatian 100 iltzeburu badaude.
d) Iltzeburuen diametroa, altzairuzkoak izanik, material honen lan-tentsio onargarria 10 kg/cm^2-koa baldin bada.

Emaitza: 17.514 kg/m; 1.078 kg; 11,7 cm.

2.41. Hidrometro batek 0,035 N pisatzen du eta ziriak 5 mm-ko diametroa du. Kalkulatu:

a) 1,0 eta 1,1ko pisu espezifiko erlatiboa markatzen duten marren arteko distantzia.

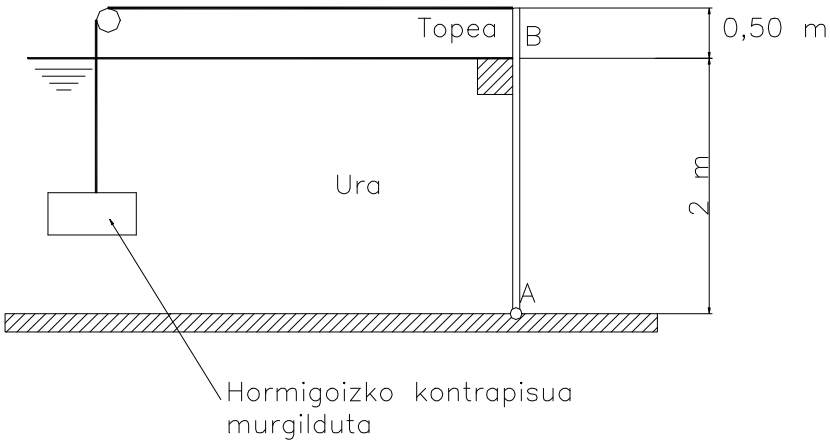
Emaitza: 16,5 mm.

2.42. Tutu zilindriko bat daukagu, mutur bat itxita duena. Luzera 15 cm, sekzioa 2 cm^2 eta masa 10 g. Mutur irekia beherantz duela, tutuak baino sekzio handiagoa duen urez betetako ontzi batean bertikalki sartu da. Presio atmosferikoa 10,33 m.u.z. da. Hormen lodiera oso txikia dela, airea konprimatzeko prozesua isotermikoa dela, airearen pisua ere alde batera uztekoa dela eta presio atmosferikoa 10,33 muz dela suposatuta, ondokoa eskatzen da:

a) Hodiaren barru eta kanpoko likidoaren goiko xaflen arteko h_2 desnibela.
b) Likidotik kanpora irteten den hodiaren h_1 altuera.
c) Hodiaren tapaki eta hormetan jokatzen duten presio-prismak marraztu.
d) Aztertu h_2-ren aldaketa kanpoko presioaren arabera.
e) Kanpoko presioa igo lezakeen pistoia ontziari jarriko balitzaio, zenbateko presioa beharko litzateke hodia erabat murgil ledin?

Emaitza: 5 cm; 9,93 cm; konstante; 303.212 Pa.

2.43. Irudiko AB konporta, A biraketa-zentroaren inguruan bira daitekeena, hormigoizko kontrapisuari esker itxita dago. Konportak 3 m-ko zabalera du eta hormigoiaren pisu espezifikoa 23,6 kN/m^3-koa da. Ondokoa eskatzen da:



a) Kontrapisuaren bolumen minimoa konporta itxita egon dadin.
b) Topeko erreakzioa, urak 1,50 m-ko altuera lortzen duenean eta erabilitako kontrapisua arestian kalkulatutakoa denean.

Emaitza: 1,136 m^3; 11.331,3 N.

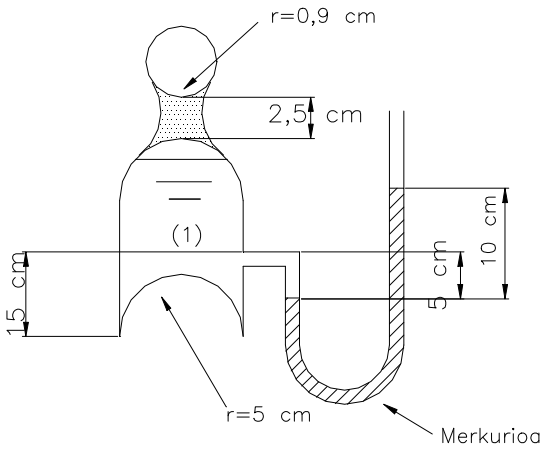
2.44. Bi esferaerdi huts 15 eta 15,5 cm-ko barru eta kanpoko erradiokoak hurrenez hurren, lotu eta hermetikoki ixten dira, ondoren 20 kPa-eko presio absolutuko hutsa sortuz. Ondokoa eskatzen da:

a) Esferaerdiak irekitzeko norantza bakoitzean eta norabide berean beharrezko indarra.

Datua: Presio barometrikoa = 100 kPa

Emaitza: 6.133,96 N.

2.45. Upelategiko botila txanpaina (S = 0,96) presiopean dago, merkuriozko manometroak erakusten duen bezala. Ondokoa eskatzen da:



2.45. ariketa.

a) Kalkulatu, botilaren zolu erdiesferikoari zenbateko indarrak eragiten dion eta dagokion presio-prisma marrraztu.
b) Botila astintzean, presioa igotzen duten gasak askatzen badira, zenbateko presioak irtenaraziko du kortxoa botilatik, konprimaketa-tentsio erradiala 34,7 kPa-ekoa eta kortxoa eta kristalaren arteko marruskadura-koefizientea 0,3koa baldin bada. Ez hartu kontuan kortxoaren pisua.

Emaitza: 109,6 N; 57,83 kPa edo 6,15 mlz.

2.46. Negutegi batek plastikozko estalki handia dauka 4 m-ko zilindroaren gainean 50 m-ko diametroko gune erdiesferikoa osatuz, eta barrua presiopean dago.

Negutegia lurrari 50 cm-tik 50 cm-ra jarritako tiranteen bidez lotzen zaio. Honako hau jakin nahi da:

a) Olanak m^2-ko 2 kg pisatzen badu eta 2,5eko segurtasun-koefizientea lortu nahi bada, negutegiaren barruan zenbateko presioak egon beharko duen kPa--etan.
b) Tirante bakoitzeko trakzio-tentsioa.

Datua: Airearen pisu espezifikoa = 1,29 kg/m^3.

Emaitza: 0,3244 kPa; 426,3 N.

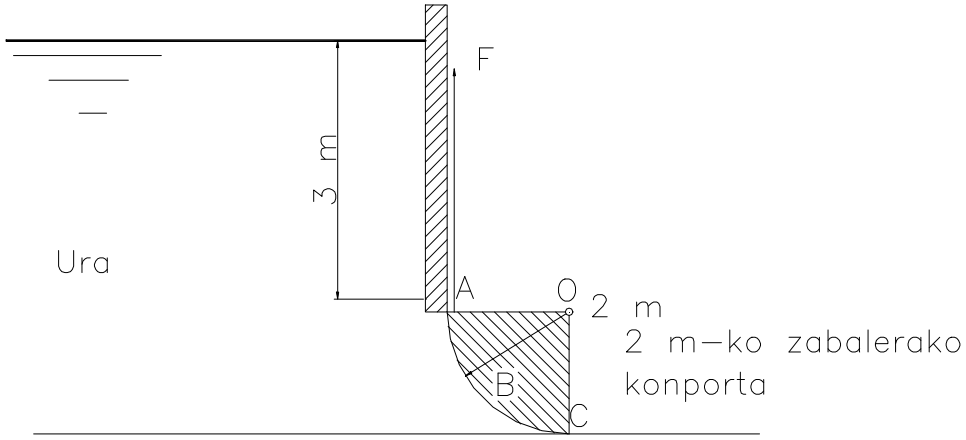
2.47. 12 m-ko diametroko globoa, behetik irekia, hidrogenoz betetzen da. Irakurketa barometrikoa 710 Torr eta tenperatua 20ºC dela kontuan harturik, ondokoa eskatzen da:

a) Globoaren karkasaren pisua orekan egon dadin.

Datuak: R_H = 4.124 N·m/kg·K; R_{airea} = 287,14 N·m/kg·K

Emaitza: ***9.279*** *N.*

2.48. Irudiko konporta, zilindro-laurden batek osatzen du eta O puntuan giltzaturik dago. Kalkulatu:



2.48. ariketa.

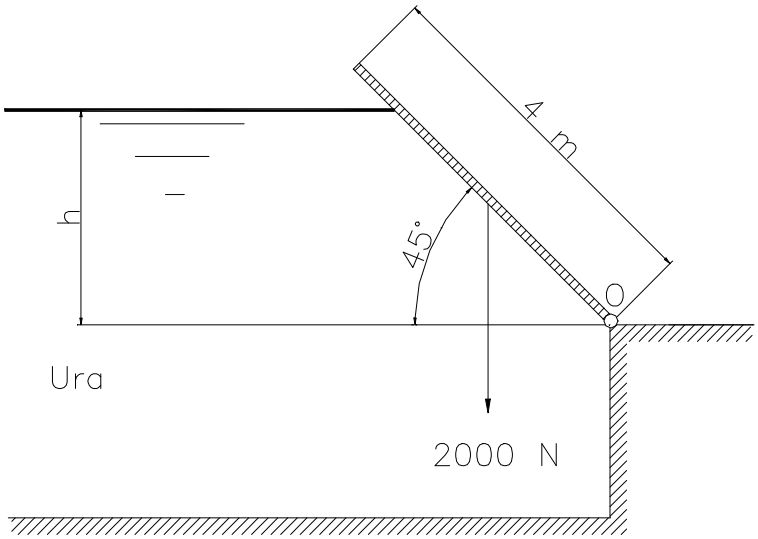
a) Urak eragindako indarraren osagai horizontala.
b) Osagai bertikala.
c) Irekitzeko beharko litzatekeen indarra, (F), pisua alde batera utzita.

Datua: Zirkulu-laurden baten grabitate-zentrotik mugatzen duten erradioetarainoko distantzia = $4R/3\pi$.

Emaitza: 156.800 N; 179.175 N ; 0.

2.49. Konporta lauak paperaren planoarekiko norabide normalean metroko 2.000 N pisatzen du, grabitate-zentroa 0 artikulaziotik 2 m-ra duelarik. Ebazpidea arrazoituz, ondokoa eskatzen da:

a) h kota, konporta orekan egon dadin.
b) Presio-prisma marraztu, puntu singularretako balioak kalkulatuz.

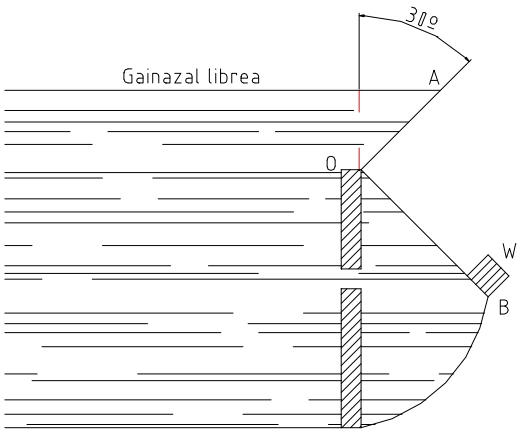


2.49. ariketa.

Emaitza: 0,95 m.

2.50. Irudiko marrazkia presa bateko gainezkabide automatikoa da. AOB angelua zurruna da; W kontrapisua da eta 0 puntutik 1,65 m-ko distantziara dauka grabitate-zentroa. Ur-maila irudikoa denean gainezkabidea orekan dago. Honako hau eskatzen da:

a) OA-n eragiten duen presio hidrostatikoak eragindako indarra.
b) Indarraren akzio-lerroa OA-n, O-rainoko distantzia emanez.
c) OB-n eragiten duen indarra.
d) Indarraren akzio-lerroa OB-n, O-rainoko distantzia emanez.
e) Kontrapisuaren magnitudea

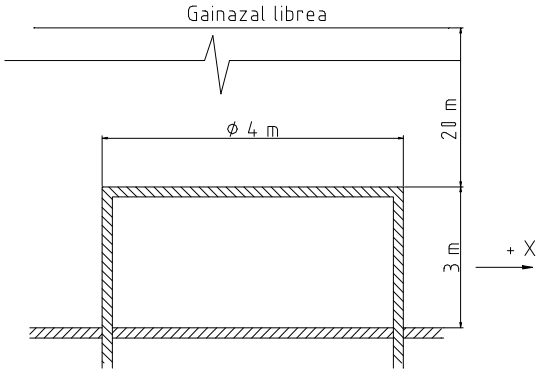


2.50. ariketa.

Datuak: OA = 1,5 m; OB = 1,8 m; OA orriaren masa = 3.000 kg; OB orriaren masa = 3.600 kg; marrazkiarekiko dimentsio normala = 4 m.

Emaitza: 38,2 kN; 0,5 m; 123,5 kN; 0,977 m; 44,1 kN.

2.51. Badia bat libratzeko zubi baten zutabeen zimentazioa egiteko indusketak burutzearren, 4 m diametroko eta 3 m-ko altuerako zilindroak dauzkagu, goialdean itxita, irudiak erakusten duen legez. Ondokoa eskatzen da:



a) Zilindroak +X norabidean jasaten duen indarra. Marraztu dagokion presio--prisma.
b) Zilindroaren aldeetako hormek eduki beharreko lodiera, altzairuak jasango duen tentsiorik handiena 1 kg/mm^2 -koa izan dadin.
c) Tinkatze-indarra zilindro osoa b) galderan kalkulaturiko lodierarekin eginez gero.
d) Une batean zilindroaren barrura ura sartzen utziko balitz, zenbateko ur-bolumena sartuko litzateke eta zenbateko presioa izango luke barneko aireak?

Datuak: Zilindroaren barruko presio absolutua = 12 muz; altzairuaren dentsitate erlatiboa= 7,8; itsasoraren dentsitate erlatiboa= 1,04. Presio atmosferikoa = 1 bar.

Oharra: Kontuan har itzazu esfortzu erradialak soilik; zenbait kalkulu egiteko pareten lodiera alde batera utz daiteke; airearen konprimaketan prozesua isotermikotzat joko da.

Emaitza: 2,83 MN; 4,45 cm; 2,52 MN; 23,75 m^3; 215,15 kPa.

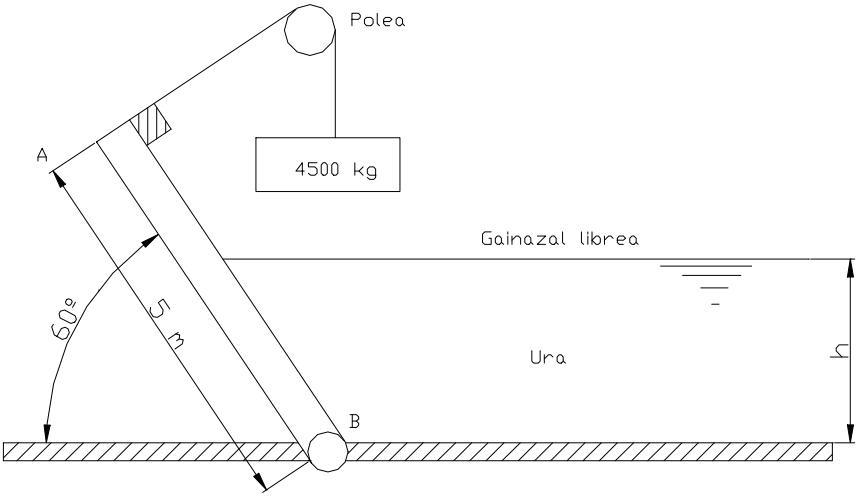
2.52. Automobilaren gasolina-iragarleak ($s_{gasolina}$ = 0,68) deposituaren hondoko presio manometri-koarekiko proportzionalki markatzen du. Deposituak 30 cm-ko altuera badu eta 3 cm ur, ondokoa eskatzen da:

a) Airearen altuera deposituaren goialdean, iragarleak beteta dagoela seinalatzen duenean, hala egon gabe.

Emaitza: 1,41 cm.

2.53. Irudiko AB konportak 3 m ditu marrazkiarekiko norantzan, B-n artikulatuta dago eta A-n topea dauka. Ondokoa eskatzen da:

a) Uraren h altuera, oreka lortzeko, pisua uretatik kanpo egonda.
b) Gauza bera, pisua barrura sartuta.



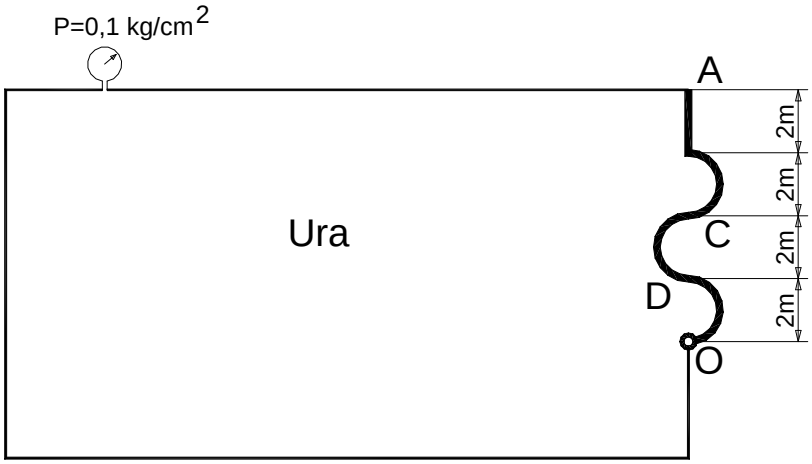
2.53. ariketa.

Datua: Pisuaren dentsitate erlatiboa = 2,4.

Oharra: Konportaren pisua alde batera utzi.

Emaitza: 3,23 m; 2,7 m.

2.54. Irudiko AO konporta orekan dagoela, ondokoa eskatzen da:



a) Konportan fluidoak sortzen dituen indar horizontalen ordezkari eta akzio--lerroa. Marraztu presio-prisma.
b) Gauza bera indar bertikalekiko.
c) O ardatzarekiko momentua.

Datuak: Marrazkiarekiko zabalera normala = 2 m; Zirkuluerdiaren grabitazio--zentroaren kokapena (diametrorainoko distantzia) = 4 R/3π.

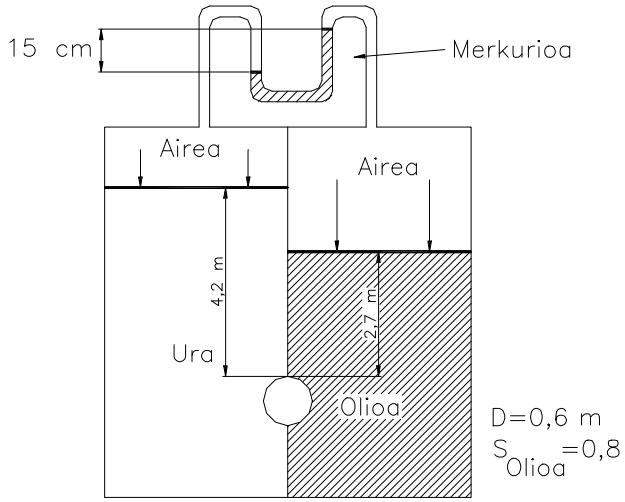
Emaitza: 470,4 kN; 30,79 kN; 1,083 mMN.

2.55. 10 cm-ko barruko diametroa duen esfera hutsa 50 kg/cm^2-ko presiopean (barrukoa) dago. Ondokoa eskatzen da:

a) Esferaren lodiera lan-tentsio onargarria 2 kg/mm^2-koa baldin bada.

Emaitza: 6,25 mm.

2.56. Irudian ageri den depositua batak bestearekin zerikusirik ez duten bi gunetan zatitua dago. Goialdeko bi ebakidurak presiopeturik eta airez beteta daude. Bi guneak bereizten dituen paretari atxikita egurrezko esfera trinkoa dago, irudian ikus daitekeen bezala. Ondokoa eskatzen da:



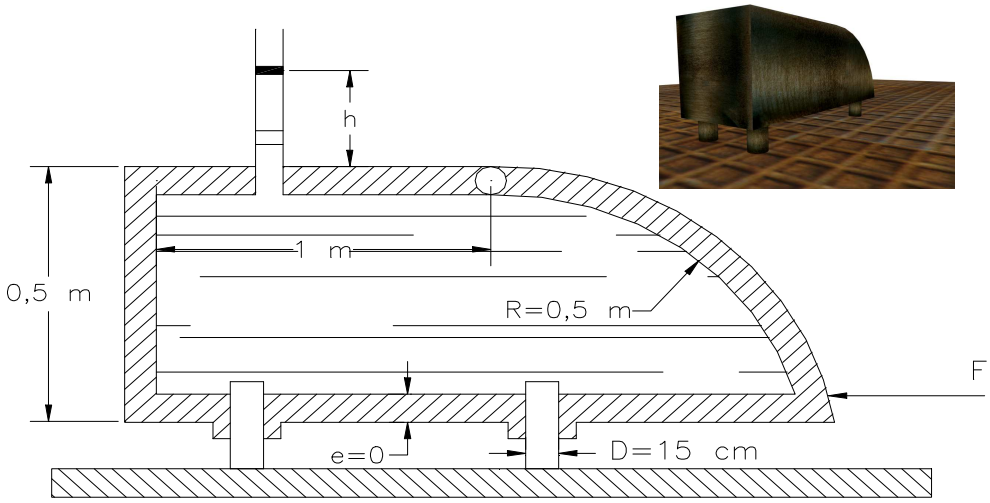
a) Marraztu esferari eragiten dioten indar horizontal eta bertikalei dagozkien presio-prismak.
b) Indar bertikalen ordezkaria.
c) Indar horizontalen ordezkaria.

Datua: Egurraren dentsitate erlatiboa s= 0,6.

Emaitza: 332,5 N; 11.471,5 N.

2.57. Irudiko depositua pistoi lana egiten duten lau zilindroren gainean dago; zilindro hauek barruko olioaren presioak eragiten duen indarrarekin orekaturik daude, olioaren pisu espezifiko erlatiboa s= 0,8 izanik. Depositu hutsaren pisua 750 N-ekoa da eta bere sakonera normala marrazkiko planoarekiko 0,5 m da. Ondokoa eskatzen da:

a) Kalkulatu piezometro irekian fluidoak lortuko duen h altuera.
b) Marraztu presio-prismak eta konporta kurbatuan eta aldeetako horma handietan eragiten duten indarrak kalkulatu.
c) Kalkulatu konporta ez irekitzeko egin beharreko F indar horizontala, segurta-sun-koefizientea 3 izanik.
d) Luzerako indarrari eusteko deposituaren hormek beharko luketen lodiera, lan-tentsio onargarria 10 N/mm^2-koa baldin bada. Kalkulua egiteko deposituan presiorik handiena dagoela suposatuko da.



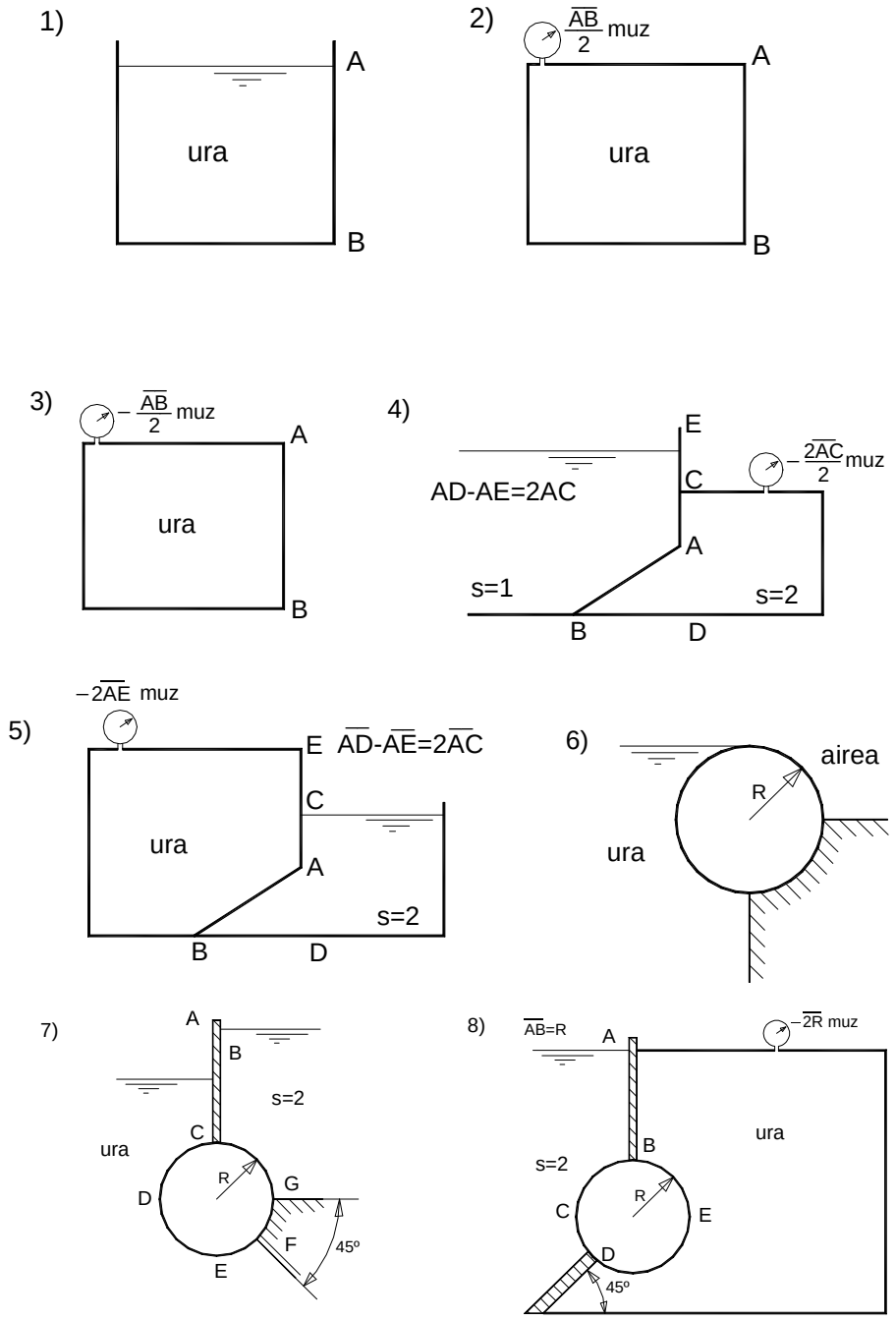
Oharra: Ebatzi ariketa Sistema Internazionalean.

Emaitza: 5,78 m; 32.978 N; 16.517 N; 35.458 N; 0,615 mm.

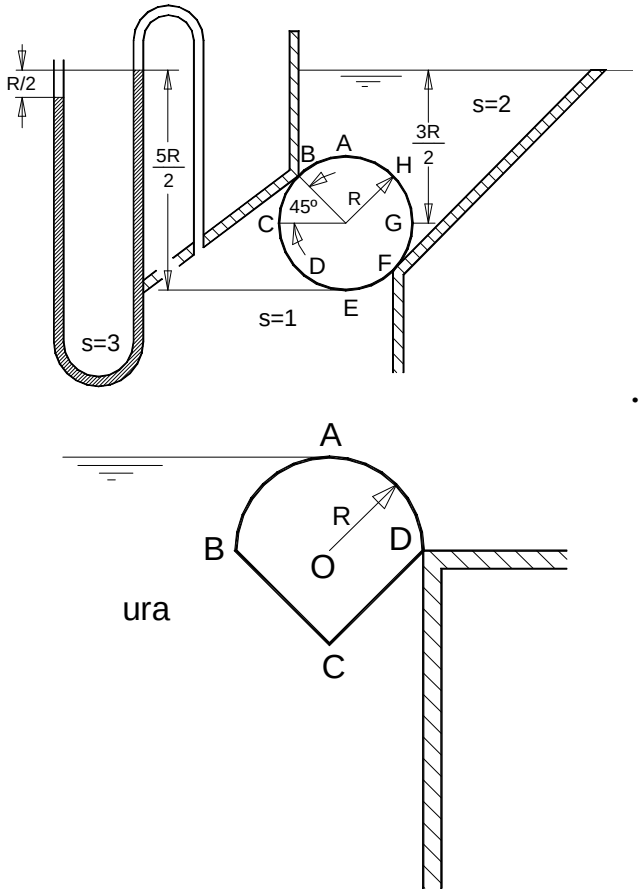
2.58. Ondoko marrazki hauek oinarritzat hartuta, ondokoa eskatzen da:

a) Marraztu ondorengo presio-prismak: - AB konporta lauei eragin dieten indar hidrostatikoei dagozkienak (1,2,3,4,5, marrazkiak) - Konporta zilindrikoei eragin dietenei dagozkienak (6,7,8,9, marrazkiak) - Eta konporta lau zilindrikoari eragin diotenei dagozkienak (10 marrazkia). Indar hauek eskuinerantz, ezkerrerantz, gorantz eta beheranzkoak izango dira. Puntu singularretako presioak ere kalkulatu beharko dira.

b) 4., 5. eta 10. kasuan alde lauan indar ordezkariei dagozkien prismak ere marraztu.


1)
A
ura
B
2)
$\frac{\overline{AB}}{2}$ muz
A
ura
B
3)
$-\frac{\overline{AB}}{2}$ muz
A
ura
B
4)
E
$-\frac{2\overline{AC}}{2}$ muz
AD-AE=2AC
C
A
s=1
s=2
B
D
5)
$-2\overline{AE}$ muz
E
$\overline{AD}-\overline{AE}=2\overline{AC}$
C
ura
A
s=2
B
D
6)
airea
R
ura
7)
A
B
s=2
C
ura
R
G
D
F
45º
E
8)
$\overline{AB}=R$
A
$-2\overline{R}$ muz
ura
B
s=2
R
C
E
D
45º

2.58. ariketa.

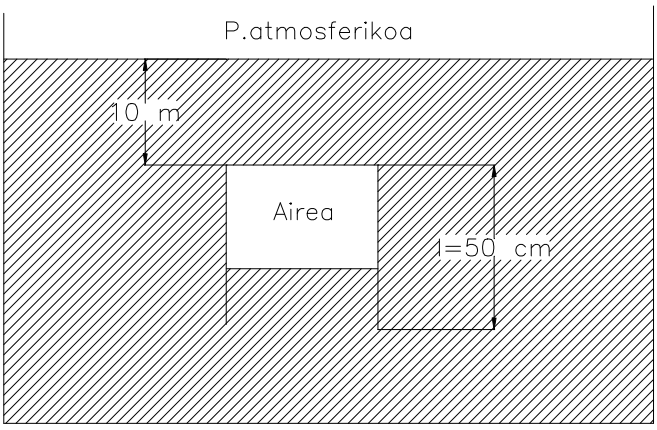


2.58. ariketa.

Oharra: GL-k gainazal librea adierazten du.

2.59. 0,2 m^2-ko sekzioa duen zilindro bat zabalik duen muturretik depositu handi batean sartu da 10 m-ko sakoneraino (itxia duen oinarritik neurtuta) posizio horretan orekan dagoelarik. Zilindroak l = 50 cm-ko luzera du eta kanpoko presio atmosferikoa 760 mm Hgz-koa da, tenperatura konstante mantentzen delarik.

Ondokoa eskatzen da:



2.59. ariketa.

a) Zein altuerataraino sartuko da ura zilindroaren barnean?
b) Zenbatekoa izango da zilindroaren pisua?
c) Marraztu zilindroaren hormetan eragiten duten indarrei dagozkien presio--prisma akotatuak.
d) Arrazoitu egiten den guztia.

Emaitza: 0,249 m; 491,96 N.

2.60. Zein sakoneratan murgilduko da ozeanoan gorputz homogeneo bat (γ = 10,4 kN/m^3) ozeanoaren pisu espezifikoa sakoneraren arabera ondorengo erlazioaren bidez aldatzen bada: γ(kN/m^3) = 10,0 + 0,0081$\sqrt{z}$

Nota: z sakonera m-tan.

Emaitza: 2438,65 m.

2.61. Likido bat geldirik dagoenean bere pisu espezifikoa presioarekiko proportzionala den moduan estratifikatzen da ($\gamma = \gamma_0 + K\,p$), K proportzionaltasun-konstantea delarik. Gainazal librean pisu espezifikoa γ_0 bada:

a) Kalkulatu P = P(h, γ_0, k).
b) γ_0=12000 N/m^3, k = 0,05 m^{-1} = 0,05 N/J izanik, kalkulatu 6 m-ko sakonera duen depositu baten hondoko presioa (mlz eta Pa).
c) Zenbat igoko litzateke presio hau, fluidoa konprimaezina dela kontsideratuko bagenu?
d) Deposituaren hondoa karratua izanez gero (L=1 m), kalkulatu likidoak hondoan eragiten duen indarra (kN).

Emaitza: P = $\gamma_0(e^{kh}$-1)/k; 7 mlz; 1 mlz; 83,966 kN.

2.62. Arkimedesek flotagarritasun-legeak Sirakusako Heron erregeak ea bere koroa berria urrezkoa (s = 19,3) zen frogatzeko eskatu zionean asmatu omen zituen.

Arkimedes-ek koroak airean 13 N eta uretan, berriz, 11,8 N pisatzen zituela egiaztatu zuen.

a) Urrezkoa zen ala ez?
b) Kalkulatu koroaren bolumena cm^3-tan

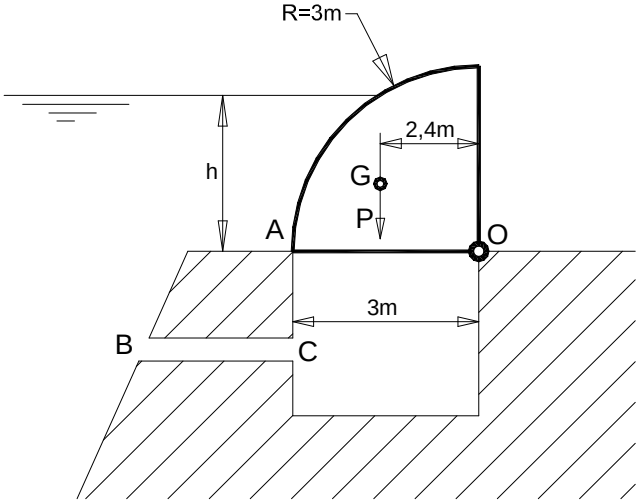
Emaitza: Ez zen urrezkoa;122,4 cm^3.

2.63. Itsas mailako presio barometrikoa 764,54 mmHgz-koa da eta mendi baten tontorrean 737,6 mmHgz-koa. Tenperatura konstantea dela suposatuz gero (T = 13,9 ºC), zein da tontorrean dagoen airearen dentsitatea? Zein kotatan dago tontorra? ($R_{unibertsal}$=8.314,5 N·m/kgmol·K; M_{airea}=29).

Emaitza: 1,195 kg/m^3; 301,1 m.

2.64. Irudiak "O" puntuan giltzaturik dagoen konporta lau eta zilindriko baten zeharkako ebakidura adierazten du.

Urtegia betetzen ari denean, ura B ubidetik C ganbarara pasatzen da, honek konporta irekitzea erregulatzen duelarik.



2.64. ariketa.

Konportaren pisua irudiarekiko plano normalean metro bakoitzeko 4.000 kg-koa da, eta grabitate-zentroa "O" giltzaduratik 2,4 m-ra dago. Ondorengoa jakin nahi da:

a) h altuera maximoa konporta itxita manten dadin.
b) h = 1,5 m denean A topeak jasaten duen indarra.
c) "O" giltzadurako erreakzio-indarrak.

Oharra: Marraztu presio-prisma bornatu guztiak, indar hidrostatikoak kalkulatzeko.

Emaitza: 2,133 m; 9.310 N; 11.025 eta 12.296 N.

2.65. Espainiako fragata batek XVII. mendean hondoraturiko ingeles bergantin bateko kanoia atera nahi du itsas hondotik. Kanoia 60 m-ko sakoneran dago eta 650 kg-ko masa eta 0,13 m^3-ko bolumena du. Horretarako kanoia airez beteriko globoari lotzen zaio oso luzera txikiko soka batez. Globo hau urpean igeri egiteko erabiltzen den botila batetik betetzen da. Globoa kanoiaren sakonera berean dagoela suposatzen da.

a) Kalkulatu beharrezkoa den aire-bolumen minimoa (l) globoan kanoia atera ahal izateko.
b) Globoaren barruko airearen presioa kanoia dagoen sakoneran uraren presio bera bada, kalkulatu globoan bolumen minimoa betetzeko beharrezko aire-masa (T = 30ºC).

c) Globoa urpean igeri egiteko botila batetik betetzen bada, beronek 20 l-ko bolumena badu eta hasierako presioa 200 bar-ekoa bada, kalkulatu botilaren bukaerako presioa (bar), globoa bete ondoren.

Datuak: Itsasoko uraren dentsitatea = 1.025 kg /m^3 .
Airearen tenperatura = 30ºC eta konstante mantentzen da (prozesu isotermikoa).
Presio atmosferikoa= 1 bar (absolutua)
R_{airea}= 287 mN/kgK.

Emaitza: 0,50415 m^3; 4,074 kg; 22,87 bar.

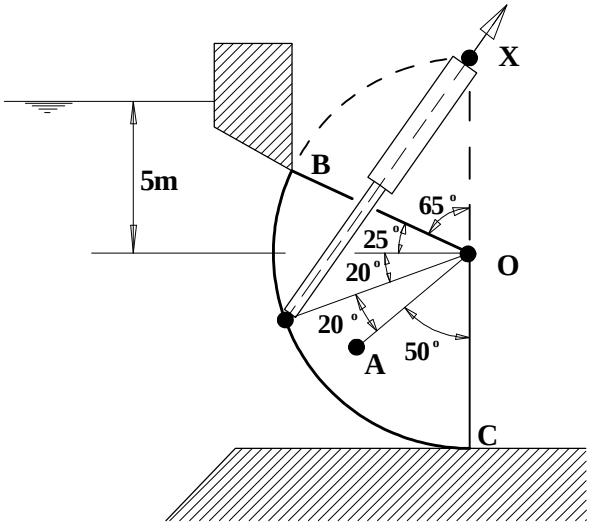
2.66. OBC konportak presa bateko isurbidea kontrolatzen du, 8 m-ko erradioa, 10 m-ko zabalera eta 10 t-ko masa du eta bere biraketa-ardatza "O" da. Masa-zentroa A puntuan dago, $\overline{OA}$= 5 m izanik, irudiak adierazi bezala.

Konporta pistoi hidrauliko batez irekitzen da irudian ikusten den moduan.

Ondokoa eskatzen da:

a) Kalkulatu urak konportan eragiten duen indarraren osagai horizontala eta bertikala. Marraztu aldez aurretik dagozkien presio- -prismak (horizontala eta bertikala).

b) Urak konportan eragindako indar erresultantea (modulua, norantza eta norabidea) bere ekintza- lerroa adieraziz.



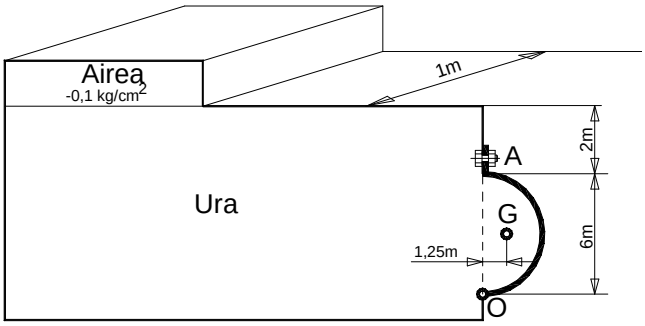
2.66. ariketa.

c) Pistoiak egin beharreko indarra (x norabidea) konporta irekitzen has dadin.

d) Zein eragin du uraren presioak pistoiaren indarrean?

Emaitza: 8.153 kN; 8.646 kN; 11.884 kN; 46,7 º; 81,8 kN; Ez du eraginik.

2.67. Irudiko OA konporta erdizilindrikoak 1 m-ko sakonera normala du marrazkiko planoarekiko, "O"-n giltzaturik edo artikulaturik dago eta A-n deposituaren paretari lotzen zaio 5 berno edo torlojoren bidez. Bernoak 1 m-ko sakoneran banaturik daude. Konportak 750 kg-ko pisua du eta grabitate-zentroa O-ko bertikaletik 1,25 m-ra dago.

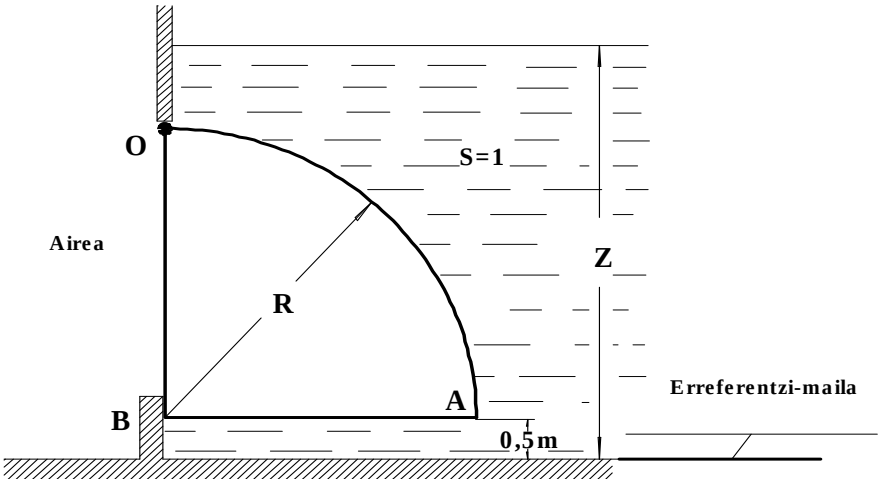


a) Kalkulatu konportan eragindako indar hidrostatikoaren osagai hori-zontala. Aldez aurretik presio-pris-ma akotatua marraztu.
b) Kalkulatu konportan eragindako indar hidrostatikoaren osagai berti-kala. Aldez aurretik presio-prisma akotatua marraztu.
c) Kalkulatu indar hidrostatiko erre-sultantea eta bere ekintza-lerroa edo osagai bakoitzarena.
d) Kalkulatu berno bakoitzak jasaten duen indarra oreka manten dadin. Berno guztiek indar bera jasaten dute.
e) Kalkulatu berno bakoitzaren diametroa $\sigma_{onargarria}$= 150 N/mm^2-koa bada
f) Kalkulatu erreakzioak "O" artikulazioan.

Datua: Zirkuluerdiaren grabitate-zentroa: 4R/3π

Emaitza: F_H = 235.200 N; F_V = 138.544,24 N; R = 272.971,69 N; x_H = 2,25 m; x_V = 1,27 m; F = 119.136,3 N; ϕ = 14,22 mm; O_x = 116.143,55 N; O_y = 145.894,23 N

2.68. Irudiko OAB konporta O-n artikulaturik dago eta B-n topea du.Zirkulu-laurden formako konporta da, R= 2 m delarik.



a) Marraztu urak konportan eragiten dituen indarren presio-prisma bornatu guztiak Z = 3,5 m denean.
b) Kalkulatu urak konportan eragiten dituen indar horizontal eta bertikalaren balioak eta dagozkien ekintza-lerroak.
c) Erreakzioa B topean.
d) Konportan egin behar den momentu minimoa (Nm) Z-ren funtzioan konporta itxita manten dadin, Z-ren balioa 0,5 eta R+0,5 artekoa denean, hots, ur-maila O eta B artean dagoenean.

Datuak: Konportaren zabalera b = 1 m. Alde batera utzi konportaren pisua.
Zirkulu-laurdenaren zentroidea = 4R/3π

Laguntza: D galderan momentuak B-rekiko hartu.

Emaitza: 39.200 N; 1,1667 m; 30.787,6 N; 0,8488 m; R_B = 9.800 N; M = 9800 (z – 0,5) (2,5 – z)

2.69. Gure atmosfera isotermoa dela kontsideratuz, kalkulatu presioaren eta dentsitatearen aldakuntza altuerarekiko.

Kalkulatu atmosfera isotermo honetan 1.200 m-ra dagoen puntu bateko presioa eta dentsitatea.

Konparatu lortutako presioaren balioa adierazpen hurbilduaren bidez lortutakoarekin P = 10,33-Z/900 (muz).

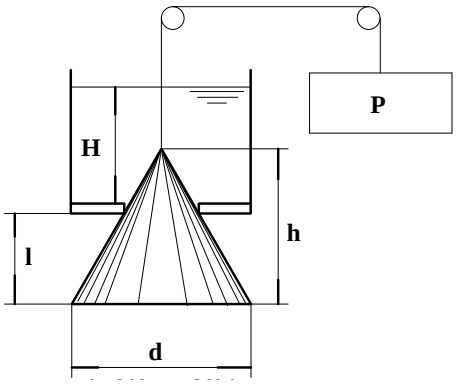
Datuak: Itsas mailan: $Z_0 = 0$; $P_0 = 10{,}33$ muz; $\rho_0 = 1{,}225$ kg/m^3.

Emaitza: 8,96 muz; 1,0625 kg/m^3.

2.70. Kalkulatu H-ren balioa kono-erako balbulan zehar ura pasatzen has dadin.

Datuak: P = 6.700 N
$W_{balbula}$ = 2.225 N
h = 1,8 m
l = 0,9 m
d = 1,5 m

Oharra: Konoaren bolumena:
$\frac{1}{3} \bullet (\pi \bullet \frac{d^2}{4} \bullet h)$



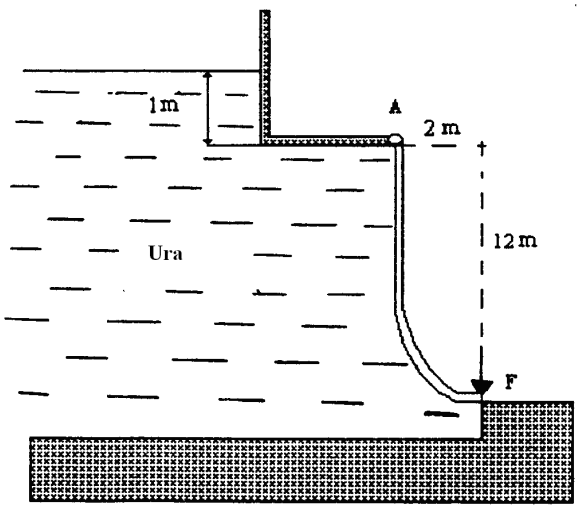
2.70.ariketa.
2.70.ariketa.

Emaitza: 1,33 m

2.71. Konporta parabolikoa, 1,2 m-ko zabalera duena, A puntuan giltzatua dago eta ur kanal baten bukaeran ixten da hermetikoki. Honakoa eskatzen da:

a) Konportan urak eragindako indarraren osagai horizontala eta bertikala.
b) Osagaien ekintza lerroak.
c) Urak eragindako indar hidrostatikoaren aurrean egin beharreko indarra, konporta itxia mantentzeko.

Oharra: Konportaren pisua mespretxatu.



2.71.ariketa

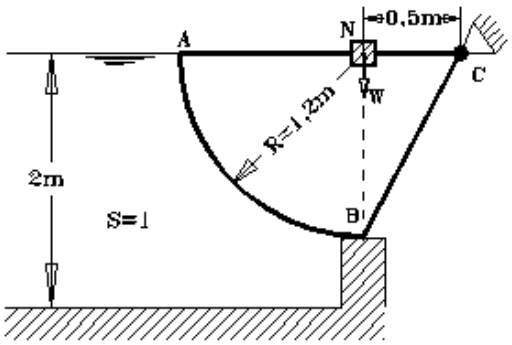
Emaitza: 987840 N; 211680 N; 7,71 m; 0,78 m; 3939,6 kN.

2.72. ABC konporta (B puntuan ukitzailea dena), presa baten gainezkabidea ixten duena, zilindro laurden eta hiruki batez osatua dago. C puntuan artikulatua dago eta B puntua du euskarritzat. Konportak L=1,5 m-ko luzera du sakoneran. Bere pisua mespretxatzen bada, kalkulatu:

a) Urak konportan eragindako indar hidrostatikoaren modulo eta ekintza lerroa (Marraztu indarraren kalkulurako beharrezkoak diren presio prisma akotatuak).

b) N puntuan jarri beharreko W pisua kalkulatu orekan egon dadin, hau da, B puntuko erreakzioa zero izan dadin.

c) C_x eta C_y erreakzioak giltzaduran **b) kasuan**.



2.72. ariketa

Emaitza: F_h = 10.584 N ; F_v = 16.625,3 N ; F = 19.708,423 N ; α = 57,52º eta N-tik pasatzen da. W = 16.625,3 N ; C_x = - 10.584 N ; C_y = 0.

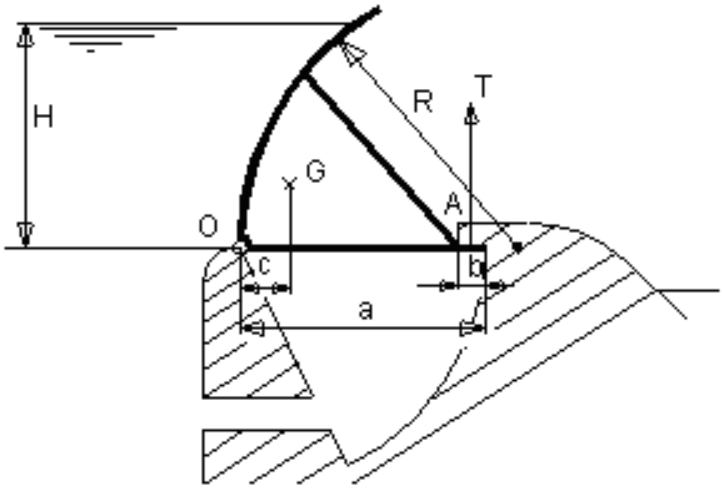
2.73..- Irudian agertzen den sektore konporta R=4,5 m-ko erradioduna, H=3 m-ko ur altuera zutabea jasaten du eta O giltzadurarekiko bira egiten du. Irudiarekiko plano normalean metroko 1 ton pisatzen ditu eta bere ekintza lerroa O ardatzerekiko c=0,6 m-tara dago. Honakoa eskatzen da:

a) Konportaren zati kurboan urak eragiten duen indarraren osagai horizontala eta bertikala, moduloa, norabidea eta norantza zehaztuz, eta beharrezkoak diren presio prismak marraztuz.

b) Indar erresultantea eta ekintza lerroa.

c) T erreakzioaren balioa A puntuan.

d) O giltzaduran dauden erreazioak kalkulatu.



2.73.ariketa

***Oharra*:** marrazketa planoarekiko luzera normala: 1 m

Emaitza: F_h = 44.100 N ; F_v = 10.595,3 N ; F = 45.354,94 N ; α = 13,5º ; d = 1,05 m ; T = - 47188,7 N ; O_x = -44.100 N ; O_y = - 50.023,9 N.

3 GAIA

Masa eta energiaren kontserbazioa fluxuan

3. MASA ETA ENERGIAREN KONTSERBAZIOA FLUXUAN. NEURGAILUAK

SARRERA

Kapitulu honetan jarraitasunaren ekuazioari (edo masaren kontserbazioari) eta Bernoulli-ren ekuazioari (edo energiaren kontserbazioari) buruzko zenbait ariketa aurkezten dira. Honez gain arestian aipaturiko bi ekuazioetan oinarrituriko neurgailuei buruzko ariketa batzuk proposatzen dira

ARIKETA EBATZIAK

3.1. Hodi batean airea jariatzen da. Hodiaren A ebakidurak 100 mm-ko diametroa du, 15º C-ko tenperatura, 3 kg/cm^2-ko presioa eta 25 m/s-ko abiadura. B ebakidurak, aldiz, 200 mm-ko diametroa, -5º C-ko tenperatura eta 1,5 kg/cm^2-ko presioa. Ondorengoa jakin nahi da:

a) B ebakiduran dagoen abiadura.
b) Pisu-emaria.

Datua: Airearen konstante orokorra edo unibertsala= 287,14 m·N/ kg·K.

Ebazpidea:

$$\boxed{\begin{array}{l} Datuak: Airea; R_{airea} = 287{,}14\ {mN}/{kg\,K}; D_A = 100\ mm; D_B = 200\ mm; T_A = 15\ ^oC \\ T_B = -5\ ^oC; P_A = 3\ kg/cm^2; P_B = 1{,}5\ kg/cm^2; V_A = 25\ m/s; P_{atm} = 1{,}033\ kg/cm^2 \end{array}}$$

a) Abiadura B-n.

Jarraitasunaren ekuazioa: $\dot{m}_A = \dot{m}_B \Rightarrow \rho_A \cdot V_A \cdot A_A = \rho_B \cdot V_B \cdot A_B$

Gas perfektuen egoera-ekuazioa: $P = \rho \cdot R \cdot T \Rightarrow \rho = \dfrac{P}{R \cdot T}$. Non P eta T absolutuak diren.

$$\rho_A = \frac{P_A}{R_{aire} \cdot T_A} = \frac{(3+1{,}033) \cdot 9{,}8.10^4}{287{,}14 \cdot (15+273)} = 4{,}78\ kg/m^3$$

$$\rho_B = \frac{P_B}{R_{aire} \cdot T_B} = \frac{(1{,}5+1{,}033) \cdot 9{,}8.10^4}{287{,}14 \cdot (-5+273)} = 3{,}23\ kg/m^3$$

$$\rho_A \cdot V_A \cdot A_A = \rho_B \cdot V_B \cdot A_B \Rightarrow 4{,}78 \cdot 25 \cdot \pi \cdot \frac{0{,}1^2}{4} = 3{,}23 \cdot V_B \cdot \pi \cdot \frac{0{,}2^2}{4} \Rightarrow V_B = 9{,}26\ m/s$$

$$\boxed{V_B = 9{,}26\ m/s}$$

b) Pisu-emaria.

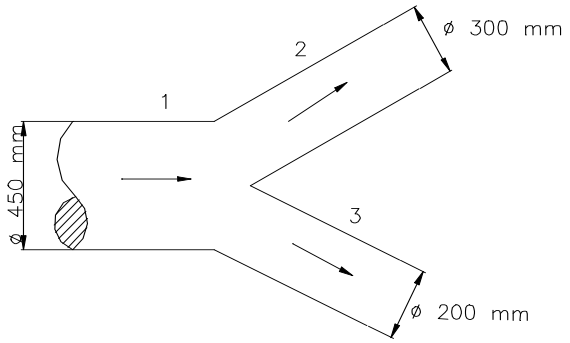
$$\dot{m} \cdot (kg/s) \cdot 9{,}8\ N/kg = \rho_A \cdot V_A \cdot A_A \cdot 9{,}8 = 4{,}83 \cdot 25 \cdot \pi \cdot \frac{0{,}1^2}{4} \cdot 9{,}8$$

$$\boxed{\text{Pisu-emaria} = 9{,}2\ \text{N/s}}$$

3.2. Irudiko Y erako piezatik 20º C-tan dagoen urak zirkulatzen du (ρ = 1.000 kg/m^3). Pisu-emaria sarreran, 1 ebakiduran, 5.300 N/s-koa da, eta abiadura 3 ebakiduran 5 m/s-koa.

Kalkulatu:

a) Abiadura 1 ebakiduran.
b) Fluxu masikoa irteeran, 3 ebakiduran.
c) Abiadura 2 ebakiduran
d) Fluxu bolumetrikoa irteeran, 2 ebakiduran.



3.2. ariketa

Ebazpidea:

$$\boxed{\begin{array}{l} Datuak: Ura; T = 20\ ºC; V_3 = 5\ m/s; \rho = 1.000\ kg/m^3; Pisu-emaria\ 1\ ebakiduran = 5.300\ N/s \\ D_1 = 450\ mm; D_2 = 300\ mm; D_3 = 200\ mm \end{array}}$$

a) Abiadura 1 ebakiduran.

Jarraitasunaren ekuazioa, $\dot{m}_1 = \rho_1 \cdot V_1 \cdot A_1 \Rightarrow$

$$\dot{m}_1 = 5.300\ N/s \cdot \frac{1\ kg}{9{,}8\ N} = 540{,}8\ kg/s;\ 540{,}8 = 10^3 \cdot V_1 \cdot \pi \cdot \frac{0{,}45^2}{4} \Rightarrow V_1 = 3{,}4\ m/s$$

$$\boxed{V_1 = 3{,}4\ m/s}$$

b) Fluxu masikoa 3 ebakiduran $(\dot{m}_3)$.

Jarraitasunaren ekuazioa; $\dot{m}_3 = \rho \cdot V_3 \cdot A_3 = 10^3 \cdot 5 \cdot \pi \cdot \frac{0{,}2^2}{4} = 157{,}08\ kg/s$

$$\boxed{\dot{m}_3 = 157{,}08\ kg/s}$$

c) Abiadura 2 ebakiduran (V_2).

Jarraitasunaren ekuazioa; $\dot{m}_1 = \dot{m}_2 + \dot{m}_3 \Rightarrow \dot{m}_2 = \dot{m}_1 - \dot{m}_3 = 540{,}8 - 157 = 383{,}8\ kg/s$

$$\dot{m}_2 = \rho \cdot V_2 \cdot A_2 \Rightarrow 383{,}8 = 10^3 \cdot V_2 \cdot \pi \cdot \frac{0{,}3^2}{4} \Rightarrow V_2 = 5{,}429\ m/s$$

$$\boxed{V_2 = 5{,}429\ m/s}$$

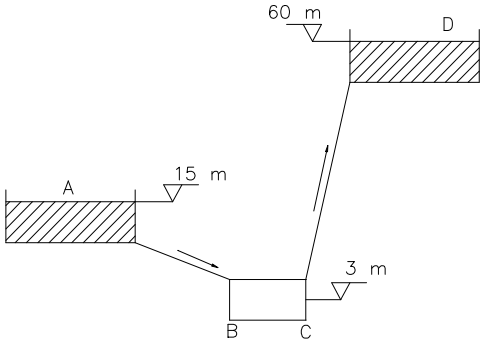
d) Fluxu bolumetrikoa 2 ebakiduran, (Q_2).

Jarraitasunaren ekuazioa = $\dot{m}_2 = \rho \cdot Q_2 \Rightarrow Q_2 = \dfrac{\dot{m}_2}{\rho} = \dfrac{383{,}8}{10^3} = 0{,}3838\ m^3/s$

$$\boxed{Q_2 = 0{,}3838\ m^3/s}$$

3.3. Irudian erakutsiriko sisteman, BC ponpak 160 l/s-ko olio-emaria bidali behar du D ontzirantz, olioaren dentsitate erlatiboa s = 0,762 delarik. A eta B-ren arteko energia-galera 2,6 muz eta C eta D-ren artekoa 6,5 mlz-koak direla jakinda, ondorengoa jakin nahi da:

a) Ponparen potentzia erabilgarria.



3.3. ariketa

Ebazpidea:

$$\boxed{Datuak; Q = 160\ l/s; s = 0{,}762; hf_{AB} = 2{,}6\ muz; hf_{CD} = 6{,}5\ mlz}$$

a) Ponparen potentzia erabilgarria.

Bernoulli-ren ekuazioa:

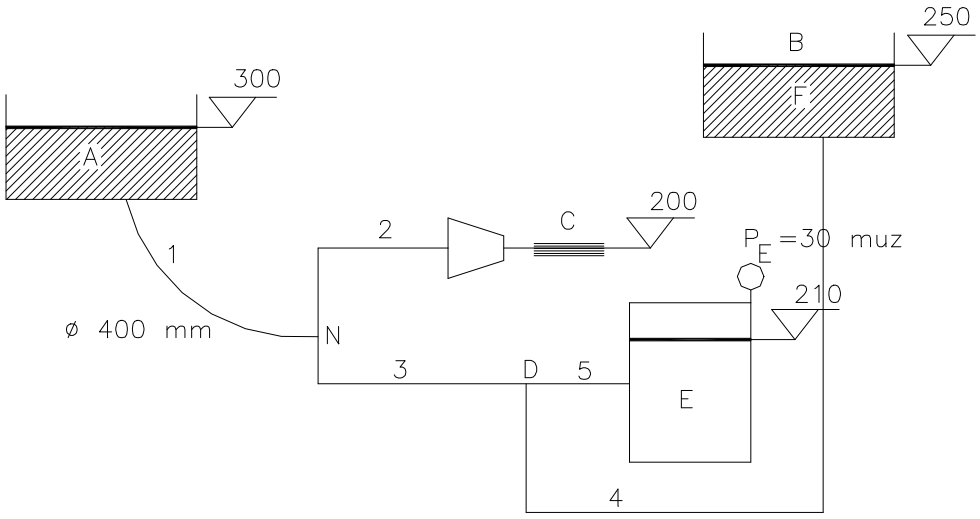
$$B_A - hf_{AB} + H_m - hf_{CD} = B_D \Rightarrow 15 - \frac{2,6}{0,762} + H_m - 6,5 = 60 \Rightarrow$$

$$H_m = 54,9\ mlz$$

$$Potentzia_{erabi\lg arria} = H_m \cdot Q \cdot \gamma = 54,9 \cdot 160 \cdot 10^{-3} \times 0,762 \times 9.800 = 65.609,8\ W$$

$$\boxed{Pot_{erabi\lg arria} = 65,61\ kW}$$

3.4. Nukleo bateko ur-hornidura 300 kotan dagoen depositu batetik egiten da. Depositu honek ondorengo sistemak hornitzen ditu: pita baten bidez egin daitekeen ureztapen-sistema bat, presurizaturiko depositu bat eta depositu ireki bat, irudiak erakutsi bezala. Ondorengoa eskatzen da:



3.4. ariketa.

a) 1, 2, 3, 4 eta 5 hodietatik zirkulatzen duten emariak

Datuak: 1 hodiko igarotze-faktorea= 500; 2 hodiko potentzia-galera = 4.900 W; hf_3 = 3 muz; 4 hodiko karga-galera = 514,71 Torr; 5 hodiko potentzia-galera = 490 W; pitaren irteerako diametroa = 65,5 mm.

Ebazpidea:

	h_f
1	K_1 = 500
2	Pot = 4.900 W
3	3 muz
4	514,71 Torr
5	Pot = 490 W

<u>Bernoulli-ren ekuazioa:</u>

$$B_D - hf_4 = B_F(muz); B_D = B_F + hf_4 = Z_F + hf_4 = 250 + 514,71 \cdot 10^3 \cdot 13,6 =$$
$$250 + 7 = 257\ muz$$

$$B_D - hf_5 = B_E(muz); hf_5 = B_D - B_E = B_D - \left(Z_E + \frac{P_E}{\gamma}\right) =$$
$$257 - (210 + 30) = 17\ muz$$

<u>Potentzia-Bernoulli erlazioa:</u>

$$Pot_{5\,galdua} = hf_5 \cdot Q_5 \cdot \gamma \Rightarrow Q_5 = \frac{Pot_{5\,galdua}}{hf_5 \cdot \gamma} = \frac{490}{17 \cdot 9800} \Rightarrow$$
$$\Rightarrow Q_5 = 2{,}95 \cdot 10^{-3}\ m^3/s = 2{,}95\ l/s$$

$$\boxed{Q_5 = 2{,}95\ l/s}$$

$$B_A - hf_1 - hf_3 - hf_4 = B_F(muz)$$
$$hf_1 = B_A - hf_3 - hf_4 - B_F = Z_A - hf_3 - hf_4 =$$
$$300 - 3 - 7 - 250 = 40\ muz$$

1 hodiko karga-galerak uraren energia zinetikoarekiko proportzionalak dira, proportzionaltasun konstantea k_1 igarotze-faktorea delarik.

$$hf_1 = k_1 \cdot \frac{V_1^2}{2g} \Rightarrow V_1 = \left[\frac{2g \cdot hf_1}{k_1}\right]^{1/2} = \frac{2 \cdot 9{,}8 \cdot 40}{500} = 1{,}252\ m/s$$

Jarraitasunaren ekuazioa: $Q = V \cdot A$

$$Q_1 = V_1 \cdot A_1 = V_1 \cdot \pi \cdot D_1^2/4 = 1{,}252 \cdot \pi \cdot \frac{0{,}4^2}{4} = 0{,}1574\ m^3/s$$

$$\boxed{Q_1 = 157{,}4\ l/s}$$

$$B_A - hf_1 - hf_2 = B_C(muz)(1)$$
$$hf_2 = \frac{Pot_2^{galdua}}{Q_2 \cdot \gamma} = \frac{4.900}{Q_2 \cdot 9.800} = \frac{0{,}5}{Q_2}$$
$$B_C = Z_C + \frac{V_C^2}{2g}$$
$$V_C = \frac{4 \cdot Q_2}{\pi \cdot D_2^2} = \frac{4 \cdot Q_2}{\pi \cdot 0{,}0655^2} = 296{,}77\ Q^2$$
$$B_C = 200 + \frac{(296{,}77 \cdot Q_2)^2}{2g} = 200 + 4.493{,}49\ Q_2^2$$

(1) ekuaziora bueltatuz:

$$300-40-\frac{0,5}{Q_2}=200+4.493,49\times Q_2^{\ 2}\Rightarrow -60+\frac{0,5}{Q_2}+4.493,49\times Q_2^{\ 2}=0\Rightarrow$$
$$\Rightarrow 4.493,49\times Q_2^{\ 3}-60\times Q_2+0,5=0$$

Newton-Rapson:

$$Q_{i+1}=Q_i-\frac{f(Q_i)}{f'(Q_i)}$$

$$\boxed{Q_2=111\,l/s}$$

<u>N korapiloa:</u> $\sum Q_{sartu}=\sum Q_{irten}\Rightarrow Q_1=Q_2+Q_3\Rightarrow Q_3=Q_1-Q_2$

$$\boxed{Q_3=46,4\,l/s}$$

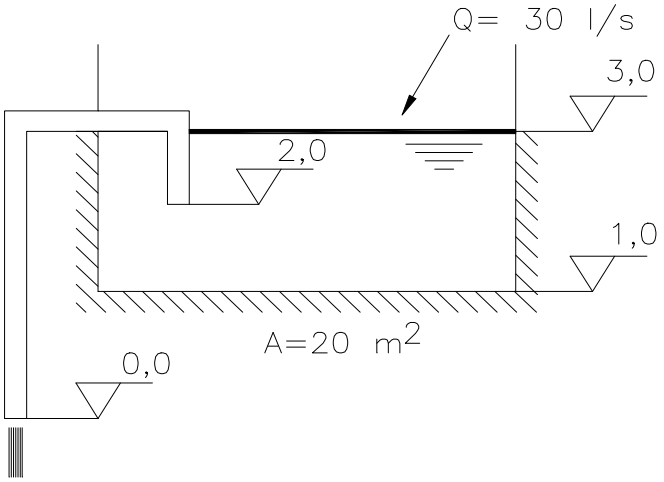
<u>D korapiloa:</u> $\sum Q_{sartu}=\sum Q_{irten}\Rightarrow Q_3=Q_4+Q_5\Rightarrow Q_4=Q_3-Q_4$

$$\boxed{Q_4=43,5\,l/s}$$

3.5. Depositu angeluzuzen batek, 30 l/s-ko ur-fluxu iraunkor batez elikatuta dagoenak, 20 m^2-ko azalera duen zeharkako ebakidura dauka. 100 mm-ko diametroa duen sifoi batez depositua hustu egiten da. Irudiko datuez jabetu eta beterik dagoenez geroztik hasita (sifoia urez beteta beraz), ondorengoa eskatzen da:

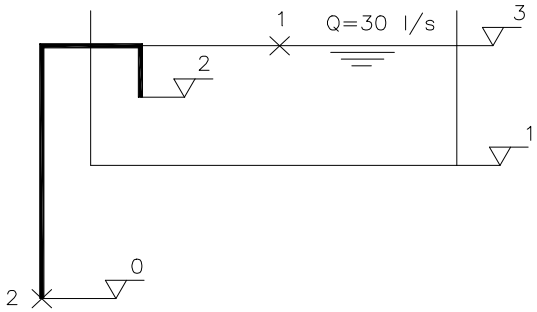
a) Hustu edo gaineztatu egingo den depositua.
b) Uraren gainazalari dagokion altueraren adierazpena denborarekiko.
c) Ba al dago erregimen iraunkorra lortzerik?
d) Urak zenbat denbora beharko du kota beherenera heltzeko?

Oharra: Alde batera utzi karga-galerak.



3.5. ariketa

Ebazpidea:



$$\boxed{Datuak: D = 100\ mm; A = 20\ m^2}$$

a) Deduzitu depositua hustu ala gainezka egingo duen.

Hasieran (Z = 3).

$$B_1 = B_2 \quad (hf_{12} = 0)$$

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} \Rightarrow$$

$$V_2 = \sqrt{2gZ_1} == \sqrt{19{,}63} = 7{,}67\ m/s$$

$$Q_{irten} = Q_2 = V_2 \cdot A_2 = V_2 \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} = 7{,}67 \cdot \pi \cdot \frac{0{,}1^2}{4} = 60{,}625 \cdot 10^{-3}\ m^3/s$$

$$\boxed{Q_2 = 60{,}225\ l/s}$$

Hau da, $Q_{irt} > Q_{sar}$; <u>depositua hustu egingo da.</u>

b) Uraren gainazalari dagokion altueraren adierazpena denborarekiko.

dt unean:

$$-A \cdot dz = Q_{netoa} \cdot dt = (Q_{irt} - Q_{sar}) \cdot dt$$

$$Q_{irt} = V \cdot A \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V = \sqrt{2gZ}\,(Torricelli - ren\ ekuazioa)$$

$$Q_{irt} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \sqrt{2gZ} = \frac{\pi \cdot 0{,}1^2}{4} \cdot \sqrt{2gZ} =$$

$$0{,}0348 \times \sqrt{Z}$$

$$dt = \frac{-A \cdot dz}{Q_{irt} - Q_{sar}} = \frac{-20 \cdot dz}{0{,}0348 \cdot Z^{1/2} - 0{,}03}$$

Aurreko adierazpena integratuz:

$$\boxed{t = 33029{,}5 \cdot \left[0{,}0348 \cdot \sqrt{Z} - 0{,}03 + 0{,}03 \cdot \ln\left(0{,}0348 \cdot \sqrt{Z} - 0{,}03\right)\right]_{z_1}^{z_2}}$$

c) Deduzitu ea erregimen iraunkorra lortuko den.

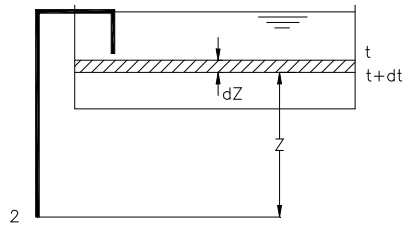
Erregimena iraunkorra izango da irteerako eta sarrerako emariak berdintzen direnean.

$$Q_{sar} = Q_{irt} \Rightarrow 0{,}03 = 34{,}77 \cdot 10^{-3}\sqrt{Z} \Rightarrow Z = 0{,}7444\ m$$

Erregimena iraunkorra izan dadin uraren gainazalak Z = 0,7444 m kotan egon behar du. Hau ez da inoiz gertatuko. Uraren gainazala 2 puntura iristen denean (Z = 2 m) irteerako emaria ondorengoa da:

$$Q_{irt} = 34{,}77 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt{2} = 49{,}17 \cdot 10^{-3}\ m^3/s$$

Sartzen den emaria baino handiagoa da (Q_{sar} = 0,03 m^3/s). Ondorioz depositua husten jarraitzen du eta sifoia des-zebatu egiten da, airea sartzen da eta ez du emaririk zirkulatzen. Depositua hornitzen duen emariak (30 l/s) depositua betetzen du berriro Z = 3 kotaraino. Ontzi komunikatuen prin-tzipioaren ondorioz sifoia berriro zebatzen da eta depositua husten hasten da eta horrela errepikatzen da ziklo hau etengabe.



d) Urak zenbat dendora beharko du kota beherenera heltzen?

Aurreko adierazpenean datuak ordezkatuz.

$$t = 33.029{,}5 \cdot \left[0{,}0348 \cdot \sqrt{Z} - 0{,}03 + 0{,}03 \cdot \ln\left(0{,}0348 \cdot \sqrt{Z} - 0{,}03\right)\right]_3^2 = 817{,}5\ s$$

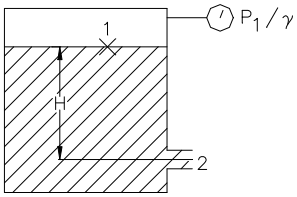
$$\boxed{t = 817{,}5\ s}$$

3.6. Presiopeturik dagoen ontzi bateko 8 cm diametroko zulogune batetik 0,85 dentsitate erlatiboa duen 24 l/s-ko olio-emaria jariatzen da. Zorrotadaren diametroa (irteeran) 5,85 cm-koa da; olioaren maila, zulogunetik 7,5 m gorago dago; deposituaren goialdeko airearen presioa -200 Torr-ekoa da. Ondokoa eskatzen da:

a) Zulogunearen abiadura-, uzkurdura- eta emari-koefizienteak.

Ebazpidea:

$$\boxed{Datuak: s = 0{,}85; D_{tx} = 5{,}85\ cm; D_0 = 8\ cm; H = 7{,}5\ m; Q = 24\ l/s; P_1/\gamma = -200\ Torr}$$



Zulogunearen abiadura-, uzkurdura- eta emari-koefizienteak.

C_C, uzkurdura-koefizientea. Zorrotadaren ebakidura erreal eta teorikoaren arteko erlazioa adierazten du.

$$C_C = \frac{A_{txorro}}{A_0} = \pi \cdot \frac{D_{tx}^{\ 2}/4}{\pi \cdot D_0^{\ 2}/4} = \frac{D_{tx}^{\ 2}}{D_0^{\ 2}} = \frac{5{,}85^2}{8^2} =$$
$$= 0{,}534$$

$$\boxed{C_C = 0{,}534}$$

C_V, abiadura-koefizientea. Zorrotadaren irteerako abiadura erreal eta teorikoaren arteko erlazioa adierazten du.

$$C = \frac{V_{2r}}{V_{2t}}$$

Bernoulli-ren ekuazioa: 1 – 2. Fluxua iraunkorra dela suposatuz (H kte) eta $hf_{12} \approx 0$.

$$P_1/\gamma = -200\ Torr = -\frac{0{,}2 \cdot 13{,}6}{0{,}85} = -3{,}2\ mlz$$

$$V_{2t} = \sqrt{2g \cdot (-3{,}2 + 7{,}5)} = 9{,}18\ m/s \quad V_{2t} = 9{,}19\ m/s$$

Jarraitasunaren ekuazioa: $Q = V_{2r} \cdot A_{tx} \Rightarrow V_{2r} = \dfrac{Q}{A_{tx}} = \dfrac{2{,}4 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot \dfrac{0{,}0585^2}{4}}$

$$V_{2r} = 8{,}929\ m/s$$

$$C_V = \frac{V_{2r}}{V_{2t}} = \frac{8{,}929}{9{,}19} = 0{,}97$$

$$\boxed{C_V = 0{,}97}$$

C_d, emari-koefizientea. Zulogunetik irteten den emari erreal eta teorikoaren arteko erlazioa adierazten du.

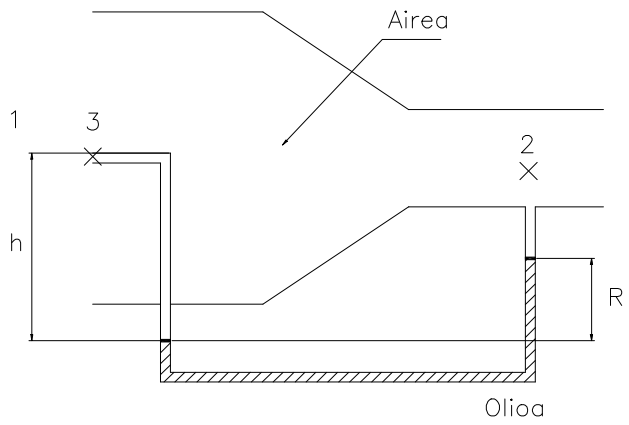
$$C_d = \frac{Q_r}{Q_t} = \frac{V_{2r} \cdot A_{tx}}{V_{2t} \cdot A_0} = C_V \cdot C_a \Rightarrow C_d = 0{,}534 \cdot 0{,}97 = 0{,}517$$

$$\boxed{C_d = 0{,}517}$$

3.7. Irudiko hodian barrena zirkulatzen duen fluidoa airea da (γ_{airea}=12 N/m^3) eta likido manometrikoa Meriam olio gorria (S_{olioa}=0,827). Karga-galerarik ez dagoela suposatuz, kalkulatu fluxu bolumetrikoa Q m^3/s-tan.

Datuak:

D_1=10 cm; D_2=6 cm.
R= 8 cm.
hf_{12}=0



3.7. ariketa

Ebazpidea:

$$\boxed{Datuak: \gamma_{airea} = 12\ N/m^3; s_{olioa} = 0{,}827; hf_{12} \approx 0; D_1 = 10\ cm; D_2 = 6\ cm; R = 8\ cm}$$

a) Kalkulatu fluxu bolumetrikoa Q (m^3/s).

$$hf_{12} \approx 0 \quad B_1 = B_2 \Rightarrow P_1/\gamma + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = P_2/\gamma + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V_2^2}{2g} = \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} - \frac{P_2}{\gamma} (1) \quad [mairez]$$

Pitot + piezometroa konbinazioa.

$$P_1/\gamma + \frac{V_1^2}{2g} = P_3/\gamma$$

Manometroak aplikatuz:

$$P_3/\gamma + h - R\times\frac{s_{olioa}}{s_{airea}} - (h-R) = P_2/\gamma \Rightarrow \frac{P_3-P_2}{\gamma} =$$

$$R\times\left(\frac{s_{olioa}}{s_{airea}}-1\right) = 0,08\times\left(\frac{0,827}{12/9.800}-1\right) \Rightarrow \frac{P_3-P_2}{\gamma} = \quad 53,95\ mairez$$

(1) ekuazioan ordezkatuz.

$$\frac{V_2^{\ 2}}{2g} = \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^{\ 2}}{2g} - \frac{P_2}{\gamma} = \frac{P_3-P_2}{\gamma} = 53,95\ mairez \Rightarrow$$

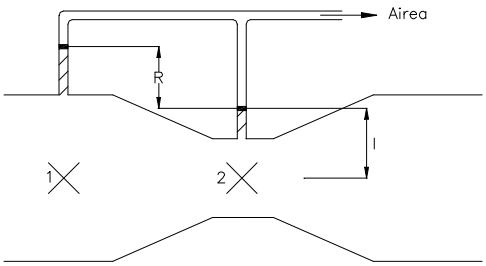
$$V_2 = \sqrt{2g\cdot 53,95} = 32,52\ m/s$$

$$Q_2 = V_2\cdot\pi\cdot D_2^{\ 2}/4 = 32,52\cdot\pi\cdot\frac{0,06^2}{4} = 0,09194\ m^3/s$$

$$\boxed{Q_2 = 91,94\cdot 10^{-3}\ m^3/s}$$

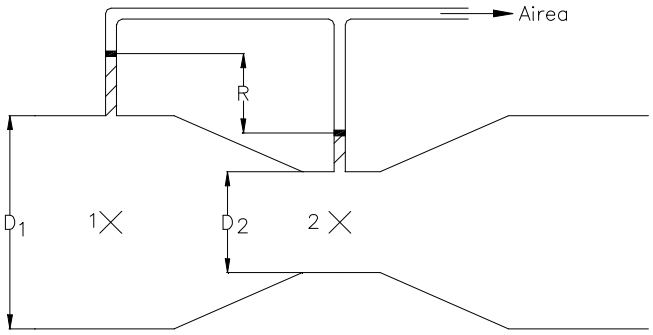
3.8. Ondorengoa eskatzen da:

a) Deduzitu emariaren adierazpena irudiko Venturi-aren kasurako Q=f(C_v, D_1, D_2, R). Likido ma-nometrikoa: airea.
b) Kalkulatu emariaren balioa, pre-sio estatikoak bi ebakiduretan balio bera izan dezan (1 eta 2).
c) Arrazoitu aurreko erantzuna.



3.8. ariketa

Ebazpidea:



Datuak: Fluido manometrikoa = airea.

a) Q = f (C_V, D_1, D_2, R).

$$B_{1t} = B_{2t}$$

$$Z_t + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_{1t}^{\ 2}}{2g} = Z_2 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_{2t}^{\ 2}}{2g} \Rightarrow$$

$$\frac{V_{2t}^{\ 2} - V_{1t}^{\ 2}}{2g} = \frac{P_1 - P_2}{\gamma}$$

Manometroak: $P_1/\gamma - (l + R) + l = P_2/\gamma \Rightarrow \dfrac{P_1 - P_2}{\gamma} = R$

Jarraitasunaren ekuazioa:

$$V_{1t} \cdot A_1 = V_{2t} \cdot A_2 \Rightarrow V_{1t} = \frac{A_2}{A_1} \cdot V_{2t}$$

$$\frac{V_{2t}^{\ 2} - \left(\dfrac{A_2}{A_1}\right)^2 \cdot V_{2t}^{\ 2}}{2g} = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} = R \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{2t}^{\ 2} \cdot \left[1 - \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2\right] = 2gR \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_{2t} = \left[\frac{2gR}{\left[1 - \left(D_2/D_1\right)^4\right]}\right] \Rightarrow V_{2r} = C_V \cdot V_{2t}$$

$$\boxed{Q = A_2 \cdot C_V \cdot \sqrt{\frac{2gR}{\left[1 - \left(D_2/D_1\right)^4\right]}}}$$

b) Q zirkulatzailea $P_1/\gamma = P_2/\gamma$ izan dadin.

$P_1/\gamma = P_2/\gamma$ *bada* $\Rightarrow R = 0$. Beraz $\boxed{Q = 0\ m^3/s}$.

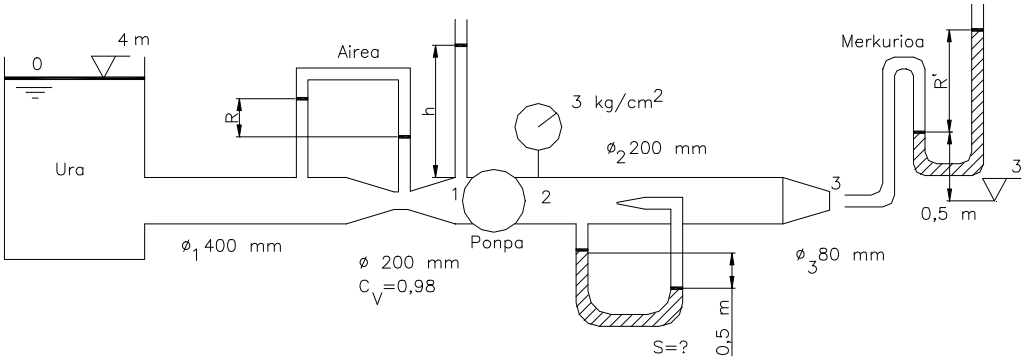
c) Q emariak zirkulatzen badu Venturimetroaren eztarrian abiadura handiagotu egiten da (v_2) ebakidura txikiagotu egiten delako. Ondorioz presioa jaitsi egiten da. Hau da $Q \neq 0$ bada, $v_2 > v_1 \Rightarrow P_2 < P_1$. Presio estatikoak ez dira inoiz berdinduko.

3.9. Irudian agertzen diren datuak kontuan hartuz, ondokoa eskatzen da:

a) Emari jariakorra.
b) Ponparen altuera manometrikoa eta potentzia erabilgarria.

c) Venturimetroaren manometro diferentzialeko bi meniskoen arteko altuera-diferentzia.
d) Pitot-en tutuaren eta piezometroaren artean osatutako gailuko likido manometrikoaren pisu espezifiko erlatiboa.
e) Eguratserako irteeran Pitot-en tutuari lotutako manometroak markatuko duen R' altuera.

f) Ponparen sarreran jarritako piezometro irekiko likidoak lortuko duen h altuera.



3.9. ariketa

Ebazpidea:

a) Q emari zirkulatzailea.

Karga-galerarik ez dagoela suposatzen da.

$$B_2 = B_3 \Rightarrow Z_2 + P_2/\gamma + \frac{V_2^2}{2g} = Z_3 + P_3/\gamma + \frac{V_3^2}{2g} \Rightarrow \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} = \frac{V_3^2}{2g} \quad (1)$$

$$P_2/\gamma = 3 \cdot 10 + 0{,}1 = 30{,}1 \; muz$$

$$Q = V_2 \cdot A_2 = V_3 \cdot A_3 \Rightarrow \frac{\pi \cdot 0{,}2^2}{4} \cdot V_2 = \frac{\pi \cdot 0{,}08^2}{4} \cdot V_3 \Rightarrow V_3 = \left(\frac{0{,}2}{0{,}08}\right)^2 \cdot V_2$$

1) ekuaziora bueltatuz.

$$30{,}1 + \frac{V_2^2}{2g} = \left(\frac{0{,}2}{0{,}08}\right)^4 \frac{V_2^2}{2g} \Rightarrow V_2 = 3{,}937 \; m/s$$

$$Q = V_2 \cdot A_2 = \frac{\pi \cdot 0{,}2^2}{4} \cdot 3{,}937 = 123{,}68 \cdot 10^{-3} \; m^3/s$$

$$\boxed{Q = 123{,}68 \; l/s}$$

b) Ponparen altuera manometrikoa (H_m) eta potentzia erabilgarria ($Pot_{erabilgarria}$).

$$B_0 + H_m = B_2 \Rightarrow Z_0 + H_m = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} \Rightarrow 4 + H_m = 3 + 30{,}1 + \frac{3{,}937^2}{19{,}6} \Rightarrow$$

$$\boxed{H_m = 29{,}89\ muz}$$

$$Pot_{erablig} = H_m \cdot Q \cdot \gamma = 29{,}89 \cdot 0{,}12368 \cdot 9.800 = 36{,}23 \cdot 10^{-3}\ W$$

$$\boxed{Pot_{erabilg} = 36{,}23\ kW}$$

c) Venturimetroaren manometro diferentzialeko bi meniskoen arteko altuera-diferentzia (R)

Emariaren adierazpena; $Q = C_V \cdot A_2 \cdot \sqrt{\dfrac{2gR}{1-\left(\dfrac{A_2}{A_1}\right)^2}}$

A_1 = hodiaren sekzioa.
A_2 = venturimetroaren sekzioa eztarrian.
C_V = venturimetroaren koefizientea.

$$0{,}12368 = 0{,}98 \cdot \pi \cdot \frac{0{,}2^2}{4} \cdot \sqrt{\frac{2gr}{1-\left(\frac{0{,}2}{0{,}4}\right)^4}} \Rightarrow$$

$$\boxed{R = 0{,}772\ m}$$

d) Pitot-en tutuaren eta piezometroaren artean osatutako gailuko likido manometrikoaren pisu espezifiko erlatiboa (s).

$$\frac{V_2^{\ 2}}{2g} = R \cdot \left(\frac{s}{s_1} - 1\right)$$

$$s_1 = 1\,(ura) \quad s = \frac{V_2^{\ 2}}{2gR} + 1 = \frac{3{,}937^2}{19{,}6 \cdot 0{,}5} + 1 = 2{,}58$$

$$\boxed{s = 2{,}58}$$

e) Eguratserako irteeran Pitot-en tutuari lotutako manometroak markatuko duen R' altuera.

Pitako irteerako energia zinetikoa ($V_3^2/2g$) presio-energia bihurtzen da (P_3/γ) Pitot tutuaren ahoan.

$$\left.\begin{array}{l} V_3^2/2g = P_3/\gamma \\ P_3/\gamma - 0{,}5 - R'\cdot 13{,}5 = 0 \end{array}\right\} V_3^2/2g = 0{,}5 + R'\cdot 13{,}6 \Rightarrow R' = \frac{v_3^2/2g - 0{,}5}{13{,}6} = 2{,}23\ m$$

$$V_3 = \left(\frac{0{,}2}{0{,}08}\right)^2 \cdot V_2 = 24{,}6\ m/s$$

f) Ponparen sarreran paratutako piezometro irekiko likidoak lortuko duen h altuera.

$$B_0 = B_1$$

$$4 = 3 + (h + 0{,}2) + \frac{V_1^2}{2g}$$

$$h = 1 - 0{,}2 - \frac{0{,}984^2}{2g} = 0{,}75\ m$$

$$Q = V_1 \cdot A_1 \Rightarrow v_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{4 \cdot 0{,}12368}{\pi \cdot 0{,}4^2} = 0{,}984\ m/s$$

$$\boxed{h = 0{,}75\ m}$$

IKASLEARI PROPOSATURIKO ARIKETAK

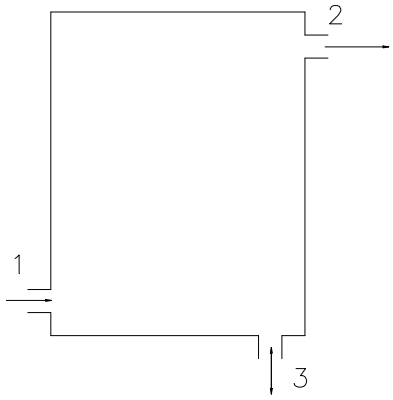
3.10. Ura daraman hodi batean, abiadura 1,25 m/s-koa da, eta bere diametroa 50 cm-koa; fluxu edo jario berberak zirkulatzen du 60 cm-ko diametroa duen hodiko beste ebakidura batean zehar. Ondokoa eskatzen da:

a) Emari eta abiadura azken ebakidura honetan.

Emaitza: 246 l/s; 0,87 m/s

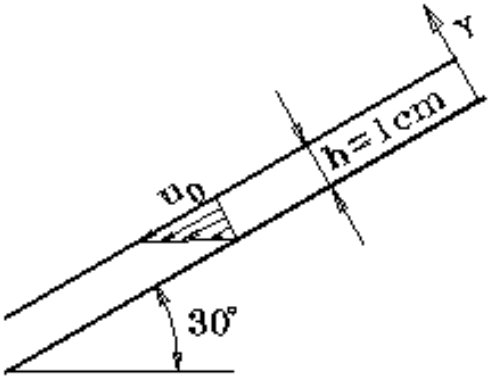
3.11. Ur-jario iraunkor batek irudiko depositutik zehar zirkulatzen du. 1 ebakidurak 75 mm-ko diametroa du eta 27 l/s-ko emaria sartzen ari da . 2 ebakidurak 50 mm-ko diametroa du eta hemen jarioaren abiadura 9 m/s-ra iristen da. D_3 = 25 mm bada, ondorengoa eskatzen da:

a) Abiadura eta emaria (modulua eta norantza), 3 ebakiduran.



Emaitza: 19,1 m/s; 9,36 l/s.

3.12.- Euri-urak 30º-ko inklinazioa duen kale batean barrena isurtzen dira. Ur azalean papertxo batek u_o = 0,3 m/s-ko abiadura darama. Kaleak 6 m-ko zabalera du. Uraren sakonera h = 1 cm da. Fluxuaren zeharkako ebakiduran abiaduraren profila ondorengoa da $v = u_o \cdot y/h$. Kalkulatu euri-uren emaria.



Emaitza: 9 l/s

3.13. 0,9-ko dentsitate erlatiboa duen olioa garraiatzen duen hodi edo tutu bateko A puntuan, diametroa 150 mm-koa da eta presioa 0,7 kg/cm^2-koa. Hodi bereko beste puntu batean, B puntuan, A puntua baino 5 m altuago kokatuan, 300 mm--ko diametrokoan, presioak –0,2 kg/cm^2-ko balioa du, emaria 28 l/s-koa delarik. Ondokoa eskatzen da:

a) Jarioaren nondik norakoa bilatzea.

Emaitza: A-tik B-ra.

3.14. 75 mm-ko tutu malgu edo mahuka batek 35 mm-ko diametroa duen pita bat dauka muturrean. Jariatzen duen ur-emaria 20 l/s-koa bada, eta galerak alde batera utziz, kalkulatu pitaren sarrerako presioa.

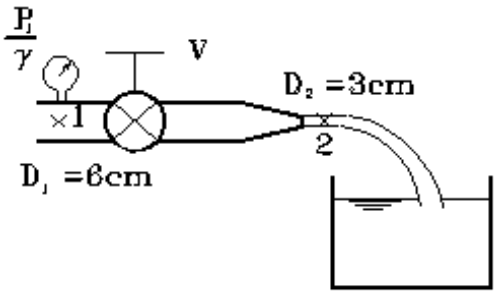
Emaitza: 21 muz

3.15. 60 cm diametroko hodi horizontal batetik 440 l/s-ko eta s = 0,825eko dentsitate erlatiboa duen olio-emariak jariatzen du. Hodian zehar 4 ponpa berdin ipinita daude, bakoitzaren sarrera eta irteera-presioak –0,56 eta 25 kg/cm^2-koak direlarik, hurrenez hurren. Baldin eta karga-galera 1.000 metroko 60 mlz-koa bada, ondorengoa eskatzen da:

a) Ponpen arteko distantzia.

Emaitza: 5.160 m

3.16.- Irudian V balbulen K igarotze-faktorea kalkulatzeko entsegu-bankua ageri da. Pitaren igarotze-faktorea K_2 = 0,2 da (irteerako energia zinetikoarekiko). Saio batean ondorengo datuak hartu dira: manometroaren irakurketa 40 kPa eta depositu taratuan 1,8 m^3 betetzen 3 minutu behar izan dira. Kalkulatu balbularen K.

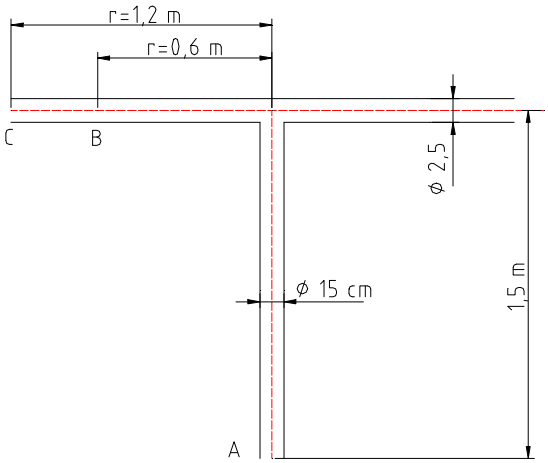


Emaitza: K= - 11,8 (ezinezkoa)

3.17. 15 cm-ko diametroa duen hodi baten muturrean dauden 2 besarkadera edo bridaren artean ura erradialki jariatzen da, irudiak agertzen duen bezalaxe. Galerak alde batera utziz, eta A puntuko presioa -0,3 muz- -koa dela kontuan izanez, kalkula itzazu:

a) B puntuko presioa.

b) Emari jariakorra.



Emaitza: –0,048 muz; 105,55 l/s

3.18. Dimentsio handiko ontzi bateko ura ateratzen uzten duen sifoi bat 10 cm-ko diametroko hodi batek osatzen du. Sifoiaren goialdea ontziko gainazal librearen gainetik 4 m-ra dago.

Honakoa eskatzen da:

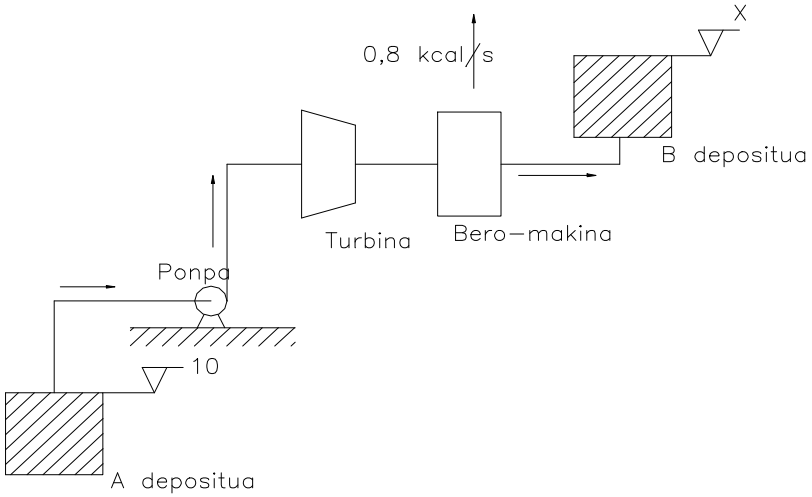
a) Muntaia honi esker lor daitekeen emari maximoa, kabitaziorik sortu gabe.
b) Sifoiaren irteera-kota, ontziko uraren goi-mailarekiko.

Datua: Likidoaren bapore-tentsio maximoa = 1 muz (presio absolutua).

Oharra: Kabitazio teorikoa, presioa likido jariakorraren bapore-tentsio maximoaren baliokidea den puntuan sortzen da.

Emaitza: 80,3 l/s; -5,3 m

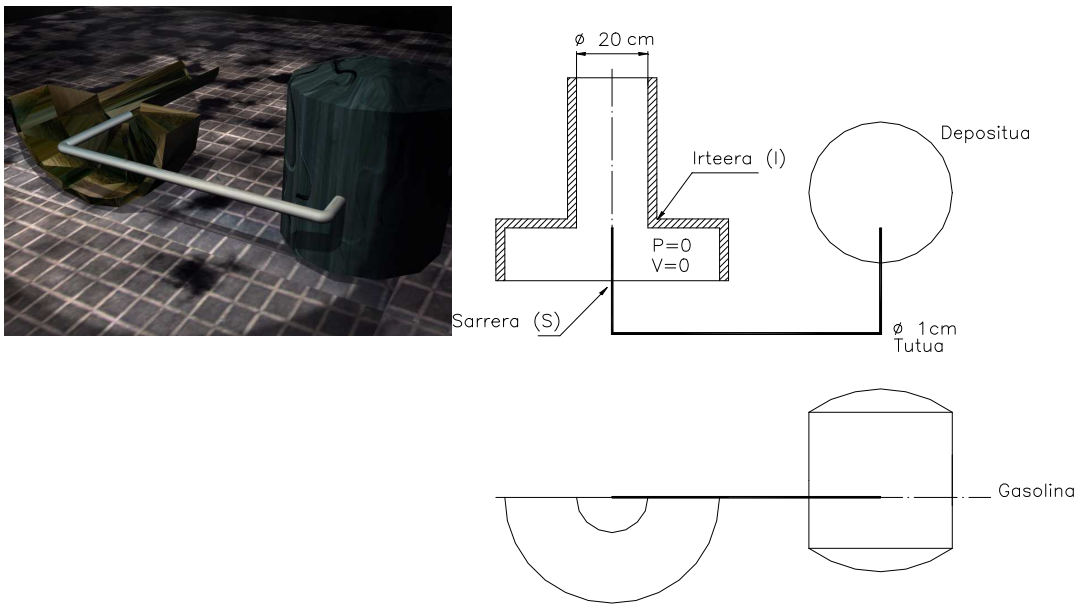
3.19. Irudiko instalazioan 10 l/s-ko olio-emariak zirkulatzen du, 0,8ko dentsitate erlatibokoa. A deposituak 20 muz-ko presioa du bere kota gorenean. B deposituak 20 mlz-ko presioa du, goiko kotan ere. Ponpak 80 kW-eko potentzia gordina du, bere errendimendua 0,6koa delarik; bero-makinak 0,8 kcal/s zurgatzen du eta hodi osoko karga-galera 5 muz-koa da. Turbinak 20 kW-eko potentzia erabilgarria eta 0,8ko errendimendua du. Energia zinetikoak gaitzetsiz, kalkulatu B deposituaren x kota.



3.19. ariketa.

Emaitza: 259,4 m

3.20. Karburagailu batean motorearen zurgapenak sortutako aire-korrontea 3,14 l/s-koa da, horrela erregaia aspiratu egiten delarik. Kalkula ezazu gasolina-emaria.



3.20. ariketa

Datuak: Airearen pisu espezifikoa= 1,3 kg/m^3, gasolinarena = 900 kg/m^3.

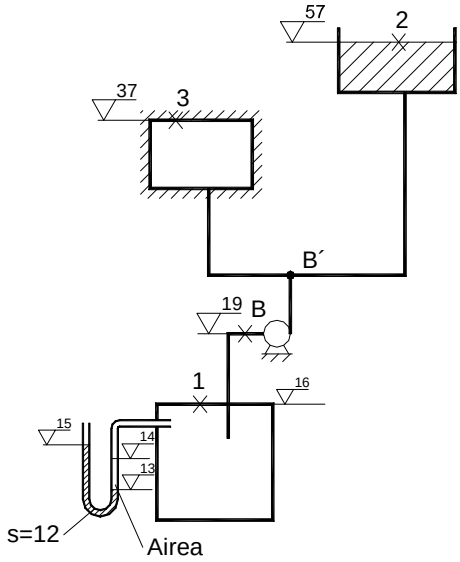
Oharra: Karga-galerak alde batera utziz.

Emaitza: 1,075 l/h

3.21. Irudiko instalazioaz balia gaitezke likido baten emaria igotzeko; likidoaren dentsitate erlatiboa ezaguna da, zeren eta 4 m/s^2-ko grabitatea duen planetan 1 m^3-kok 12.000 N pisatzen dituela ezaguna baita. 1 eta ponparen arteko itzulezintasuna 1.470 W-ekoa da, 2 eta ponparen artekoa 7,5 muz- -koa, eta 3 eta ponparen artekoa 6.615 W-ekoa. Ondorengoa jakin nahi da:

a) Emari jariakorrak.
b) Altuera manometrikoa eta ponparen potentzia erabilgarria.

Datuak: 3 puntuko presioa = 0,5 MPa; B puntuko presioa = 0,75 kg/cm^2; $Z_{B'}$ -Z_B = 0,5 m



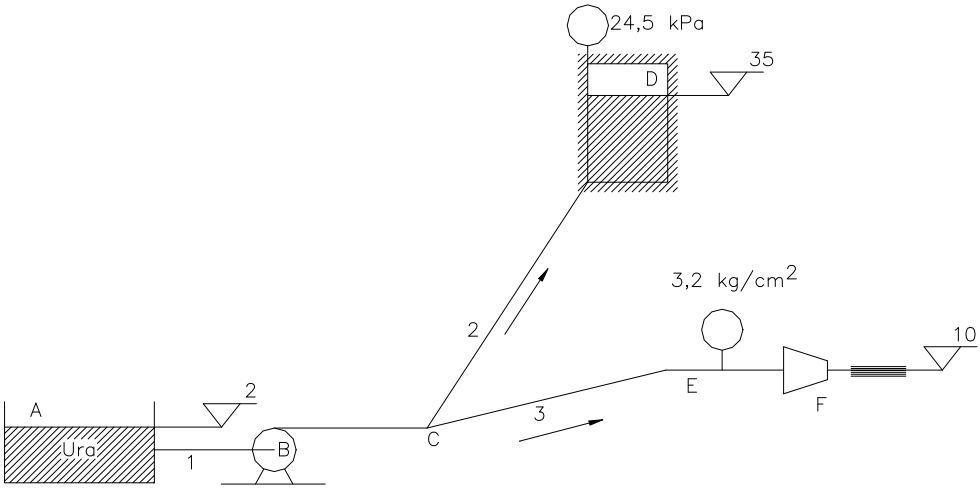
3.21. ariketa.

Oharra: Alde batera utzi B eta B'-ren arteko karga-galerak eta energia zinetikoak.

Emaitza: 100, 59 eta 41 l/s; 38 mlz; 111,7 kW

3.22. Irudiko instalazio eskematizatua ezaguturik, ondorengoa jakin nahi da:

a) Uraren irteerako abiadura pitan.
b) Hodi bakoitzeko emari jariakorra.
c) Ponparen altuera manometrikoa.
d) Ponparen potentzia gordina, bere erendimendua % 75ekoa baldin bada.

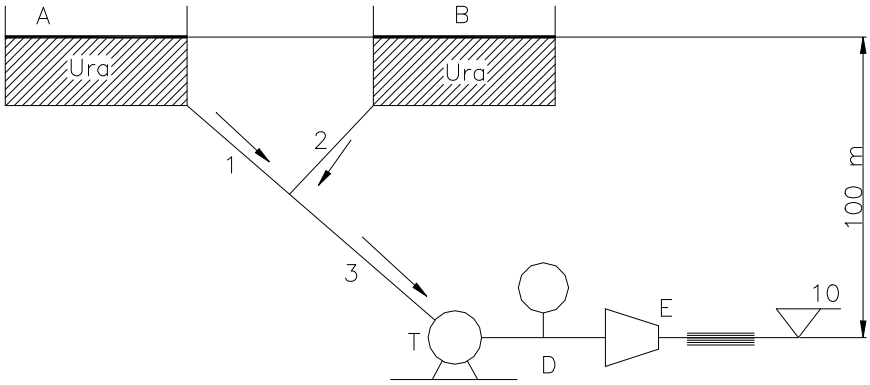


3.22. ariketa.

Datuak: hf_1 = 0,5 mlz (s = 1,5); 2-ko potentzia-galera = 4 kW; $hf_3 = 30\ V_3^2/2g$; P_D = 24,5 kPa ; P_E = 3,2 kg/cm^2 (pitaren sarreran); Pitaren diametroa = 30 mm; 3 hodiaren diametroa = 100 mm.

Emaitza: 25,15 m/s; 50,2; 32,4 eta 17,8 l/s; 48,9 muz; 32,05 kW

3.23. Altuera konstanteko A eta B deposituek 1 eta 2 hodien bitartez 3 hodi nagusia hornitzen dute, 3 hodi honek, era berean, T turbina hornitzen duelarik; turbi-naren irteeran ura kanporatzen da 100 mm-ko diametroa duen E pita baten bidez. Ondokoa eskatzen da:



3.23. ariketa.

a) B depositua ematen duen Q_2 emaria.
b) Turbinara heltzen den Q_3 emaria.
c) Turbinaren esku paratutako altuera (altuera netoa).
d) Turbinaren potentzia erabilgarria edo baliagarria, η = 0,9 izanik.

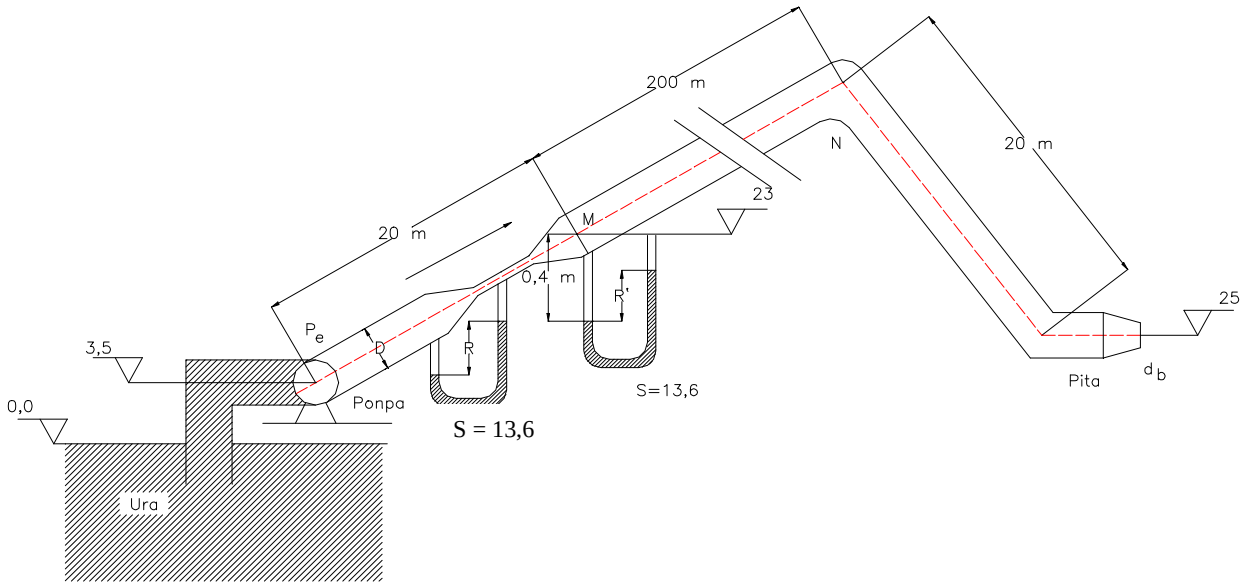
e) Turbinaren irteeran kokaturiko D manometroak adieraziko duen presioa.

Datuak: 1 hodiko galerak = 1 kW; 2 hodiko igarotze-faktorea = 13,328; 3 hodiko igarotze-faktorea = 9,8; Q_1 = 50 l/s, D_1 = 200 mm; D_2 = 150 mm; D_3 = 300 mm.

Oharra: Pitako galerak alde batera utz itzazu.

Emaitza: 30,6 l/s; 80,6 l/s; 91,93 muz; 65,36 kW; 52 kPa

3.24. Irudiko ponpaketa-instalazioan ondorengoa eskatzen da:



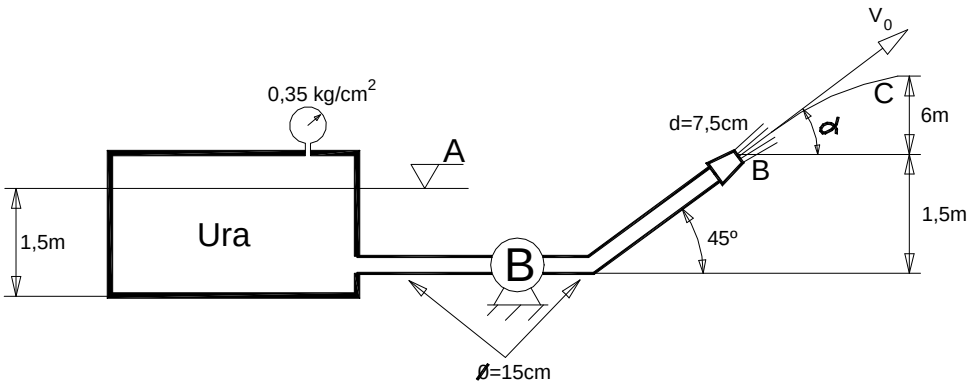
3.24. ariketa.

a) Venturimetroaren bitartez emariaren espresioa ateratzea, eta aipaturiko emaria kalkulatzea, baldin eta C_V = 0,98, eztarriaren diametroa d= 40 mm eta R = 50 cm badira.
b) Ponpak ematen duen altuera manometrikoa eta potentzia erabilgarria.
c) Aspirazio-hodiaren luzera (depositutik ponpara).
d) M ebakiduran jarrita dagoen manometroak seinalatuko duen R' altuera.
e) N puntuak izan dezakeen kota maximoa, arrazoiak emanez.
f) Potentzia kontsumitua, karga-galerak direla bide.
g) Pitaren irteerako zorrotadaren potentzia.

Datuak: Hodiaren diametroa = 100 mm; pitaren diametroa d_{pita}= 50 mm; ponparen sarrerako presioa P_e = - 4,1 muz; Hodiko karga-galerak $h_f = 0{,}3 \cdot L \cdot V^2/2g$, non L hodiaren luzera eta V fluxuaren abiadura diren; lurrin-tentsioa P_s = 0,2 muz (absolutua); presio atmosferikoa = 1 atm; Z_B = 3,5 m (ponpa-ardatzaren kota); Z_M = 23 m; Z_{pita}= 25 m.

Emaitza: 13,9 l/s; 39,52 muz; 5,38 kW; 9,16 m; 1,19 m; 38,47 m; 1,61 kW eta 345,6 W

3.25. Ontzi handi bateko urak, irudian agertzen denez, bere mintz gorena 0,35 kg/cm^2-ko presiopean dauka; ura ponpatu eta pita batean zehar kanporatzen da zorrotada libre moduan. Irudiko datuak kontuan hartuz, ondorengoa eskatzen da:



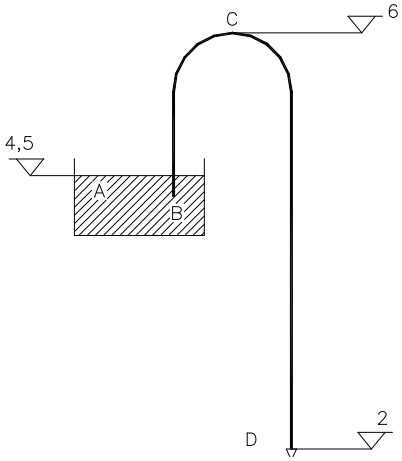
a) Kanporatutako emaria.
b) Ponparen altuera manometrikoa.
c) Ponparen potentzia erabilgarria.

Emaitza: 67,68 l/s; 8,5 m; 5,65 kW

3.26. Goiko ur-maila 4,5 m-ra duen depositua BCD sifoiaren bidez husten da, bukaeran S pita duelarik. Goiko kota Z_C= 6 m eta Z_S = 2 m.

Sifoia D = 50 mm-ko diametroa duen hodia da. B eta C arteko karga-galeren igarotze-faktorea K_{BC}=1 da eta C eta D artekoa K_{CD}=1,2. Pitaren igarotze-faktore adimentsionala irteerako energia zinetikoarekin K_{pita}=0,1 da. Ondorengoa eskatzen da:

a) Q (l/s) eta Presioa P_C (muz), ura fluido perfektua dela kontsideratuz.
b) Q (l/s) eta Presioa P_C (muz), ura fluido biskosoa dela kontsideratuz.
c) Kalkulatu C puntuko kota Z_C kabitazioa has dadin, gainerako parametroak konstante mantentzen direlarik. Kalkulatu, era berean, Q emaria.

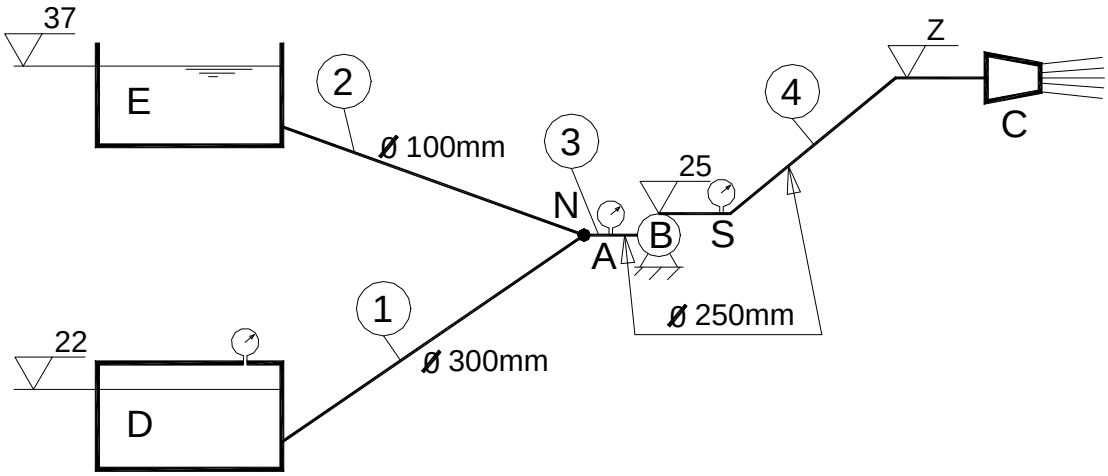


Datuak: D_{pita} = 25 mm; D_{hodia} = 50 mm. P_v/γ = Lurrin-presioa = 1 muz (absolutua). Presio atmosferikoa = 10 muz.

Oharra: Gogoratu kabitazio teorikoa likidoaren presioa lurrin-presioa denean gertatzen dela.

Emaitza: 3,436 l/s; -1,656 muz; 3,089 l/s; -1,7525 muz; 13,247 m; 3,089 l/s

3.27. Irudiko instalaziotik s = 0,8 dentsitate erlatiboa duen errekin batek zirkulatzen du. Ponpa batek errekina C erregailuko ihinztagailuraino ponpatzen du. Ponpak 100 kW-eko potentzia gordina du, errendimendua % 75ekoa izanik. Ponparen sarreran eta irteeran kokaturiko manometroek, A eta S-k , 0,6 eta 9,6 kg/cm^2 markatzen dute, hurrenez hurren. Ondorengoa eskatzen da:

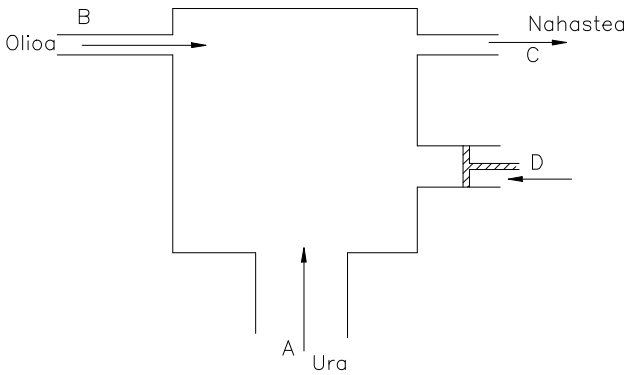


a) Hodi guztietatik zirkulatzen duten emariak, norantza adieraziz
b) C erregailuaren kota
c) D depositu presurizaturiko manometroak markatuko duen presioa kg/cm^2 eta kPa-etan.

Datuak:
- 4 hodiko potentzia-galera (ponpatik C-raino) = 5,15 kW.
- 3 hodiko karga-galera (N-tik ponparaino) = 5,35 muz.
- 1 hodiko potentzia-galera: 6,3 kW.
- 2 hodiko igarotze-faktorea: k = 8.
- Kotak metrotan adierazita.
- Erregailuaren diametroa = 50 mm.

Emaitza: 103,8 l/s; 18,8 l/s, 85 l/s, 85 l/s; 41,75; 196,62 kPa eta 2,01 kg/cm^2.

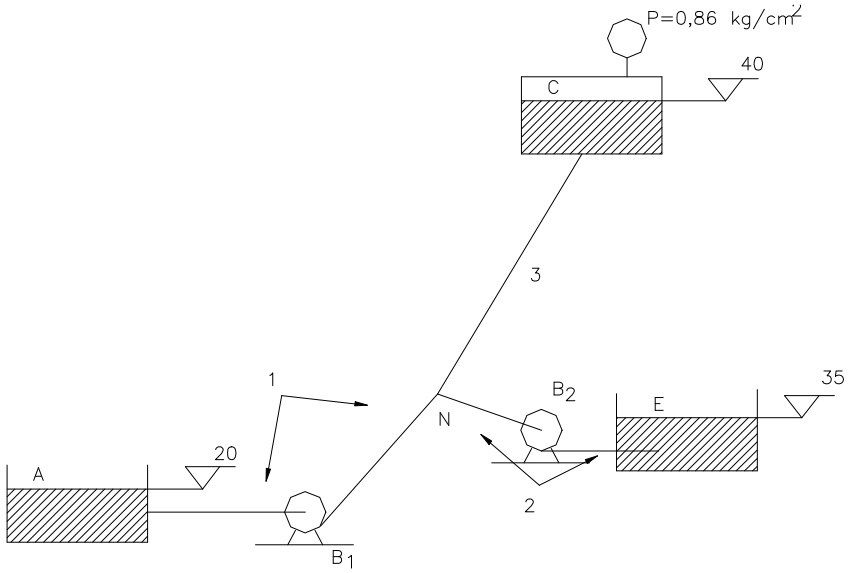
3.28. A hoditik 0,1 m^3/s-ko ur-emaria sartzen da eta B hoditik, berriz, 0,03 m^3/s-ko olio-emaria (olioaren den-tsitate erlatiboa s = 0,8), biak erregimen iraun-korrean. Likidoak konprimaezinak dira eta erabat nahasten dira. Nahastea C-tik irteten da.



a) Kalkulatu D pistoia geldirik dagoenean, C hoditik ateratzen den nahastearen batez besteko abiadura eta dentsitatea. C hodiaren diametroa 0,3 m-koa da.
b) D pistoiak 150 mm-ko diametroa du eta ezkerrarantz 0,3 m/s-ko abiaduraz mugitzen da. Kalkula ezazu C hoditik ateratzen den nahastearen batez besteko abiadura.

Emaitza: 1,84 m/s; 953,8 kg/ m^3; 1,91 m/s

3.29. Irudian ponpaketa-sistema azaltzen da, non B_1 eta B_2 ponpek Q_3 = 15 l/s-ko hidrokarburo-emaria A eta E deposituetatik C depositura ponpatzen duten. Hidrokarburoaren dentsitatea ρ = 860 kg/m^3-koa da eta biskositate zinematikoa ν = 0,05 cm^2/s –koa.

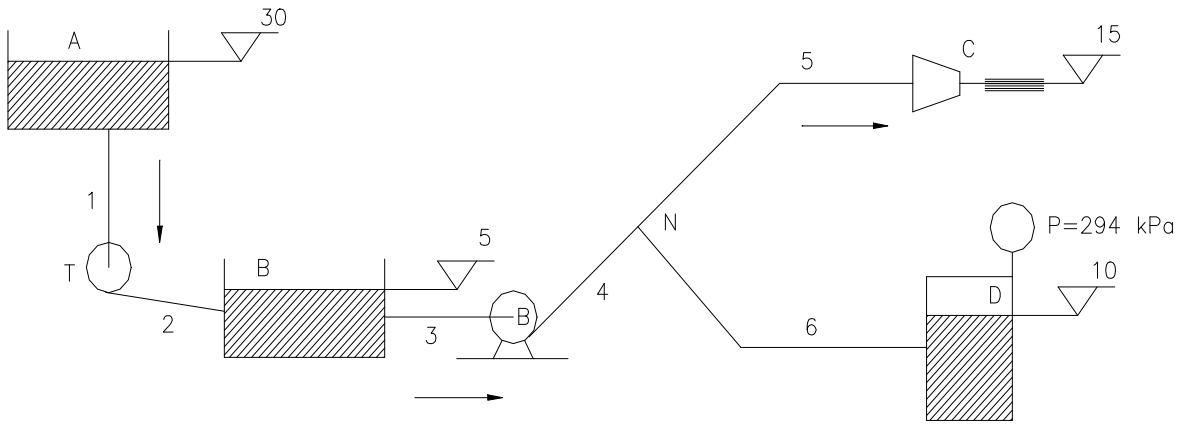


a) Kalkulatu B_1 ponparen altuera erabilgarria edo manometrikoa, A depositukо irteeran kokaturiko emari-neurgailuak 5 l/s-ko emaria neurtzen badu eta zurgaturiko potentzia totala 2.320 W-ekoa bada, errendimendua $\eta_{(B1)}$ = 0,8 izanik.
b) Kalkulatu N korapiloko Bernoulli-energia (energia pisu-unitateetan)
c) Kalkulatu 1 hodian hidrokarburoaren biskositatearen ondorioz galdutako potentzia.
d) Kalkulatu 2 hodiaren karga-galeren igarotze-faktorea (adimentsionala) B_2 ponpa jarri nahi bada, 30 m hidrokarburo-zutabeko altuera manometrikoa eman dezan.
e) Kalkulatu 3 hodiko karga-galerak muz-tan.

Datuak: K_1 (1 hodia) = 79; $\varnothing_1$ = 80 mm; $\varnothing_2$ = 100 mm; $\varnothing_3$ = 125 mm.

Emaitza: 44,04 mhz; 60,04 m hidrokarburo z;168,56 W; 60; 8,6 muz.

3.30. Irudiko instalazioan goiko depositu batetik (A), (B) depositura ura garraiatzen da, 40 kW-eko potentzia gordina xurgatzen duen turbina batetik pasaraziz. Bi deposituak irekiak dira. Beheko deposituan (B) metatzen den ura bi zerbitzutara ponpatzeko aprobetxatzen da: ureztapen-sistema batera eta 294 kPa-eko presioa duen D depositura, irudiak erakutsi bezala, ponparen $Pot_P^{gordina}$= 80 kW eta η_P= % 75 direlarik. Ondorengoa eskatzen da:



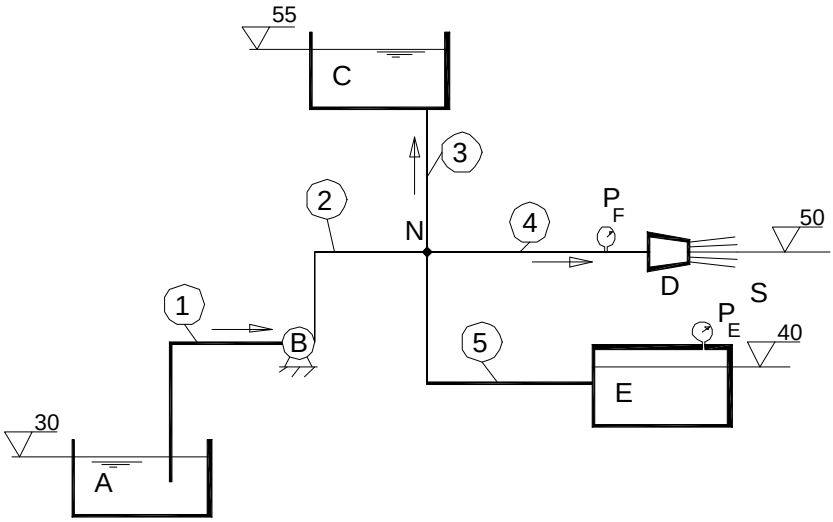
3.30 ariketa.

a) B behe-depositura heltzen den emaria.
b) Ponpaturiko emaria Q=210 l/s-koa dela suposatuz gero, kalkula ezazu ponparen altuera manometriko edo erabilgarria.
c) N korapiloko Bernoulli-energia.
d) Ureztapen-pitatik irteten den emaria eta (6) hodikoa, norantza adieraziz.
e) Pitaren diametroa
f) Pitaren irteeran zorrotadaren potentzia.

Datuak: h_{f1}=0,3 kg/cm^2; h_{f2}=2,75 mlz (s=0,8); k_3=4; Φ_3=400 mm; Pot.$_4^{galdua}$= 2 kW; P_D=294 kPa;; k_{pita}=0,1; k_5=8; Φ_5=450 mm; Pot.$_6^{galdua}$= 3 kW; Kotak metrotan daude adierazita.

Emaitza: 206,14 l/s; 29,15 muz; 32,609 muz; 41,44 l/s (D-tik N-ra) eta 251,41 l/s;136,45 mm; 37,145 kW

3.31. Irudiko instalazioan s = 0,8ko erregaia garraiatzen da A depositu irekitik hiru zerbitzuetara: goi-depositu irekira (C), lurrin-galdara bat hornitzen duen erregai-lura (D) eta presiopetutako depositu batera (E)



3.31. ariketa.

Beheko datuak kontuan hartuz, ondorengoa eskatzen da:

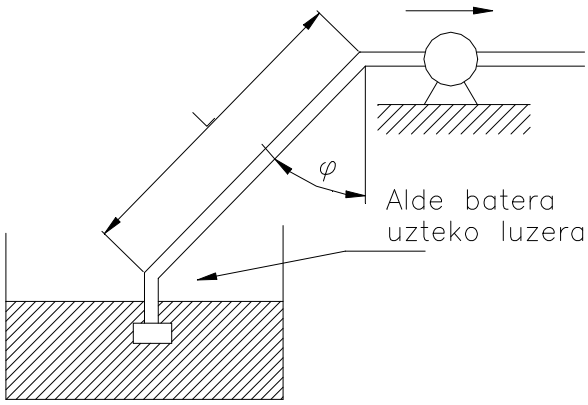
a) N korapiloko Bernoulli-energia (B_N) (mlz eta J/m^3)
b) Ponpak transmititzen duen potentzia erabilgarria (kW).
c) Q_4 emaria(l/s).
d) Pitaren sarrerako presioa (P_F) (kg/cm^2).
e) Fluxuaren norantza 5 hodian
f) 5 hodian galdutako potentzia (W/m hodi).

Datuak: Q_1 = 12 l/s; Q_3 = 5 l/s; D_4 = 75 mm; D_{pita} = 25 mm; P_E = 0,7 mHgz (700 Torr); L_5 = 34 m.

Galerak: 1 hodia= 1,6 muz; 2 hodia = 1 kg/cm^2; 3 hodia = 313,6 W; 4 hodia: K_4 = 130; Pita: K_{pita} = 1,1.

Emaitza: 63 mlz; 493920 J/m^3; 4,468 kW; 4,07 l/s; 0,586 kg/cm^2; 2,93 l/s N-tik E--ra;7,499 W/m.

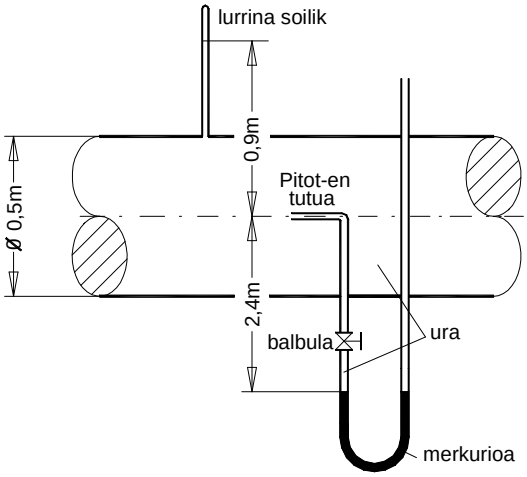
3.32. Ponpa baten aspirazio hodiak φ = 75,5º-ko malda du. Uraren abiadura hodi horretan 4 m/s-koa da. Ponparen sarreran % 50eko hutsa sortzen denean (hau da, presioa absolutua puntu horretan presio atmosferiko edo barometrikoaren erdia denean) ponpak ez du funtzionatzen kabitazioa sortzen delako. Kalkulatu instalatu behar den hodiaren luzera maximoa presio barometrikoa 1 bar-ekoa bada. Marruskadura alde batera utzi. Kontutan hartuko den luzera bakarra L izango da.



3.32. ariketa.

Emaitza: 17,12 m.

3.33. Irudiko ur-hodian barrena 1,54 m^3/s-ko emaria igarotzen da. Pitot-en tutuaren balbula itxita dago. Lurrinaren presio absolutua 6,9 kPa eta presio atmosferikoa 100 kPa-ekoa badira, kalkulatu:

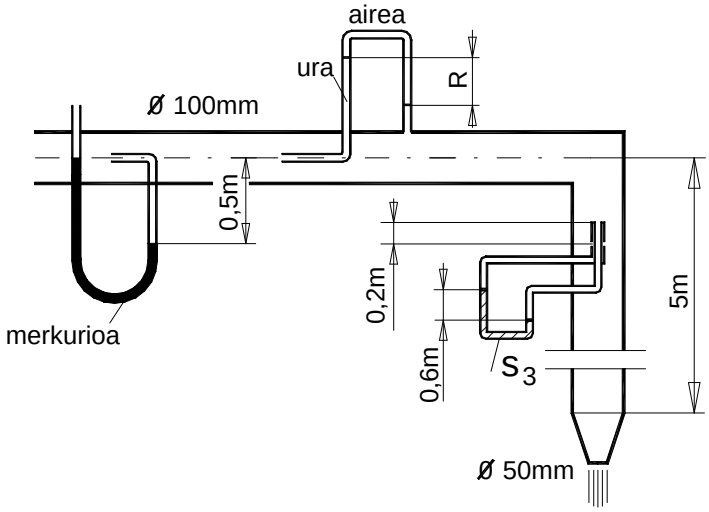


3.33. ariketa.

a) Pitot-en balbula irekitakoan manometroaren desplazamenduaren magnitude eta norantza. Arrazoitu egiten den guztia.

Emaitza:233,7 mm

3.34. Irudiko eskeman, ondorengoa jakin nahi da:

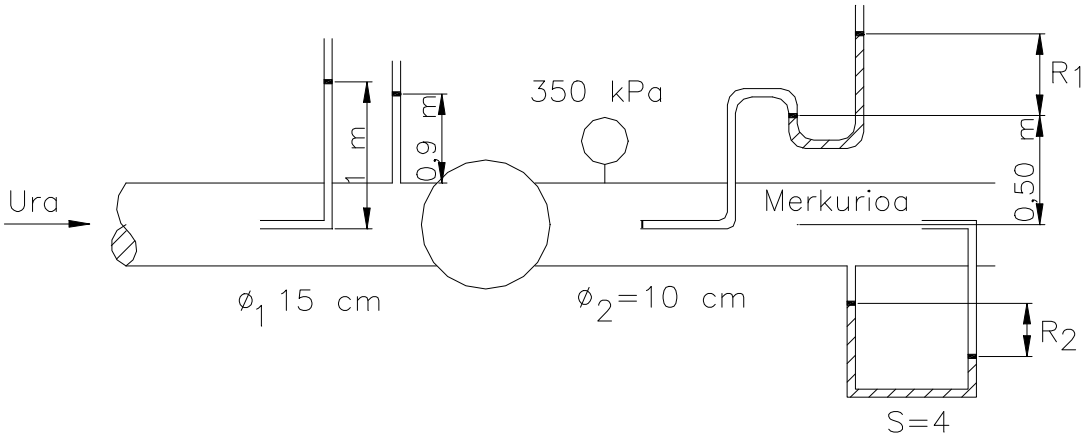


a) Emari jariakorra.
b) R_1 kota-diferentzia.
c) S_3 pisu espezifiko erlatiboa.

Oharra: Karga-galerak alde batera utzi.

Emaitza: 29,2 l/s; 70,5 cm; 2,176

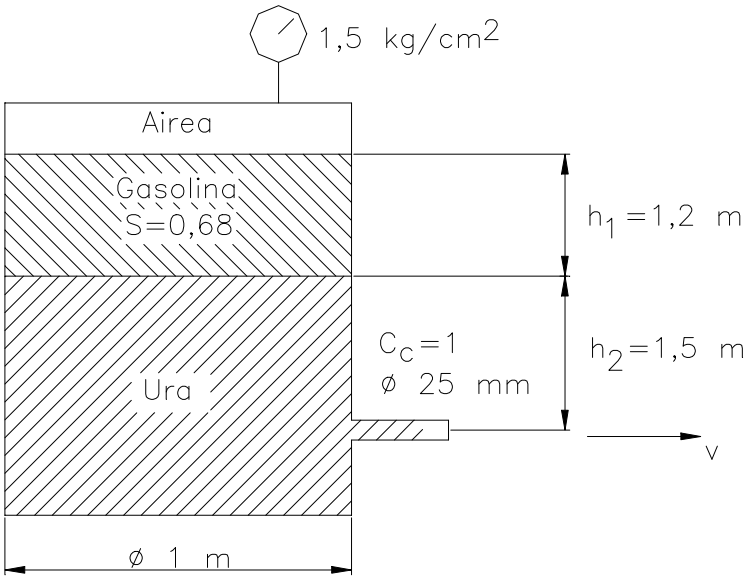
3.35. Irudiko saiodian elementu hauek jarri dira; Pitot-en tutua, piezometro irekia, ponpa edo turbina, manometro aneroidea, tutu estatikoa, eta Pitot-en tutua eta piezometroaren artean osatutako gailua. Irudiko datuak erabiliz, kalkulatu:



a) 1 eta 2 tutuetako jario-abiadurak.
b) Emari jariakorrak.
c) Likidoak zurgatu edo emaniko potentzia.
d) R_1 aldagaiaren balioa.
e) R_2-ren balioa.

Emaitza: 0,7 eta 1,575 m/s; 12,4 l/s; 4,23 kW; 2,6 m; 4,22 cm

3.36. Irudiko deposituko deskarga-tutuak, igarotze-faktorea k = 1,5 du. Ondorengoa eskatzen da:

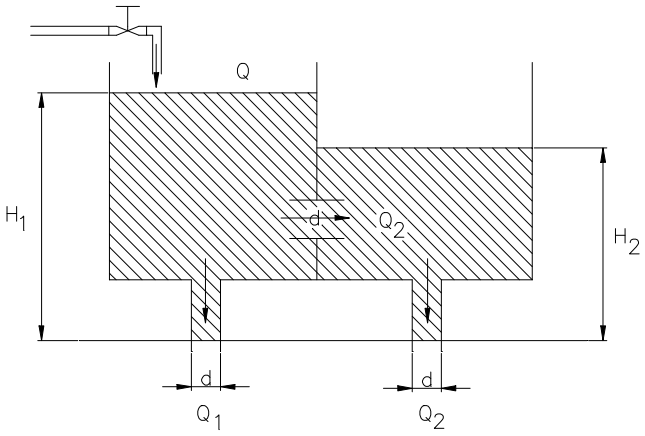


3.36. ariketa.

a) Deduzitu uraren irteerako abiaduraren adierazpena.
b) Ur-emari jariakorra.
c) Depositua husteko denboraren adierazpena.
d) Zenbat denbora beharko dute likidoek 0,5 m jaisten, airearen presioa konstantea dela suposatuz?

Emaitza: 5,7 l/s; 69,16 s

3.37. Irudiko sisteman, fluxua iraunkorra dela jakinik, kalkulatu:



3.37. ariketa.

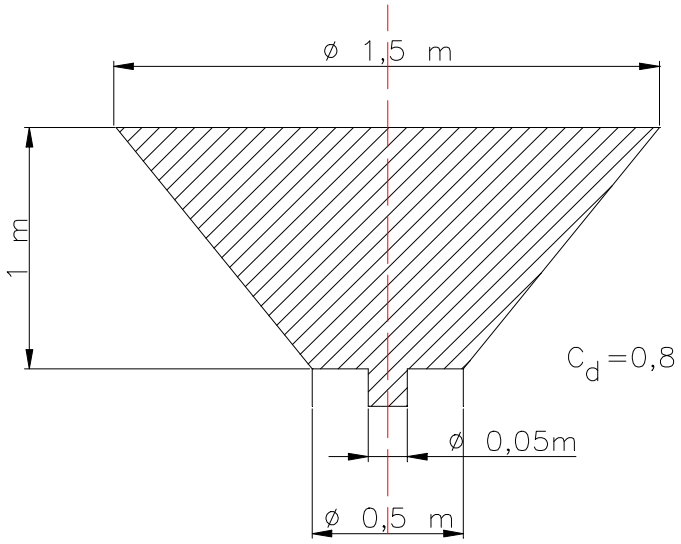
a) H_1 eta H_2 balioak.

a) Q_1 eta Q_2 balioak.

Datuak: d = 10 cm; Q = 80 l/s; zulo bertikalen emari-koefizientea = 0,82; zulo horizontalarena = 0,6.

Emaitza: 3,1 eta 1,085 m; 0,0502 eta 0,0298 m^3 /s

3.38. Irudiko kono-enborrak 5 cm-ko diametroa duen zuloa du hondoan. Kalkulatu:



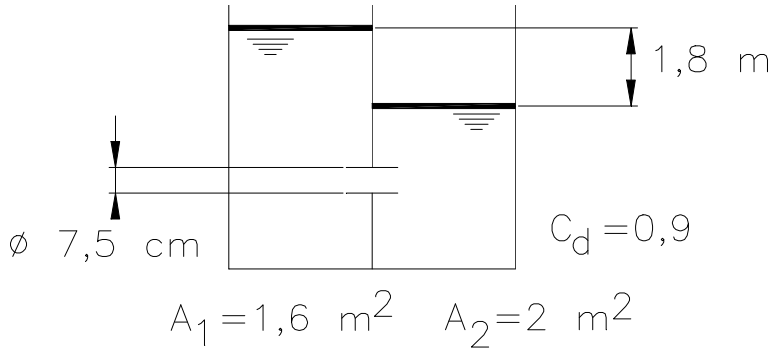
3.38. ariketa.

a) Gainazal libreak 0,5 m jaisten zenbat denbora beharko duen.

Emaitza: 103 s

3.39. Irudiko datuak kontuan hartuz, ondorengoa eskatzen da:

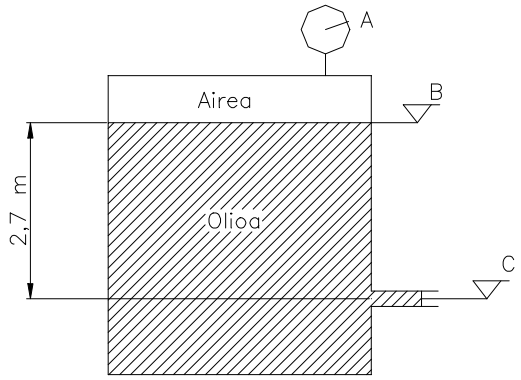
a) Zenbat denbora behar du ezkerreko depostituko gainazal libreak 1m jaisten?



3.39. ariketa.

Emaitza: 136 s

3.40. 7,5 cm-ko diametroa, 0,95 abiadura-koefizientea eta 0,65 uzkurdura-koefizienteko zulo batetik zehar s = 0,72 dentsitate erlatiboa duen olioak jariatzen da.



Ondorengoa eskatzen da:

a) A manometroak iragartzen duena zorrotadaren potentzia 5,88 kW-ekoa bada.
b) Pitot-en tutuan zorrotadaren irteeran ipiniz gero hartuko lukeen altuera.
c) Zenbat denbora beharko du gainazalak 1 m jaisten, airearen presioa konstante mantentzen bada? (a galderan kalkulatutako presioa, noski).

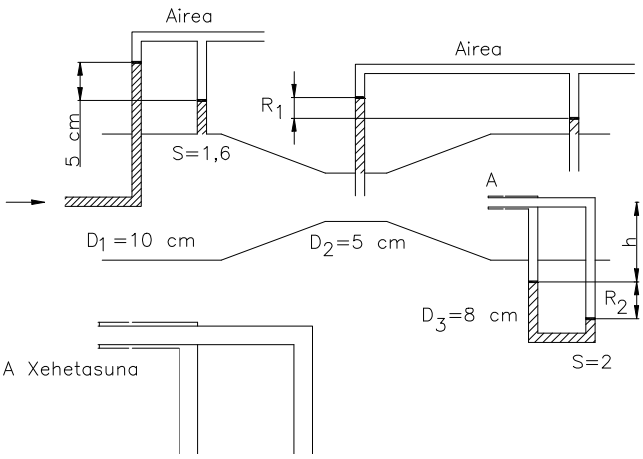
Datua: Deposituaren zeharkako azalera = 2 m^2.

Emaitza: 0,108 MPa; 16,25 m; 39,58 s

3.41. Irudiko sisteman oinarrituz eta galerak alde batera utziz, kalkulatu:

a) Emari jariakorra.
b) R_1 eta R_2-ren balioak.
c) Arrazoitu eta esan meniskoen posizio erlatiboak, marrazturik dauden moduan, ondo dauden edo ez.

Emaitza: 7,78 l/s; 0,67 eta 0,488 m; gaizki eta ondo



3.42. 0,8 dentsitate erlatiboa duen likido batek gorantz jariatzen du 150 mm-ko eztarria duen Venturimetro batean zehar. Venturimetro honen koefizientea 0,98 da, eta 300 mm diametroko hodi bati lotuta dago. Manometroko maila-diferentzia 1,16 m-koa da, bere likido manometrikoak pisu espezifiko erlatiboa s = 1,25 duelarik. Kalkulatu:

a) Emari jariakorra.
b) Eztarrian kokaturiko piezometro irekian likidoak hartuko lukeen altuera.

Datua: Venturimetroaren sarrerako presioa = 10 muz.

Emaitza: 64 l/s; 11,84 m

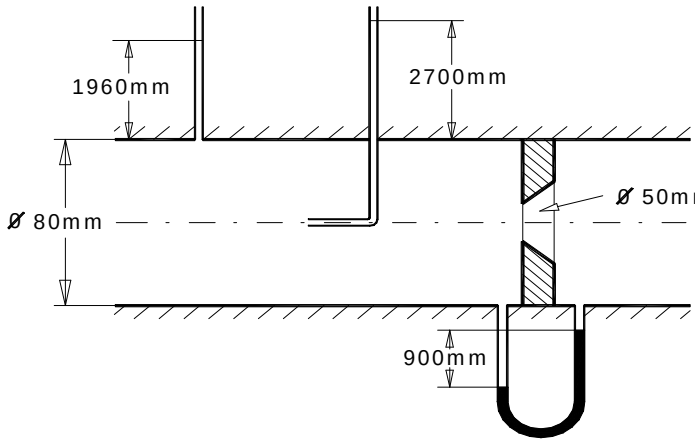
3.43. 76 mm-ko diametroa duen VDI tobera 200 mm-ko diametroko hodian kokatu da 20 ºC-tan zirkulatzen duen ur-emaria neurtzeko. Emaria 760 l/min-koa baldin bada, ondorengoa eskatzen da:

a) Manometro diferentzialaren irakurketa.

Datua: Likido manometrikoaren pisu espezifiko erlatiboa s= 2,96.

Emaitza: 0,207 m

3.44. 50 mm-ko diametroko diafragmak 80 mm-ko diametroa duen hodi horizontal batean zehar doan emaria neurtzeko erabiltzen da. Merkuriozko manometro diferentzial baten eta Pitot eta piezometro ireki baten bitartez kalibratu nahi da diafragma. Fluxu jakin batentzat irakurketak ondorengoak dira: $H_{piezometroa}$ = 1.960 mm; H_{Pitot} = 2.700 mm; $R_{manometroa}$ = 900 mm. Ondorengoa eskatzen da:



3.44. ariketa.

a) Diafragmaren gastu-koefizientea.
b) Reynolds zenbakia.

Datua: Uraren biskositatea = 1 cSt.

Emaitza: 0,65; 304.700

3.45. Ur-maila 3m-tara duen depositu bateko ura 15 cm-ko diametroa (Cd = 0,6) duen zulogune batetik irtetzen da, kanal errektangeluar batera isurtzen da eta U erako isurgailu batetik pasarazten da. Kanalak 1,8 m-ko zabalera du, isurgailuak 0,3 -koa eta bere altuera, kanalaren zoruarekiko, 1,5 m-koa da. Kalkulatu uraren maila kanalaren ur-goitik.

Emaitza: 1,84 m

3.46. 4m-ko zabalera duen kanal bateko isurgailu horizontal batek 1,2 m-ko altuera du kanalaren hondoarekiko. Ur-mailaren altuera isurgailuaren ur-goitik 1,6 m-koa da. Kalkulatu emaria ondorengo kasuetan:

a) Isurgailua pareta mehekoa bada.
b) Pareta lodikoa bada.

Emaitza: 1,79 m^3/s; 1,72 m^3/s.

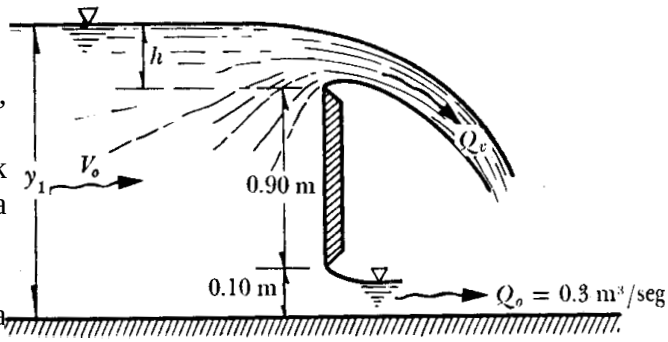
3.47. 90º-ko angeluko isurgailu triangeluar batek 1,2 m-ko altuera du ertzeraino. Fluxuaren sakonera isurgailuaren ur-goitik 1,6 m-koa da. Kalkulatu emaria.

Emaitza: 0,143 m^3/s.

3.48. Kanal batean kokaturiko isurgailu triangeluar batean (α = 60º), ur-gotik neurturiko karga H = 16,5 cm da. Kanalera ponpaturiko ur emaria VDI diafragma batez neurtu da. Diafragmaren estuguneko diametroa D_2 = 55 mm-koa da eta hodiaren diametroa D_1 = 99 mm. Diafragmara konektaturiko U erako manometroaren irakurketa R =11,4 cm da, likido manometrikoa merkurio delarik. Kalkulatu isurgailuaren deskarga-koefizientea (emari teorikoaren faktore zuzentzailea).

Emaitza: 0,53.

3.49. Irudiko plaka kanal batean kokatzen da. Plakaren goikaldetik ura isurtzen da eta behekaldean hondoko deskarga du. Plakak kanalaren zabalera bera du, 1 metrokoa.



a) Kalkulatu isurgailuko emaria Q_v, Q_o = 0,3 m^3/s bada.
b) Egiaztatu isurgailuaren ur-goitik uraren energia zinetikoa alde batera uztekoa dela.

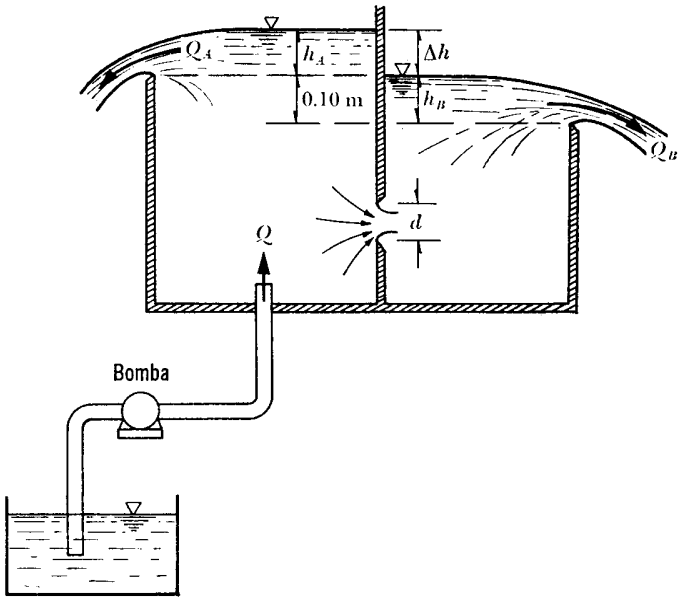
<u>Datua</u>*:* C_d (hondoko deskarga koefizientea) = 0,595.

Emaitza: 0,29 m^3/s; $V_1^2/2g$ = 0,01 muz (alde batera uztekoa).

3.50. Irudiko instalazioan, bi isurgailuen zabalera b=1,30 m da. Zehaztu funtzionamendu-baldintzak fluxu iraunkorra suposatuz, hurrengo bi kasuetarako:

a) Zulogunearen diametroa d=0,5 metrotakoa bada, bere deskarga koefizientea C_d = 0,6 eta B isurgailuarekiko altuera h_B = 0,25 m izanik, kalkulatu bi isurgailuetako (A eta B) emariak, zuloguneko emaria eta ponpaturiko emaria.

b) Q_A = 0,900 m^3/s eta Q_B =0,100 m^3/s direlarik, zulogunearen diametroa lortu.



Emaitza: 0,705m^3/s, 0,2875m^3/s, 0,2875m^3/s, 0,9925m^3/s; 0,26 m

4 GAIA

Higidura-kantitatearen kontserbazioa.

4. HIGIDURA-KANTITATEAREN KONTSERBAZIOA

SARRERA

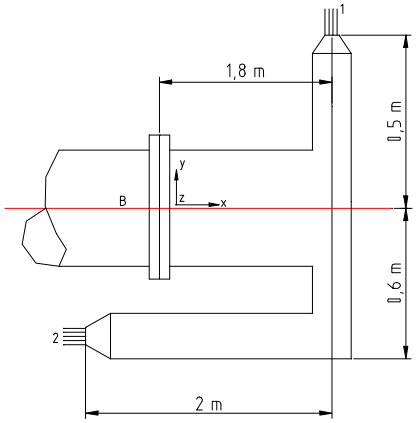
Kapitulu honetan higidura-kantitatearen edo momentu linealaren teorema eta higidura--kantitatearen momentuaren edo momentu zinetikoaren teoremari buruzko ariketa-bilduma bat aurkezten da. Ariketa hauek kontrol-bolumen finituetan eta erregimen iraunkorrean kokaturik daude. Kapitulu hau fluidoen mugimenduan dauden oinarrizko printzipioetan oinarrituta dago. Beraz, bertan agertzen diren ariketak ebazteko Jarraitasunaren ekuazioa (masaren kontserbazioaren ekuazioa) eta Bernoulli-ren ekuazioa (energiaren kontserbazioaren ekuazioa) aplikatu behar dira, noski, higidura-kantitatearen edo momentu linealaren teorema eta higidura-kantitatearen momentuaren edo momentu zinetikoaren teoremaz gain.

Proposaturiko ariketek honako gaiak jorratzen dituzte: solido edo pieza berezi batean fluido batek sortzen dituen indarren kalkulua, Rankine-ren hipotesien bidez helize propultsatzaileen analisia, zorrotada-propultsioa eta kohetearen mekanika. Alabeen analisiak ere garrantzi handia izanen du kapitulu honetan, akzio-turbina eta batez ere Pelton turbina aztertzeko. Erreakzio-turbinek, ordea, Turbomakinei eskainitako kapituluan izango dute tokia. Bukatzeko, kapitulu honetan bat-bateko zabalgunea eta estugunea eta ihinztagailuen funtzionamendua aztertuko dira ariketa banaka batzuen bidez.

ARIKETA EBATZIAK

4.1. Pieza berezi batek atmosferara deskargatzen duten d diametroko bi pita ditu. “d” diametroa 22 mm-koa da eta pita bakoitzetik irteten den emaria q = 9 l/s-koa da. Pieza hau B puntuan 125 mm-ko diametroa duen burdina galvanizatuzko hodi bati lotuta dago. Hodi nagusia zein pieza berezia plano horizontalean kokaturik daude. Pieza berezian karga-galera alde batera utzita, honako hau eskatzen da:

a) B puntuko presioa (Pa).
b) Pieza eta hodiaren arteko loturan sortutako esfortzuak (F_X eta F_Y indarrak).
c) Loturan sortutako M_z momentua.



4.1. ariketa

Ebazpidea:

a) Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioa pieza berezian:

$$B_B = B_1 = B_2$$

$$Z_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^{\ 2}}{2g} = Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^{\ 2}}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^{\ 2}}{2g}$$

Presio manometrikoak hartuz: P_1=P_2=0. Gainera Z_1=Z_2=Z_B.

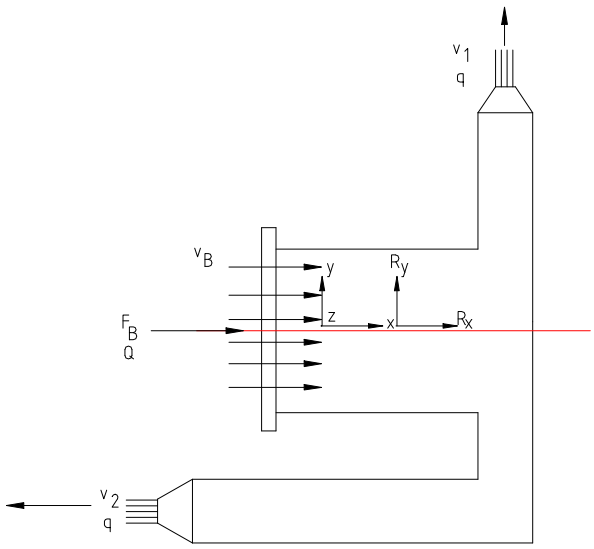
$$\frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^{\ 2}}{2g} = \frac{V_1^{\ 2}}{2g}$$

Abiaduraren kalkulua:

$$V_1 = \frac{4q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0{,}009}{\pi \cdot 0{,}022^2} = 23{,}68\ m/s$$

$$V_B = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 0{,}018}{\pi \cdot 0{,}125^2} = 1{,}47\ m/s$$

Beraz: $\frac{P_B}{\gamma} = \frac{23{,}68^2 - 1{,}47^2}{19{,}6} = 28{,}49\ muz \Rightarrow 279.199\ Pa$



b) Higidura-kantitatearen teoremaren aplikazioa:

1) $\forall_k$ kontrol-bolumenaren aukeraketa.
2) x, y eta z ardatzen aukeraketa.
3) Kontrol-bolumenean eragindako kanpo-indarrak.

- Presio-indarrak: $F_B = P_B \cdot A = 279.199 \cdot \frac{\pi \cdot 0{,}125^2}{4} = 3.426{,}3\ N$.
- R_x, R_y : Piezak fluidoan eragindako indarrak.

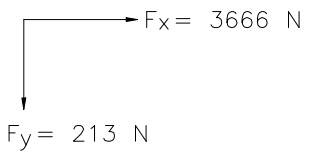
4) Abiaduraren kalkulua.

$$v_1 = 23{,}68 \quad \text{m/s}$$
$$v_2 = 1{,}47 \quad \text{m/s}$$

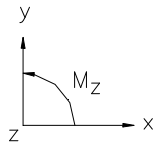
5) Ekuazioaren aplikazioa x eta y ardatzetan:

$$\sum \vec{F} = \rho\left(\sum_{irt} Q\vec{V} - \sum_{sar} Q\vec{V}\right)$$
$$\sum F_x = P_B A + R_x = \rho\left(-qV_2 - QV_B\right)$$
$$R_x = -3.246{,}3 + 10^3\left[-0{,}009 \times 23{,}68 - 0{,}018 \times 1{,}47\right]$$
$$R_x = -3.666\ N \rightarrow \left((\leftarrow)\ R_x = 3.666\ N\right)$$
$$\sum F_y = R_y = \rho\left[qV_1\right] = 10^3 \cdot 0{,}009 \cdot\cdot 23{,}68 = 213N \rightarrow$$
$$Beraz \quad (\uparrow)\ R_y = 213\ N$$

Lotura-bridako esfortzuak:

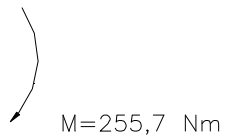


c) Higidura-kantitatearen momentuaren teoremaren aplikazioa:



$$\sum M_Z = \rho\left[\left(\vec{r} \wedge Q\vec{V}\right)_{irt} - \left(\vec{r} \wedge Q\vec{V}\right)_{sar}\right]$$
$$M_Z = \rho\left[1{,}8 \cdot q.V_1 - 0{,}6 \cdot q \cdot V_2 - 0\right] = 10^3 \cdot \left[1{,}8 \cdot 0{,}009 \cdot 23{,}68 - 0{,}6 \cdot 0{,}009 \cdot 23{,}68\right]$$
$$M_Z = 255{,}7\ Nm$$

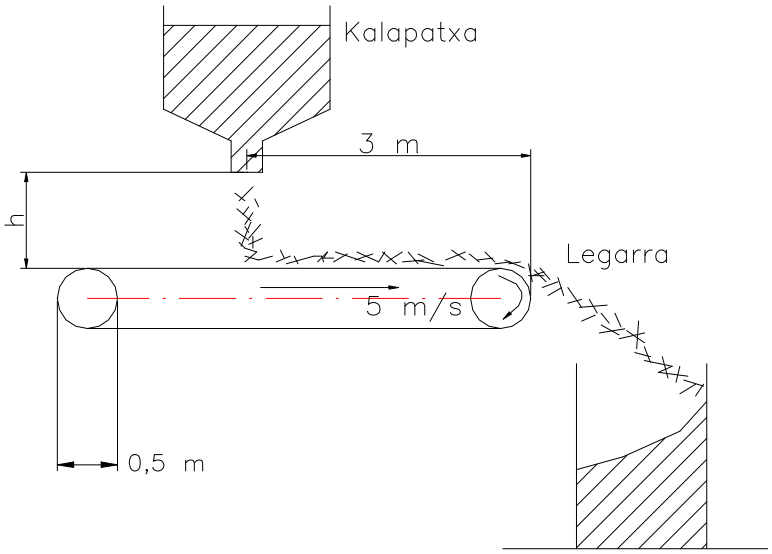
Loturan urak sorturiko momentuaren balioa:



4.2. 5 m/s-ko abiaduraz dabilen zinta garraiatzaile batera 2 m^3/s-ko legar-emaria iristen da. Legarraren pisu espezifikoa 20 kN/m^3-koa da. Legarra kalapatxatik 1 m/s-ko abiaduraz ateratzen da eta h=2 m-ko altueran barrena erortzen da, irudian adierazten den bezala, zintaraino iritsiz.

Kalkulatu:

a) Legarrak zinta garraiatzailean eragiten duen indarraren osagai horizontala eta bertikala.
b) Zenbateko momentua eragin behar da zintak bere lana egin dezan?



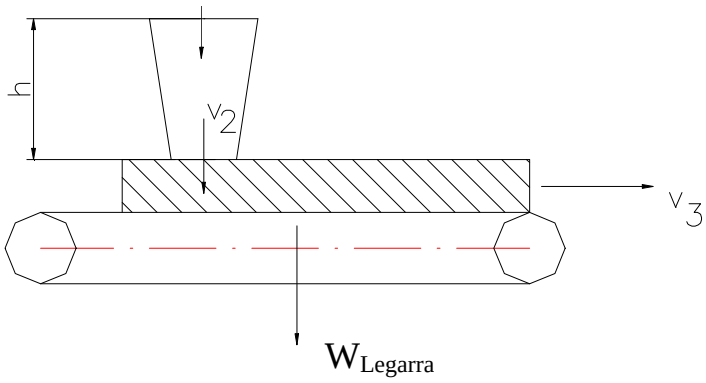
4.2. ariketa

Oharra: Arraboletako marruskadura alde batera utzi

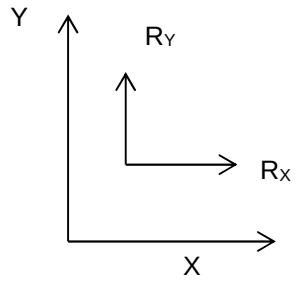
Ebazpidea:

a) Legarrak zinta garraiatzailearen gainean sortzen duen indar horizontala legarrak zinta uzten duen 5 m/s-ko abiadurak eragiten du. Indar bertikala, bestalde, zinta gainean dagoen legarraren pisuak nahiz legarrak berak kalapatxatik eroritakoan sortzen dute.

1) Irudian adierazitako kontrol-bolumenean higidura-kantitatearen teorema-ren aplikazioa (Zinta gainean dagoen legarraren bolumena)



1) X eta Y ardatzen aukeraketa.



2) Kontrol-bolumenean eragidako kanpo-indarrak:

- Legarraren pisua.
- R_X eta R_Y: zintak legarraren gainean eragindako esfortzuak.

3) Legarraren abiadura kontrol-bolumenetik irtetean v_3 = 5 m/s-koa da. Kontrol-bolumenerako sarrerako abiadura, aldiz, V_2 da:

$$\frac{V_1^2}{2g} + h = \frac{V_2^2}{2g}$$

$$V_2 = \sqrt{V_1^2 + 2gh} = \sqrt{1^2 + 19{,}6 \cdot 2} = 6{,}34\ m/s$$

4) Ekuazioaren aplikazioa X ardatzean.

$$R_X = \rho \cdot Q\left(\vec{V}_{irteera} - \vec{V}_{sarrera}\right) = \rho \cdot Q \cdot V_3 = \frac{\gamma \cdot Q \cdot V_3}{g}$$

γ = 20.000 N/m^3; Q= 2 m^3/s; V_3 = 5 m/s

$$R_X = \frac{20.000 \cdot 2 \cdot 5}{9{,}8} = 20.408{,}2\ N$$

<u>Y ardatza:</u>

$$R_Y - W = \rho \cdot Q\left(\vec{V}_{irteera} - \vec{V}_{sarrera}\right) = \rho \cdot Q\left[0 - \left(-V_2\right)\right] = \rho \cdot Q \cdot V_2$$

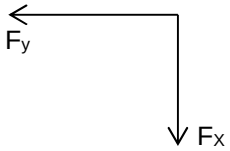
$$R_Y = \rho \cdot Q \cdot V_2 + W = \frac{\gamma \cdot Q \cdot V_2}{g} + W$$

Legarraren pisuaren kalkulua (L = 3 m-ko luzera zintaren gainean).

$$W = \gamma \cdot V = \gamma \cdot A \cdot L = \frac{\gamma \cdot Q}{V_3} \cdot L = 20.000 \cdot \frac{2}{5} \cdot 3 = 24.000\ N$$

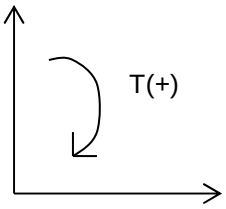
$$R_Y = \frac{20.000 \cdot 2 \cdot 6{,}34}{9{,}8} + 24.000 = 49.879\ N$$

Beraz, legarrak zintan eragiten duen indarra hau da:



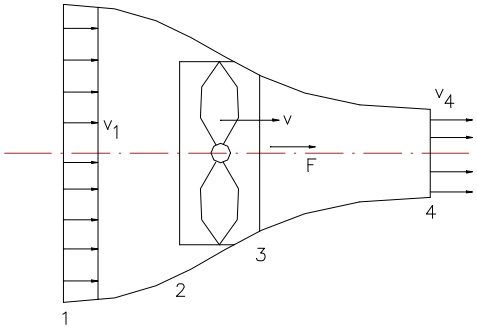
$$F_X = 20.408{,}2\ N$$
$$F_Y = 49.879\ N$$

b) Higidura-kantitatearen momentuaren ekuazioaren aplikazioa kontrol-bolumen berean.



$$\sum \vec{T} = \rho \cdot Q\left[\left(\vec{r} \wedge \vec{V}\right)_{irt} - \left(\vec{r} \wedge \vec{V}\right)_{sar}\right]$$
$$T - W\frac{L}{2} = \rho \cdot Q\left[\frac{0{,}5}{2} \cdot \vec{V}_3 - \left(-3 \cdot \vec{V}_2\right)\right]$$
$$T = 24.000 \cdot 1{,}5 + \frac{2 \cdot 10^4}{9{,}8} \cdot 2 \cdot [0{,}255 + 3{,}634] = 118.739\ Nm$$

4.3. Itsasontzi bat 30 km/h-ko abiaduran desplazatzen da. Uraren abiadura, uzten duen uharan, 24 km/h-koa da (abiadura hau geldirik dagoen urarekikoa da; hortaz, abiadura absolutua). Kalkulatu propultsioaren errendimendua.



4.3. ariketa

Ebazpidea:

4.3 irudian ikus daitezke uraren helizearekiko abiadura erlatiboa. Helize hau v_1 abiaduraz desplazatzen ari da ezkerrerantz fluido egonkor edo iraunkor batean zehar.

Helizeak sortzen duen indarra norabide axialean dagoen indar bakarra da; beraz, aukeraturiko kontrol-bolumena 1 eta 4 ebakidurek eta lerradura-uharak sorturikoa baldin bada:

$$F = \rho \cdot Q \cdot [V_4 - V_1]$$

v abiadura ez da aldatzen helizetik bertatik pasatzean, alegia 2 eta 3 ebakiduren artean; beraz, F indar bera honela kalkula daiteke:

$$F = (P_3 - P_2) \cdot A$$

non A, helizeko hegalek biratzen ari direnean sortzen duten sekzioa den.

Alde batetik 1 eta 2, eta bestetik 3 eta 4 ebakiduren artean Bernoulli-ren ekuazioa aplikatuz, P_3-P_2 –ren adierazpena erdiets daitete:

$$P_3 - P_2 = \frac{1}{2}\rho \cdot \left(V_4^{\,2} - V_1^{\,2}\right)$$

$$\text{Beraz: } V = \frac{V_1 + V_4}{2}$$

Helizeak sorturiko potentzia erabilgarria:

$$\text{Potentzia Erabilgarria} = F \cdot V_1 = \rho \cdot Q \cdot (V_4 - V_1) \cdot V_1$$

Propultsioan galduriko potentzia, lerradura-uharan dagoen fluidoaren energia zinetikoa (denbora-unitateko) da.

$$\text{Potentzia galdua} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot (V_4 - V_1)^2}{2g}$$

Propultsioan behar den potentzia totala:

$$\text{Potentzia totala} = \rho \cdot Q \cdot (V_4 - V_1) \cdot V_1 + \frac{\rho \cdot Q \cdot (V_4 - V_1)^2}{2}$$

Propultsioaren errendimendua:

$$\eta = \frac{\rho Q (V_4 - V_1).V_1}{\rho Q (V_4 - V_1).V_1 + \frac{\rho Q (V_4 - V_1)^2}{2}} = \frac{V_1}{V_1 + \frac{V_4 - V_1}{2}} = \frac{V_1}{\frac{V_1 + V_4}{2}} = \frac{V_1}{V}$$

v_1, itsasontziaren abiadura: 30 km/h.
v_4, uraren abiadura erlatiboa uharan.

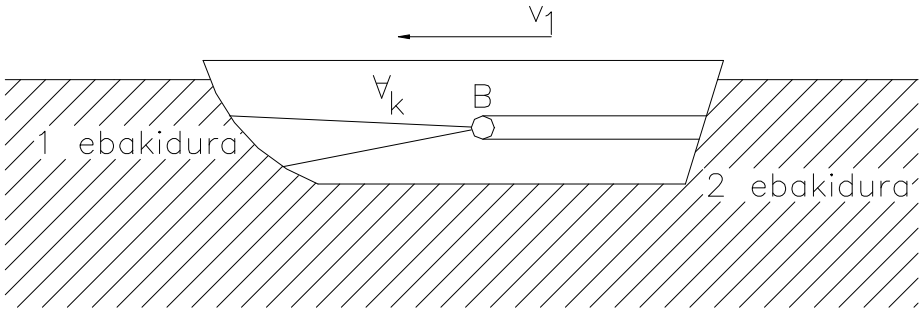
Uraren abiadura absolutua uharan: $V_{abs} = V_4 - V_1 = 24\ km/h$

Beraz: $V_4 = 24 + 30 = 54\ km/h$

Propultsioaren errendimendua:

$$\eta = \frac{30}{(30+54)/2} = 0{,}714 = \%\,71{,}4$$

4.4. Ontzi batek 20 kN-eko bultzada behar du 25 km/h-ko abiaduran mantentzeko.



4.4. ariketa

a) Zenbat m^3/s ur hartu eta bota behar dira 500 mm-ko hodi batetik higidura hau mantentzearren?
b) Zenbatekoa da errendimendu totala ponpaketa-sistemaren errendimendu % 60koa bada?

Ebazpidea:

Datua: Uraren dentsitatea= 1.000 kg/m^3.

Ontziaren abiadura: V_1 = 25 km/h = 6,94 m/s.

1 eta 2 ebakiduretan uraren abiadura absolutua.

$V_{absolutua}$ (1 ebakidura) = 0
$V_{absolutua}$ (2 ebakidura) = V_{abs}

Uraren abiadura erlatiboa ontziarekiko:

V_{erl}(1 ebakidura) = V_1
V_{erl}(2 ebakidura) = $V_1 + V_{abs}$

Higidura-kantitatearen teoremaren aplikazioa zorrotada-propultsioko sistema honetan:

$$\sum \vec{F} = \rho Q\left(\vec{V}_2 - \vec{V}_1\right)$$
$$F = \rho Q V_{abs}$$

500 mm-ko hoditik egotzitako emaria hau da:

$$Q = A_2\left(V_1 + V_{abs}\right)$$

Beraz:

$$F = \rho A_2\left(V_{abs} + V_1\right)V_{abs} \Rightarrow \frac{F}{\rho A_2} = V_{abs}{}^2 + V_1 V_{abs}$$

Balioak ordezkatuz:

$$\frac{20.000}{1.000\,\pi \cdot 0{,}25^2} = V_{abs}{}^2 + 6{,}94 \cdot V_{abs}$$

2. mailako ekuazio hau ebatziz: $V_{abs} = 7{,}20\ m/s$

Beraz: $V_{erl} = V_{abs} + V_1 = 7{,}20 + 6{,}94 = 14{,}14\ m/s$

$$Q = \pi \cdot 0{,}25^2 \cdot 14{,}14 = 2{,}78\ m^3/s$$

b) $\eta_{totala} = \eta_{ponpaketa} . \eta_{propultsioa} = 0{,}60 \cdot \eta_{propultsioa}$

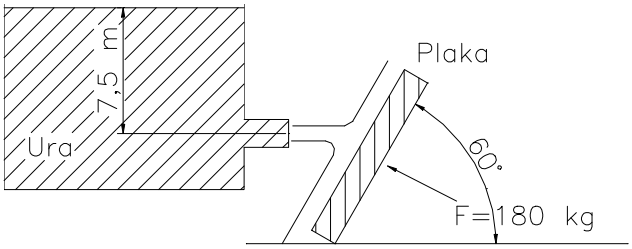
Potentzia galdua: $\rho Q \dfrac{V_{abs}{}^2}{2} = 10^3 \cdot 2{,}78 \cdot \dfrac{7{,}20^2}{2} = 72.015\ W$

Potentzia erabilgarria = $20000 \cdot 6{,}94 = 138.800\ W$

$$\eta_{propultsioa} = \frac{138.800}{138.800 + 72.015} = 0{,}66$$

$$\eta_{sistema} = 0{,}6 \cdot 0{,}66 = 0{,}40$$

4.5. 150 mm-ko diametroko pareta meheko zulogune batetik 180 l/s-ko ur-emaria ateratzen da; zulogune hau depositu bateko pareta bertikalean dago gainazal libretik 7,5 m-ko sakoneran. Zorrotadak horizontalarekiko 60º-ko angeluaz inklinaturiko pantaila lau bat jotzen du. Posizio horretan pantaila mantentzeko pantailarekiko elkarzut den norabidearekin 180 kg-ko indarra eragin behar da zorrotadaren kontra, irudiak adierazi legez.



4.5. ariketa

Uraren altuera konstantea dela suposatuz, kalkulatu:

a) C_c, C_v eta C_d koefizienteak.
b) Pantailako emari-banaketa.

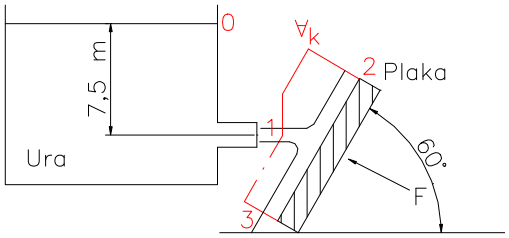
Oharra: Plakan marruskadurarik ez dagoela pentsa daiteke.

Ebazpidea:

a) Zulogunearen C_c, C_v, eta C_d koefizienteak.

Zorrotadaren abiadura teorikoa: V_{1t}

$$V_{1t} = \sqrt{2g7{,}5} = 12{,}12\ m/s$$



Zorrotadaren emari teorikoa:

$$Q_{1t} = \frac{\pi \cdot 0{,}15^2}{4} 12{,}12 = 0{,}2143 \frac{m^3}{s} = 214{,}3\ l/s$$

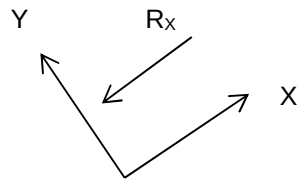
$$C_d = \frac{Q_1}{Q_{1t}} = \frac{180}{214{,}3} = 0{,}8$$

Higidura-kantitatearen teoremaren ekuazioaren aplikazioa:

$$\sum \vec{F}_{kanpo} = \rho\left[\sum Q\vec{V}_{irt} - \sum Q\vec{V}_{sar}\right]$$

1) Kontrol-bolumenaren aukeraketa (irudian adierazirik).

2) X eta y ardatzak



3) Kontrol-bolumenetik kanpo-indarrak.

Kontrol-bolumenetik kanpoko presioa atmosferikoa da. Beraz, anulatu egiten da. Kontrol-bolumenaren barruko likidoaren pisua alde batera utz daitekeela kontsidera daiteke. Kontrol-bolumenean plakak eragiten duen y norabideko indarrik ez dago, plaka eta likidoaren artean marruskadura falta dela medio.

$$R_x = 0$$

Y norabideko indarra : $R_y = F = 180$ kg = 1.764 N.

1, 2 eta 3 ebakiduretan abiadurak berdinak dira, Alabeen teoria orokorra kontuan hartuz gero, non karga-galerak eta kota-diferentziak oso txikiak baitira:

$$V_1 = V_2 = V_3$$

5) x norabidea

$$\sum \vec{F}_Y = \rho\left[\sum_{irt} Q\vec{V}_y - \sum_{sar} Q\vec{V}_y\right]$$

$$-R_y = \rho\left[0 - Q_1 \cdot V_1 \cdot \sin 60\right]$$

$$R_y = \rho \cdot Q_1 \cdot V_1 \cdot \sin 60$$

$$V_1 = \frac{1764}{1.000 \cdot 0{,}18 \cdot \sin 60} = 11{,}32\ m/s$$

Abiadura-koefizientea: $C_v = \dfrac{V_1}{V_{1t}} = \dfrac{11{,}32}{12{,}12} = 0{,}933$

Uzkurdura-koefizientea: $C_c = \dfrac{C_d}{C_v} = \dfrac{0{,}84}{0{,}933} = 0{,}9$

x norabidea:

$$\sum \vec{F}_x = \rho\left[\sum_{irt} Q\vec{V}_x - \sum_{sar} Q\vec{V}_x\right]$$
$$0 = \rho\left[\left(Q_2V_2 - Q_3V_3\right) - Q_1V_1 \cos 60\right]$$
$$V_1 = V_2 = V_3$$

Beraz: $Q_2 - Q_3 = Q_1 \cos 60$

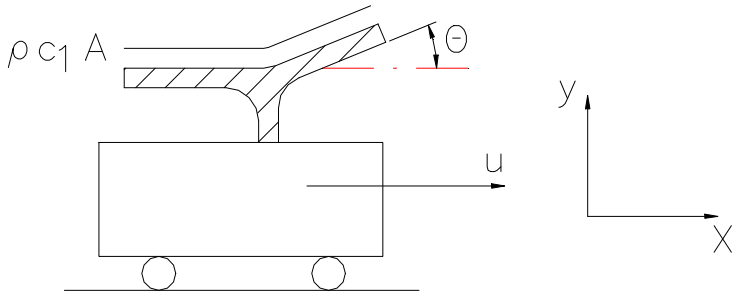
Jarraitasunaren ekuazioa aplikatuz:

$$Q_2 + Q_3 = Q_1$$

2 ezezagun dauzkaten bi ekuazio hauek ebatziz:

$$Q_2 = Q_1 \frac{(1+\cos 60)}{2} = 135\ l/s$$
$$Q_3 = Q_1 \frac{(1-\cos 60)}{2} = 45\ l/s$$

4.6. Pala bat u (arrastea) abiaduran mugitzen da gurdixka batekin batera. Zorrotadaren abiadura c_1 da eta A bere sekzioa. Kalkulatu:



4.6. ariketa

a) F_x, gurdixka azeleraziorik gabe mantentzeko marruskadurarik ez dagoela (adierazpen teorikoak).

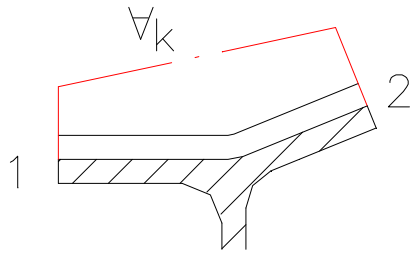
b) Kalkulatu u eta c_1 aldagaien erlazioa (u/c_1) transmititutako potentzia maximoa izan dadin (adierazpenak).

c) F_x indarra kalkulatu eta potentzia transmititua, pala 10 m/s-ko abiaduraz ezkerrerantz mugitzen bada: C_1 = 40 m/s, A = 5 cm^2 eta θ = 60 º. Adierazi emaitzak newton eta kilowattetan.

d) Baldin eta gurpiletan marruskadurarik ez badago, ezta geldiaraz dezakeen F_x indarrik ere, lortu gurdixkaren azelerazioa (a_c). Ezaguna da gurdixkaren masa (m_c). Ekuazio hau ebatzi behar da hasierako baldintza hau dela jakinik: t = 0, u = 0.

e) Baldin eta c_1 = 35 m/s, A = 5 cm^2, θ = 120 º eta m_c = 50 kg, kalkulatu u = 30 m/s lortzeko zenbat denbora behar den; baita 2 segundo pasatutakoan gurdixkaren azelerazioa ere.

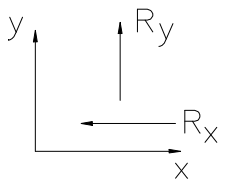
Ebazpidea:



a) Higidura-kantitatearen teoremaren aplikazioa da pala mugikorretan; beraz, aztertu beharra dago zorrotadaren berarekiko higidura erlatiboa.

1) $\forall_K$ kontrol-bolumenaren aukeraketa

2) Sistemako ardatzen aukeraketa.



3) Kontrol-bolumenetik kanpoko indarrak. Bakar-bakarrik kontrol-bolumenean palak eragindako R_x eta R_y indarrak daude.

4) Zorrotadaren abiadura absolutuak eta erlatiboen azterketa:

1 ebakiduran, kontrol-bolumenaren sarreran:

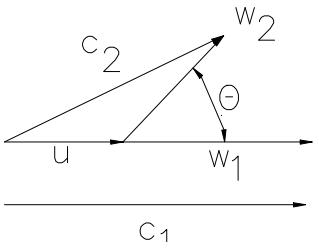
Abiadura absolutua = c

Arraste-abiadura = u

Abiadura erlatiboa = w

Marruskadura alde batera utziz: $w_1 = w_2 = (c_1\text{-}u)$.

5) Higidura-kantitatearen teoremaren ekuazioa:



X ardatza:

$$-R_x = \rho A(c_1 - u)\{(c_1 - u)\cdot\cos\theta - (c_1 - u)\}$$
$$R_x = \rho\cdot A\cdot(c_1 - u)^2\cdot(1-\cos\theta)$$

Y ardatza:

$$R_y = \rho\cdot A\cdot(c_1 - u)\cdot(c_1 - u)\cdot\sin\theta$$

Zorrotadaren eragina gurdixkaren gainean:

$$F_x = \rho \cdot A \cdot (c_1 - u)^2 \cdot (1 - \cos\theta) \quad (\rightarrow)$$
$$F_y = \rho \cdot A \cdot (c_1 - u)^2 \cdot \sin\theta \quad (\downarrow)$$

Beraz, gurdixka azeleraziorik gabe mantentzeko indarra, u = kte abiaduran F_x da (←).

b) Potentzia maximoaren kasuan u abiaduraren kalkulua:

$$Potentzia = F_x \cdot u = \rho \cdot A \cdot (c_1 - u)^2 \cdot (1 - \cos\theta) \cdot u = k \cdot u \cdot (c_1 - u)^2$$
$$\frac{d(Pot)}{du} = k \cdot \left[(c_1 - u)^2 - 2u \cdot (c_1 - u)\right] = 0$$

- $c_1 - u = 0$ $\quad$ $c_1 = u$ $\quad$ Potentzia minimoa.
- $(c_1 - u) - 2u = 0$ $\quad$ $u = c_1/3$ $\quad$ Potentzia minimoa.

$$\boxed{\frac{u}{c_1} = 1/3}$$

c) Baldin eta $\left\{\begin{array}{l} u = 10\ m/s \\ c_1 = 40\ m/s \\ A = 5\ cm^2 \\ \theta = 60^{\circ} \end{array}\right\} F_x = 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot (40 + 10)^2 (1 - \cos 60) = 625\ N$

Palak zurgatutako potentzia = $F_x \,.\, u$ = 625 · 10 = 6250 W

d) t unean:

$$F_x = \rho \cdot A \cdot (c_1 - u)^2 \cdot (1 - \cos\theta) = m_C \cdot \frac{du}{dt}$$
$$dt = \frac{m_C}{\rho \cdot A \cdot (1 - \cos 60)} \frac{du}{(c_1 - u)^2}$$

Ekuazio diferentzial honen Ebazpidea, integrazio-limite hauekin:

T = 0	**u = 0**
T = t	u = u

$$t = \frac{m_C}{\rho \cdot A \cdot (1 - \cos\theta)} \left[\frac{1}{c_1 - u} - \frac{1}{c_1} \right] = k \cdot \left(\frac{1}{c_1 - u} - \frac{1}{c_1} \right)$$

u bakanduz:

$$u = c_1 - \frac{1}{\frac{t}{k} + \frac{1}{c_1}}$$

$$a_C = \frac{du}{dt} = \frac{1/k}{\left(t/k + 1/c_1 \right)^2}$$

e) c_1 = 35 m/s, A = 5 cm^2, θ = 120 º, m_C = 50 kg.

T denbora u = 30 m/s izateko:

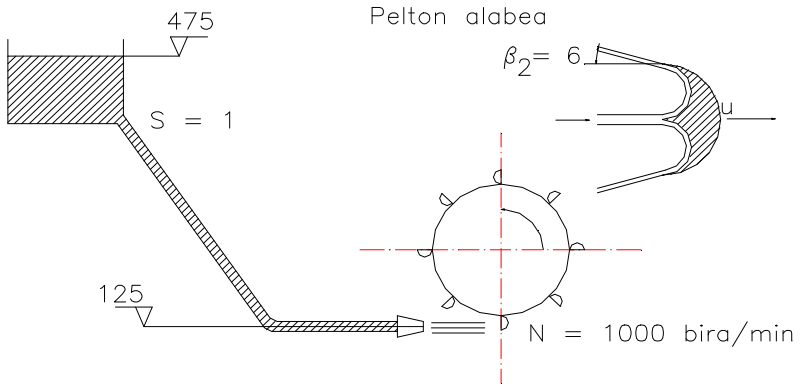
$$k = \frac{m_C}{\rho \cdot A \cdot (1 - \cos\theta)} = \frac{50}{10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-4} \cdot (1 - \cos 120)} = 66{,}66\ m$$

$$t = 66{,}66 \cdot \left(\frac{1}{35 - 30} - \frac{1}{35} \right) = 11\ s$$

a_C azelerazioa t = 2 s denean.

$$a_C = \frac{1/66{,}66}{\left(\frac{2}{66{,}66} + \frac{1}{35} \right)^2} = 4{,}4\ m/s^2$$

4.7. Pelton turbina bateko gurpila 125 kotan dagoen injektore batek elikatua da. Presiopeko hodieria altzairu komertzialeko 500 mm-ko diametrokoa eta 1.400 m- -ko luzerakoa da. Zorrotadaren diametroa 9 cm-koa da eta pitaren igarotze--faktorea 0,025 (adimentsionala) irteerako energia zinetikoaz. Kalkulatu:



4.7. ariketa

a) Emari zirkulatzailea.
b) Zorrotadaren abiadura.
c) Palen u arraste-abiadura lortutako potentzia maximoa izateko; suposatu zorrotadak pala edo goilaretik pasatzen ari denean ez duela energia-galerarik sortzen.
d) Turbinaren momentu eta potentzia erabilgarria (lortutakoa).
e) Zorrotadaren abiadura gurpiletik irtetean.

Ebazpidea:

a) Emari zirkulatzailearen kalkulua:

Bernoulli-ren ekuazioaren aplikazioa urtegitik zorrotadaraino:

$$B_{urtegia} - hf_{hodia} - hf_{pita} = B_1$$

Presiopeko hodiko karga-galerak Hazen/Williams-en formularen bidez kalkulatuko dira: $hf = J_1, L\, Q^{1,852} \left(l/s \right)$.

$$\varepsilon(zimurdura\ absolutua) = 0{,}006\ cm$$

$$\frac{\varepsilon}{D}(zimurdura\ erlatiboa) = \frac{0{,}006}{50} = 0{,}00012$$

Hazen/Williams-en koefizientea = 140

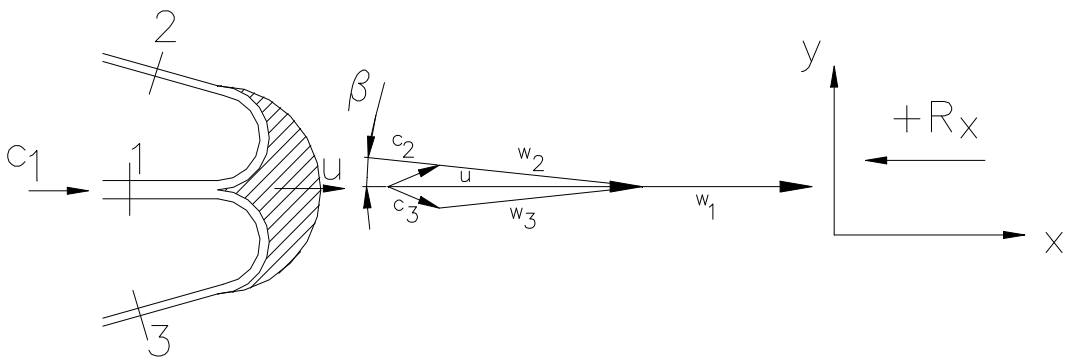
$$J_1 = \text{Karga-galera unitarioa} = 9{,}22 \cdot 10^{-8} \left(\frac{m}{m\left(l/s\right)^{1,852}} \right)$$

$$475 - 9{,}22 \cdot 10^{-8} \cdot 1400\ Q_{(l/s)}^{1,852} - 0{,}025 \frac{C_1^2}{2g} = 125 + \frac{C_1^2}{2g}$$

$$\text{non } C_1 = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4Q}{\pi 0{,}09^2} = 157{,}9\ Q\left(m^3/s\right) \text{ den}$$

Ebazpena: Q = 510 l/s eta C_1 = 80,2 m/s

b) C_1 = 80,2 m/s.
c)



$w_1 = c_1 - u$

Goilareko galerak alde batera utziz gero

$$w_1 = w_2 = w_3 = (c_1 - u)$$

Higidura-kantitatearen teoremaren aplikazioa:

$$\sum \vec{F}_{kanpo} = \rho\left[\sum Q\vec{V}_{irteera} - \sum Q\vec{V}_{sarrera}\right]$$

$$-R_X = \rho\left[-Q_2(c_1 - u)\cos\beta_2 - Q_3(c_1 - u)\cos\beta_2 - Q(c_1 - u)\right]$$

Baina: $Q_2 + Q_3 = Q_1$ = 510 l/s:

$$R_x = \rho Q(c_1 - u)(1 + \cos\beta_2)$$

F_x = Gurpilari transmitituriko indarra = R_x ($\rightarrow$)

Potentzia erabilgarria = $F_x.u = \rho Q(c_1 - u)u(1 + \cos\beta_2)$

Potentzia maximoaren kasuan u abiaduraren lorpena:

$$\frac{dPot}{du} = \rho Q(1 + \cos\beta_2)[c_1 - u - u] = 0 \Rightarrow u = c_1/2$$

Beraz: $u = \dfrac{80{,}2}{2} = 40{,}1\ m/s$

$$u = \omega R = \frac{\pi D N (bira/\min)}{60};\ D = \frac{60 \cdot u}{\pi N} = \frac{60 \cdot 40{,}1}{\pi \cdot 1.000} = 0{,}766\ m$$

d) Indarraren kalkulua:

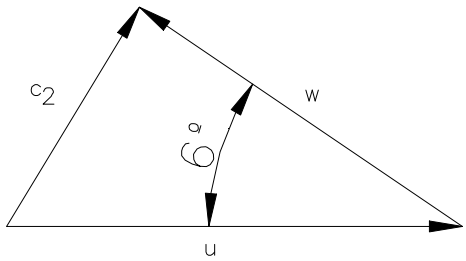
$$\rho Q (c_1 - u)(1 + \cos\beta_2) = 10^3 \cdot 0{,}510 \cdot \left(80{,}2 - \frac{80{,}2}{2}\right).(1 + \cos 6^{\prime}) = 40.773\ N$$

$$Momentua = F \cdot R = 40.773 \cdot \frac{0{,}766}{2} = 15.607\ N.m$$

$$Potentzia = F \cdot u = 40.773 \cdot 40{,}1 \cdot 10^{-3} = 1.634\ kW$$

e)

$$u = 40{,}1\ m/s$$
$$w = u = 40{,}1\ m/s$$



Kosinuaren teorema:

$$c_2^{\ 2} = u^2 + w^2 - 2u \cdot w \cdot \cos 6^{\prime}$$
$$c_2 = 4{,}2\ m/s$$

IKASLEARI PROPOSATURIKO ARIKETAK

4.8. s = 0,85eko pisu espezifiko erlatiboa duen 900 l/s-ko olio-emaria garraiatzen duen 60 cm-ko diametrodun hodi batek, 90º-ko ukondo bat dauka plano horizontal batean. Ukondoan dagoen karga-galera 1,1 molioz-koa da, eta sarreran dagoen presioa 3 kg/cm^2-koa. Honakoa eskatzen da:

- Olioak ukondoari eragindako indar erresultantea.

Emaitza: 119,8 kN

4.9. s = 0,75 pisu espezifiko erlatiboa duen olio-kantitate bat horizontalki jarritako 120º-ko ukondo konbergente batean zehar jariatzen da. Ukondoaren irteeran diametroa 600 mm-koa da eta presioa berriz 0,8 kg/cm^2-koa. Ukondoaren sarreran diametroa 750 mm-koa da eta emaria 100 m^3/min-koa. Ukondoa dela eta sortutako energia-galerak alde batera utziz, honakoa eskatzen da:

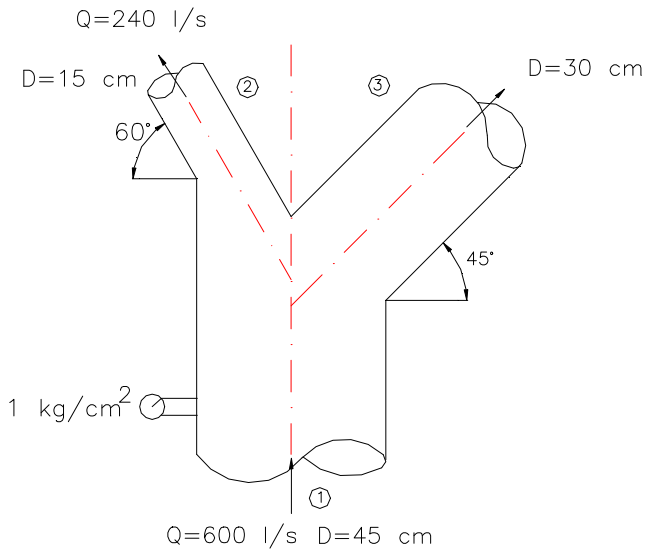
- Ukondoari eusteko beharrezkoa den indarraren osagaiak (ukondoaren irteerako abiadurarekiko normal eta paraleloa).

Oharra: Posizio-energiak alde batera utziko dira.

Emaitza: 37 kN; 8,16 kN

4.10. 600 l/s-ko ur-emariak, 15 cm eta 30 cm-ko bi hoditan banatuko den 45 cm-ko diametroa duen hodi batean barrena jariatzen da, irudiak adierazi bezala. Ondokoa eskatzen da:

- Y piezak jasaten dituen F_x eta F_y esfortzuak.



4.10. ariketa

Emaitza: 4,2 eta 8,9 kN

4.11. Suteetarako mahuka bateko pitak 3 cm-ko barne-diametroa du, eta 8 cm-ko barne-diametroa duen hodi zilindriko bati atxikirik dago. Mahukak 40 l/s-ko emaria ematen du, pita irekitzen denean. Ondokoa eskatzen da:

a) Pitan dagoen karga edo presioa.
b) Pitaren atxikidurak jasan beharreko indarren erresultantea, pita irekita edo eta itxita dagoenean.

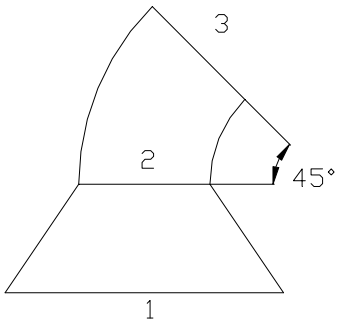
Emaitza: 163,4 muz; -5,95 kN eta 8,05 kN

4.12. Hodi bat instalatzerakoan plano bertikal batean erredukzio-kono bat eta 45ºko ukondo bat jartzea beharrezkoa izan da. Ondokoa eskatzen da:

- Multzo honi urak eragiten dion indarren erresultantea, eta bere osagaiak, norabide bertikalean nahiz horizontalean.

Datuak: Garraiatutako emaria = 20 l/s, D_1 = 200 mm, D_2 = D_3 = 100 mm; z_2 - z_1 = 0,50 m, z_3 - z_1 = 1,0 m. P_1= 2 kg/cm^2.

Oharra: Pisua eta energia zinetikoak kontuan hartu.

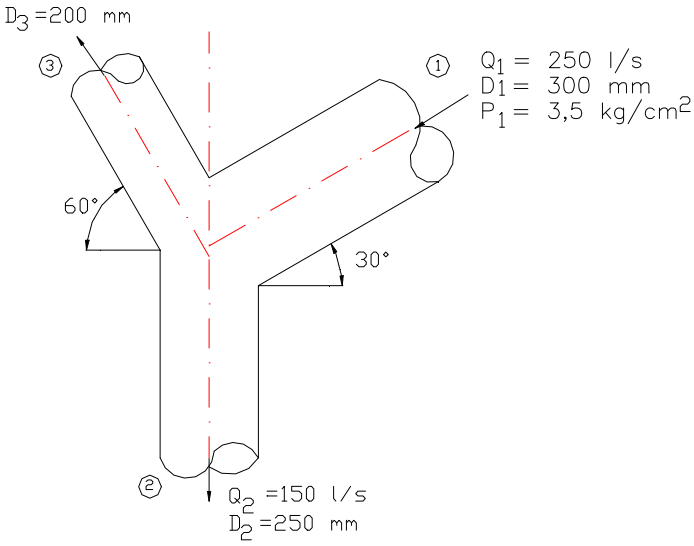


4.12. ariketa.

Emaitza: 4,98 kN eta 1,06 kN; 5,09 kN

4.13. Ondoko irudian ikus daitekeen bezala, posizio bertikalean jarritako Y itxurako pieza daukagu, bertatik ura dariolarik. Ondokoa eskatzen da:
a) Norabide horizontal nahiz bertikalean jasaten dituen esfortzuak.
b) Indarren erresultantea, modulu, norabide eta norantza adieraziz.

Oharra: Grabitatea, karga-galerak eta posizio-energiak alde batera utzi.

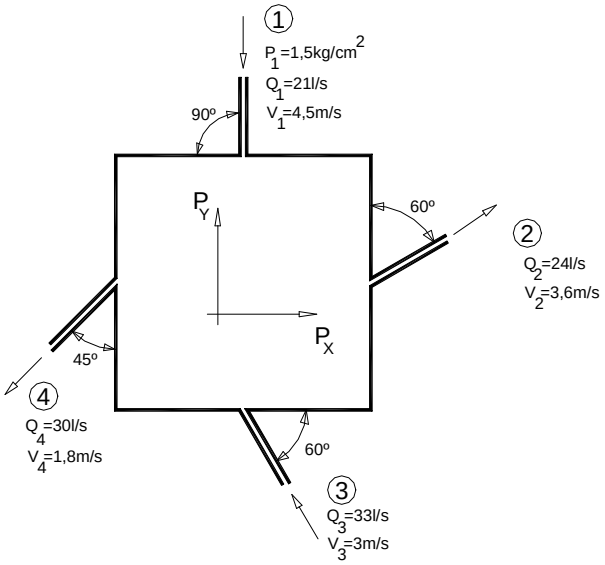


4.13. ariketa

Emaitza: 16,2 eta 4,8 kN; 16,9 kN eta 16,6º

4.14. Irudian azaldutako kutxa beltza daukagu, non bertako hodi guztiak ura garraiatzen dutelarik plano berdinean dauden. Ondokoa eskatzen da:

- Kutxa orekan mantentzeko beharrezkoa den indarraren R_x eta R_y osagaiak.



4.14. ariketa

Emaitza: –37,3 eta –2.048,3 N.

4.15. 2,40 m-ko diametroa duen helizea daukan hegazkin batek, geldirik dagoen aire--kantitate batean zehar hegan egiten du, 340 km/h-ko abiaduraz. Helizetik bertatik zehar pasatzen den airearen abiadura hegazkinarekiko 450 km/h-koa da. Ondokoa eskatzen da:

a) Hegazkinak pairatutako bultzada.
b) Lorratzean gelditzen den segundoko energia zinetikoa.
c) Helizearen biraketa mantentzeko beharrezkoa litzatekeen potentzia teorikoa.
d) Helizearen errendimendua.
e) Helizearen paletan zeharkako presio-diferentzia.

Datua: Airearen dentsitatea = 1,127 kg/m^3.

Emaitza: 38,9 kN; 1.190 kW; 4.874 kW; % 75,5; 8,6 kPa

4.16. Karkasa baten gainean eraikitako haizagailu batek, sarreran jarritako aspirazio--zulo zabal bat du. Irteerako diametroa 10 cm-koa da, uzkurdura-koefizientea 0,95ekoa delarik. Ondokoa eskatzen da:
- Karkasak pairatzen duen bultzada.

Datuak: Emaria = 0,3 m^3/s; airearen dentsitatea = 1,225 kg/m^3.

Emaitza: 14,77 N

4.17. Itsasontzi baten propultsio-helizeak, % 60ko errendimendu teorikoa du eta bere diametroa 1,2 m-koa da. Itsasontzia, 20 korapiloko abiaduraz mugitzen da. Ondokoa eskatzen da:

a) Garatutako bultzada.
b) Propultsio-potentzia.

Datuak: 1 korapilo = 1 itsas milia/h; 1 milia = lur-koadranteko minutu bat = 1.852 m; itsasoko uraren pisu espezifiko erlatiboa = 1,045.

Emaitza: 272,7 kN; 4.681 kW

4.18. Itsas ura popatik hartu eta brankatik botatzen duen ponpa baten bidez, itsasontzi bat, 24 km/h-ko abiaduraz nabigarazi nahi da. Ponpatutako ur-emaria 0,28 m^3/s--koa da eta hodiek 15 cm-ko diametroa dute. Ondokoa eskatzen da:

a) Propultsio-indarra.
b) Potentzia erabilgarria.
c) Zurgatutako potentzia.
d) Makinaren errendimendua.

Datua: Itsas uraren dentsitate erlatiboa = 1,04.

Emaitza: 2.671 N; 17,8 kW; 30,1 kW; % 59.

4.19. 12 korapiloko abiadurarekin higitzeko ontzi batek 1.960 N-eko bultzada behar du. Ondokoa eskatzen da:

a) Higidura mantentzeko, 30 cm-ko diametrodun tobera baten bidez hartu eta atzera bota beharreko ur-emaria.
b) Ponpaketaren errendimendua % 65ekoa bada, instalazioko sistemaren errendimendu totala.
c) Ura, ontzian eramandako depositu batetik hartu eta popatik botako balitz, beharrezkoa litzatekeen ur-emaria.

Emaitza: 648 l/s; % 52; 372 l/s.

4.20. Zorrotadazko hegazkin batek 1.000 km/h-ko abiadura darama. Eguratsetik 8 kg/s aire hartzen ditu, eta 1 kg/s fuel erretzen du 12 kg/s-ko aire-kantitatearekin. Ondokoa eskatzen da:

a) Gasak 1.400 m/s-ko abiadura absolutuan ateratzen direnean sortzen den bultzada.
b) Hegazkinaren errendimendu mekaniko teorikoa.

Emaitza: 12,2 kN; % 28.

4.21. Zorrotadazko propultsioari esker dabilen ontzi bat korrontearen aurka higitzen da 8,6 m/s-ko abiadura absolutuan. Ibaiaren korrontea 2,3 m/s-koa da eta tresnak jaurtikitzen duen zorrotadak 18 m/s-ko abiadura du ontziarekiko. Zorrotadaren emaria 1400 l/s-koa bada, ondokoa eskatzen da:

a) Propultsio-tresnak sortutako bultzada.
b) Potentzia propultsatzailea.
c) Propultsioaren errendimendua.
d) Potentzia propultsatzailea eta ponparen potentzia erabilgarriaren balioak konstante mantenduko balira ($V_{erlatiboa}$ = kte) korrontearen alde higituko balitz txalupak lortuko lukeen abiadura absolutuaren balioa zein izango litzatekeen.

Emaitza: 9.940 N; 85,4 kW; % 59; 59,85 km/h.

4.22. Turborreaktoredun motore batek 210 m/s-ko abiaduran higitzen denean sarrerako difusoretik 196 N/s aire hartzen du. Gasen eiekzio-abiadura turborreaktorearekiko 750 m/s-koa denean bultzada 11.956 N bada, ondokoa eskatzen da:

- Segundoko kontsumitutako errekinaren pisua.

Emaitza: 15,1 N/s

4.23. Zorrotadazko hegazkin bat 183 m/s-ko abiaduran higitzen da. Motoreak atmosferatik 68 m^3/s-ko aire-emaria hartzen du eta 3 kg errekin behar ditu 40 kg aire erretzeko. Energia errekin-produktuak konprimatzeko eta hegazkinaren atzealdetik 488 m/s-ko abiadura erlatiboz jaurtikitzeko erabiltzen da. Ondokoa eskatzen da:

a) Sortutako bultzada.
b) Potentzia propultsatzailea.
c) Errendimendu teorikoa.

Datuak: Airearen dentsitatea = 1,29 kg/m^3.

Emaitza: 29,97 kN; 5.483,6 kW; % 55,56.

4.24. 12 m/s-ko abiaduran nabigatzen duen itsasontzia dugu, 8.820 N-eko indar propultsatzailearekin eta % 68ko errendimenduarekin. Ondokoa eskatzen da:

a) Eiekzio-hodiaren diametroa.
b) Propultsioaren potentzia totala.

Datua: Itsas uraren pisu espezifiko erlatiboa = 1,025.

Emaitza: 20,66 cm; 155,6 kW

4.25. Itsasontzi bat 40 km/h-ko abiadura konstantez bultzatzen da zorrotada-propultsioaren bidez. Arraste-indar totala 13.328 N-ekoa da. Zorrotadaren irteerako diametroa ihespideko pitan 0,60 m-koa da. Ondokoa eskatzen da:

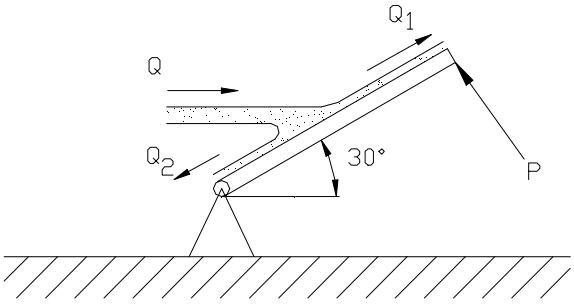
a) Zorrotadaren abiadura absolutua m/s-tan.
b) Errendimendua.
c) Potentzia propultsatzailea.

Emaitza: 3,28 m/s; % 87,14; 148 kW

4.26. 50 mm-ko diametroa duen ur-zorrotada batek, berarekiko 30º-ko angelua osatzen duen xafla lau baten aurka talka egiten du. Ur-zorrotadaren abiadura 18 m/s-koa da eta xaflaren grabitate-zentroan egiten du talka.

Marruskadura eta xaflaren pisua alde batera utziz, ondokoa eskatzen da:

a) Xaflaren muturrean aplikatu behar den P indarra xafla orekan gera dadin.
b) Emarien banaketa.

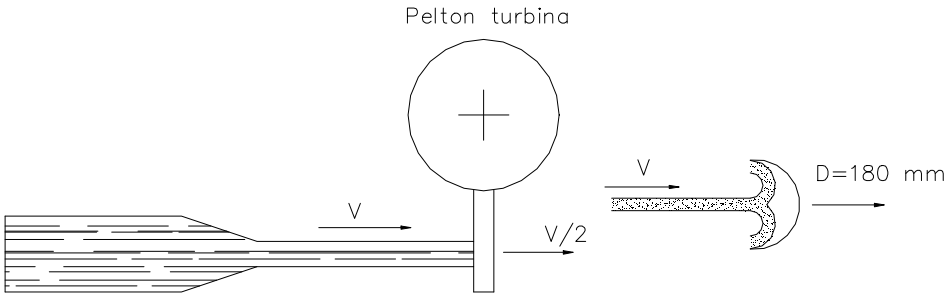


4.26. ariketa

Emaitza: 159 N; 32,9 l/s eta 2,4 l/s

4.27. Pelton turbina batek 750 m-ko jauzipean lan egiten du, eta 180 mm-ko diametroa duten zorrotadak jasaten ditu. Ondokoa eskatzen da:

- Zorrotadaren eraginez jasandako esfortzua, turbinaren palatxo bakoitzaren abiadura zorrotadaren abiaduraren erdia dela jakinik.

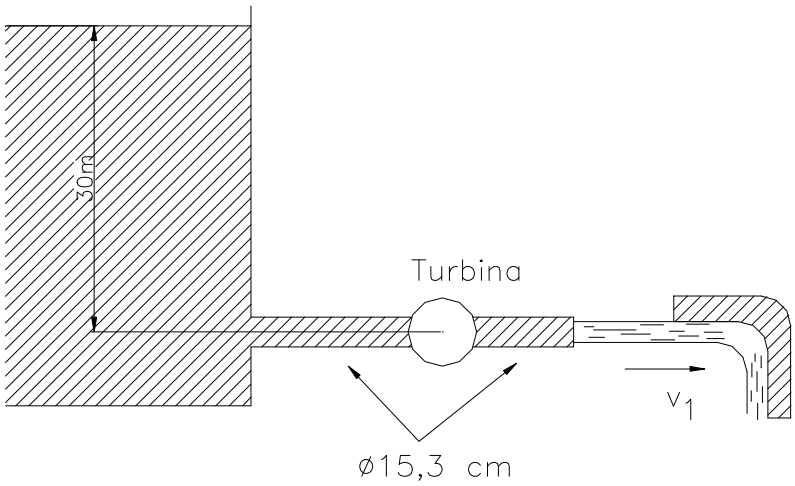


4.27. ariketa

Emaitza: 374 kN.

4.28. Depositu handi batetik, ura tutu eta turbina batean zehar jariatzen da eta honetatik irtetean 90º-ko xafla deflektatzaile baten aurka talka egiten du irudian adierazten den bezala. Deflektorean 891,8 N-eko bultzada horizontala eragiten du.

- Turbinak garatutako potentzia.



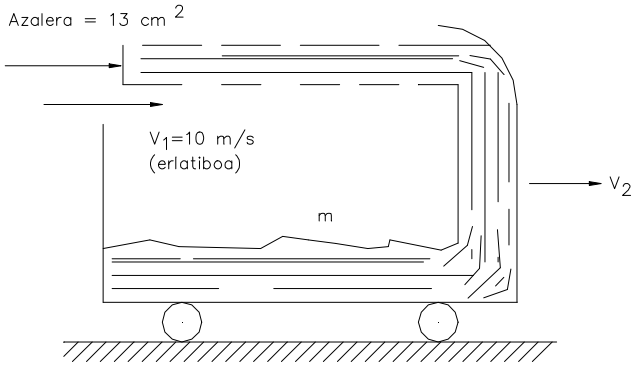
4.28. ariketa

Emaitza: 34,56 kW

4.29. Bagoi-forma duen ontzi bat pista lau batean irristatzen da, marruskadurarik gabe, 13 cm^2-ko azalerako ur-zorrotada baten ondorioz. Zorrotadak bagoia jotzen du, atzeko muturrean kolpatuz; eta horrela zorrotada ontziaren barrualderantz desbideratua da. Denbora zero denean, bagoiak 3 m/s-ko abiadura du eta ontziaren eta barruan dagoen uraren masa 45,5 kg-koa da. Ondokoa eskatzen da:

- 3 m/s-ko abiaduratik 6 m/s-ko abiadurara pasatzeko bagoiak behar duen denbora.

Oharra: Ur-zorrotadak bagoiari segitzen diola (V_1 = abiadura erlatiboa kte) eta denbora horretan guztian barrura sartzen dela suposatu.



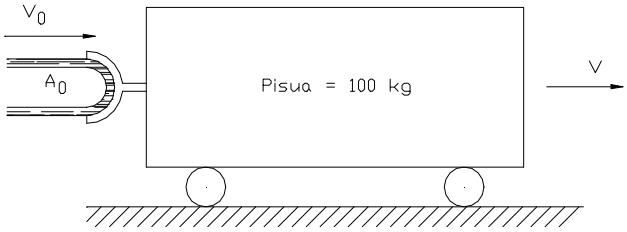
4.29. ariketa

Emaitza: 1,22 s

4.30. Zorrotada bat beso baten ondorioz 180º desbideratzen da, irudian adierazten den bezala. Bere pisua 980 N-ekoa da. Ondokoa eskatzen da:

a) Gurdiaren abiadura, zorrotada gurdiari erantsitako besorantz zuzentzen hasi denetik 10 s pasatu ondoren.
b) Denbora-tarte horretan ibilitako distantzia.

Datuak: A_0 = 0,2 dm^2; V_0 = 30 m/s; gurdiaren hasierako abiadura = 0 m/s, zorrotada osatzen duen likidoaren dentsitate erlatiboa = 1,04



4.30. ariketa

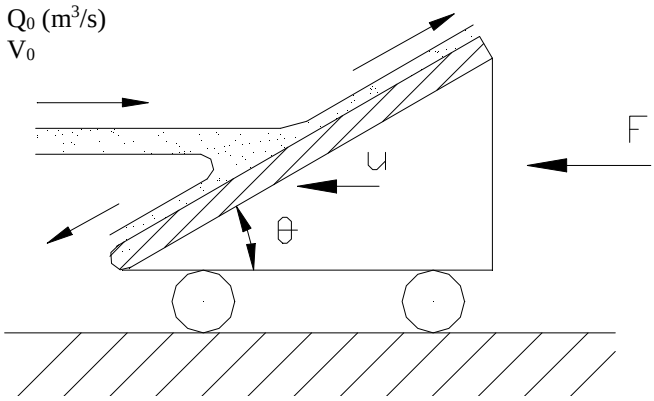
Oharra: Gurdia marruskadurarik gabe higitzen dela suposatu.

Emaitza: 27,39 m/s; 237,5 m.

4.31. Gainazal idealeko xafla lau bat, u abiaduraz mugitzen da zorrotadaren norabide berberean eta aurkako norantzan, irudiak adierazten duen bezala. Ondokoa eskatzen da:

a) Xafla abiadura horretan mugitzeko beharrezkoa den potentziaren adierazpena.
b) Gurdiaren desplazamendu-abiadura, zorrotadatik urruntzen ari denean, lan maximoa lortu ahal izateko.

Oharra: Karga-galerak eta posizio-energiak alde batera utzi.



4.31. ariketa

Emaitza: $\rho \sin^2\theta A_o (V_o+u)^2 u$; $V_0/3$

4.32. 5 m-ko altuera eta 1 m-ko diametroa duen depositu zilindriko bat urez beterik dago eta gainazal libretik 3 m-ra zulogune bat du kokaturik. Honen diametroa 3 cm-koa da, gastu-koefizientea C_d = 0,60 eta abiadura-koefizientea C_v = 0,98. Ondokoa eskatzen da:

a) Zulogunetik jariatzen den zorrotadak eragindako erreakzioa.
b) Kalkulatutako F_a indarra eta zorrotadaren irteera eragozten duen tapoi baten aurka eragindako F_e (estatikoa) indarraren arteko erlazioa aurkitu.

Emaitza: 2,5 kg; 1,18

4.33. 60 cm-ko diametroa duen hodi batetik airea dabil P = 0,7 kg/cm^2-ko presio absolutuaz, t = 5ºC eta V = 60 m/s direlarik. Hodiak bat-bateko zabalgunea dauka 75 cm-ko diametroa eduki arte.

Gasa konprimaezin gisa kontsideratuz, ondokoa eskatzen da:

a) Bat-bateko zabalgunean izandako galerak.
b) Zabalgunean sortzen diren presio-diferentziak.

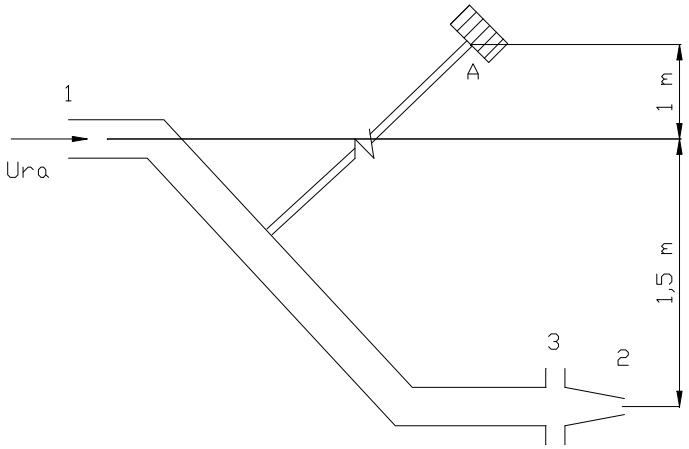
Emaitza: 23,8 mairez; -7,28 cmuz

4.34. 10 cm-ko diametroa duen eta 30 m/s-ko abiaduran doan zorrotada zilindriko bat norabide berean eta aurkako norantzan 15 m/s-ko abiaduraz higitzen den kono batekin desbideratzen da. Konoak bere erpinean 120º-ko angelua osatzen du eta bere oinaren diametroa 50 cm-koa da. Ondokoa eskatzen da:

a) Konoa higiarazteko beharrezkoa den indarra finkatzen duen adierazpena deduzitu eta indarraren modulua kalkulatu.
b) Konoaren irteera-puntuan ur-geruzaren lodiera kalkulatu.

Emaitza: 7.952 N higiduraren norantzan; 9,81 mm

4.35. 200 mm-ko diametroa duen hodi batek 45º-eko bi ukondo eta 50 mm-ko diametroa duen pita bat dauzka bukaera aldera, zeinak eguratsera irteera duen.



4.35. ariketa

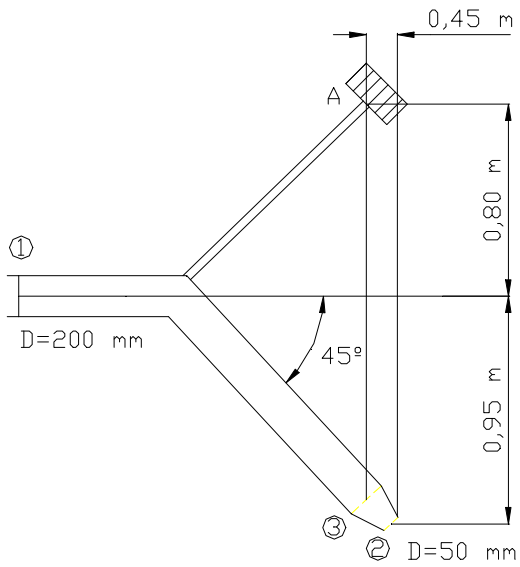
Aurreneko ukondoaren aurretik presioa 200 kPa-ekoa balitz, karga-galerak eta fluidoaren pisua alde batera utziz, honakoak jakin nahi dira:

a) Pita eta hodiaren arteko atxikidura-bridan eragindako esfortzua.
b) Likidoak multzo osoan eragindako esfortzua.
c) Arestian aipaturiko esfortzuak A txarrantxan eragindako momentua.

Emaitza: 5.951,5 N; 5.489,7 N; 4.114,21 mN erloju-orratzen aurkako norantzan

4.36. 200 mm-ko diametroa duen hodi batek 45ºko ukondo bat eta 50 mm-ko diametroko eguratserako irteerako pita bat dauzka bukaera aldera. -1-ukondoaren aurretik presioa 200 kPa-ekoa bada, ondokoa eskatzen da:

a) Pita eta hodiaren arteko atxikidura-bridan eragindako esfortzua.
b) Urak multzo osoan eragindako esfortzua.
c) Arestian aipaturiko esfortzuak A txarrantxan eragindako momentua.



4.36. ariketa

Emaitza: 5.663,5 N; 5.780,8 N; 3.541,2 mN erloju-orratzen aurkako norantzan

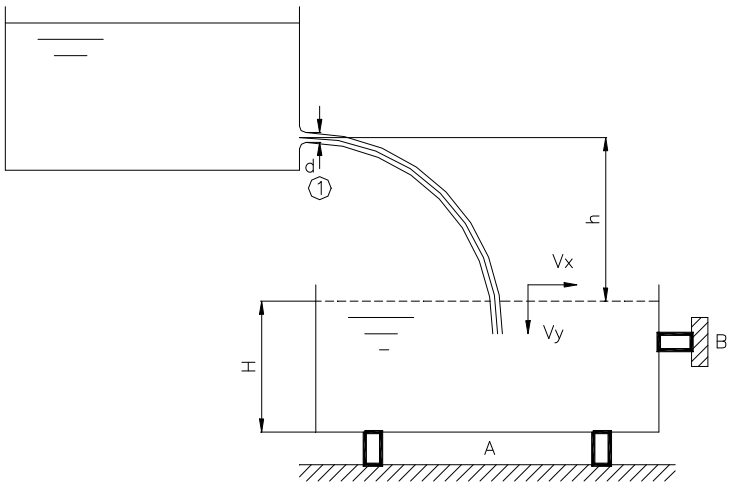
4.37. 900 km/h-ko abiaduran doan hegazkin baten erreaktoreak 700 N/s aire hartu eta 15 N/s errekin erretzen du, ihes-gasak egurats-presiora deskargatuz eta erreaktorearen bulkada 40.000 N-ekoa izanik. Ondokoa eskatzen da:

a) Ihes-gasen abiadura absolutua.
b) Propultsio-potentzia, galduriko potentzia eta propultsioaren errendimendu hidraulikoa.

Emaitza: 543 m/s; 10.000 kW; 10.756 kW; % 48,12.

4.38. Irudiko goiko depositua 0,04 m^3/s-ko ur-emari konstante bat deskargatzen du, sorturiko zorrotadaren diametroa 10 cm-koa izanik. Beheko depositua 800 N--eko pisua duela hutsik dagoenean eta bere zeharkako ebakidura 1 m^2-koa dela jakinik, ondokoa eskatzen da:

a) h = 3 m eta H = 30 cm direnean zorrotadak A eta B puntuetan eragiten dituen indar horizontal eta bertikalak.

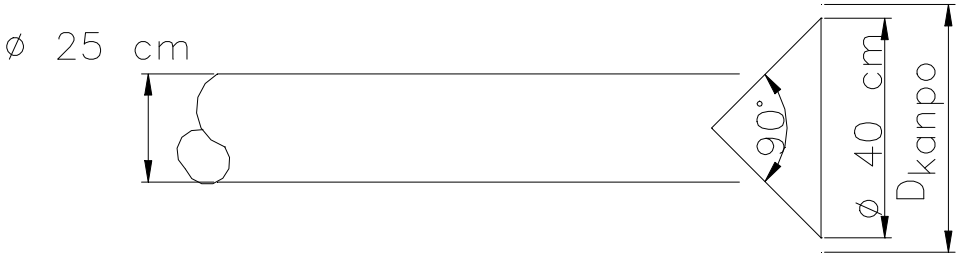


4.38. ariketa

Emaitza: 203,7 eta 4.046,7 N

4.39. 25 cm-ko diametroa duen aire egokiturako hodi batek 10 m/s-ko abiaduran bultzatzen du airea. Egoitzarako sarrera-puntuan difusore bat ipini da, irudian erakusten dena, kono itxurakoa. Karga-galerak eta kota-eraginak alde batera utziz, ondokoa eskatzen da:

a) Hedatzailearen muturrean sorturiko aire-konoaren kanpo-diametroa. Lehenik, aire geruzaren lodiera alde batera uztekoa dela suposatuz, jarraitasunaren teoreman diametroa hartzean. Bigarrenez, ebazpen zehatza burutuz.
b) Hedatzaileak zurgatutako indarra.

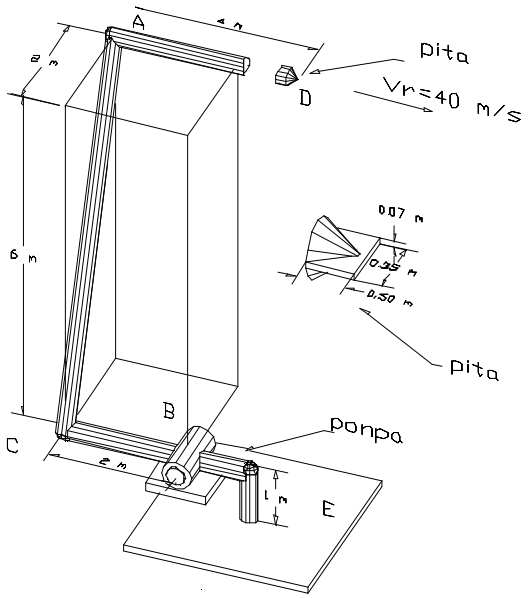


Datuak: Airearen konstantea = R = 286,9 m.N/kgK; t = 15ºC.

Emaitza: 51,05 cm; 50,36 cm; 1,76 N

4.40. Irudiko instalazioan, non ura abiadura handiz dabilen, karga-galerak alde batera utziz, ondokoa eskatzen da:

a) Ponpak zurgatutako potentzia bere errendimendua 0,8 baldin bada.
b) Urak pitan sorturiko indarraren osagaien magnitude, norabide eta norantza.
c) Berdin 90ºko goiko eta beheko ukondoetan, bultzada-hodiek osatzen duten planoan.



4.40. ariketa

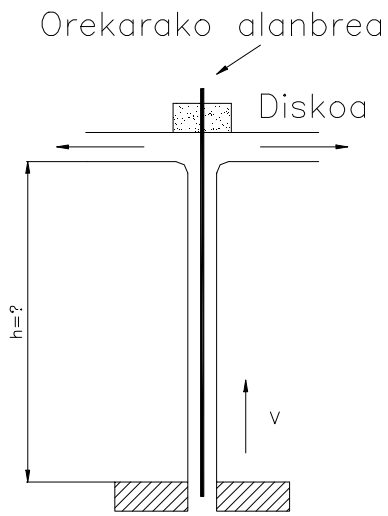
d) Ponparen irteerako B bridan sortzen den momentuaren magnitude eta norantza.

Emaitza: 760 kW; 32.013 N horizontala eta eskuinerantz; 60.013 N horizontala ezkerrerantz eta 60.013 N gorantz; 64.170 N horizontala ezkerrerantz eta 64.170 N beherantz; 185.554 mN erloju-orratzen aurkako norantzan.

4.41. Irudiko diskoa, alanbreari esker egonkor mantentzen dena, bertikalki higi daiteke beheko aldetik zorrotada batek kolpatutakoan. Diskoak 30 N pisatzen du; zorrotadaren hasierako abiadura eta diametroa 10 m/s eta 30 mm dira hurrenez hurren. Ondokoa eskatzen da:

- Diskoa zein h altuerataraino altxatu eta orekan mantenduko den.

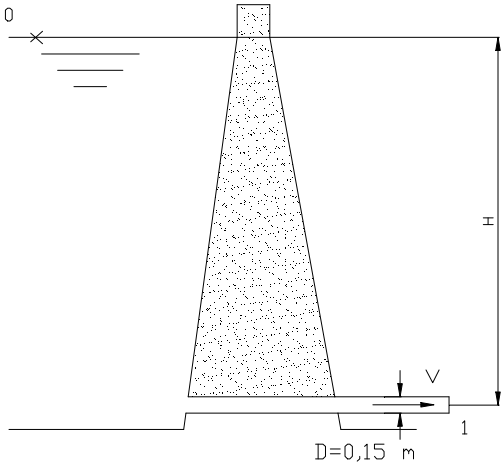
Oharra: Kalkuluetarako ez da kontuan izango alanbreak izan dezakeen eraginik.



Emaitza: 4,19 m

4.42. Irudian erakusten den hodian barrena 6 m^3/min-ko ur-emaria doa, karga-altuera H = 10 m denean. Ondokoa eskatzen da:

a) Sistemaren igarotze-faktorea eta potentzia-galera W-etan adierazia.
b) Hodiaren muturrean 50 mm diametroko pita paratuko balitz legokeen emaria, hodiaren igarotze-faktorea 4, pitarena 0,05 irteerako abiadurarekin eta H = 7 m liratekeenean.
c) Pitan sarrerako presioa.
d) Zorrotadaren potentzia W-etan.

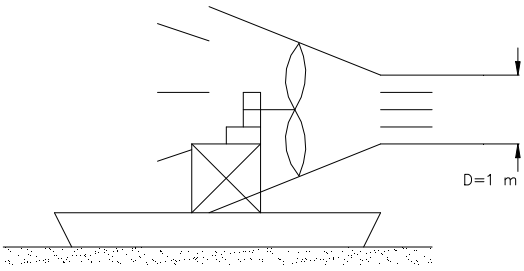


4.42. ariketa

e) Urak pitan eragiten duen indarraren modulu, norabide eta norantza.

Emaitza: 5,12; 8.197 W; 21,9 l/s; 64,7 kPa; 1.368,7 W; 926,4 N eskuinerantz.

4.43. Irudian azaltzen den itsasontziaren helize propultsatzaileak metro bateko diametroko uhara sortzen du irteeran, uhararen abiadura erlatiboa 30 m/s-koa denean. Airearen tenperatura 30ºC-koa bada, ondokoa eskatzen da:



4.43. ariketa

a) Itsasontzia higitzen ez den kasuan indar propultsatzailea.
b) Berdin 10 m/s-ko abiaduraz doan kasuan.
c) Azken kasu honetarako potentzia erabilgarria.

Datua: Airearen dentsitatea = 1,17 kg/m^3.

Emaitza: 827 N; 551,34 N; 5,51 kW

4.44. Haize-sorgailu txiki batek 10 m/s-ko haizearekin lan egiten du, zeinaren dentsitatea 1,2 kg/m^3-koa den. Helizearen diametroa 3,5 m. Lorratzaren sarreran egurats-presioan dagoen fluxua, 3 m diametrokoa da. Ondokoa eskatzen da:

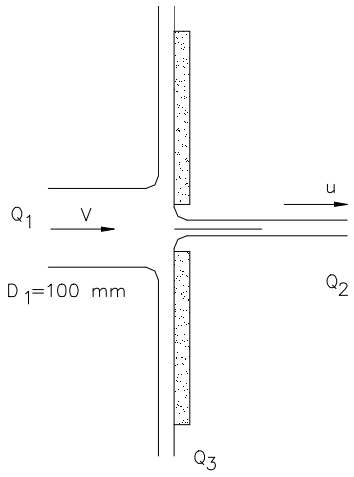
a) Helizeari eragiten zaion indarra.
b) Potentzia erabilgarria edo errotak kontsumitutakoa.
c) Errendimendua.

Emaitza: 449,6N; 3,3 kW; % 57,24.

4.45. Irudiko xafla zirkularrak 50 cm-ko diametroa dauka bere erdigunean, 5 cm-ko diametroko zulogunea duelarik. Zorrotada batek xaflaren erdigunean eta elkarzut kolpatzen du 30 m/s-ko abiaduran. Ondokoa eskatzen da.

a) Zulogunea zeharkatzen duen emaria.
b) Xaflaren kanpoaldean ur-geruzaren lodiera.
c) Plakaren gaineko esfortzua.

Datuak: Zulogunearen koefizienteak: abiadura = 0,97; uzkurdura = 0,8.



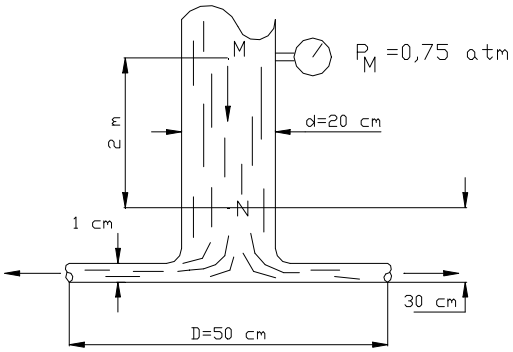
Oharra: Plakaren marruskadura alde batera utziko da.

Emaitza: 45,7 l/s ; 4 mm; 5.735 N

4.46. Hodi bertikalean barrena irudian ikusten den bezala urak zirkulatzen du, eraztun itxurako gailua bi xafla zirkularrez mugaturik dagoelarik. Ura eguratsera erradialki irteten da fluxu askea bezala. Ondokoa eskatzen da:

a) Emari zirkulatzailea.
b) Presioa N puntuan.
c) Beheko diskoan fluxuak eragindako indarra, modulu, norabide eta norantza adieraziz.

Oharra: Karga-galerak alde batera utzi.

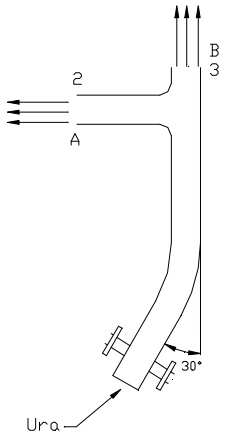


4.46. ariketa

Emaitza: 254,5 l/s; 95,6 kPa; 5.173,1 N beherantz

4.47. Ondoko irudian adierazten den tobera bikoitzak 0,5 m^3/s-ko emari bateratua sortzen du, hodiaren diametroa 30 da eta toberenak D_2 = 12 eta D_3 =10 cm-koa. Ondokoa eskatzen da:

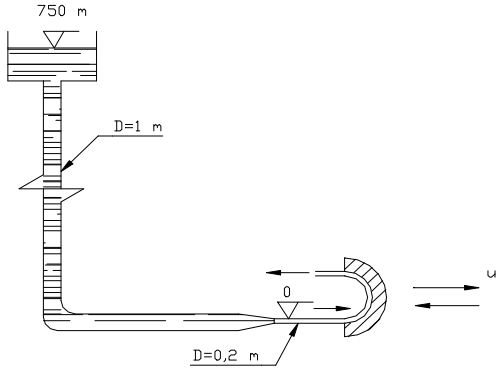
a) Hodia eta berari atxikiriko toberaren artean, berno-mul-tzoan sortzen den trakzio-es-fortzua.
b) Ebakidura-esfortzua.



Emaitza: 25,05 kN; 9,3 kN

4.48. Depositu handi batez horniturik dagoen kondukzioa ondorengo zatiz osatua dago: zati bertikala, jarraian 90ºko ukondoa eta ondoren beste zati horizontala, ura kanpora pita batetik irteten delarik (irudian azaltzen den bezala). Ondokoa eskatzen da:

a) Fluidoak ukondoan eragiten duen indarra, modulu, norabide eta norantza adierazita.
b) Fluidoak pitan eragiten duen indarraren modulu, norabide eta norantza.
c) Zorrotadak palan eragiten duen indarra, potentzia erabilgarria eta errendimendua baldin eta zorrotadaren irteeran kokatu-riko 180º-ko palaren desplaza-mendu-abiadura u = $V_{txorrota}$/3 bada.



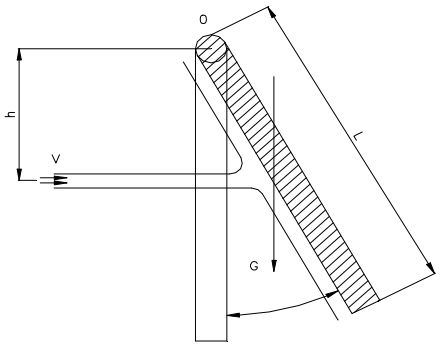
d) Potentzia, pala zorrotadarantz 10 m/s-ko abiaduraz desplazatuko balitz.

Oharra: Karga-galerak alde batera utzi.

Emaitza: 8.177 kN; 5.320 kN; 410,5 kN; 16.589 kW; % 59,26; 10.822 kW

4.49. Irudian adierazten den bezala ρ dentsitateko eta V abiadurako fluido baten zorrotada lau batek 1x1 cm^2-ko xafla lau bat kolpatzen du, beronek O ardatz horizontal baten inguruan bira dezakeelarik. Zorrotada horizontala dela kontsideratuz eta marruskadurak alde batera utziz, ondokoa eskatzen da:

a) Xaflatik irteten diren emarien banaketa.
b) Xaflaren oreka-posizioa, bertikalarekin osaturiko angelua adierazita.
Oharra: Adierazi zehatz-mehatz ariketan jarraituriko prozedura.



4.49. ariketa

Datuak: Zorrotadaren azalera = 10 cm^2; V = 30 m/s; h = 60 cm; l = 90 cm; plakaren pisua = 240 kg; fluidoaren dentsitatea = 1.000 kg/m^3.

Emaitza: $Q_0(1-\sin\alpha)/2$; $Q_0(1+\sin\alpha)/2$; 30,67

4.50. Urontzi batek 1,3 erresistentzia-koefizientea du eta ur azpian duen zeharkako azalera maximoa 16 m^2-koa da, hutsik nabigatzen duenean. Bere karga maximoa 100 tonakoa da, bere flotazio-azalera 200 m^2-koa da eta bataz besteko luzera 6 m-koa. Ondokoa eskatzen da:

- Zein da urontziak jasaten duen esfortzu maximoa higiduraren norabidean, bere abiadura hutsik dagoenean 10 korapilokoa bada eta kargaturik doanean 7koa, uraren abiadura 1 m/s-koa den bitartean. Urontziak hutsik nabigatzen du ibaian gora eta kargaturik ibaian behera.

Emaitza: 392.075 N hutsik doanean

4.51. 1,8 m-ko diametroa duen zorrotadazko haizagailu batek 80 m^3/s-ko aire-emaria zurgatu eta bultzatzen du. Haizagailu hau errepideko tunel bat aireztatzeko erabiltzen da, beste zenbaitekin batera. Denak berdinak dira, tunelean zehar kokatuak, 400 m^3/s-ko aire-fluxua sortzen dutelarik. Aire-fluxu honek 45 mm ur-zutabeko karga-galera du tunelean zehar, auto eta tunelaren hormekin airearen marruskadura dela eta. Tunelaren zeharkako sekzioa 60 m^2-koa da.

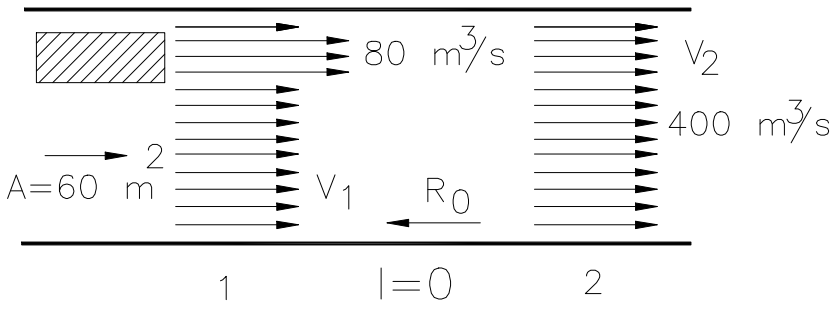
Ondorengoa eskatzen da:

a) 1 ebakiduran edo haizagailuaren irteeran, airearen abiadura (v_1), eta 2 ebakiduran, fluxua jadanik erabat uniformea denean, v_2 abiadura.

b) 1 eta 2 artean marruskadura alde batera utziz, eta tunelaren zeharkako ebakidura bakoitzean presioa uniformea dela suposatuz, kalkulatu higidura--kantitatearen teorema aplikatuz 1 eta 2 artean haizagailuari esker dagoen presio-gehikuntza (Pa).

c) Kalkulatu tunelean zehar behar den haizagailu-kopurua.

Datuak: Airearen dentsitatea ρ_{aire} = 1,12 kg/m^3.



4.51. ariketa

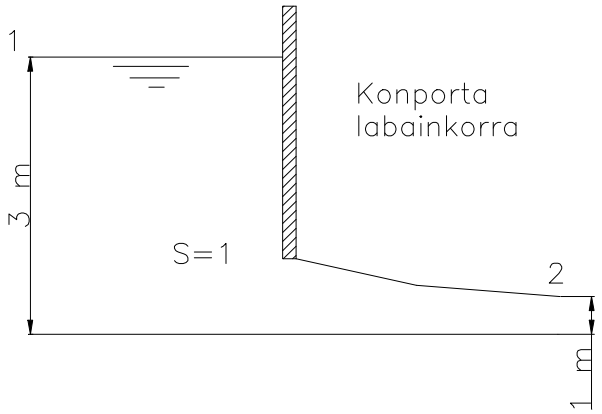
Emaitza: 5,57 m/s; 6,67 m/s; 30,42 Pa; 15.

4.52. Irudian konporta labainkor baten zeharkako ebakidura azaltzen da. Aparatu hau ubideetan ur-fluxua kontrolatzeko erabili ohi da.

a) Adierazi higidura-kantitatearen teoremaren ekuazio orokor teorikoa.

b) Aurreko ekuaziotik abiatuz, deduzitu konportan eragiten duen indar horizontala kalkulatzeko erabiliko den ekuazio teorikoa (baliorik gabe), suposizio hauek kontuan izanik: presioaren aldaketa ubidean hidrostatikoa da; fluxua iraunkorra eta konprimaezina da, bai sarreran (1) eta bai irteeran (2); fluxua norantza bakarrekoa dela kontsidera daiteke eta ubidearen hondoko indar ebakitzailea alde batera uztekoa da.

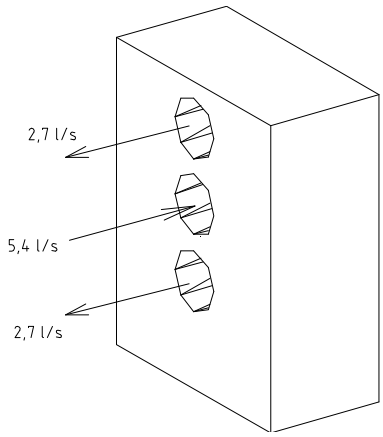
c) Kalkulatu indar honen balioa konportaren zabalera-unitateko, v_1=1,5 m/s bada.



4.52. ariketa

Emaitza: $F_x = P_1A_1 - P_2A_2 - \rho Q(v_2 - v_1)$; *25.700 N/m.*

4.53. Irudiko kutxak 25 mm-ko diametroko 3 zulo ditu; erdikotik 5,4 l/s-ko ur-emaria sartzen da eta goikotik eta behekotik 2,7 l/s-ko emariak ateratzen ari dira. Kalkulatu, balego, fluidoak kutxan eragindako indarra.



Emaitza: 89,1 N.

4.54. Airearen erresistentzia hutsala bada, zenbateko abiadura izango du 10 segundotan gorantz bertikalki jaurtikitako kohete batek hasieran geldirik dagoenean 200 kg-ko pisua badu eta gasek kohetetik 1.200 m/s-ko abiadura erlatiboarekin ihes egiten badute? Segundo bakoitzeko 10 kg erregai kontsumitzen da.

Emaitza: 734 m/s.

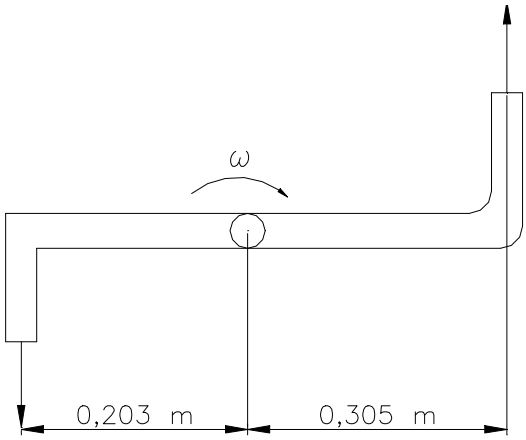
4.55. Kohete batek 115 kg/s erregai erretzen du; gasen eiekzio-abiadura kohetearekiko 1.970 m/s-koa da. Zenbatekoa izango da lortutako bultzada eta propultsio-potentzia bi abiadura hauetan: 2.500 km/h eta 5.000 km/h?

Emaitza: 226.550 N (konstantea); 157,33 MW eta 314,65 MW.

4.56. Kalkulatu muz-tan hodi bateko bapateko zabalgune batean sortzen diren karga--galerak. Zabalgunean diametroa bikoiztu egiten da ($D_2 = 2D_1$) eta fluidoaren abiadura ebakidura txikian V_1=6,7 m/s-koa da.

Emaitza: 1,29 muz.

4.57. Irudiko ihinztagailuak pita bakoitzetik 0,283 l/s-ko emaria deskargatzen du. Marruskadura alde batera utziz, kalkulatu ω abiadura angeluarra. Pita bakoitzeko irekidura-sekzioa 0,929 cm^2-koa da.

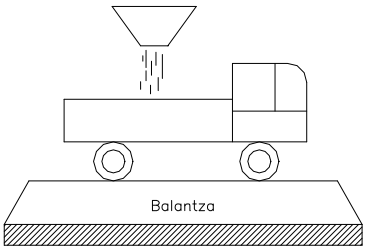


4.57. ariketa

Emaitza: 11,5 rad/s.

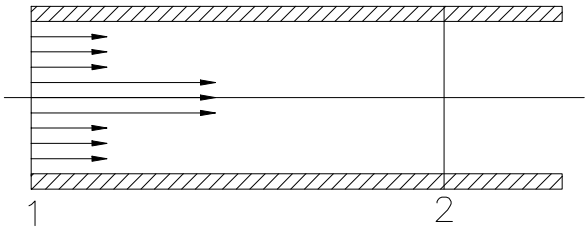
4.58. Baserritar batek herriko kooperatiban 675 kg garau erosi nahi ditu. Garaua baserritarraren kamioian 0,3 m-ko diametroa duen kalapatxa edo tobera baten bitartez kargatzen da. Kalapatxoa erabiltzen duen langileak balantza batek markatutako pisuaren arabera kobratzen du, pisua denboraren funtzio izanik. Kalapatxako garau-fluxua $\dot{m}$ = 40 kg/s da. Balantzak 675 kg-ko pisua markatzen duenean garau-fluxua eten egiten da. Baldin eta garauaren ρ=600 kg/m^3-koa bada, kalkulatu baserritarrak ordaindu behar duen karga.

Oharra: Balantza zeroan jartzen da kamioia hutsik dagoenean.



Emaitza: 6.577 N.

4.59. Abiadura handiko ur-zorrotada batek fluido bereko korronte batean sarturik, bultzada-ponpa batek bezala funtziona dezake, fluidoaren presioa eta abiadura handiagotuz. Uraren abiadura zorrotadaren irteeran bertan (1 ebakiduraren sekzioa = 0,01 m^2) 30 m/s-koa da. Zorrotada 3 m/s-ko korronte sekundario batean sartzen da. Konduktuaren sekzio totala (zorrotadaren sekzioa gehi korronte sekundarioa gidatzen duen koroaren sekzioa) 0,075 m^2-koa da. Ura azkar nahasten da eta 2 ebakiduran fluxua erabat garatua edo uniformea da. 1 ebakiduran zorrotadaren presioa eta korronte sekundarioarena berdinak dira. Hodiko hormetako marruskadura alde batera utziz, kalkulatu:

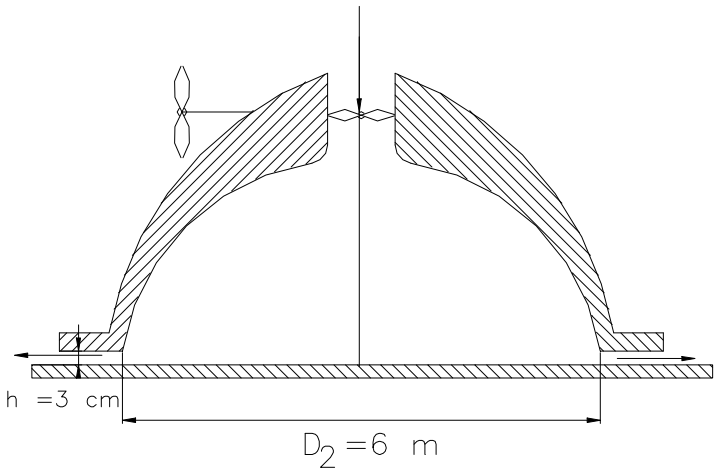


a) 2 ebakidurako abiadura.
b) Fluxuaren eta hodiko hormen arteko marruskadura alde batera utziz, eta higidura-kantitatearen teoremaren aplikazioaren bidez, kalkulatu (P_2-P_1), hots, zorrotadazko ponpak sorturiko presio-gehikuntza.

Baldin eta P_1=0,3 kg/cm^2 bada, kalkulatu:
c) Fluxuaren potentzia 1 ebakiduran
d) Fluxuaren potentzia 2 ebakiduran
e) Prozesuan galdutako potentzia, nahaste turbulentua dela bide (barne-marruskadura).
f) Karga-galeren kalkulua muz-tan arrazoi berberagatik
g) Kalkulatu propultsio-sistemaren errendimendua

Emaitza: 6,6 m/s; 84,24 kPa; 150,43 kW; 67,03 kW; 83,4 kW; 17,2 muz; % 44,6.

4.60. Irudiko ibilgailua aire-koltxoi baten gainean asentatzen da. Aire-koltxoi hau ibilgailutik airea abiadura handiz eta erradialki ateratzen denean sortzen da; airea h= 3 cm-ko lodiera duen beheko hegaletik ateratzen da. Airea ibilgailuaren goialdetik sartzen da ardatz bertikaleko helize baten bitartez. Ondorengoa eskatzen da:



a) Ibilgailuaren pisua 50 tona-koa eta airearen kanpo-presioa atmosferiko normala denean kalkulatu haizagailuak behar duen potentzia ibilgailua lurretik 3 cm-tan mantentzeko.

Oharra: hutsuneko airea geldirik dagoela suposatu eta haizagailuaren errendimendua %100ekoa dela.

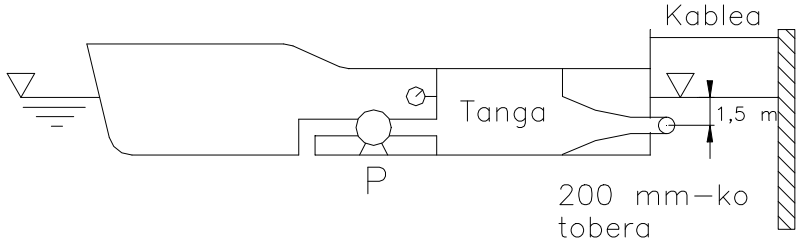
b) Kalkulatu ibilgailuaren aitzinapen-abiadura, baldin eta ibilgailua ardatz horizontaleko helize propultsatzaile batek bultzatua bada. Helize honen potentzia eta aurrekoarena berdinak dira. Zenbatekoa izango da errendimendua eta lorratzaren abiadura absolutua?

Datuak: Helizearen diametroa = 1,5 m; Desplazamenduaren kontrako indarra= $\frac{1}{2}C_D\rho_{aire}AV_1^2$;non: C_D = erresistentzia-koefizientea = 0,8 (adimentsionala); ρ_{aire} = 1,293 kg/m^3; A = zeharkako sekzioa = 25 m^2; V_1 = aitzinapen-abiadura.

Oharra: Suposatu helizearen errendimendua unitatea dela.

Emaitza: 1.604,5 kW; 38,04 m/s; % 44,3 ; 95,48 m/s.

4.61. Zorrotada-propultsioaren bidez funtzionatzen duen ontzi bateko ponpak 80 kPa--eko presioa mantentzen du barruko tangan. Irteerako toberak 200 mm-ko diametroa du eta irudian erakusten den bezala, uraren gainazaletik 1,5 m-ra kokaturik dago. Kalkulatu:



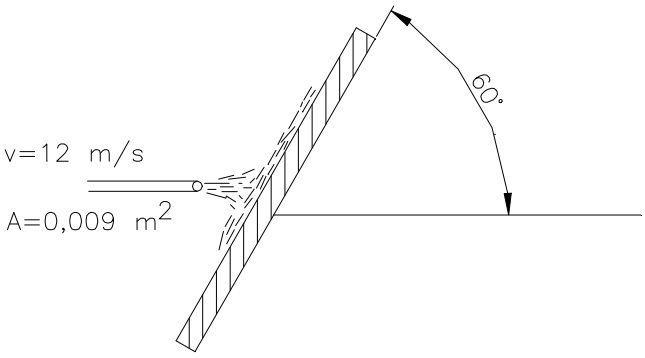
4.61. ariketa

a) Kablearen tentsio-indarra
b) Ponpak emandako potentzia
c) Ontziaren erresitentzia-koefizientea, urari dagokiona, 0,15 bada eta uretan murgildutako zeharkako azalera 10 m^2-koa bada, kalkulatu kablea askatu-takoan ontziak izango duen desplazamendu-abiadura eta potentzia propultsatzailea. Alde batera utzi airearen erresistentzia.
d) Ponpak ura brankatik hartu eta popatik zuzenean botako balu, tangan presiopean metatu ordez, aldatuko al litzateke desplazamendu-abiadura? Zergatik?

Datua: Itsasoko uraren pisu espezifiko erlatiboa s=1,045.

Emaitza: 4.543 kPa; 22,56 kW; 2,4 m/s; 10,9 kW; 2,054 m/s.

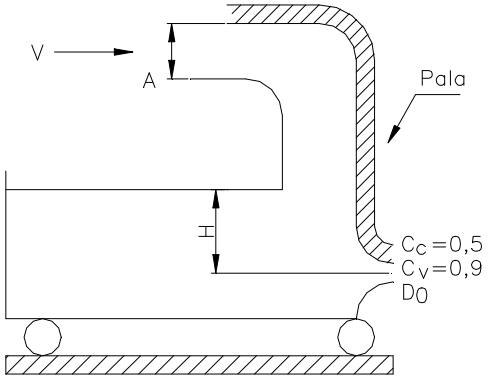
4.62. Ur-zorrotada batek horizontalarekiko 60º inklinatutako plaka bati erasotzen dio irudiak adierazi bezala. Zorrotadaren abiadura 12 m/s eta sekzioa 0,009 m^2 badira, kalkulatu plaka orekan mantentzeko beharrezko indarra (modulua, norabidea eta norantza) eta baita emarien banaketa ere. Alde batera utzi plakako marruskadura.



4.62. ariketa.

Emaitza: 1.122 N; 81 l/s; 27 l/s.

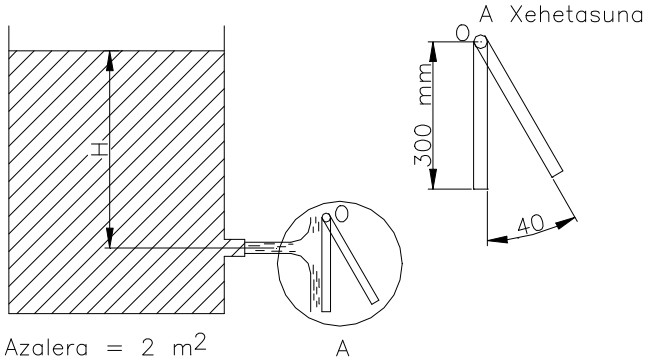
4.63. Ur-depositu batean ipinitako pala batek zorrotada bat desbideratzen du irudian erakutsi bezala. Zorrotada A = 10 cm^2-koa eta v = 2 m/s-koa da.



Kalkulatu H sakonera eta desposituan jarritako koefiziente ezagunetako zulogune baten D_0 diametroa, ibilgailua mugi ez dadin, fluxua iraunkorra izanda.

Emaitza: H = 25,2 cm; D_0 = 5 cm.

4.64. 12,7 kg-ko masa, lodiera uniformea eta 300 mm-ko aldeko plaka karratu bat zintzilik dago "O" goi-muturretik eta puntu horretatik pasatzen den ardatz horizontalaren inguruan bira dezake.



Urez beterik dagoen depositu batetik irteten den zorrotada horizontal batek plakari elkarzut erasotzen dio, plaka bertikal dagoenean, plakaren goi--muturretik 200mm-z azpitik. Zorrotadaren eraginez plaka 40º-ko angelua desbideratzen da.

Zulogunearen diametroa 30 mm-koa dela eta abiadura- eta uzkurdura--koefizienteak hurrenez hurren 0,97 eta 0,7 direla jakinik, ondoko galderei emaiezu erantzuna:

a) Depositua beterik dagoenean depositukо uraren gainazalak duen H altuera, zulogunearen irteeran ur-txorrotadaren abiadura eta emaria.

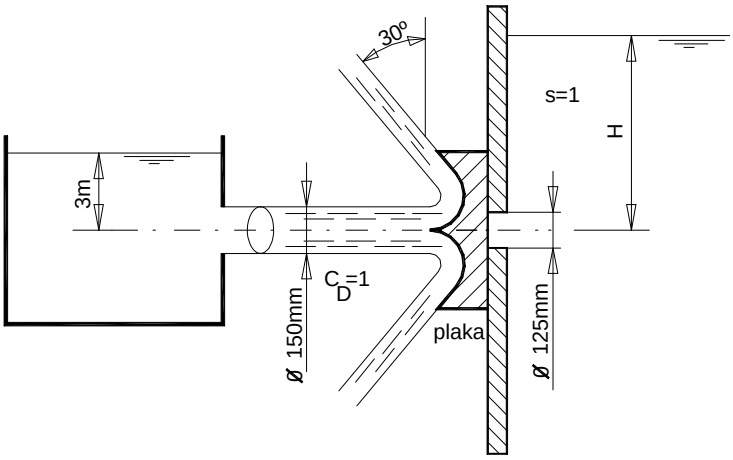
b) Depositua husten ari denean kalkulatu une bakoitzean uraren gainazal librearen (z) kota eta plakaren inklinazio-angeluaren (α) arteko erlazioa.

c) Depositua husten ari den heinean, plakaren inklinazio-angelua txikiagotuz doa. Zenbat denbora beharko du α = 20º izan arte, depositua zeharkako ebakiduraren azalera 2 m^2-koa bada?

d) Aurreko depositukо saiakuntzak, λ=10 eskalako urtegi bat eraikitzeko erabili nahi dira. Kalkulatu uraren emaria eta abiadura urtegiko hondoko bideetatik irteten ari denean, urtegia beteta dagoela.

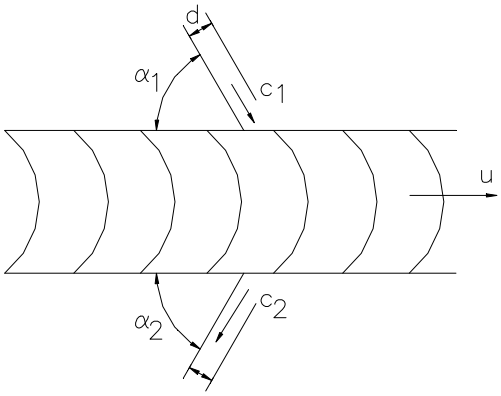
Emaitza: 6,6 m; 11 m/s; 5,45 l/s; Z=10,23·sin α; 21 min 46 s; 34,8 m/s; 1,72 m^3/s.

4.65. 150 mm-ko diametroko zorrotada batek plaka bat jotzen du irudian ikusten den bezala. Plakak 125 mm-ko diametroko zuloa estaltzen du. Zein da ur-ihesik ez izateko H maximoa?



Emaitza: 12,96 m.

4.66. Aire-zorrotada batek (ρ=1,2 kg/m^3) turbina bateko alabeetan inziditzen du. Turbinako alabeen diametroa 75 mm-koa da; aire-zorrotadaren abiadura absolutua c_1 = 150 m/s-koa; alabeak u = 30 m/s-ko abiaduran higitzen dira eta u eta c_1 abiaduren arteko angelua α_1 da.



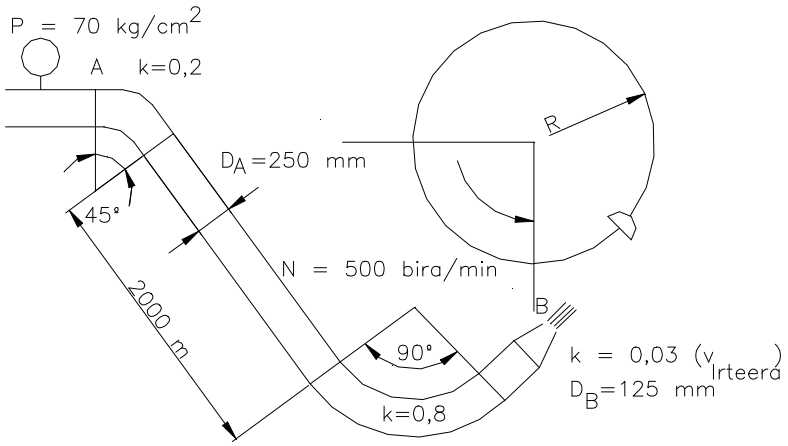
Irteeran fluxuaren abiadura absolutua c_2 = 120 m/s-koa da; abiadura honek arraste-abiadurarekin α_2 angelua osatzen du. Kalkulatu:

a) $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha$ suposatuz, kalkulatu α angelua. Baita w abiadura erlatiboa ere. Marraztu abiadura-triangeluak sarreran nahiz irteeran. (Laguntza: kosinuaren teorema).
b) Kalkulatu zorrotadak paletan sortzen duen F_x indarra.
c) Potentzia erabilgarria eta errendimendua.

Datuak: c_1=150 m/s; c_2=120 m/s; u=30 m/s; d=75 mm.

Emaitza: α = 60º; w = 137,5 m/s; 107,4 N; 3.221 W; % 36.

4.67. Pelton turbina bateko gurpila irudiko bezalako injektore batek hornitzen du. Odorengoa jakin nahi da:



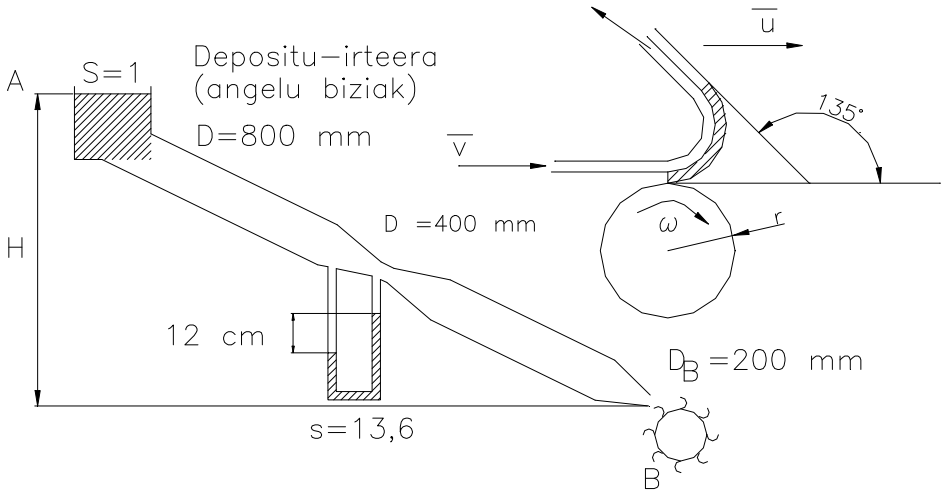
a) Emari zirkulatzailea
b) Pitako besarkaderan sortzen den esfortzua.
c) Alabeen arraste-abiadura potentzia maximoa lortzearren, potentziaren balioa eta turbinako gurpilaren diametroa, biraketa-abiadura adierazitakoa izan dadin.

Datuak: $Z_A=Z_B=20$ m
Altzairu komertzialeko hodia.
Pieza berezietako karga-galerak kalkulatzeko erabili irudiko igarotze--faktoreak.

Dokumentazioa: Zimurdura absolutuen taula. Hazen/Williams-en formula

Emaitza: 498,82 l/s; -21,59 kN; 20,66 m/s; 432,38 kW; 790 mm.

4.68. Irudiko instalazioak zentral hidroelektriko batek dituen lau turbinetatik, turbina baten eskema adierazten du. Turbina bakoitzeko gurpilak 0,5 m-ko erradioa du eta palek 135º-ko angeluaz desbideratzen dute fluxua. Ondokoa eskatzen da:



a) Ur-emaria, Venturimetroaren koefizientea 0,98 bada.
b) Presiopeko hodian dauden karga-galerak, 715 m-ko luzera duen burdinurtuzko hodia bada; pitaren igarotze-faktorea 0,3 da (pitaren irteeran dagoen abiadurarekin). Alde batera utzi Venturimetroan dauden karga-galerak. Erabili Moody-ren abakoa.
c) Zentralaren altuera gordina (A eta B-ren arteko kota-diferentzia).

Presiopeko hodian zehar zirkulatuz ur-emaria 650 l/s-koa denean, hau jakin nahi da:
d) Zorrotadaren irteerako abiadura.
e) Zorrotadak paletan eragiten duen indarraren osagai horizontal eta bertikala.

Potentzia maximoa U=V/2 denean lortzen dela jakinik, ondoko hau eskatzen da:
f) Gurpilari emaniko potentzia.
g) Gurpilaren biraketa-abiadura.
h) Multzoaren potentzia osoa, errendimendua % 85ekoa bada.

Emaitza: 692,4 l/s; 8,9 muz; 33,7 m; 20,69 m/s; 11.479 N; 4.755 N; 118,8 kW; 197,6 bira/min, 40389 kW

4.69. Goiko ur-geruza 1600 m-ra duen urtegi batek zentral hidroelektriko bat hornitzen du. 100 mm-ko diametroa duen injektore batean bukatzen den burdinurtuzko presiozko hodiak 900 m-ko luzera eta 400 mm-ko diametroa ditu. Injektorean 0,6ko koefizientea duen zain likidoaren uzkurdura gertatzen da. Injektorean igarotze-faktorea 0,03 da (irteerako abiadurarekin). Irteerako kota 1.200 da. Hau eskatzen da:

a) Ur-emaria
b) Zorrotadaren diametroa
c) Zorrotadaren abiadura

Emaria, diametroa eta abiadura hauek direnean: **a)** 500 l/s, **b)** 79,8 mm, **c)** 100 m/s, kalkulatu:

d) Marraztu pala, zorrotada eta sarrerako eta irteerako abiaduren diagramak hurrengo kasurako: turbina hidraulikoko palak 0,9 m-ko erradioa duen zirkulu batean banandurik daude eta zorrotadak tangentzialki eragiten du paletan; zorrotada 120º desbideratzen da alabearen irteeran. Turbinaren biraketa--abiadura 1.000 bira/min-koa da.
e) Indar propultsatzailea
f) Turbinaren momentua eta potentzia

Dokumentazioa: Zimurduren koadroa eta Moody-ren abakoa.

Emaitza: 400 l/s; 77,5 mm; 84,8 m/s; 4.312,5 N; 3.881,3 mN; 406 kW.

5 GAIA

Analisi dimentsionala eta ereduen antzekotasuna.

5. ANALISI DIMENTSIONALA ETA EREDUEN ANTZEKOTASUNA

SARRERA

Analisi dimentsionala oso tresna baliagarria da Fisikatik eratortzen den edozein ariketa ebazteko eta ikasleari lagun diezaioke, erabiltzen baldin badaki, edozein aplikazioren azterketan.

Kapitulu honetan analisi dimentsionalari buruzko zenbait ariketa proposatzen dira. Bertan, aztertu nahi den fenomeno fisikoa definitzen duten parametro adimentsionalak kalkulatzea eskatzen da. Aldi berean beste zenbait ariketatan eredu eta prototipoaren artean antzekotasun dinamikoa izan dadin aldagai fisikoen arteko eskalak bilatzea eta kalkulatzea eskatzen da.

Analisi dimentsionala eta ereduen antzekotasuna edozein fenomeno fisiko aztertzeko erabil daitekeen tresna izan arren, gure kasuan fluidoen portaera aztertzeko baizik ez dugu erabiliko.

ARIKETA EBATZIAK

5.1. Uretan guztiz murgildutako helize baten indar axiala ondorengo faktore hauen menpe dagoela ikusi da: D (helizearen diametroa); V (desplazamendu-abiadura); ρ (jariakinaren dentsitatea); N (biraketa-abiadura); g (grabitatearen azelerazioa) eta μ (biskositate dinamikoa).

a) Kalkulatu π parametro adimentsionalak, errepikatutako aldagaiak, ahal delarik lehenbiziko lekuetan adierazitakoak aukeratuz.

Ebazpidea:

Enuntziatuak dioen bezala, helize bateko indar axiala, F, esperientziaren bidez badakigu ondorengo aldagaien funtzio dela:

$F = f(D, V, \rho, N, g, \mu)$

Prozesuan 7 aldagaik hartzen dute parte, 6 independenteak izanik.

Oinarrizko entitate edo magnitudeak 3 dira: M, L, T

Beraz, parametro adimentsionalen kopurua: 7-3 = 4

Lehenbizi prozesuan parte hartzen duen aldagai bakoitzaren dimentsio-ekuazio zuzena bilatu behar da:

	F	D	V	ρ	N	g	μ
M	1	-	-	1	-	-	1
L	1	1	1	-3	-	1	-1
T	-2	-	-1	-	-1	-2	-1

Parametroak lortzeko aldagai errepikatuak ondorengoak dira: D, V, ρ. Dena definitu ondoren, π parametroak kalkulatuko dira

$$\pi_1 = F \cdot D^{\alpha} \cdot V^{\beta} \cdot \rho^{\gamma} = M^0\ L^0\ T^0$$
$$\pi_2 = N \cdot D^{\alpha'} \cdot V^{\beta'} \cdot \rho^{\gamma'} = M^0\ L^0\ T^0$$
$$\pi_3 = g \cdot D^{\alpha''} \cdot V^{\beta''} \cdot \rho^{\gamma''} = M^0\ L^0\ T^0$$
$$\pi_4 = \mu \cdot D^{\alpha'''} \cdot V^{\beta'''} \cdot \rho^{\gamma'''} = M^0\ L^0\ T^0$$

Aldagaiak beren dimentsio-ekuazioez ordezkatuz:

$$\pi_1 = M\ L\ T^{-2}\ L^{\alpha}\ L^{\beta}\ T^{-\beta}\ M^{\gamma}\ L^{-3\gamma} = M^0\ L^0\ T^0$$

Berretzaileen berdintasun-ekuazioak zehaztuz eta ebatziz:

M Masa :	$1 + \gamma = 0$	$\rightarrow$	$\gamma = -1$
L Luzera :	$1 + \alpha + \beta - 3\gamma = 0$	$\rightarrow$	$\alpha = -3 + 2 - 1 = -2$
T Denbora :	$-2 - \beta = 0$	$\rightarrow$	$\beta = -2$

Ordezkatuz: $\boldsymbol{\pi_1} = F \cdot D^{-2} \cdot V^{-2} \cdot \rho^{-1} = \mathbf{F / D^2\ V^2\ \rho}$

Gainerako parametroak modu berean kalkulatzen dira:

$\boldsymbol{\pi_2 = N\ D / V}$
$\boldsymbol{\pi_3 = g\ D / V^2}$**.** Alderantzizkoa ½ -ra berretua: Froude zenbakia $\mathbf{F_r = V / (gD)^{1/2}}$
$\boldsymbol{\pi_4 = \mu / \rho\ V\ D}$**.** Alderantzizkoa hartuz: Reynolds zenbakia $\mathbf{R_e = \rho\ V\ D / \mu}$

Aldagai fisikoekin definituriko hasierako funtziotik parametro adimentsionalekin definituriko funtziora pasatzen da:

$$\mathbf{F / D^2\ V^2\ \rho = \varphi\ (N\ D / V\ ,\ F_r\ ,\ R_e)}$$

5.2. 1 m-ko diametroa duen hodi batean sortzen diren karga-galera linealak ρ= 31,85 kg/m^3-ko eta μ=0,0015 Po-ko gas batek zirkulatzen duenean batez besteko abiadura V=25 m/s-koa izanik kalkulatu nahi dira hodi-eredu baten bidez 4.000 l/min-ko emaria eta 20°C-tan dagoen urarekin.

a) Zehaztu eskala geometrikoa eta karga-galeren eskala, uraren ρ= 1.000 kg/ m^3 eta μ = 1 cPo izanik·

Ebazpidea:

Kasu honetan fluxua kargan dago. Beraz antzekotasun dinamikoa izan dadin antzekotasun geometrikoaz gain beharrezkoa da Reynolds-en zenbakiak berdinak izatea.

Datuak:	Prototipoa (gasa)	Eredua (ura)
	D = 1m	λ = D/D'
	gasa	ura 20º-tan
	V = 25 m/s	V' = ?
	Q	Q' = 4.000 l/mn
	h_f	h'_f

$Re = VD\rho / \mu = V'D'\rho' / \mu'$

$Re = 25(m/s)\cdot 1(m)\cdot 31{,}85\ (kg/m^3) / 1{,}5\cdot 10^{-4}\ (kg/m.s) = 5{,}308\cdot 10^6$

$V' = Q' /(\pi D'^2/4) = (4/60) / (\pi D'^2/4) = 0{,}08488 / D'^2$

$Re = 5{,}308\cdot 10^6 = (0{,}08488 / D'^2)\cdot (D'\cdot 1.000 / 10^3)$

Kalkuluak eginez : D' = 0,01599 m $\cong$ 16 mm $\rightarrow$ V' = 331,56 m/s

V' abiadura oso altua da, soinu-uhinaren ingurukoa, dentsitate-aldakuntzak gerta daitezke (konprimagarritasuna) eta ez dira kontuan hartu.

λ = D / D' = 1/ 0,016 **= 62,54**

$h_f = \Delta P / \gamma$ Euler-en zenbakia : $\Delta P / \rho V^2$

$\Delta P / \rho V^2\cdot g = \Delta P' / \rho' V'^2\cdot g' \rightarrow h_f / V^2 = h'_f / V'^2$

$h_f / h'_f = (V / V')^2 = (25 / 331{,}56)^2 = 0{,}00565 \rightarrow$ **$h_f' / h_f = 176$**

5.3. Urtegi bat 1:49 eskalako eredu baten bidez aztertu nahi da, non uraren abiadura neurtzen den eta 0,4 m/s den. Urtegiaren huste-emari maximoa 500 m^3/s-koa da eta ereduan urtegian egindako indarra neurtu eta 2,5 kg-koa zela ikusi zen. Kalkulatu:

a) Abiadura, emaria eta indarren eskalak λ eskalaren arabera.
b) Ereduan barrena l/s-tan zirkulatu behar duen emaria.
c) Urtegiko uraren abiadura (m/s).
d) Urtegian aplikatutako indarra kg-tan.
e) Zein baldintza bete beharko ditu jariakinak antzekotasuna osoa izan dadin?

Ebazpidea:

Kasu honetan fluxuak gainazal librea du. Antzekotasuna osoa izan dadin, antzekotasun geometrikoaz gain Reynolds- eta Froude-ren zenbakiek berdinak izan behar dute.

Eskala geometrikoa eta erabiliko den fluidoa (ura ereduan eta prototipoan) zehaztu direnez, eta lurraren eremu grabitatorioan lan egiten denez, antzekotasun murriztura jo behar da gero ikusiko den bezala, hots, antzekotasun geometrikoaz

gain Froude-ren zenbakiek berdinak izan behar dute, gainazal librea duen fluxua baita.

Datuak:	Prototipoa	Eredua (‘)
	L	L’ λ = L’/L = 1/49
	V ?	V’ = 0,4 m/s
	Q=500 m^3/s	Q’?
	F ?	F’= 2,5 kg

a) Froude-ren zenbakia : $V^2/gD = V'^2/gD' \rightarrow$ **V’/V** $= (D'/D)^{1/2} = \boldsymbol{\lambda^{1/2}}$

Q’/Q $= V' \cdot D'^2 / V \cdot D^2 = (V'/V) \cdot (D'/D)^2 = \lambda^{1/2} \cdot \lambda^2 = \boldsymbol{\lambda^{5/2}}$

F’/F = $(\rho V'^2 D'^2)/ (\rho V^2 D^2) = (V'/V)^2 \cdot (D'/D)^2 = \lambda \cdot \lambda^2 = \boldsymbol{\lambda^3}$

b) **Q’** $= Q \cdot \lambda^{5/2} = 500\ (1/49)^{5/2} =$ **0,02975 m^3/s**

c) **V** $= V'/\lambda^{1/2} = 0{,}4 \cdot 7 =$ **2,8 m/s**

d) **F** $= F' / \lambda^3 = 2{,}5 \cdot 49^3 =$ **294.122,5 kg**

e) Antzekotasuna osoa izan dadin antzekotasun geometrikoaz gain Reynolds- eta Froude-ren zenbakiek berdinak izan behar dute, lehen esan bezala.

Hau da, Reynolds-en zenbakien berdinketa falta da:

$$R_e = VD/\nu = V'D'/\nu' \rightarrow \nu/\nu' = (V/V') \cdot (D/D') = \lambda^{-1/2} \cdot \lambda^{-1} = \lambda^{-3/2} = 49^{3/2} = 343$$

Hau da, antzekotasuna osoa izan dadin urtegian erabilitako fluidoaren eta saiakuntzetan ereduan erabilitako fluidoaren biskositateen arteko erlazioak izan beharko luke:

$$\boldsymbol{\nu/\nu' = 343}$$
$$\boldsymbol{\nu'(\text{eredua}) = \nu\ (\text{ura})/\ 343}$$

5.4. F aitzinapenarekiko erresistentzia eta gorputz flotatzaile baten portaera hurrengo aldagaien menpe dago: g grabitate, L luzera karakteristiko, ρ fluidoaren dentsitate, μ fluidoaren biskositate dinamiko eta V abiadura.

a) Aurkitu fenomenoa finkatzen duten π parametro adimentsionalak eta fenomenoaren lege adimentsionala.
b) 1.000 kg pisatuko dituen eta 20ºC-tan dagoen ur gezan 20 km/h-ko abiaduraz nabigatuko duen itsasontzi baten ¼ eskalako eredu batekin entseiu bat egin nahi da. Nola egin daiteke saiakuntza? Zein fluido erabiliko da? Zenbatekoa izan beharko du ereduaren pisuak?
c) Ereduaren batez besteko erresistentzia 50 kg bada eta kontsumitutako potentzia 2,66 ZP, aurkitu aitzinapenarekiko erresistentzia eta prototipoaren errendimendua.

Oharra: Aldagai errepikatuak: ρ, L, V.

Ebazpidea:

a) Ariketaren enuntziatuak dioenaren arabera:

$$F = f(g, L, \rho, \mu, V)$$

aldagai-kopurua = 6 ..... parametro-kopurua = 3

Aldagai erepikatuak: ρ, L, V.

	F	**g**	**L**	**ρ**	**μ**	**V**
M	1	-	-	1	1	-
L	1	1	1	-3	-1	1
T	-2	-2	-	-	-1	-1

Lortzen diren parametroak ondorengoak dira:

$\pi_1 = F/(\rho V^2 L^2)$; $\pi_2 = gL / V^2 \equiv$ Froude-ren zenbakia. ; $\pi_3 = \mu / (VD\rho) \equiv$ Reynolds-en zenbakia

Lege adimentsionala: $F/(\rho V^2 L^2) = f(F_r , Re) \rightarrow$ **$F = (\rho V^2 L^2) f(F_r , Re)$**

b) <u>eredua(`)</u> <u>prototipoa</u>

λ = ¼ = L'/L	
Pisua?	Pisua = 1000 kg
Fluidoa?	ura ($\nu = 9{,}5\cdot 10^{-7}$ m^2/s)
V'	V = 20 km/h
Erresistentzia =50 kg	R?
Potentzia = 2,66 ZP	P?
η	η

Antzekotasuna osoa izan dadin Froude- eta Reynolds-en zenbakiek berdinak izan behar dute, lege adimentsionalak dioenaren arabera.

$$Fr = V'^2/ gD' = V^2 / gD \rightarrow V'/V = (D'/D)^{1/2} = \lambda^{1/2} = 1 /2$$

$$Re = V'L'/\nu' = VL/\nu \rightarrow \nu' = \nu (V'/V) (L'/L) = \nu \cdot\lambda^{1/2} \cdot\lambda = \lambda^{3/2}$$

$$V' = V/2 = 10 \text{ km/h} = 10\cdot 1.000 / 3.600 = 2{,}78 \text{ m/s}$$

ν' = $9{,}5\cdot 10^{-7}$ m^2/s$\cdot(1/4)^{3/2}$ = **$1{,}2\cdot 10^{-7}$ m^2/s** $\rightarrow$ Biskositate zinematikoaren abakoan begiratuz fluidoa hauxe da: **Merkurioa 25 ºC-tan.**

$F/(\rho V^2 L^2) = F'/(\rho' V'^2 L'^2)$ denez $\rightarrow$ Pisua' = $P\cdot(\rho'/ \rho)\cdot(V'/V)^2\cdot(L'/L)^2$

Pisua'= $P\cdot(\rho'/ \rho)\cdot\lambda^3$; S_{hg} = 13,6 eta S_{ura} = 1 hartuz

Pisua' = $1.000\cdot 13{,}6\cdot(1/4)^3$ = **212,5 kg**
Erresistentzia = $R'\cdot(\rho/ \rho')\cdot(1/\lambda)^3 = 50\cdot(1/13{,}6)\cdot 4^3$ = **235,3 kg**

η = Erabilitako potentzia / Kontsumitutako potentzia

Erabilitako potentzia = erresistentzia. Desplazamendu-abiadura = $R \cdot V$

Kontsumitutako potentzia = 2,66 ZP = $2{,}66 \cdot 75$ kg.m/s

$\eta = (50 \cdot 2{,}78 \text{ kg} \cdot \text{m/s}) / (2{,}66 \cdot 75 \text{ kg} \cdot \text{m/s}) = 0{,}6967 \rightarrow$ **η = % 69,67**

Errendimendua adimentsionala da. Beraz, balio bera du eredu eta prototipoan.

IKASLEARI PROPOSATURIKO ARIKETAK

5.5. Esperientziak eta esperimentazioak turbomakina baten irteera eta sarreraren arteko presio-diferentzia turbinaratutako Q emariaren, makinaren N biraketa--abiaduraren, jariakinaren ρ dentsitatearen, turbinaratutako likidoaren ν biskositate zinematikoaren eta D turbinaren errodetearen diametroaren menpe dagoela frogatzen dute. Aldagai errepikatuak ρ, N eta D hautatzen badira, gertaera fisikoa definitzen duten parametro adimentsionalak aurkitzea eskatzen da.

Emaitza: $\pi_1 = \left(\dfrac{\Delta P}{\rho N^2 D^2}\right);\ \pi_2 = \left(\dfrac{Q}{ND^3}\right);\ \pi_3 = \left(\dfrac{\upsilon}{ND^2}\right)$

5.6. Abiadura handiko jaurtigai batean eragindako F erresistentzia, jaurtigaiaren "V" abiaduraren, jariakinaren ρ dentsitatearen, soinuaren “a” abiaduraren, jaurtigaiaren D diametroaren eta jariakinaren μ biskositatearen menpe dago. π-ren teoremaren bidez, gertaera fisikoa definitzen duten parametro adimentsionalak aurkitu. Ariketa metodo azkarraren bidez egin.

Emaitza: $\pi_1 = \left(\dfrac{F}{\rho a^2 D^2}\right);\ \pi_2 = \left(\dfrac{V}{a}\right);\ \pi_3 = \left(\dfrac{\mu}{\rho a D}\right)$

5.7. Hodietan zeharreko jariakinen zirkulazio-erresistentziaren legeak ematen digun ekuazioa ondorengoa da: F(ρ,μ,ε,V, D, dp/dx)=0

Parametro adimentsionalak aurkitzeko Buckinghan-en teorema aplikatu. Aldagai errepikatuak μ,ε eta ρ hartu.

Emaitza: $\pi_1 = \left(\dfrac{V\varepsilon\rho}{\mu}\right);\ \pi_2 = \left(\dfrac{\left(\dfrac{dP}{dx}\right)\rho\varepsilon^3}{\mu^2}\right);\ \pi_3 = \left(\dfrac{D}{\varepsilon}\right)$

5.8. Helize batean lortutako P potentzia ρ airearen dentsitate, D helizearen diametro, V aire- korrontearen abiadura, N helizearen errotazio-abiadura, μ airearen biskositate dinamiko eta "a" soinuaren abiaduraren araberakoa da.

Gertaera fisikoa definitzen duten parametro adimentsionalak aurkitu.

Emaitza: $\pi_1 = \left(\dfrac{P}{\rho D^5 N^3}\right);\ \pi_2 = \left(\dfrac{V}{DN}\right);\ \pi_3 = \left(\dfrac{\mu}{\rho D^2 N}\right);\ \pi_4 = \left(\dfrac{a}{DN}\right)$

5.9. Geometrikoki antzekoak diren hegazkin bateko helize-multzo bateko edozein helizek sortutako bultzada esperimentalki finkatzen da tunel aerodinamiko batean eredu batekin egindako entseiuaren bidez.

F bultzada N biraketa-abiaduraren, V abiaduraren, D diametroaren, μ airearen biskositatearen, ρ dentsitatearen eta a soinuaren abiaduraren menpe dago.

a) Aldagai errepikatuak ρ, N eta D hartuz, aurki itzazu parametro adimentsionalak.

Emaitza: $F = \rho D^4 N^2 \Phi\left(V/DN,\ \mu/\rho D^2 N,\ a/DN\right)$

5.10. Hodi bateko presio-jaitsiera D diametroaren, L luzeraren, ε zimurduraren, V fluxuaren batez besteko abiaduraren, fluido zirkulatzailearen μ biskositate absolutuaren, fluidoaren ρ dentsitatearen, σ gainazal-tentsioaren, g grabitate--azelerazioaren eta K elastikotasun bolumetrikoaren moduluaren menpe dagoela jakinik, kalkula ezazu hodi batean gertatzen diren karga-galerak zein π parametro adimentsionalen menpe dauden.

a) Lortutako parametroei buruz adierazi beren izenak eta ordezkatzen dituzten indar-erlazioak.

Oharra: Aldagai errepikatuak: ρ, v, D.

Emaitza: $\left(\frac{L}{D}\right);\ \left(\frac{\varepsilon}{D}\right);\ \left(\frac{V^2}{Dg}\right);\ \left(\frac{DV\rho}{\mu}\right);\ \left(\frac{\Delta P}{\rho v^2}\right);\ \left(\frac{\sigma}{v^2\rho D}\right);\ \left(\frac{V}{\sqrt{k/\rho}}\right)$

5.11. Ur gaziko ubide hidrodinamiko batean 1:15 eskalako urpekuntzi baten eredu batekin saiakuntza batzuk egin behar dira. Urpekuntzia 12 milia/h-ko abiaduraz higitzen bada, zein abiaduratan eman beharko da herrestan eredua, eredu eta prototipoaren artean antzekotasun dinamikoa izan dadin?

Emaitza: 180 milia/h.

5.12. 1:80 eskalako hegazkin-eredu bat 20 ºC-tan eta 45 m/s-ko abiadura duen aire--korrontean probatu da. Ondorengoa eskatzen da:

a) Zein abiaduratan arrastatu beharko da eredua 27 ºC-tan dagoen uretan guztiz murgildurik baldin badago?
b) Prototipoak airean zenbateko erresistentzia izango du, uretan ereduarekiko erresistentzia 0,55 kg-ko bada?

Emaitza: 2,4 m/s; 0,265 kg.

5.13. 1200 bira/min-ko abiaduraz biratzen duen ponpa zentrifugo batek 15 ºC-tan dagoen olio lubrifikatzaile bat ponpatzen du. 20 ºC-tan dagoen airea erabiltzen duen eredu bat probatu behar da.

a) Ereduaren diametroa prototipoarena baino hiru aldiz handiagoa bada, zein abiaduraz biratu beharko luke ereduak?

Datuak: $\upsilon_{olioa} = 1{,}8\cdot 10^{-4}\ m^2/s;\quad \upsilon_{airea} = 1{,}5\cdot 10^{-5}\ m^2/s$

Emaitza: 11,11 bira/mn.

5.14. 100 bira/min-ko abiaduraz biratzen ari den 4 m-ko diametroa duen helize baten ezaugarriak aztertzeko 0,50 m-ko diametroa eta geometrikoki antzekoa den maketa bat egin da. Baldintza hauetan, grabitatea alde batera utziz, helizearen indar propultsatzailea honela idatz daiteke:

$$R = \rho V^2 D^2 f\left(\frac{VD}{\upsilon}, \frac{V}{ND}\right)$$

5.1 ariketaren notazio bera izanik, ondorengoa eskatzen da:

a) Frogatu maketa eta prototipoa fluido berean higitzen badira antzekotasun dinamiko osoa izatea ezinezkoa dela.

b) Biskositatea alde batera utziz, maketa 360 bira/min-ko abiaduraz birarazten badugu indar propultsatzailea 23 kg-koa da, aplikatutako momentua 2,27 mkg-koa eta v = 9 km/h-koa. Kalkulatu balio hauek prototipoarentzat eta baita errendimendua ere.

Emaitza: $\left(\frac{N_m}{N_P}\right)=\left(\frac{1}{\lambda^2}\right)$; *$N_m$ altuegia ;* $V_P = 20\ km/h$; $F_P = 7.269{,}13\ kg$;

5.739,45 m·kg; % 67,19

5.15. Ontzi baten eredua taiel-konporta bat irekitzean 4 minututan husten da. Eredua 1:225 eskalan egina dago. Zenbat denbora beharko du prototipoak husten?

Emaitza: 60 min.

5.16. Prototipo deituko diogun ubide bat daukagu eta $4{,}7\cdot10^{-5}$ m^2/s-ko biskositatea duen likido batekin lan egiten du. 1/5 eskalara txikiagotutako eredu batekin lan egin nahi dugu. Antzekotasuna egon dadin zein likido erabili behar da? Zein izango da eredu eta prototipoko abiaduren eta emarien arteko erlazioa?

Emaitza: $4{,}20\cdot10^{-6}\ m^2/s$; $\left(V_p/V_m\right)=2{,}24$; $\left(Q_p/Q_m\right)=56$

5.17. Uraren presioa, abiadura jakin bateraino azeleratutakoan, jaitsi egiten da eta kabitazioa sor daiteke. Hala gertatzen da, esaterako, ontzi bateko helizearen alabean, zurrunbiloak direla eta, presio gutxiko zonaldean.

Horregatik, torpedo bat ur azpitik 8 m-ko sakoneran eta 21 m/s-ko abiaduran higitzen denean, torpedoarekiko uraren fluxu erlatiboa aztertuz, kabitazioa sortzen duen presio-jaitsiera nabarmena agertzen da (P_v= 2.400 Pa (absolutua)), (P. Atmosferikoa= 101 kPa), (ρ_{ura} = 1.025 kg/m^3).

Fluidoaren Mekanikaren ikerketa esperimentalean, fenomeno bat honako formularen bidez adieraz daiteke:

Eu = f (Fr, Re, M) m, non Eu = $\Delta P/\rho v^2$ den.

a) Biskositate, grabitate eta komprimagarritasun-efektuak alde batera utziz, 20 m-ko sakoneran, zenbateko abiaduran sortuko da kabitazioa?

b) Biskositatea kontuan hartuz, zein eskala erabili behar dugu eredua eta prototipoa dinamikoki antzekoak izan daitezen? (Ereduan, h= 20 m; Prototipoan h = 8 m).

c) Eredu honekin, antzekotasun absolutua ziurta liteke?

Emaitza: 27,17 m/s; $\lambda=\left(\frac{L_p}{L_m}\right)\approx1{,}3$; *Kargan dagoen fluxua bezala bai;*

Froude-ren zenbakia kontuan hartuz, ez.

5.18. 15,2 cm-ko hodi batetik zehar 15,6 ºC-ko ura jariatzen da, 3,66 m/s-ko abiadurarekin. Antzekotasun hidraulikoa bete dadin, kalkulatu:

a) 10 ºC-tan dagoen kerosenoak (s=0,77), zein abiadura izan behar du, 30,5 cm--ko hodi baten barrutik zirkulatzen duenean?
b) Kerosenoaren abiadura 19,2 m/s-koa bada, zenbatekoa izan beharko luke hodiaren diametroak?
c) Uraren ΔP presio-jaitsiera 0,5 bar-ekoa bada, zenbatekoa da ΔP kerosenofluxuan?
d) Zenbateko indarra eragingo du itsasoko urak eustorma batean, luzera unitateko, baldin eta 1:36 eskalako eredu batean, 0,914 m-ko luzerakoan, olatuek sortzen duten indarra 120 N-ekoa bada?

Emaitza: 5,11 m/s; 8,113 cm; 140,4 m kerosenoz; 170,15 kN/m.

5.19. Eredu esperimental baten bidez ponpa baten aspirazio-hodia deposituaren zein sakonera minimotan ipini behar den jakin nahi da ($h_{minimoa}$, likidoaren gainazal libretik), sarreran zurrunbilorik sor ez dadin eta airerik ez sartzeko. Ponpatutako likidoa petrolioa da (ν=0,75 St.): emaria Q_P=140 l/s; aspirazio-hodiaren diametroa D_P=250 mm; proban, eredua 1/5 eskalarekin eraikia da.

Ezaguna da sakonera minimoa parametro hauen menpe dagoela: likidoaren pisu espezifiko (γ), hodiko abiadura (V), dentsitate (ρ), likidoaren biskositate dinamiko (μ) eta hodiaren luzera karakteristikoaren menpe (D). Kalkulatu:
a) Prozesuan parte hartzen duten π parametro adimentsionalak eta sakonera minimoa adierazten duen espresioa.
b) Ereduan erabili behar den likidoaren emaria eta biskositate zinematikoa, antzekotasun osoa bete dadin.
c) Prototipoan zurrunbilorik sortuko ez den sakonera minimoa, ereduko balioen menpean.

Emaitza: h/D ; $\gamma D / V^2\rho$, $\mu / DV\rho$; $h_{min} = D.f(\mathrm{Re}, Fr)$; *2,5 l/s eta* $6{,}7\cdot 10^{-6}\ m^2/s$; $(h_{min})_p / (h_{min})_m = 5$

5.20. Ondorengo fluxuetan, zehaztu zein antzekotasun-mota lortu behar den eredu eta prototipo artean, Reynolds-en antzekotasuna, Froude-rena, Mach-ena edo beren konbinazioa.

a) Ibai batean kokaturiko isurgailuko fluxua.
b) Ibai bateko sedimentuen mugimendua..
c) Urtegi bateko sedimentuen pilatzea.
d) Hondartzetako higadura.
e) Gas-fluxua hodi itxi batean abiadura handian.
f) Itsasontzi bati itsasoak ezarritako erresitentzia.

Emaitza: Froude; Reynolds eta Froude; Reynolds; Reynolds eta Froude; Mach; Froude.

5.21. Ibai bateko emaria edo fluxu bolumetrikoa 1430 m^3/s. Eredua eraiki da, eskala horizontala 1:70 da eta eskala bertikala 1:20. Kalkulatu ereduan erabili beharreko emaria.

Emaitza: 228,5 l/s

5.22. Kalkulatu olatuek eustorma batean eragindako indarra 1:36 eskalan eraikitako ereduan, 0,92m-ko luzerakoa, 12,25 kg-ko indarra neurtu bada..

Emaitza: 17,256 ton/m

5.23. Estuario bateko mareak aztertzeko eredua eraiki da, eskala horizontala 1:3600 eta bertikala 1:81 izanik. Kalkulatu ereduan marearen periodoa, prototipoan 12,4 ordukoa bada.

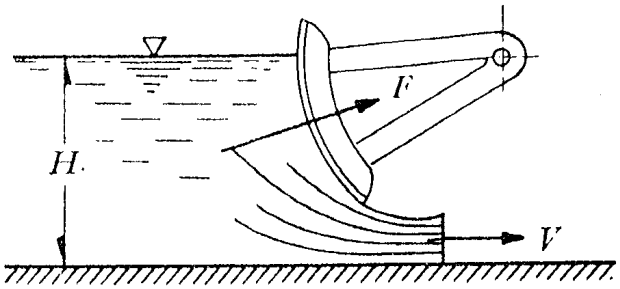
Emaitza: 1,38 ordu

5.24. 75 mm-ko diametroa duen zulogune bateko kerosina-fluxua (ν = 0,045 Stoke) eredu baten bidez aztertzen da. Ereduko fluido ura da (ν_{ura}= 0,01 Stoke). Ondorengoa eskatzen da:

a) Zulogunearen diametroa (d_m) ereduan.
b) Prototipoko fluido-mailaren h_p eta ereduko fluido-mailaren h_m arteko eskala (h depositukо fluido-maila da zulogunearen kotatrekiko).
c) Prototipoko eta ereduko emarien arteko erlazioa (Q_p/Q_m).

Emaitza: 27,52 mm ; 2,726 ; 12,27

5.25. Konporta erradial baten hondoko fluxua 1:10 eskalan eginiko eredu batez aztertzen da. Ondorengoa eskatzen da:

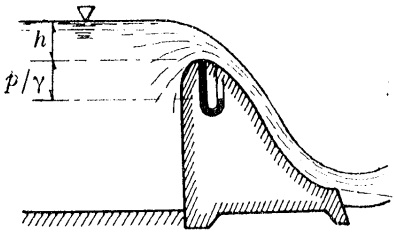


a) Ereduko karga H_m, prototipokoa H_p = 4 m bada.
b) Q_p emaria eta V_p abiadura prototipoan, fluxua uzkurturiko zeharkako ebakiduran, ereduan eginiko entseguan ondorengo datuak jaso badira: Q_m = 155 l/s eta V_m = 1,3 m/s.
c) Fluxuak prototipoan eragindako indarra F_p, ereduan F_m = 5,5 kg neurtu bada.

Eredu eta prototipo artean Froude-ren antzekotasuna betetzen da.

Emaitza: 0,4 m ; 49 m^3 /s , 4,1 m/s ; 5500 kg.

5.26. Pareta lodiko isurgailu bat laborategian aztertu da 1:20 eskalan eginiko eredu batez. Ondorengoa eskatzen da:



a) Ereduko karga (h_m) prototipokoa 3m bada.
b) Prototipoko emaria, eredukoa 0,19 m^3/s bada.
c) Prototipoko presio-karga (P/γ), ereduan 200 mmuz-ko hutsa neurtu bada.

Biskositatetaren eragina oso ahula denez, eredu eta prototipo artean Froude-ren antzekotasuna bete da.

r) 0,15 m ; 339,9 m^3 /s ; - 4 m.u.z

5.27. Ebakidura erdizirkularra duen kanal batean fluido bateko presio-erorketa aztertu nahi da. Fluidoaren biskositate zinematikoa $\nu = 4{,}7\cdot 10^{-5}$ m^2/s da. Jakina da presio-erorketa ondorengo aldagaien funtziokoa da: fluidoaren dentsitatea **ρ,** batazbesteko abiadura **V,** kanalaren luzera **L,** kanalaren pareten zimurdura **ε,** kanalaren diametroa **D,** grabitatea **g,** fluidoaren biskositate absolutua **μ** eta kalatua **h**.

$$\Delta P = f(\rho, V, L, \varepsilon, D, g, \mu, h)$$

Dimentsio-analisian oinarrituz:

a) Zenbat parametro adimentsionalek hartzen dute parte fenomenoan?
b) Lortu parametroak. Aldagai errepikatuak: ρ, D eta V
c) Kalkulatu ereduan erabili beharreko fluidoaren biskositate zinematikoa antzekotasun osoa betetzeko. **Datuak**: $\lambda = D_{prototipo}/D'_{eredua} = 10$

Arrazoitu eginiko guztia.

Emaitza: 6 ; $\Delta P/\rho V^2$; L/D ; ε/D ; gD/V^2 ; $\mu/\rho VD$; h/D ; $1{,}486\cdot 10^{-6}$ m^2/s

5.28. Ibai bateko zubi bateko zutabea errektangular batek 1,2 m-ko zabalera eta 3,65 m-ko luzera du. Ibaiko urak 2,75 m-ko batazbesteko altuera du. Entseguak 1/16 eskalan eginiko ereduarekin egin dira. Ereduan fluxuaren abiadura 0,76 m/s-koa da eta zutabean eragindako indarra 0,409 kg-koa. Eskatzen da:

a) Kalkulatu prototipoko abiadura eta indarraren baloreak.
b) Ereduan 4,9 cm-ko uhin edo olatua sortu da zutabe aurrean. Zenbateko altuera izango du olatuak prototipoan?.
c) Arrastre-koefizientearen adierazpena ondorengoa izanik $C_R = F_R/A\cdot\rho\cdot V^2/2$, kalkulatu koefizientea eredu eta prototipoko zutabearentzat.
d) Antzekotasun osoa betetzen da? Arrazoitu erantzuna.

Emaitza: 3,04 m/s, 16.417,6 N; 78,4 cm ; 1,076 , 1,076 ; Ez, ez baita Reynolds parametroaren berdintzea betetzen.

6 GAIA

Fluxu iraunkorra hodi itxietan.

6. FLUXU IRAUNKORRA HODI ITXIETAN

SARRERA

Fluxu iraunkorrari buruzko kapitulu honetan zortzi ariketa ebatzi aurkezten dira. Zuzeneko aplikazioa duten oso ariketa errazetatik abiatzen da. Ondoren zailagoekin jarraitzen da, ebazpidean segitu behar den prozesua oso argi azaltzen delarik.

Kalkuluak Moody-ren abakoaren edo definitzen duten adierazpenen bidez egin dira eta fluxu-mota eta hodien portaera guztiak aztertzen saiatu gara.

Bukaeran bi ariketa egin dira uraren kasurako Hazen/Williams-en adierazpena erabiliz. Ebazpidea asko errazten da.

ARIKETA EBATZIAK

6.1. 100 m-ko luzera eta 100 mm-ko diametroko kobrezko hodi horizontal batetik 12 l/s-ko glizerina-emariak zirkulatzen du (T= 30 ºC; s = 1,547). Kalkulatu karga--galeretan kontsumitutako potentzia.

Ebazpidea:

Karga-galeretan kontsumitutako potentzia kalkulatzeko lehenbizi karga-galerak kalkulatu behar dira:

Potentzia = $h_f \cdot Q \cdot \gamma$

Darcy/Weisbach-en ekuazioa erabiliz: $h_f = f\ (L/D)\ (V^2/2g)$ m likido z

L = 100 m ; D = 100 mm = 0,1 m ; $V = Q/A = (12 \cdot 10^{-3}\ m^3/s) / \pi \cdot (0,1^2/4)\ m^2$

V = 1,53 m/s.

Marruskadura-koefizientea kalkulatu behar da: f

f Reynolds-en zenbakia eta zimurdura erlatiboaren funtzio da

$Re = V \cdot D / \nu$; zimurdura erlatiboa: ε / D

ν: fluidoaren biskositate zinematikoa $\rightarrow$ 5. abakoa(ν - T)

ε: hodiaren zimurdura $\rightarrow$ zimurduren taula (18. taula)

$\nu_{gl}^{30º} = 1,9 \cdot 10^{-4}\ m^2/s$; $\varepsilon_{kobrea} = 0,00015$ cm

Adierazpenean ordezkatuz Reynolds-en zenbakia kalkulatzen da

$Re = 1,53 \cdot 0,1 / 1,9 \cdot 10^{-4} = 804,15$

Re< 2.000 denez, fluxua laminarra da eta ez da hodiaren zimurduraren funtzio.

Hagen/Poiseuille-ren adierazpenaren arabera: f= 64 / Re

f = 64 / Re = 64 / 804,15 = 0,0796

Datu guztiak ordezkatuz:

h_f = 0,0796 (100/0,1) ($1,53^2$ /2 g) = 9,5 mlz

Potentzia = $9,5 \cdot 12.10^{-3} \cdot 1,547 \cdot 9.800$ W =1.729,3 W =**1,73 kW**

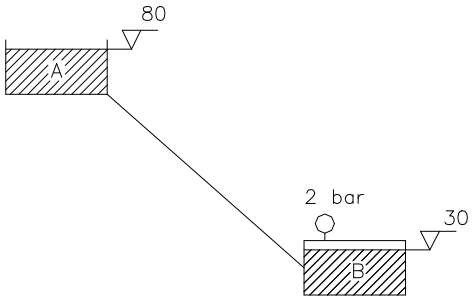
6.2. 150 m-ko luzera eta 200 mm-ko diametroko burdinurtuzko hodi batean 20 ºC-tan dagoen petrolio gordina garraiatzen da (s = 0,86) A depositutik presurizaturik dagoen B depositura. Kalkulatu emaria. Alde batera utzi garrantzi txikiko karga- -galerak.

Ebazpidea:

Datuak: L, D, ν, ε

Ezezaguna: Q

Emaria kalkulatu beharreko ariketa da.



6.2. ariketa

A eta B artean Bernoulli aplikatuz:

$B_A - h_f = B_B \rightarrow P_A/\gamma + Z_A + V_A^2/2g - h_f = P_B/\gamma + Z_B + V_B^2/2g$

$Z_A = 80$; $Z_B = 30$; $P_B = 2$ bar $\rightarrow P_B/\gamma = 2 \cdot 10^5 / (0,86 \cdot 9800) = 23,73$ mpetrolioz

$P_A = P_{at} = 0$; $V_A = V_B \cong 0$ (depositueen gainazala)

Bernoulli-ren ekuazioan ordezkatuz:

h_f = 80 - 23,73 - 30 = 26,27 mpz

h_f ezagunak direnez, zuzenean ebatz dezakegu iteratu gabe, ondorengo parametroa kalkulatuz:

$f^{1/2} \cdot Re$:

$h_f = f\,(L/D)\,(V^2/2g) \rightarrow f = h_f\,(D/L)\,(2g/V^2) \rightarrow f^{1/2} = (1/V) \cdot (h_f \cdot D \cdot 2g/L)^{1/2}$

Ordezkatuz: $f^{1/2} = 0,8286 / V$
Bestetik Re = VD/ν ; biskositateen abakoa: $\nu_p^{20º} = 8,4 \cdot 10^{-6}$ m^2/s

Ordezkatuz: $Re = 0{,}2 \cdot V / 8{,}4 \cdot 10^6 = 2{,}38 \cdot 10^4\ V$

Bien biderkaketa eginez, V abiadura ezabatu egiten da:

$f^{1/2}.\ Re = (0{,}8286/V).(2{,}38.\ 10^4\ V) = 1{,}9728.\ 10^4$

Zimurduren taulan: ε (burdinurtua) = 0,026 cm → ε/D = 0,026/20 = 0,0013

Moody-ren abakoan begiratuz, hodia erdileuna bezala portatzen dela ikus daiteke, eta f = 0,0225 da.

Colebrook eta White-ren adierazpena ere erabil daiteke:

$1/f^{1/2} = -2\ lg_{10}\ [\ (\varepsilon/D/3{,}71) + (2{,}51/\ f^{1/2} \cdot Re)]$

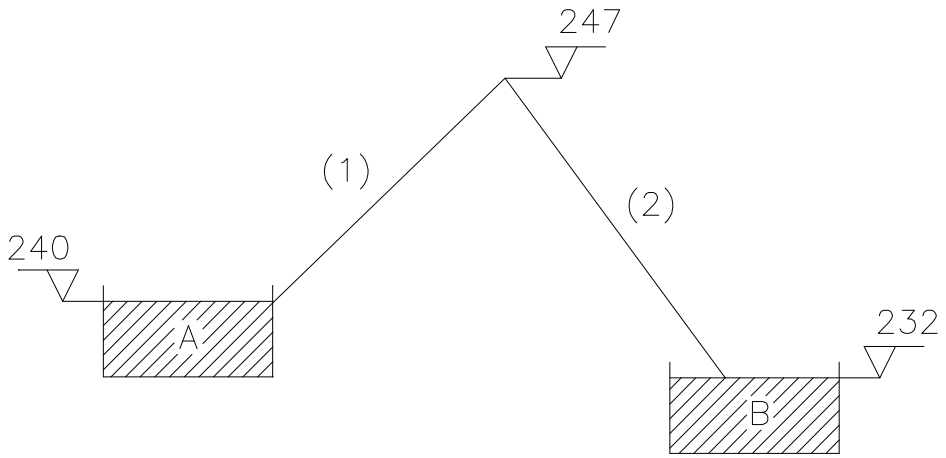
Balio guztiak ordezkatuz eta eragiketak eginez, balio zehatza lortzen da f = 0,0227

$f^{1/2} = 0{,}8286/V$ denez $\rightarrow V = 5{,}503$ m/s eta $Q = 5{,}503 \cdot \pi\ 0{,}2^2\ /4 = 0{,}1729\ m^3\ /s$

Q = 173 l/s

6.3. 20ºC-tan dagoen kerosenoa (s=0,77) garraiatu nahi da Z_A = 240 m-ra dagoen A depositutik Z_B = 232 m-tan dagoen B depositura, C puntutik pasatzen den hodi baten bitartez (Z_C = 247 m). Datuak kontuan hartuz, ondorengoa eskatzen da:

a) Emari zirkulatzailea, funtzionamendua zuzena dela suposatuz.
b) Egiaztatu arazoak sistemaren funtzionamenduan.



6.3. ariketa

Arazo hauek konpontzeko tximeleta-balbula bat ipini da 2 zatiaren bukaeran, B depositutik gertu, eta karga-galera puntuala sortzen du. Kalkulatu funtzionamenduaren mugako baldintzetan, hau da, kabitazioaren hasieran:

c) Emari berria.
d) Tximeleta-balbularen igarotze-faktorea

Datuak: Hodiaren diametroa = konstantea = 500 mm; Burdinurtuzko hodia; P. atmosferikoa = 10 muz; Kerosenoaren lurrin-presioa = 0,0183 kg/cm^2; (1) zatiaren luzera = 130 m; (2) zatiaren luzera = 35 m;

Ebazpidea:

Kerosenoa 20ºC-tan: s = 0,77 ; $\nu = 2{,}2\cdot 10^{-6}$ m^2/s (biskositateen abakoa).

$\varepsilon_{burdinurtua}$ = 0,026 cm (zimurduren taula)

Berriro ere emaria kalkulatu beharreko ariketa da

a) Bernoulli-ren ekuazioa aplikatuz A eta B, bi deposituak atmosferara zabalik daudenez:

$Z_A - h_{f\,A\text{-}B} = Z_B \rightarrow h_{f\,A\text{-}B} = 240 - 232 = 8$ mkerosenoz

Karga-galerak ezagutzen dira, Darcy/Weisbach-en adierazpena aplikatuz:

$h_f = f\,(L_{AB}/D)\,(V^2/2g) = f\cdot(165/0{,}5)\cdot(V^2/2g) = 8 \rightarrow f = 0{,}48 / V^2$

$f^{1/2} = 0{,}69 /V$, adierazpen hau eta Reynolds-en zenbakiaren bidez V abiadura ezabatu egiten da “f ” lortzeko Moody-ren abakoan edo adierazpenen bidez.

$Re = VD/\nu = 0{,}5\cdot V/\,2{,}2\cdot 10^{6} = 2{,}3\cdot 10^{5}\cdot V$

$f^{1/2}\cdot Re = 1{,}57\cdot 10^{5}$

$\varepsilon/D = 0{,}026 / 50 = 0{,}00052$

Moody-ren abakoan begiratuz, hodia erdileuna bezala portatzen dela ikusten da eta $f \cong 0{,}0172$. Colebrook-en adierazpena erabiliz:

$1/f^{1/2} = -2\,\lg_{10}\,[\,(\varepsilon/D/3{,}71) + (2{,}51/\,f^{1/2}\cdot Re)]$

Balioak ordezkatuz eta eragiketak eginez f = 0,01725

$V = 0{,}69\,/f^{1/2} = 5{,}253$ m/s $\rightarrow Q = 5{,}253\cdot\pi\,0{,}5^2/4 = 1{,}031$ m^3/s

Q = 1,031 m^3/s

b) Beharrezkoa da C puntu altuan zer gertatzen den egiaztatzea; Bernoulli A eta C artean aplikatuz:

$Z_A - h_{f\,AC} = Z_C + V_C^2 / 2g + P_C/\gamma$; adierazpen honetatik P_C kalkula daiteke gainerako datuak ezagutzen direlako.

$P_C/\gamma = 240 - 247 - 5{,}253^2/\,2g - 0{,}01725\cdot(130 / 0{,}5)\,(5{,}253^2 / 2g) = -7 - 7{,}72$

$P_C/\gamma = -14{,}72$ mkz = - 11,33 muz

Presio hau ezin da inolaz ere lortu, 0 absolutuaren azpitik baitago eta fisikaren legeen aurka baitoa. Lurrin-presiora iristen denean kabitazioa sortzen da eta kerosenoak ezin du zirkulatu. Beraz arestian kalkulatutako emaria ez dago zuzen, instalazioak kabitatu egingo baitu.

c) Emaria mugako baldintzetan kalkulatuko da, hau da, kabitazioaren hasieran, C puntuan lurrin-presiora iristen denean

$P_c^{abs} = P_{lurrin} = 0{,}0183\ kg/cm^2 \equiv 0{,}183$ muz $\rightarrow P_c^{man} = P_c^{abs} - P_{at} = (0{,}183 - 10)$muz

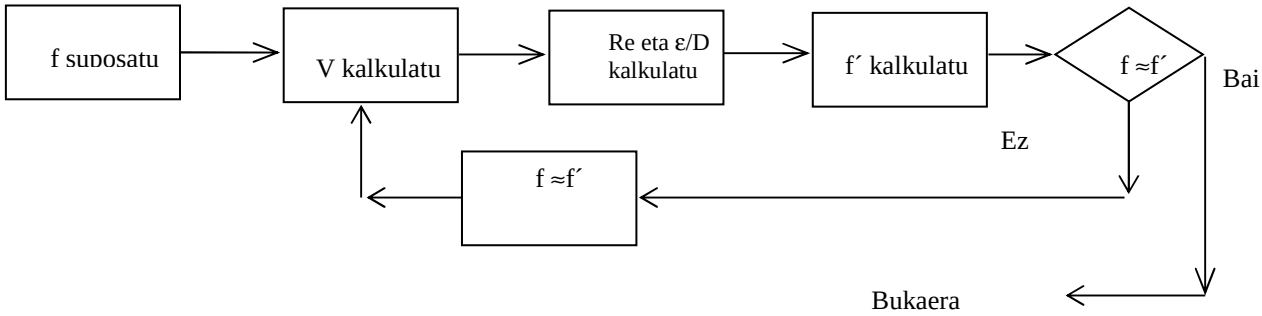
$P_C/\gamma = -9{,}817 / 0{,}77$ mkz$= -12{,}75$ mkz

Berriro aplikatzen da Bernoulli A eta C artean

$240 - h_{f\,AC} = 247 - 12{,}75 + V_C^2/2g \rightarrow 5{,}75 = h_{f\,AC} + V_C^2/2g$

$5{,}75 = f\,(L/D)(V_C^2/2g) + V_C^2/2g \rightarrow 5{,}75 = (V_C^2/2g)\,(260\,f + 1)$

Bi ezezagun dituen ekuazioa da: "V_c" eta "f" eta ez dago daturik Moody-ren abakoan sartzeko edo adierazpenak erabiltzeko f eta V kalkulatzeko. Horregatik iteratu egin behar da:



<u>Jarraitu beharreko prozesua</u>:

Adierazpenak prestatzen dira kalkulurako:

$V = 10{,}62 / (260\,f + 1)^{1/2}$; $Re = 0{,}5\,V / 2{,}2\cdot 10^{-6} = 2{,}3\cdot 10^5\,V$

$\varepsilon/D = 0{,}00052$

Kalkulurako taula:

f	**V**	**Re**	**f'**	**f = f' (?)**
suposatu	10,62 / (260 f	$2{,}3.10^5$ V	Moody edo	

	$+1)^{1/2}$ m/s		adierazpenak	
0,025	3,88	$8{,}92\cdot 10^5$	0,0172	ez
0,0172	4,54	$1{,}044\cdot 10^6$	0,0172	bai

Beraz V = 4,54 m/s eta Q = $4{,}54\cdot\pi\ 0{,}5^2 / 4 = 0{,}891\ m^3/s$

Q = 891,43 l/s

d) Balbulako karga-galera eta igarotze-faktorea emari honek zirkula dezan:

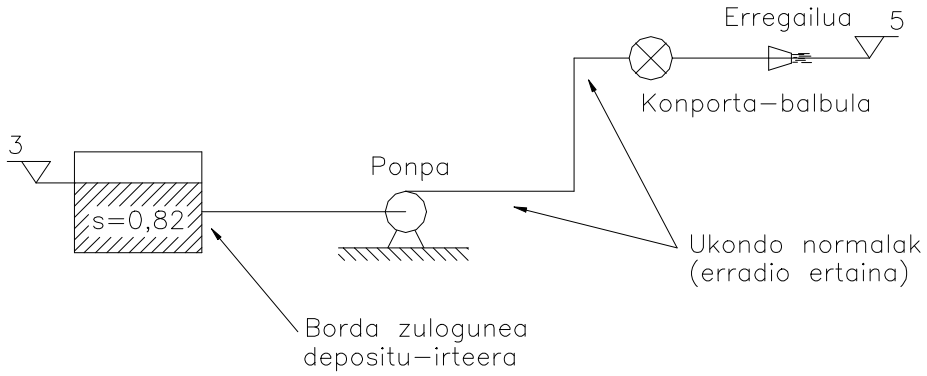
$Z_A - h_{f\,AB} - h_{f\,bal} = Z_B$; $h_{f\,AB} = 0{,}0172\cdot\ (165/0{,}5)\ (4{,}54^2/19{,}6) = 5{,}97$ mkz

$h_{f\,bal} = 240 - 232 - 5{,}97 = 2{,}03$ mkz $= k.\ V^2/2g = k\ (4{,}54)^2/2g$

k = 1,93

6.4. Fuel-oiloaz (s = 0,82) funtzionatzen duen lurrin-galdara baten erregailua presio gabeko depositu batetik hornitzen da, non fuel-oiloa tenperatura 30 ºC-tik 60 ºC--ra bitartean mantenduz berotzen den ($\nu_{30ºC} = 2\cdot 10^{-4}\ m^2/s$. $\nu_{60ºC} = 2\cdot 10^{-5}\ m^2/s$) erresistentzia bero-emaileak martxan jartzen dituen termostato batzuen bidez. Ponpa baten bidez 100 m-ko luzera eta 50 mm-ko diametroa duen burdinurtuzko hodi batetik bidaltzen da fluidoa erregailuraino.

Datuak: D = 50 mm, L = 100 m, $K_{\text{erregailua}}$ = 0,5 (irteerako energia zinetikoarekin).



Kalkulatu:

a) Erregailuaren diametroa, beharrezko emari txikiena 5 l/s-koa bada eta erregailuaren irteeran 328 kPa-eko presio dinamikoa edukitzea nahi bada; 10, 15 eta 20 mm-ko diametroko erregailuak daude; hurbilena aukera ezazu.

b) Kalkulatu H_i, f (marruskadura-koefizientea) eta v (abiadura) aldagaien funtzioan.

c) Kalkulatu ponparen potentzia erabilgarria baldintza txarrenetan ere erregailuan 5 l/s-ko emaria egon dadin.

d) Fuel-olioaren tenperatura 60 ºC-koa denean, zenbateko emaria izango da? (Ponparen potentzia erabilgarria konstante mantentzen da).

e) Funtzionamenduan anomaliarik egonez gero, azaldu eta bilatu irtenbideren bat.

Ebazpidea:

Hasteko, beharrezkoa da erregailuaren diametroa kalkulatzea.

Fluxuko edozein ebakiduratako energia zinetikoari presio dinamikoa deritzo.

P_{din} = 328 kPa $\rightarrow$ $P_{din}/\gamma = 328\cdot 10^3 / 0{,}82\cdot 9.800 = 40{,}816$ mfuel-olio zutabe

$P_{din}/\gamma = V^2 / 2g \rightarrow V = (40{,}816\cdot 19{,}6)^{1/2} = 28{,}284$ m/s

Emaria ezaguna denez:

$Q = V.\ A_{erregailua} \rightarrow A_{erregailua} = Q / V = 5\cdot 10^{-3} / 28{,}284 = 1{,}7678\cdot 10^{-4}\ m^2$

$A_{erregailua} = \pi\ d^2 / 4 \rightarrow d = 0{,}0150$ m

$D_{erregailua}$ = 15 mm

b) Bernoulli aplikatuz depositu hornitzailearen gainazal eta erregailuaren irteera artean:

$P_1/\gamma + V_1^2/2g + Z_1 - h_{f\ hodi} + H_i - \sum k_i V^2_{hodi} / 2g - k_{erreg} V^2_{erreg} / 2g = P_2/\gamma + V^2_{erreg}/2g$

Ordezkatuz: $P_1 = 0$; $V_1 = 0$; $P_2 = 0$

$3 - h_{f\ hodi} + H_i - \sum k_i V^2_{hodi} / 2g - k_{erreg} V^2_{erreg} / 2g = 5 + V^2_{erreg}/2g$

Pieza berezien igarotze-faktoreak (igarotze-faktoreen taula) ondorengoak dira:

$k_{Borda\ zulogunea} = 1$; $k_{ukondo} = 0{,}75$; $k_{konporta\text{-}balbula\ irekia} = 0{,}19$

Jarraitasunaren ekuazioa hodi eta erregailuaren irteerako ebakidura artean aplikatuz:

$V_{erreg}\ \pi\ d^2_{erreg} / 4 = V_{hodi}\ \pi\ d^2_{hodi} / 4 \rightarrow V_{erreg} = V_{hodi}\ (50 / 15)^2 = 11{,}11\ V_{hodi}$

Ordezkatuz eta instalazioaren altuera askatuz:

$H_i = 2 + (1 + 0{,}75\cdot 2 + 0{,}19)\ V^2_{hodi} / 2g + 1{,}5\ (11{,}11\cdot V_{hodi})^2 / 2g + h_{f\ hodi}$

Darcy/Weisbach-en ekuazioa aplikatuz $h_{f\ hodi} = f\ (L/D)\ (V^2_{hodi}/2g)$

Balioak ordezkatuz eta eragiketak eginez:

$$\mathbf{H_i = 2 + (187{,}875 + 2000\ f)\ V^2_{hodi} / 2g}$$

c) Baldintza txarrenak 30 ºC-ko tenperaturan dira, fluidoa biskosoagoa baita eta ondorioz karga-galerak handiagoak izango dira. Beraz, energia gehiago eman beharko zaio.

Ponparen potentzia erabilgarria kalkulatzeko instalazioaren altuera ezagutu behar da eta horretarako " f " marruskadura-koefizientea kalkulatu behar da, zeina Reynolds-en zenbakiaren eta zimurdura erlatiboaren funtzio den.

$\nu_{30º,} = 2\cdot 10^{-4}$ m^2/s ; $V_{hodi} = 5\cdot 10^{-3} / (\pi\cdot 0{,}05^2 / 4) = 2{,}546$ m/s

$Re = V\,D / \nu = 2{,}546\cdot 0{,}05 / 2\cdot 10^{4} = 636{,}62$ hau da, fluxua laminarra da. Beraz,

$f = 64 / Re = 0{,}1005$ (Hagen/Poiseuille-ren adierazpena)

$H_i = 2 + (0{,}1005\cdot 2.000 + 187{,}875)\ 2{,}546^2 / 19{,}6 = 130{,}63$ mfuelz

$P_{erabilgarria} = 130{,}63\cdot 5\cdot 10^{-3}\cdot 0{,}82\cdot 9.800 = 5248{,}7$ W

$$\mathbf{P_{erabilgarria} = 5{,}249\ kW}$$

d) T= 60 ºC bada $\rightarrow \nu_{60} = 2\cdot 10^{-5}$ m^2/s

Biskositatea txikiagotuta marruskadura-koefizientea eta karga-galerak ere txikiagotu egiten dira eta ondorioz instalazioaren altuera ere bai. Ponparen potentzia erabilgarria konstantea dela suposatzen da. Beraz, emaria handiagotu egingo da.

Emaria ezagutzen ez denez, ez da ezaguna ez abiadura, ez Reynols-en zenbakia eta ez f marruskadura-koefizientea.

Batetik instalazioaren altueraren (Hi) ekuazioa dugu, zeinak emari bakoitzeko beharrezkoa den energia pisu-unitateko definitzen duen.

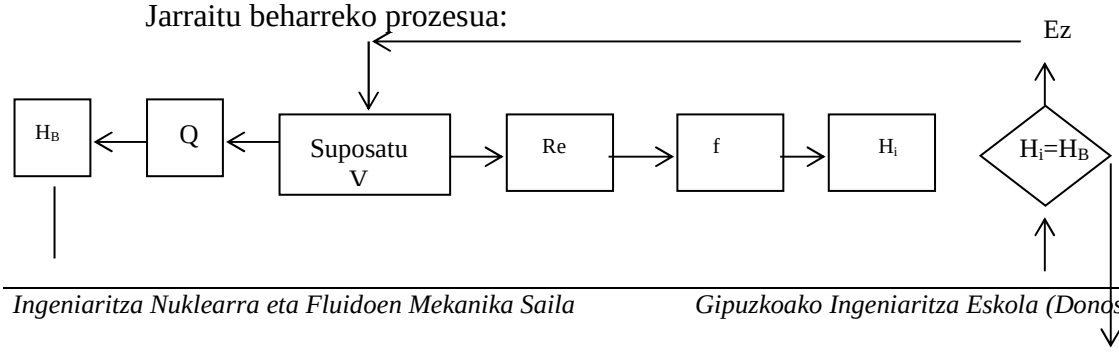
Eta bestetik ponparen ekuazioa, zeinak emari bakoitzeko ponpak fluidoari ematen dion energia pisu unitateko adierazten duen.

Instalazioa: $H_i = 2 + (2.000\ f + 187{,}875)\ V^2{}_{hodi} / 2g$

Ponpa: $P_{erabilgarria} = 5.248{,}7 = H_B\cdot Q\cdot 0{,}82\cdot 9.800 \rightarrow H_B = 0{,}6531 / Q$

Q emari zirkulatzailea ondorengo berdintza betetzen duena da: $H_i = H_B$; hiru ezezagun ditugu (f, V edo Q eta $H_i = H_B$) eta bi ekuazio. Beraz, iteratu egin behar da.

Jarraitu beharreko prozesua:



Bai

Kalkulurako adierazpenak:

$Q = V \cdot \pi \cdot 0{,}05^2 / 4 = 20 \cdot 10^{-3}\ V$; $Re = V \cdot 0.05 / 2 \cdot 10^5 = 2{,}5 \cdot 10^3\ V$

$\varepsilon / D = 0{,}026 / 5 = 0{,}0052$:

H_B mfuelz	**Q m^3/s**	**V m/s**	**Re**	**f**	**H_i mfuelz**	**H_B=H_i ?**
0,653/Q	$20 \cdot 10^{-3}$ V	**Suposatu**	2.500 V	Moody edo adierazpenak (erdileuna)	$2+(2.000f+187{,}875).V^2/2g$	
110,87	0,0059	3	7.500	0,0315	117,19	Ez, Q txikiagoa
116,7	0,0056	2,85	7.125	0,04	113	Ez, Q handiagoa
115,5	**0,0057**	2,88	7.200	0,0386	115,02	Bai

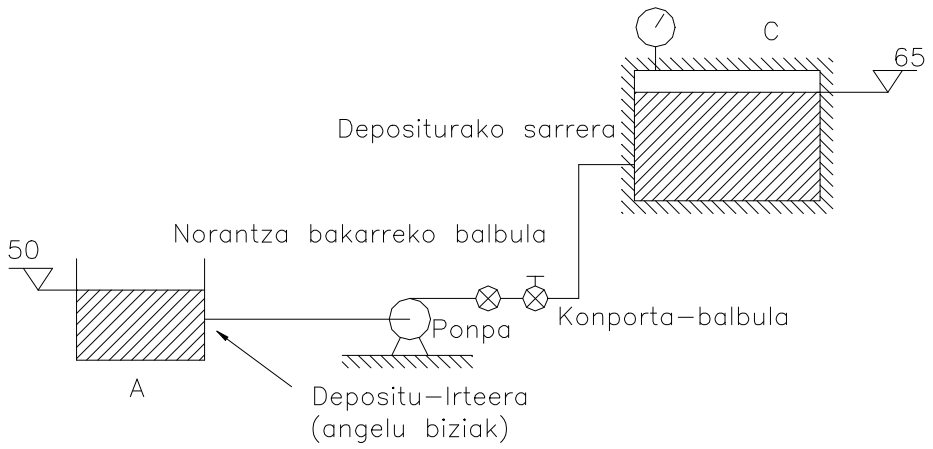
Q = 5,655 l/s

e) Bi tenperaturen artean zonalde kritikoa dago, lan egin behar ez dena ezin baita ziurtatu zein fluxu-mota den eta aldizkotasunaren fenomenoa gerta daiteke. Zonalde hau saihesteko tenperatura minimoa igo egin beharko litzateke edo ponparen potentzia handiagotu fluxuko Reynolds-en zenbakia fluxu turbulentuaren zonaldean lan eginez beti 4000 baino handiagoa izan dadin.

6.5. Kerosenoa intsuldatzeko instalazio batean depositu hornitzaile eta kontsumorako depositu artean ponpa bat jarri nahi da 20 ºC-tan dagoen 40 l/s-ko kerosenoemariak zirkula dezan (s = 0,802).

Hodiak 300 m-ko luzera du, 150 mm-ko diametroa eta burdinurtuzkoa da eta norantza bakarreko balbula bat du (DN 75), konporta-balbula bat eta hiru ukondo komertzial (erradio ertainekoak).
Kontsumorako depositua presurizatuta dago, eta manometroak 2,5 kg/cm^2–ko presioa markatzen du. Ondorengoa eskatzen da:

a) Kalkulatu jarri beharreko ponparen potentzia, errendimendua % 75 dela suposatuz.



6.5. ariketa

b) Bost urte igaro ondoren kontsumoaren beharrak betetzeko deposituaren presioa 3 kg/cm^2-ra igo behar da; bestetik ponparen errendimendua % 70era jaitsi da eta bai hodia eta bai pieza bereziak zahartu egin dira. Kalkulatu emari berria.

Oharra: Igarotze-faktoreen metodoa erabili. Zahartzea kontuan izango da, bai hodiarentzat eta bai pieza berezientzat, bietan koefiziente bera aplikatuz.

Ebazpidea:

a) Biskositate zinematikoen abakoa: $\nu^{20}_{keroseno} = 2{,}2\cdot 10^{-6}$ m^2 /s ; s = 0,802

Zimurduren taula: Burdinurtuzko hodia ε = 0,026 cm

Igarotze-faktoreak:

- Norantza bakarreko balbula (DN 75): K = 1,5
- Konporta-balbula irekia: K = 0,19
- Ukondo komertziala, erradio ertainekoa: K = 0,75 / ukondo
- Depositu-irteera angelu biziak: K = 0,5
- Depositu-sarrera: K = 1

Bernoulli-ren ekuazioa aplikatuz, depositu hornitzaile (A) eta kontsumorako depositu artean (C):

$Z_A - h_f + H_B = Z_C + P_C / \gamma$; balioak ordezkatuz:

$50 - h_f + H_B = 65 + 25 / 0{,}802 = 96{,}172$

$H_B = 46{,}172 + h_f$ Karga-galerak kalkulatu behar dira: h_f

$h_f = f\cdot (300 / 0{,}15)\cdot (V^2 / 2g) + (0{,}5 + 3\cdot 0{,}75 + 1{,}5 + 0{,}19 + 1)\ (V^2 / 2g)$

$h_f = (2.000\cdot f + 5{,}44)\ (V^2 / 2g)$

$V = Q / A = 40 \cdot 10^{-3} / (\pi \cdot 0{,}15^2 / 4) = 2{,}263$ m/s

$Re = V \cdot D / \nu = 2{,}263 \cdot 0{,}15 / 2{,}2 \cdot 10^{-6} = 1{,}543 \cdot 10^5$

$\varepsilon / D = 0{,}026 / 15 = 0{,}0017$

Moody-ren abakoan begiratuz, hodia erdileun gisa portatzen da: f = 0,0237

Prabata eta abarren adierazpen hurbilduak erabiliz. (P.S.A.K.) (ikus kuadro eta abakoetan): f = 0,024

$h_f = (2000.\ 0{,}024 + 5{,}44)\ 2{,}263^2 / 2g = 13{,}963$ m

H_B –n ordezkatuz $\rightarrow H_B = 46{,}172 + 13{,}963 = 60{,}135$ mkerosenoz

Potentzia $= 60{,}135 \cdot 40.10^{-3} \cdot 0{,}802 \cdot 9.800 / 0{,}75 = 25.200$ W =**25,2 kW**

b) Bost urte igaro ondoren: $P_C = 3$ kg / cm^2 eta η = % 70, Gainera elementu guztiak zahartu egin dira eta ondorioz emaria murriztu egingo da. Berriro kalkulatu beharko da.

Berriro Bernoulli aplikatuz A eta C artean:

$Z_A - h_f + H_B = Z_C + P_C / \gamma \rightarrow 50 - h_f + H_i = 65 + 3 \cdot 10 / 0{,}802$

$H_i = 52{,}41 + h_f$; Zahartzeagatik $h_f = (1 + 5/ 100)\ h_{fo} = 1{,}05\ h_{fo}$

$h_f = 1{,}05\ (2.000\ f + 5{,}44)\ (V^2 / 2g) = (2.100\ f + 5{,}71)\ (V^2 / 2g)$

fluidoak behar duen energia zirkula dezan:

$H_i = 52{,}41 + (2.100\ f + 5{,}71)\ (V^2 / 2g)$, ez da ezagutzen, ez V eta ez Re ere. Ondorioz ez f eta ez H_i ere.

Bestetik, jarritako ponparen errendimendua jaitsi egin da. Beraz, energia gutxiago emango dio fluidoari, beti ere emariaren funtzio izango delarik.

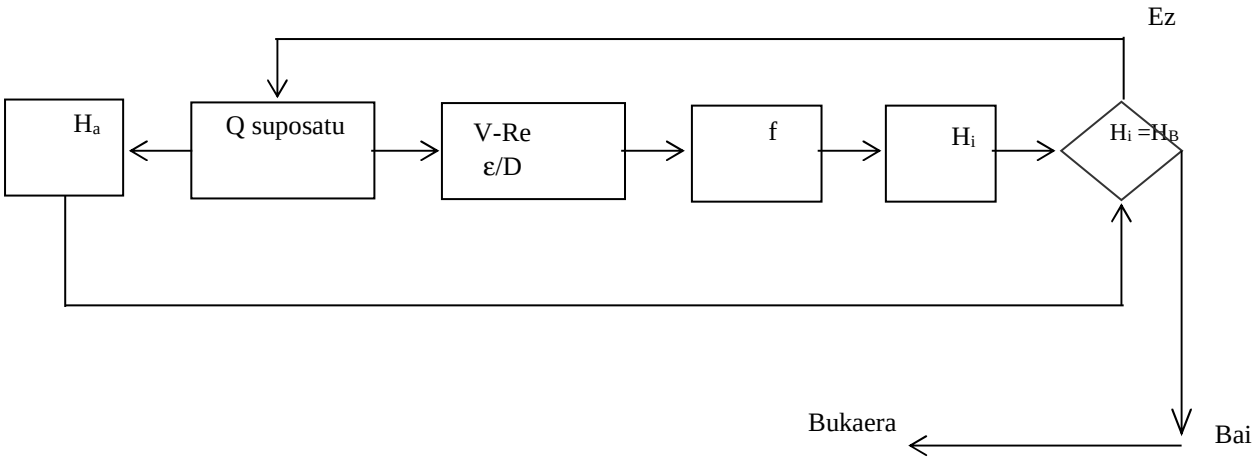
$Pot = 25{,}2 \cdot 10^3 = Q \cdot H_B \cdot 0{,}802 \cdot 9.800 / 0{,}7 \rightarrow H_B = 2{,}244 / Q$

Laburtuz, bi ekuazio ditugu:

$H_i = 52{,}41 + (2.100\ f + 5{,}71)\ (V^2 / 2g)$.....(1)

$H_B = 2{,}244 / Q$

Eta hiru ezezagun. Beharrezkoa da iteratzea, emaitza ondorengo berdintza betetzen duen emaria izango da: $H_i = H_B$



Jarraitu beharreko prozesua:

Iteratzen hasteko, emaria hasierako baldintzetan baino baxuagoa izango dela badakigunez, hortik abiatuko gara.

Kalkulurako adierazpenak, lehengoez gain:

$V = Q / (\pi \cdot 0{,}15^2 / 4) = 56{,}6\ Q$; $Re = 0{,}15 \cdot V / 2{,}2 \cdot 10^6 = 6{,}82 \cdot 10^4 \cdot V$

Zimurdura ez da aldatu: $\varepsilon / D = 0{,}0017$

H_B(m.l.z.)	**Q(m^3/s)**	**V(m/s)**	**Re**	**f**	**H_i(m.l.z.)**	**$H_B \cong H_i$**
2,244 / Q	**Suposatu**	56·6 Q	$6{,}82 \cdot 10^4$ V	Moody	(1)	?
64,143	**0,035**	1,98	$1{,}35 \cdot 10^5$	0,024	63,65	bai

Lehenengo iterazioan nahikoa gerturatu gara emaitzara.

Q = 35 l/s

6.6. Altzairu komertzialeko hodieria batek lantegi bat hornitzen du eta hasieran grabitatezko funtzionamendua ona izan du; baina une batean hasierako emaria lantegira heltzen ez denez, hodieria osoan zehar eta uniformeki paretei karea atxiki zaiela antzeman da. Ondoko datuak kontuan harturik, ondorengoa eskatzen da:

a) Hasierako emaria.
b) Barne-diametroa (800 mm) aldatu ez dela suposatuz, kalkulatu hodiaren zimurtasuna (Q = 500 l/s).
c) Kalkulaturiko zimurtasuna handiegia denez, hobe da barne-diametroa murriztu egin dela suposatzea. Karea duen hodiaren zimurtasuna ε = 0,5 cm--koa dela suposatuz, kalkulatu diametro erabilgarria (mm), (Q = 500 l/s).

Datuak: Ura (10 ºC)
Hodieriaren muturretako kota piezometrikoen diferentzia H = 10 m.
D (altzairu komertziala) = 800 mm eta Luzera baliokide totala = 1.000 m.

Oharra: kalkuluak nahitaez Moody-ren abakoaz edo abakoa bera definitzen duten formulen bidez egin behar dira.

Ebazpidea:

a) Datuen arabera: $H = 10 = h_f = f\ (L/D)\ (V^2/2g) = f\ (1.000/\ 0{,}8)\ (V^2/2g)$

Karga-galerak ezagunak dira:

$f^{1/2} = 0{,}396 / V$, Reynolds-en zenbakia kalkulatuz V abiadura ezaba daiteke.

$Re = V\ D / \nu$; $\nu_{ura\ 10^o} = 1{,}2\cdot 10^{-6}\ m^2/s$; $Re = 0{,}8\ V / 1{,}2\cdot 10^{-6} = 6{,}67\cdot 10^5\ V$

$f^{1/2}\cdot Re = 263986{,}53$

$\varepsilon / D = 0{,}006 / 80 = 0{,}000075$

hodia erdileun gisa portatzen da, Colebrook eta White-ren adierazpena erabiliz:

$1 / f^{1/2} = -\ 2\ lg_{10}\ [\ (7{,}5\cdot 10^{-5} / 3{,}71) + (2{,}51 / 263.986{,}53)\ ] \rightarrow f = 0{,}0122$

ordezkatuz: $V = 0{,}396 / f^{1/2} = 3{,}585$ m/s

Q $= 3{,}585\cdot\pi\cdot 0{,}8^2 / 4 = 1{,}802\ m^3/s =$ **1.802 l/s**

b) Denboraren poderioz Q 500 l/s-ra murrizten da

$V = 0{,}5 / \pi\cdot 0{,}8^2 / 4 = 0{,}9947$ m/s

Kasu honetan Q ezagututa V ezagutzen da eta karga-galeren adierazpenetik f kalkula daiteke.

$10 = f\ (1.000 / 0{,}8)\ \cdot\ (0{,}9947^2/2g) \rightarrow f = 0{,}1585$

Marruskadura-koefizientearen hain balio handiarentzat hodia derrigorrean zimurra balitz bezala portatzen da $Re = 0{,}9947\cdot 0{,}8 / 1{,}2\cdot 10^{-6} = 6{,}63\cdot 10^5$ baita. Hodi zimurren kasurako Karman/Prandtl-en adierazpena erabiliz:

$1 / f^{1/2} = 2\ lg_{10}\ 3{,}71 / (\varepsilon / D) \rightarrow lg_{10}\ 3{,}71 / (\varepsilon / D) = 1{,}256 \rightarrow \varepsilon / D = 0{,}2058$

$$\boldsymbol{\varepsilon} = 0{,}2058\cdot 0{,}8 = 0{,}1646\ m = \mathbf{164{,}6\ mm}$$

c) $\varepsilon = 0{,}5$ cm suposatuz eta Q = 500 l/s dela jakinda, diametro erabilgarria zenbatekoa den jakin nahi da.
Abiatzeko ekuazioa lehengo bera da, karga-galerena:

$10 = f\ (1.000 / D)\ (V^2 / 2g)$

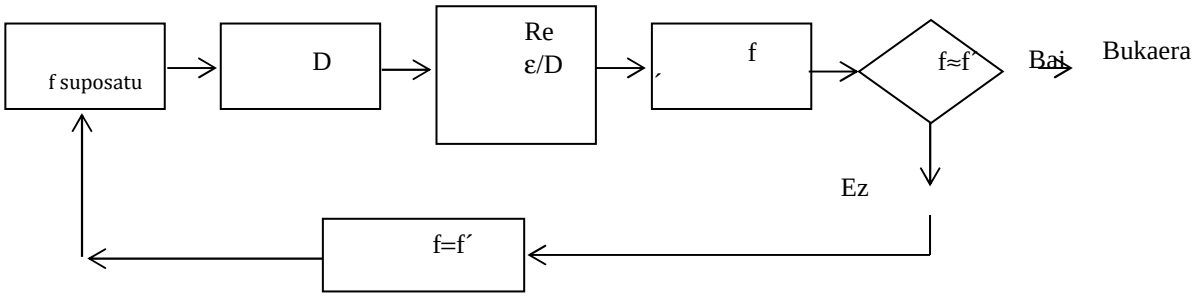
$Q = 0{,}5 = V\cdot\pi\cdot D^2 / 4 \rightarrow V = 0{,}6366 / D^2$

Ordezkatuz: $10 = f\,(1000 / D)\,(0{,}6366 / D^2)^2 / 2g = f \cdot 20{,}6778 / D^5$

$D^5 = 2{,}0678 \cdot f \rightarrow D = 1{,}1564 \cdot f^{1/5}$

Ekuazio bakarra eta bi ezezagun ditugu; beharrezkoa da iteratzea.

Jarraitu beharreko prozesua:



$Re = V \cdot D / 1{,}2 \cdot 10^{-6} = 8{,}33 \cdot 10^5 \cdot V \cdot D$; $\varepsilon / D = 0{,}5 \cdot 10^{-2} / D = 0{,}5 / 100\,D$

f	**D(m)**	**V(m/s)**	**Re**	**ε / D**	**f'**	**f ≅ f'**
Suposatu	$1{,}1564 \cdot f^{1/5}$	$0{,}6366/D^2$	$8{,}33 \cdot 10^5 \cdot VD$	0,5 / 100D	*Moody* edo adierazpenak	
0,03	0,5735	1,9356	$9{,}25 \cdot 10^4$	0,0087	0,0362	ez
0,0362	0,595	1,7955	$8{,}9 \cdot 10^5$	0,0084	0,0357	ez
0,0357	**0,594**	1,805	$8{,}93 \cdot 10^5$	0,0084	0,0358	bai

D = 594 mm

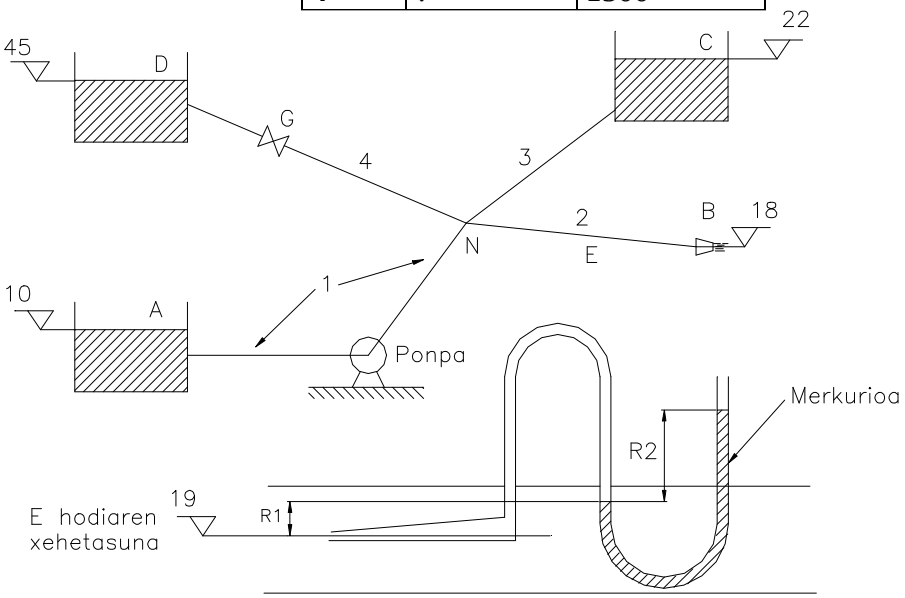
6.7. Alboko irudiko instalazioan, k (pita) = 0,3 eta D (pita) = 75 mm ezagunak dira. Kalkulatu:

a) Q_2 emaria, baldin eta Pitot-en hodia (2) hodieriaren erdian badago (R_1 = 0,3 m eta R_2 = 0,8 m).
b) Q_2 = 36,7 l/s datua da eta (3) hodierian jarrita dagoen diafragma batek ezaugarri hauek dauzka: $D_{zulogonea}$ = 100 mm; $C_{zulogunea}$ = 0,8; R = 0,85, likido manometrikoa airea. Kalkulatu Q_3 eta L_3.
c) (1) hodierian dagoen emari-neurgailu elektromagnetiko batek 2.400 l/min-ko emaria adierazten badu, kalkulatu ponpak ematen duen potentzia erabilgarria.
d) Aukeratu D_4 diametro komertziala, nahi den emari-banaketa ziurtatzeko, baldin eta G balbulak karga-galera gehigarririk sortzen ez badu.
e) Hasierako emari-banaketa lortu ahal izateko, kalkulatu G balbulan sortu behar den karga-galera. Zenbatekoa da G balbula honetan galdutako potentzia?

Datuak: Likidoa: Ura.
Hodien materiala: Fibrozementua.

	D(mm)	**L(m)**
1	175	500
2	200	2.100

3	125	?
4	?	1500



6.7. ariketa

Ebazpidea:

Ariketa hau **Hazen/Williams**-en adierazpena erabiliz ebatziko da**,** zeina baliagarria baita fluidoa ura denean edo bere biskositatea uraren oso antzekoa denean. Ekuazioa ez da Colebrook/White-rena bezain zehatza, baina lanerako oso erosoa da, kalkuluak asko errazten dituelako. Azpimarratu beharra dago **urarekin edo biskositatea uraren oso antzekoa** duten fluidoekin soilik erabil daitekeela.

a) E puntuan Pitot-en hodia dago eta puntu horretako presio totala neurtzen du, hau da, presio estatikoa eta presio dinamikoaren batura:

$P_E/\gamma + V^2_E/2g = P_{pitot}/\gamma$ eta presio hau manometroaren bidez neurtuz

$P_{pitot}/\gamma - R_1 - R_2 \cdot 13{,}6 = 0 \rightarrow P_{pitot}/\gamma = 0{,}8\ 13{,}6 + 0{,}3 = 11{,}18$ muz

Jarraian Bernoulli-ren ekuazioa aplikatuz E puntu eta pitaren irteera artean (B).

$P_E/\gamma + V^2_E/2g + Z_E - h_{f\,2}/2 - h_{f\,pita} = Z_B + V^2_B/2g$

Ordezkatuz:

$11{,}18 + 19 - h_{f\,2}/2 - h_{f\,pita} = 18 + V^2_B/2g$.....(1)

$h_{f\,pita} = 0{,}3 \cdot V^2_B/2g$

$h_{f\,2}$ kalkulatu behar dira: $D_2 = 200$ mm ; $L_2^{totala} = 2.100$ m ;

fibrozementua: $\varepsilon = 0{,}01$cm

Adierazi den bezala, **Hazen/Williams**-en adierazpena erabiliz**:**

$h_f = J_1 \cdot L \cdot Q_{l/s}^{1,852}$

"Taula eta abakoak" ataleko 22. taula

$\varepsilon / D = 0,01 / 20 = 0,0005 = 5 \cdot 10^{-4} \rightarrow C_{HW} = 130$

$C_{HW} = 130$ eta $D = 200$ mm $\rightarrow J_1 = 9,17 \cdot 10^{-6}$

$h_f = J_1 \cdot L \cdot Q^{1,852}$ non Q litro/segundotan adierazi behar den.

$h_{f\,2} = 9,17 \cdot 10^{-6} \cdot 2.100 \cdot Q_2^{1,852}$

Komeni da V_B Q_2-ren funtzioan adieraztea, emaria l/s-tan dagoela jakinik.

2 hoditik doan emaria B pitatik irteten da, beraz:

$V_B = (Q_2 \cdot 10^{-3}) / (\pi \cdot D^2_{pita} / 4) = 0,2264\ Q_2 \rightarrow V^2_B / 2g = 2,614 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2_2$

(1)-ean ordezkatuz:

$30,18 - (9,17 \cdot 10^{-6} \cdot 2.100 \cdot Q_2^{1,852}) / 2 - 0,3 \cdot V^2_B / 2g = 18 + V^2_B / 2g$

$12,18 - (9,17 \cdot 10^{-6} \cdot 2.100 \cdot Q_2^{1,852}) / 2 = 1,3 \cdot V^2_B / 2g = 1,3 \cdot 2,614 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2_2$

$$\boxed{12,18 = 3,3983 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2_2 + 9,6285 \cdot 10^{-3} \cdot Q_2^{1,852}}$$

Newton/Rapson-en metodoa erabiliz:

Q_2 = 36,69 l/s

b) Q_2 ezagutu ondoren N puntuko Bernoulli-energia kalkula daiteke, hau da N puntuko fluidoaren energia pisu unitateko:

$B_N - h_{f\,2} - h_{f\,pita} = 18 + V^2_B / 2g$

$B_N = 18 + 1,3 \cdot V^2_B / 2g + 9,17 \cdot 10^{-6} \cdot 2.100 \cdot Q_2^{1,852}$

ordezkatuz $V^2_B / 2g$ bere balioz Q_2-ren funtzioan:

$B_N = 18 + 3,3983 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2_2 + 1,9257 \cdot 10^{-2} \cdot Q_2^{1,852}$

$Q_2 = 36,69$ l/s, eragiketak eginez: $B_N = 37,785$ muz
3. hodian diafragma bat dago emaria neurtzen duena. Diafragmaren datu guztiak ezagutzen direnez, emariaren adierazpenean ordezkatzea besterik ez da falta.

$Q = C \cdot A_o \cdot (2\ g\ R)^{1/2} = 0,8 \cdot (\pi \cdot 0,1^2 / 4)\ (2\ g \cdot 0,85)^{1/2} = 0,0256\ m^3/s$

Q_3 = 25,65 l/s

$B_N = 37{,}785 > 22 = B_C$ denez, urak 3 hodian N korapilotik depositura doa.

Beraz:

$B_N - h_{f\,3} = 22 \rightarrow h_{f\,3} = 37{,}785 - 22 = 15{,}785$

Hazen/Williams erabiliz $h_{f\,3} = J_1\, L_3\, Q_3^{1,852} = 15{,}785$

Lehenbizi 3 hodirako J_1 kalkulatu behar da:

$D_3 = 125$ mm ; $\varepsilon / D = 0{,}01 / 12{,}5 = 8\cdot 10^{-4} \rightarrow C_{HW} = 130 \rightarrow J_1 = 9{,}05\cdot 10^{-5}$

Hau da: $15{,}785 = 9{,}05\cdot 10^{-5}\, L_3\, (25{,}65)^{1,852} \rightarrow$ **L_3 = 428,515 m**

c) Q_1 = 2.400 l/mn = 2.400 / 60 = 40 l/s. Ponparen potentzia erabilgarria kalkulatzeko ponparen altuera manometrikoa jakin behar da. Horretarako Bernoulli-ren ekuazioa aplikatuko da A depositu eta N korapilo artean:

Depositua atmosferara irekita dagoenez:

$Z_A - h_{f1} + H_B = B_N \rightarrow H_B = B_N - Z_A + h_{f1} = 37{,}785 - 10 + h_{f1}$

1 hodiko karga-galera kalkulatu behar da:

$D_1 = 175$ mm ; $\varepsilon / D = 0{,}01 / 17{,}5 = 5{,}71\cdot 10^{-4} \rightarrow C_{HW} = 130 \rightarrow J_1 = 1{,}76\cdot 10^{-5}$

$h_{f1} = 1{,}76\cdot 10^{-5}\cdot 500\cdot (40)^{1,852} = 8{,}156$ muz

$H_B = 27{,}785 + 8{,}156 = 35{,}94$ muz

$P_{erabilgarria}$ $= 35{,}94\cdot 40\cdot 10^{-3}\cdot 9.800 = 14.089$ W = **14,1 kW**

d) 4 hodia aztertzeko emaria eta zirkulazio-norantza ezagutu behar dira.

$Z_D = 45 > B_N = 37{,}785$ denez; fluxuak D depositutik N korapilora zirkulatuko du.

Gainera korapiloan jarraitasunaren ekuazioa bete behar da, hau da:

$\sum Q_{irten} = \sum Q_{sartu} \rightarrow Q_1 + Q_4 = Q_2 + Q_3 \rightarrow Q_4 = 36{,}69 + 25{,}65 - 40$

$Q_4 = 22{,}34$ l/s
Bernoulli-ren ekuazioa aplikatuz D depositu eta N korapilo artean:

$45 - h_{f\,4} = 37{,}785 \rightarrow h_{f\,4} = 7{,}215$ muz $= J_1^{max}\, L_4\cdot Q_4^{1,852}$

4 hodiko karga-galera ezagutzen denez: $h_{f4} = 7{,}215$ muz, kalkula daiteke hodiaren J_1^{max}; diametroak komertziala izan behar duenez ez da izango diametrorik bere J_1 zehazki J_1^{max} izango duenik. Horregatik beti aukeratu behar da diametroa goitik joz (hurbilena goitik joz).

$J_1^{max} = 7{,}215 / (1.500 \cdot 22{,}34^{1{,}852}) = 1{,}523 \cdot 10^{-5}$ J_1-eko kuadroan begiratuz:

Hasierako balio gisa D_4= 175 mm hartzen da. Ondoren baliagarria den egiaztatzen da:

$D = 175$ mm ; $\varepsilon / D = 0{,}01 / 17{,}5 = 5{,}71 \cdot 10^{-4} \rightarrow C_{HW} = 130 \rightarrow J_1 = 1{,}76 \cdot 10^{-5}$

$J_1^{erreal} = 1{,}76 \cdot 10^{-5} > J_1^{max} \rightarrow$ beraz ez da baliagarria eta hurrengo diametro handiagoa hartzen da, beti ere akatsik ez egiteko egiaztatuz:

$$\mathbf{D_4 = 200\ mm} \rightarrow C_{HW} = 130 \rightarrow J_1 = 9{,}17 \cdot 10^{-6} < J_1^{max}$$

e) Diametroa behar zena baino handiagoa denez, emarien banaketa lehen kalkulatutakoa izan dadin karga-galera puntuala sortu beharko da 4 hodian balbula baten bidez. Berriro Bernoulli-ren ekuazioa aplikatuz D depositu eta N korapilo artean:

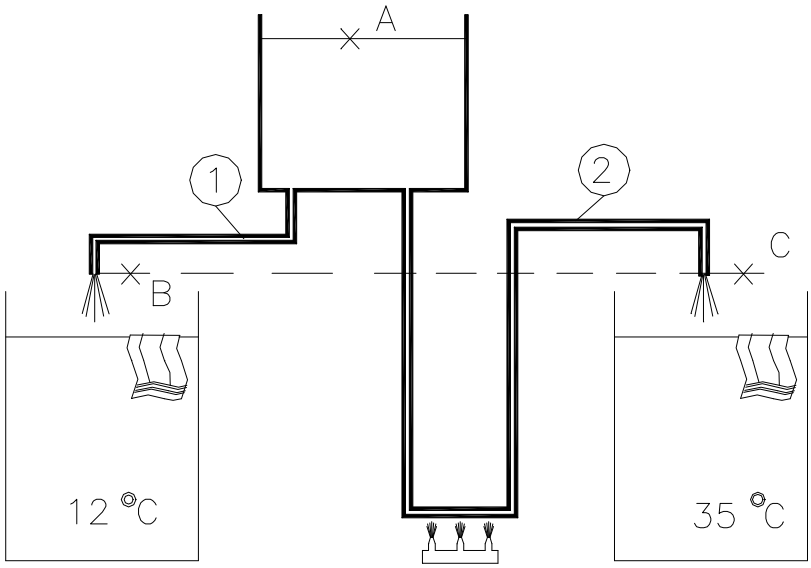
$$45 - h_{f\,4} - h_{f\,balbula} = B_N = 37{,}785 \rightarrow h_{f\,balbula} = 7{,}2 - 9{,}17 \cdot 10^{-6} \cdot 1.500 \cdot 22{,}34^{1{,}852}$$

$$\mathbf{h_{f\,balbula} = 2{,}862\ muz}$$

$$Pot^{galdua} = 2{,}862 \cdot 22 \cdot 34 \cdot 10^3 \cdot 9.800 = 626{,}8\ W$$

Balbulan galdutako potentzia = 626,8 W

6.8. Donostiako IITUE-ko Fluidoen Mekanikako ikasleek kanpoko dutxa bat eraiki dute. Zisternak 220 *l*-ko bolumena du. Ikasle gehienak 12 ºC-ra dagoen urarekin dutxatzen dira (s_1 = 1), baina burukideek ura 35 ºC-raino berotzen dute (s_2 = 0,99). Bi hodiak kobrezkoak dira eta 15 mm-ko barne-diametroa dute.
Deposituko ur-maila B eta C deskarga-uneetatik 1m-ra dago.



6.8. ariketa

a) Adierazi 1 hodiko pieza berezien luzera baliokideak eta 2 hodiko pieza berezien igarotze-faktoreak.

b) Kalkulatu ikasleen dutxara iristen den Q_1 emaria (Hazen-Williams; luzera baliokideen metodoa).
c) Kalkulatu burukideen dutxara iritsiko den Q_2 emaria (Moody; igarotze--faktoreen metodoa).

Datuak: 1 hodia: Depositu-irteera (Borda).
2 bat-bateko ukondoa (θ = 90º).
Luzera L_1 = 7 m; D_1 = 15 mm.
2 hodia: Depositu-irteera (Borda).
4 bat-bateko ukondoa (θ= 90º).
Luzera L_2 = 9 m; D_2 =15 mm.

Ebazpidea:

a) -1 hodia: luzera baliokideen abakotik balioak hartuz (20. abakoa):

depositu-irteera (Borda zulogunea): L_{bal} = 0,45 m

bat-bateko ukondoak 90º: L_{bal} = 1 m /ukondo

$L_{bal}^{totala} = 7 + 0{,}45 + 2\cdot 1 = 9{,}45$ m

- 2 hodia: pieza berezien igarotze-faktoreen koadrotik balioak hartuz (21. taula)

depositu-irteera (Borda zulogunea): k = 1

bat-bateko ukondoak 90º: k = 1,13 /ukondo

b) Hazen/Williams-en adierazpena eta luzera baliokideen metodoa erabiliz Q_1 kalkulurako:

Lehenbizi Bernoulli-ren ekuazioa aplikatzen da depositu eta dutxaren irteera artean.

$Z_A - h_f = V^2_B / 2g$; $h_f = J_1\cdot 9{,}45\cdot Q_1^{1,852}$

ε (kobrea) = 0,00015 cm

$\varepsilon / D = 0{,}00015 / 1{,}5 = 1\cdot 10^{-4} \rightarrow C_{HW} = 140 \rightarrow J_1$ (diametroa tabulaturik ez dagoenez, adierazpen matematikoa erabiltzen da)

$J_1 = 1{,}2117\cdot 10^{10} / (140^{1,852}\cdot 15^{4,87}) = 2{,}4055$

ordezkatuz:

$1 = 2{,}4055\cdot 9{,}45\cdot Q_1^{1'852} + V^2_B / 2g$

V_B Q-ren funtzioan adieraziz: $V_B = Q_1\cdot 10^{-3} / (\pi\cdot 0{,}015^2 / 4) = 5{,}66\cdot Q_1$

$V^2_B / 2g = 1{,}634\cdot Q_1^2$, ekuazioan ordezkatuz:

$1 = 2{,}4055 \cdot 9{,}45 \cdot Q_1^{1{,}852} + 1{,}634 \cdot Q_1^2 \rightarrow$ eragiketak eginez ekuazioa Q_1-en funtzioan adierazten da.

$1{,}634 \cdot Q_1^2 + 22{,}7318 \cdot Q_1^{1{,}852} - 1 = 0$

Newton/Rapson-en metodoa erabiliz:

$$\mathbf{Q_1} = 0{,}1798 \text{ l/s} \cong \mathbf{0{,}18 \text{ l/s}}$$

c) 2 hoditik ur beroa doanez, emaria kalkulatzeko ariketaren enuntziatuak dioen bezala Darcy /Weisbach-en adierazpena erabiliko da.

Bernoulli-ren ekuazioa: $Z_A - h_f = V^2_2 / 2g$

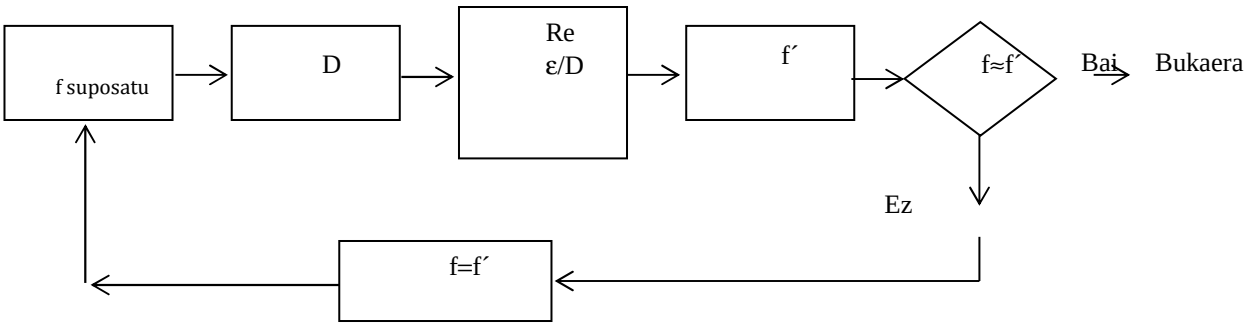
$h_f = h_{f\ hodi} + h_{f\ pieza\ bereziak} = f \cdot (9 / 0{,}015) \cdot V^2_2 / 2g + (1 + 4 \cdot 1{,}13)\ V^2_2 / 2g$

$h_f = (600 \cdot f + 5{,}52)\ V^2_2 / 2g$ ekuazioan ordezkatuz:

$1 = (600 \cdot f + 6{,}52) V^2_2 / 2g$

Ekuazio bat bi ezezagunekin ateratzen da (f eta V), beharrezkoa da iteratzea.

Jarraitu beharreko prozesua:



Kalkulurako adierzapenak:

$V = [\ 2\ g / (600\ f + 6{,}52)\ ]^{1/2}$.....(1)

$\varepsilon / D = 0{,}0001$; $\nu_{ura} = 7 \cdot 10^{-7}\ m^2/s$; $Re = V \cdot 0{,}015 / 7 \cdot 10^{7} = 21.428{,}57\ V$

f	**V(m/s)**	**Re**	**f'**	**f ≅f'**
Suposatu	(1) adierazpena	21.428,57 V	leuna(*) $0{,}316 / Re^{0{,}25}$	
0,025	0,9543	20.450,32	0,0264	ez
0,0264	0,936	20.055,84	0,0266	Balio dezake
0,0266	**0,9343**	20.021,24	0,0266	bai

* Hodia leun gisa portatzen da: (Re < Re') Re' = 23 / (ε / D) = 230.000 izanik eta gainera Re < 10^5 denez, marruskadura-koefizientea Blasius-en adierazpenaren bidez lortzen da: $f = 0{,}316 / Re^{0{,}25}$.

$$V = 0{,}9342 \text{ m/s}$$

$$\mathbf{Q_2} = 0{,}9343 \cdot (\pi \cdot 0{,}015^2 / 4) \cdot 10^3 = \mathbf{0{,}1651\ l/s}$$

IKASLEARI PROPOSATURIKO ARIKETAK

6.9. Milimetro bateko diametroa duen hodi batetik merkurioa jariatzen da 20 ^{o}C-tan, Reynolds-en zenbakia 1.600 izanik. Ondorengoa eskatzen da:

- Metro hodi bakoitzeko energia piezometrikoaren galera.

Emaitza: s=13,6 bada → 10 kPa/m.

6.10. 0,5 m-ko barne-diametroa duen altzairu erematxatuzko hodi horizontal batetik, ε = 0,5 cm duelarik, 100 l/s-ko olio-emaria ponpatzen da biskositatea 0,1 Po eta bere pisu espezifiko erlatiboa s = 0,85 izanik. Erabilitako ponpek 8 kg/cm^2-ko altuera erabilgarria sortarazten badute, ondorengoa eskatzen da:

- Elkarren segidan dauden bi ponpatze-estazioen artean jarri beharko den distantzia.

Emaitza: 86.540 m.

6.11. Tunel aerodinamiko bat 1,80 m-ko diametroa eta 60 m-ko luzera duen hodi batez osatuta dago, hormen zimurtasuna 0,016 mm-koa izanik. Jariakinaren abiadura 500 km/h-koa izan dadin, honako hau eskatzen da:

- Haizagailuaren potentzia erabilgarria, baldin eta γ_{aire}(20° C)=12,15 N/m^3 bada.

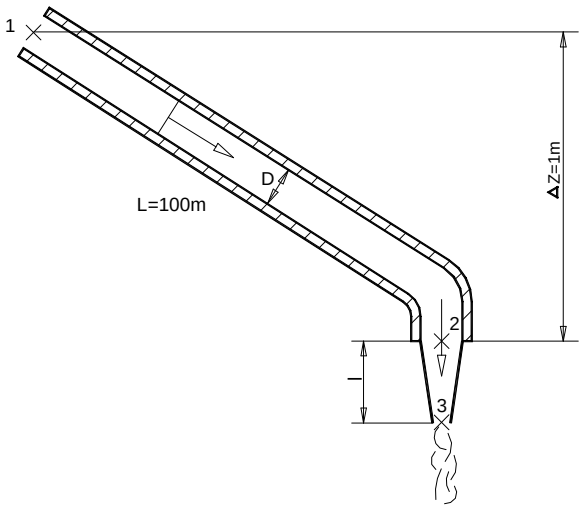
Emaitza: 1215 kW.

6.12. Irudiko instalaziotik $\nu = 2{,}5\cdot 10^{-6}$ m^2/s-ko biskositatea duen fluidoa jariatzen da. Kalkulatu:

a) Emari zirkulatzailea.
b) Egiaztatu fluxua laminarra dela.
c) Kalkulatu zein "l" luzerarako ezin den fluxua laminarra izango denik ziurtatu.

Datuak: hodiaren diametroa D=5 mm.

1 ebakidurako presioa P_1=0,1 kg/cm^2.



s = 0,8. Alde batera utzi garrantzi txikiko karga-galerak.

6.12. ariketa

Emaitza: 1,35·10^{-3} l/s; 10,78 m.

6.13. Kaleko galtzadatik behealdera 6 m-ra dagoen soto batean alkohol etilikoa dago metatuta. Alkohol hau 50 mm-ko diametroa eta 20 m-ko luzera duen hodi baten bidez kamioi batean kargatu nahi da.

Hodiak 4 ukondo eta 2 balbula ditu. Horretarako % 50eko errendimendua eta 1 ZP-ko potentzia gordina duen ponpa bat erabiltzen da. Kamioiko depositukо sarrera galtzadaren gainetik 2,50 m-ra dago. Hodia altzairu teinkatuzkoa da, alkoholaren dentsitate erlatiboa s = 0,90, bere biskositate zinematikoa $1{,}4\cdot 10^{-6}$ m^2/s-koa eta ukondo eta balbula bakoitzaren luzera baliokideak 5 eta 10 m dira hurrenez hurren. Ondorengoa eskatzen da:

- Zirkulatzen duen emaria.

Emaitza: 3,4 l/s.

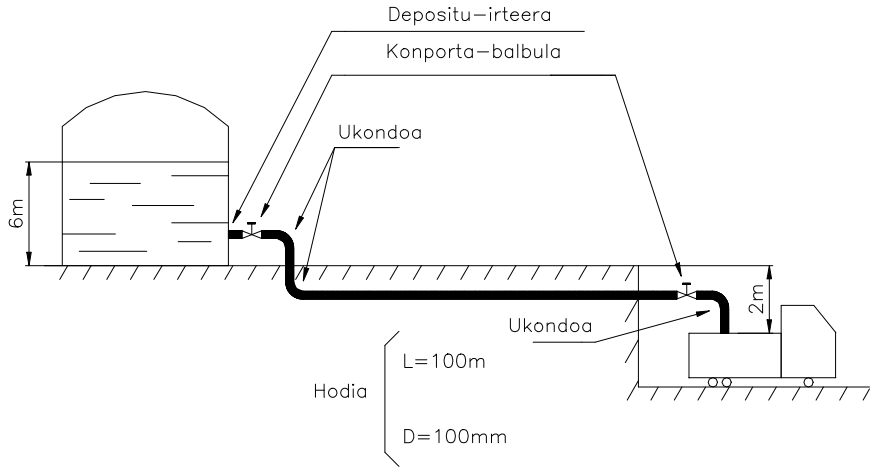
6.14. "Big Inch", 600 mm-ko barne-diametroa duen altzairu komertzialezko oliobidea da. Oliobide hau eguneko petrolio gordinaren 47.000 m^3-ko emaria garraiatzeko proiektatu zen, ponpatze-estazioak 80 km-ro daude eta etengabeko jarduera dute. Ondorengoa eskatzen da:

a) Estazio bakoitzean beharrezkoa den potentzia gordina (η = % 75).
b) Denboraldi bat pasatu ondoren ponparen errendimendua % 70era jaitsi eta hodiaren marruskadura-koefizientea % 10 igo bada, zirkulatzen duen emaria kalkulatu.

Datuak: Pisu espezifiko erlatiboa s = 0,86; tenperatura = 10 ^{o}C; oliobidea horizontala dela suposatu.

Emaitza: 2.785 kW; 515 l/s.

6.15. Petrolio-biltegi batean, irudian agertzen den instalazioa erabiltzen da gasolina--banaketa egiten duten kamioiak betetzeko. Ondorengoa eskatzen da:



6.15. ariketa

a) Emaria, biltegiko mailaren altuera 6 m-koa denean.

b) Horrela kamioi-hornidura motela denez, aire konprimatuaren bidez biltegian gainpresioa sortu da. Orain honakoa eskatzen da: gasolina-emaria bikoiztu dadin aire konprimatuak beharko duen presioa, aurreko baldintzetan, hau da, biltegiaren mailaren altuera 6 m-koa denean.

Oharra: Pieza berezietan karga-galerak igarotze-faktorearen bidez kalkulatu.

Datuak: Hodiaren materiala: burdina forjatua; gasolinaren tenperatura = 10 ^{o}C, ukondoak, erradio ertainekoak dira eta konporta-balbula guztiz irekia dago.

Emaitza: 20,8 l/s; 1,6 kg/cm^2.

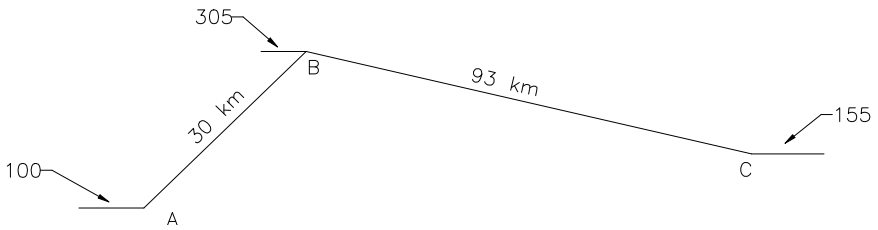
6.16. Hodieria bateko A eta B puntuak 15 cm-ko diametroa eta 1.200 m-ko luzera duen altzairu komertzialezko hodi baten bidez lotuta daude. B puntua A baino 15 m gorago dago eta A eta B puntuetako presioak 8,6 eta 3,4 kg/cm^2 dira hurrenez hurren. Ondorengoa eskatzen da:

a) A eta B-ren artean igaroko den fuel-olioaren emaria 21 ºC-tan.

Datuak: Biskositatea = $3{,}83\cdot 10^{-6}$ m^2/s ; dentsitate erlatiboa s = 0,854.

Emaitza: 41,8 l/s.

6.17. 180 l/s keroseno garraiatu nahi da (dentsitate erlatiboa s = 0,98; biskositatea = $2{,}8\cdot 10^{-6}$ m^2 /s) oliobide baten bidez, luzetarako profila irudian ikusten delarik. Ondorengoa eskatzen da:



6.17. ariketa

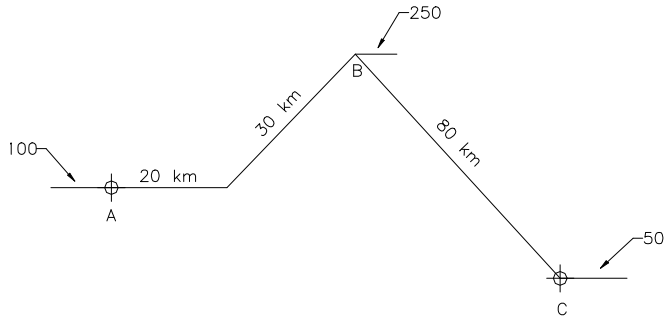
a) Jariakinaren abiadurak 0,8 eta 1 m/s bitartean egon behar duela eta diametro komertzialak berrogeita hamarnaka (mm-tan) egiten direla kontuan hartuz, ezarri behar den burdinurtuzko hodiaren diametroa aukeratu, diametro hori oliobide osorako berdina izango delarik.
b) Ponpak beharrezkoa duen potentzia landugabea, kerosenoa presio atmosferikoan C-ra iritsi dadin eta ponparen errendimendua 0,75koa izanik.
c) Lerro piezometrikoa marraztu.
d) Likidoaren presioa B-ra iristean.

Emaitza: 500 mm; 599 kW; 4,6 mlz.

6.18. Oliobide bat daukagu, non bere luzeratako profila irudiko eskeman adierazia datorren. Oliobide hau 60 l/s petrolio gordineko emaria 20 ^{o}C-tan garraiatzeko

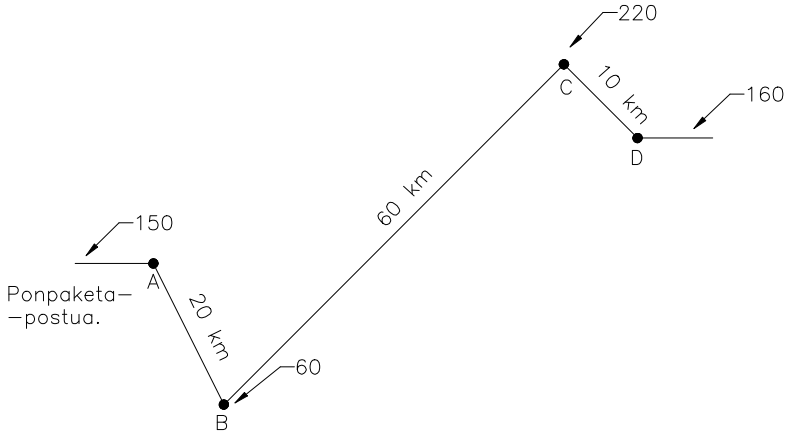
erabiltzen da. (dentsitate erlatiboa s = 0,86 ; biskositatea = $8{,}5\cdot 10^{-6}$ m^2/s). Ondorengoa eskatzen da:

a) Burdinurtuzko hodiaren diametroa aukeratu petrolioak 0,5 eta 1 m/s bitarteko abiadurarekin zirkula dezan. 200, 250 eta 300 mm-ko diametroko hodiak besterik ez dauzkagu.
b) Bere errendimendua 0,75 izanik, A eta B-n ezarri beharreko ponpen potentzia gordinak. B puntuan likidoa eguratseko airea ukituz dago.
c) Lerro piezometrikoak.



Emaitza: 300 mm; 207,7 kW; 35,65 kW.

6.19. Irudian agertzen den luzetarako profila duen olioduktua daukagu. Hodia 400 mm-ko barne-diametrokoa da. Eguneko 25.920 m^3 petrolio gordin garraiatu nahi da eguneko 24 orduetan etenik gabe. Ondorengoa eskatzen da:



a) Ponparen potentzia gordina bere errendimendua % 75ekoa bada.
b) Denboraldi bat igaro ondoren ponparen errendimendua % 70era jaitsi eta hodien marruskadura-koefizientea % 10 igo bada, zirkulatuko duen emari berria zenbatekoa izango den jakin nahi da. Emaria mantendu nahi bada, ponpa bat gehitu behar zaio instalazioari. Zenbatekoa izango da ponpa honen potentzia erabilgarria?

Datuak: Petrolioaren tenperatura = 30 ^{o}C ; hodiaren materiala: burdinurtua.

Emaitza: 4.509 kW; 284 l/s; 3717,4 kW

6.20. $7\cdot 10^{-6}$ m^2/s-ko biskositatea eta s = 1,1 dentsitate erlatiboa duen likido bat intsuldatu nahi da eguratsera irekiak dauden bi deposituren artean. Depositu

hauen artean 22 m-ko desnibela dago eta batzen dituen hodiak 1.500 m-ko luzera eta 0,03 cm-ko zimurtasuna ditu. Intsuldaketa honetarako ponpaketa-postua erabiltzen da. Honako hau eskatzen da:

a) Hodiaren diametroa, abiadura 0,8 eta 1,2 m/s bitartekoa izan dadin, intsuldaketan emaria 45 l/s-koa bada. Diametro komertzialak berrogeita hamarnaka egiten dira (mm-tan).
b) Ponparen potentzia erabilgarria.
c) Ponpatutako emaria, huts baten ondorioz 20 kW-eko potentzia erabilgarria duen ponpa ipiniz gero.
d) Azpiko deposituari eman beharko zaion presioa, bere hasierako jardueratik 10 urte pasatu ondoren, honek dakarren instalazioaren zaharkitzearekin, 45 l/s-ko hasierako emariak zirkula dezan nahi bada.

Emaitza: 250 mm; 13,95 kW; 57 l/s; 7,3 kPa.

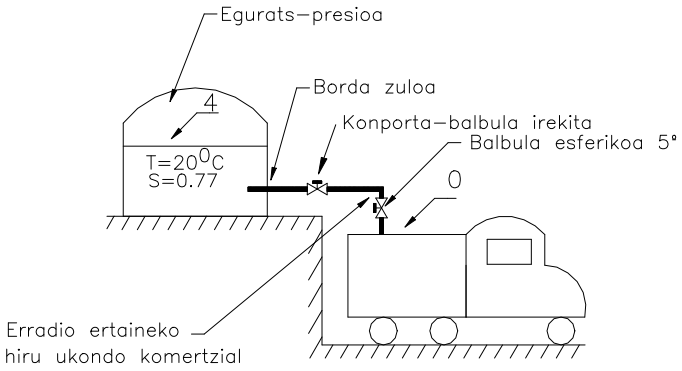
6.21. Bilketa-depositu batetik kerosenoa banatzen duten kamioiak betetzeko instalazio bat dugu, marrazkian adierazitako hodi-sistemaren bitartez. Ondorengoa eskatzen da:

a) Irudiko posizioan dagoen emari jariakorra.

***Datuak*:** Kerosenoaren tenperatura = 20 ^{o}C; honen pisu espezifiko erlatiboa s = 0,77; hodiaren luzera L = 25 m; honen diametroa D =100 mm; hodiaren materiala = altzairu komertziala.

Oharrak: Pieza berezietako kar-ga-galerak kalkulatzeko igarotze-faktoreen metodoa erabili behar da.

Dokumentazioa: Biskositate eta Moody-ren abakoak; zimurtasun eta igarotze-faktoreen koadroak.



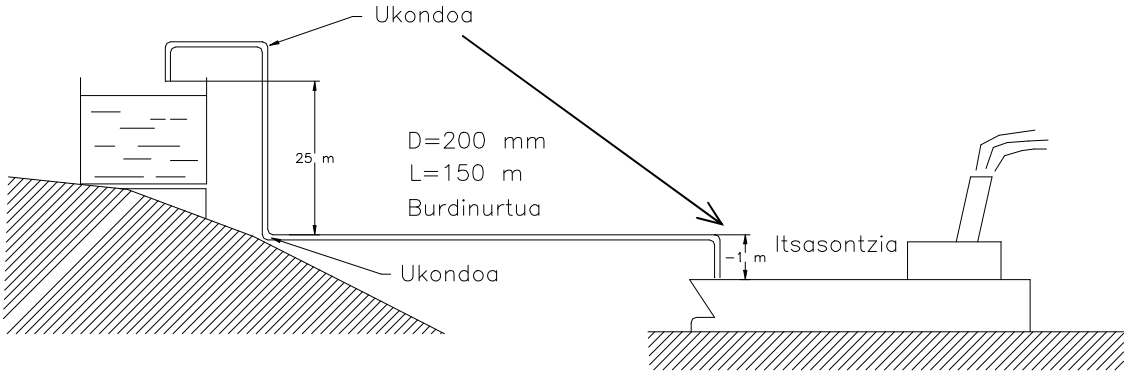
6.21. ariketa

Emaitza: 22,5 l/s.

6.22. Pisu espezifiko erlatiboa s = 0,86 eta biskositate zinematikoa 0,05 St duen hidrokarburo bat garraiatzen duen petroliuntzi batek, portura heltzen denean bilketa-depositu batera intsuldatu behar du likidoa. Honetarako 15 kW eta % 70eko errendimendua duen ponpa-autozebatzaile bat dugu; intsuldaketa egiteko hodiaren diametroa 200 mm-koa da eta bere luzera 150 m-koa, 3 ukondo eta balbula bat ere baduelarik. Ondorengoa eskatzen da:

a) Intsuldatutako emaria.
b) Zer gertatuko litzateke deposituko gaineko geruza 26 kotara helduko balitz eta une horretan ponpa geldituko balitz?

Datuak: ukondo baten luzera baliokidea = 5 m; balbularen luzera baliokidea = 25 m



6.22. ariketa

Emaitza: 43,8 l/s; Fluidoak kontrako norantzan zirkulatuko luke sifoia deszebatu arte.

6.23. Petrolioa garraiatu nahi da 100 kotan kokaturiko depositu batetik 250 kotako beste bateraino, irudian agerturiko luzetarako profila duen hodi baten bitartez. Ondorengoa eskatzen da:

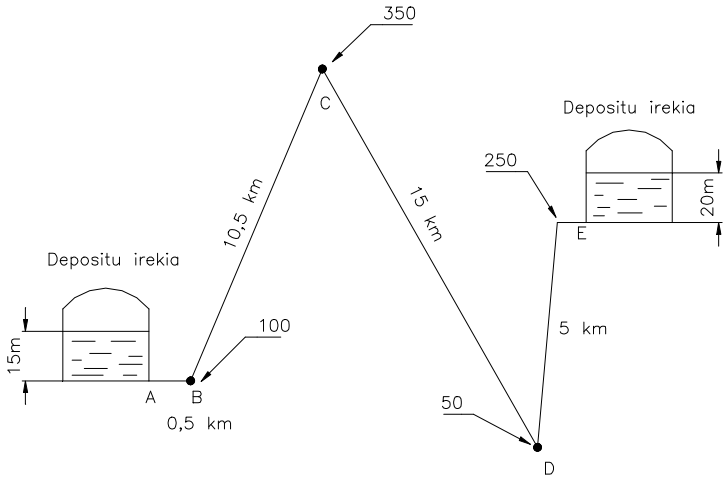
a) Aukeratu 50 l/s-ko emaria garraiatzeko behar den burdinurtuzko hodiaren diametroa, fluxuaren abiadurak 1 eta 1,5 m/s bitartean egon behar duela eta dauzkagun diametroak 150, 175, 200, 250, 300 eta 350 mm-koak direla jakinik.

b) A depositu-irteeran instalatu behar den ponparen potentzia, baldintza txarrenetan (A depositua hutsa eta E betea) aipaturiko emariak zirkula dezan. Ponparen errendimendua % 70ekoa da.

c) Egoera onenean zirkulatuko duen emaria, ponparen potentzia erabilgarria konstante mantentzen dela suposatuz.

d) Ponparik gabe: zenbateko presioa eduki beharko du A deposituak, betea izanik, b eta c galderei dagozkien emariek zirkula dezaten?

e) Kasu bakoitzari dagozkion lerro piezometrikoak.



6.23. ariketa

Datuak: Petrolioaren dentsitate erlatiboa s = 0,86; Petrolioaren biskositatea = $8 \cdot 10^{-6}$ m^2 /s.

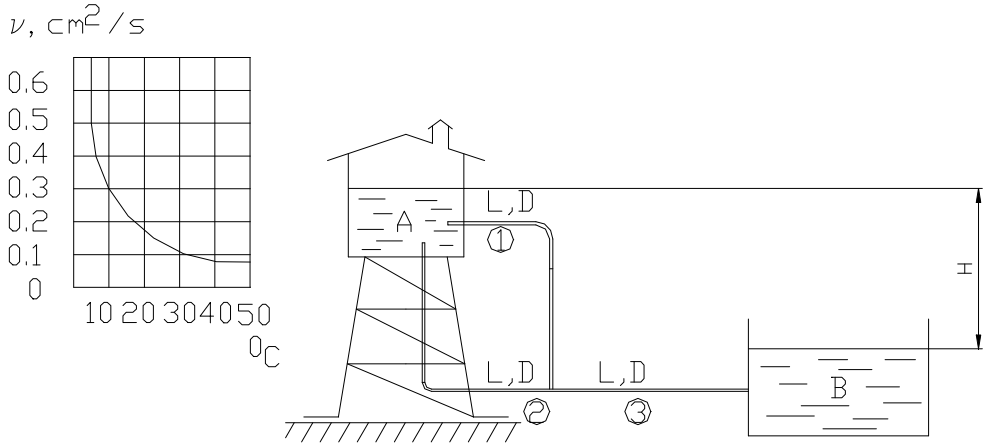
Dokumentazioa: Zimurtasunen koadroa eta Moody-ren abakoa.

Emaitza: 250 mm; 205 kW; 52,75 l/s; 29,28 kg/cm^2; 27,75 kg/cm^2.

6.24. Irudiko sistemak honako geometria hau du: L = 50 m; D = 25 mm. Sistema honetan zehar, 0,9ko pisu espezifiko erlatiboa duen eta bere biskositatea ondoko abakoaz definiturik datorren likidoa jariatzen da. Ondorengoa eskatzen da:

a) Likidoaren tenperatura 10 ^{o}C-koa denean, sisteman zehar 0,2 l/s-ko emari totala edukitzeko, beharrezkoa izango den H altuera.

b) Likidoaren tenperatura 40 ^{o}C-koa eta H=15 m balira, A depositua 2,7 kg/cm^2- -rainoko presiopean jarriz gero, sisteman izango genukeen emari totala.



6.24. ariketa

Oharra: Hodia, teinkatutako altzairuz eginik dago.

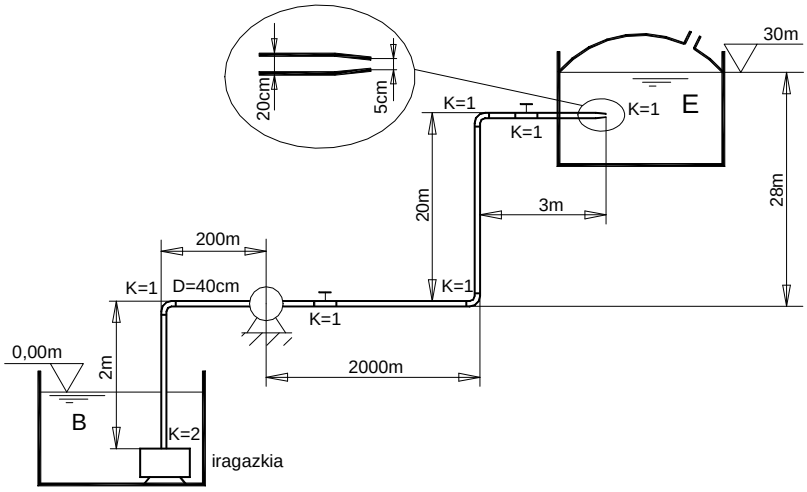
Emaitza: 4,79; 1,59 l/s.

6.25. Depositu garai bateraino petrolioa igotzeko, irudikatutako sistema erabiltzen da. Igo nahi den emariak 120 l/s-koa izan behar badu, ondorengoa eskatzen da:

a) Ponparen potentzia gordina, bere errendimendua 0,8koa bada.

b) Eskala egoki batean marraztu altuera piezometriko eta totalen lerroak, puntu adierazgarrienen kotak kalkulatuz.

c) Instalazioak dauzkan eta zuzen ez dauden bi puntu aipatu, eta aukeraketa horren arrazoiak azaldu.



6.25. ariketa

<u>Dokumentazioa:</u> Moody-ren abakoa. **<u>Datuak:</u>** Altzairuzko hodia ε=0,005 cm; dentsitate erlatiboa s = 0,86; $\upsilon = 7 \cdot 10^{-6}$ m^2/s

Emaitza: 705,05 kW.

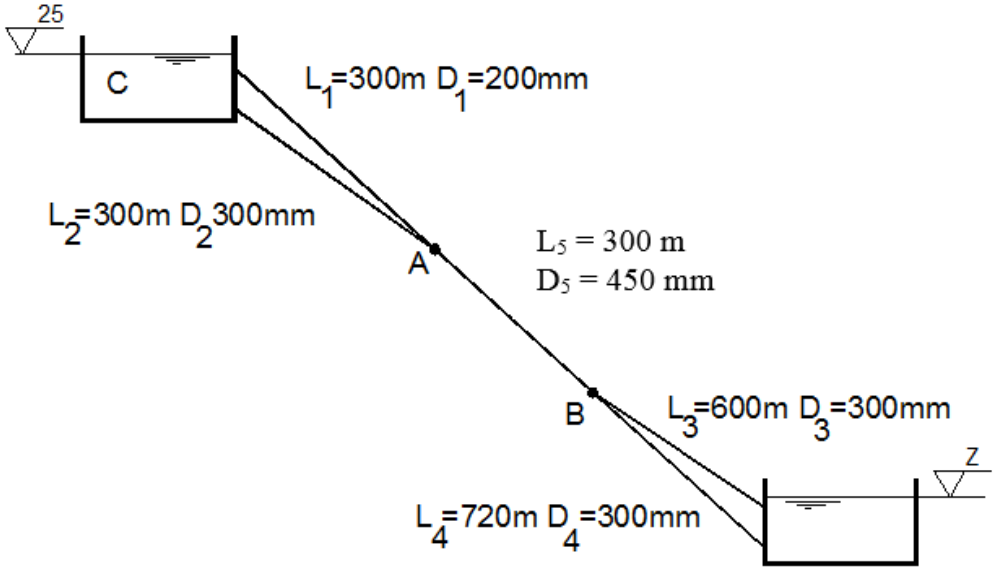
6.26. A eta D deposituak seriean dauden fibrozementuzko honako hodi-sistemaren bidez lotuta daude: (A-B) hodiak 50 cm-ko diametroa eta 1.800 m-ko luzera du eta (C-D)-k diametro ezezaguna eta 600 m-ko luzera. Deposituetako gainazal askeen arteko altuera-diferentzia 25 m-koa da. Ondorengoa eskatzen da:

a) C-D hodiaren diametroa A eta D-ren artean doan ur-emaria 180 l/s-koa baino handiagoa izan dadin.
b) A eta D-ren artean joango den emaria C-D hodiaren diametroa 350 mm-koa denean.

Emaitza: 300 mm; 335 l/s.

6.27. Sistemako 200 mm-ko diametroa duen hodiko uraren abiadura 1 m/s-koa bada ondorengoa eskatzen da:

a) Zirkulatzen duen emaria.
b) Z kota.

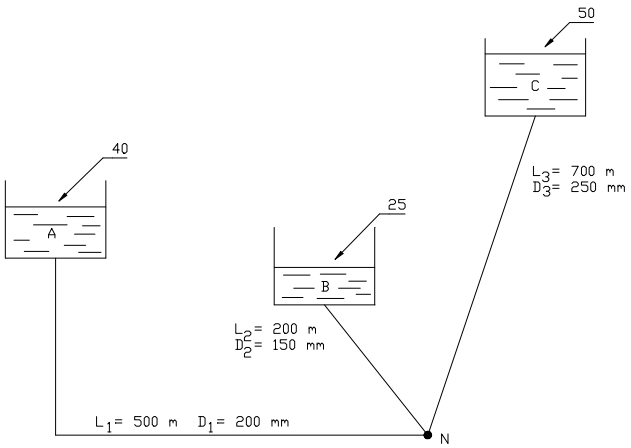


6.27 ariketa

Datuak: hodiak burdinurtuzkoak dira.

Emaitza: 31,42 l/s; 98,79 l/s; 130,21 l/s; 68,31 l/s; 61,9 l/s; 20,78 m.

6.28. Irudiko datuak kontuan izanik, ondorengoa eskatzen da:

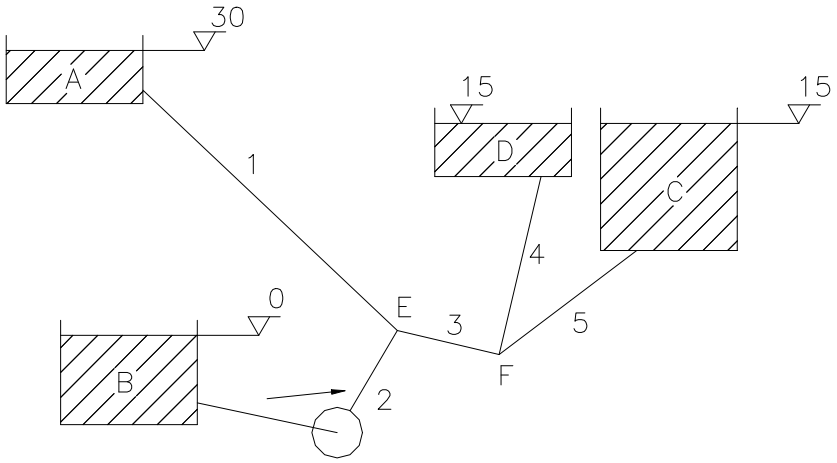


a) Zirkulatzen duten ur-emariak.
b) C-k eduki beharko lukeen kota 3 hoditik emaririk ez zirkulatzeko. Hori gerta daitekeen aztertu.
c) B-k eduki beharko lukeen kota 2 hoditik 10 l/s-ko emariak depositurantz zirkula dezan.

Oharra: Energia zinetiko eta galera txikiak alde batera utzi; hodiak fibrozementuzkoak dira.

Emaitza: 23 l/s; 64,1 l/s; 87,1 l/s; 34,28 m (ez); 45,46 m.

6.29. Irudian sare irekia azaltzen da. C depositura 25 l/s-ko ur-emaria iristea nahi da. Horretarako 4,5 kW-eko eta % 73ko errendimenduko ponpa ipini da. Kalkulatu:



6.29. ariketa

a) Emari zirkulatzaileak eta norantzak.
b) E eta F-ko kota piezometrikoak.
c) Ponparen altuera manometrikoa
d) 1 hodiko diametroa.
e) Marraztu lerro piezometrikoa.

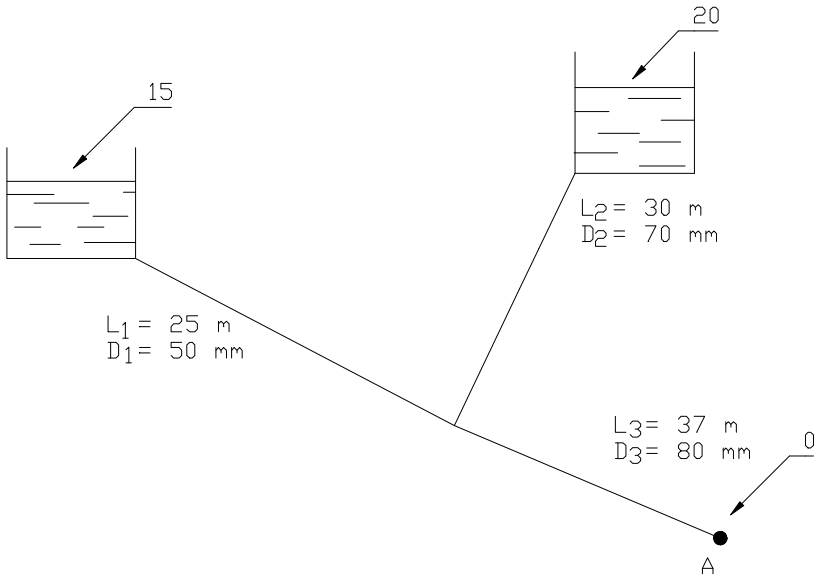
Oharra: Hodiak fibrozementuzkoak dira.

	1	2	3	4	5
L(m)	2.850	500	1.970	400	600
D(mm)	?	100	250	200	200

Emaitza: 46,82 l/s; 9,3 l/s; 56,127 l/s eta 31,127 l/s; 27,70 eta 17,14; 36 muz; 350 mm.

6.30. Irudiko ezkerreko eta eskuineko deposituek ura dute, 10 ºC eta 45 ºC-tan hurrenez hurren. Nahaste homogeneoa sortzen dela suposatuz, ondorengoa eskatzen da:

a) A-tik irteten den uraren tenperatura.
b) Gainerako aldagaiak konstante mantentzen direlarik, kalkulatu A puntuak izan beharko lukeen kota, uraren tenperatura bertatik irtetean 38 ºC-ko izan dadin.



6.30. ariketa

Oharra: Hodiak fibrozementuzkoak dira.

Emaitza: 36,7 ºC; 5,32 m.

6.31. Bi depositu, zeintzuen ur-mailak konstante kontsideratzen diren, 1.250 m-ko distantziaz aldendurik daude, eta kota-diferentzia 12 m-koa da. Gutxienez 98 l/s-ko ur-emariak zirkulatzea nahi da. Horretarako, soilik 5 m-ko hodi-zatiak daude, 300 mm-ko diametroa dute eta fibrozementuz eginak daude. Deposituen sarrera eta irteerei dagozkien karga-galerak eta tutuen arteko junturek eragindakoak ere kontuan hartu behar dira. Juntura bakoitzaren igarotze-fak-toreak 0,15 balio du eta depositu-sarreran eta irteeran angelu zorrotzak daude. Ondorengoa eskatzen da:

a) Arazoa hodi bakar batekin ebatz daitekeen ala ez deduzitu.
b) Erantzuna baiezkoa ala ezezkoa izan arren, ur-emaria.
c) Hodietako karga-galerak eta pieza berezietakoak independenteki.
d) Ur-emariak 98 l/s-koa izateko egon beharko lukeen mailen arteko diferentzia.
e) Goiko edo beheko deposituak zenbateko presioa eduki beharko duen, ur-emaria 98 l/s-koa izan dadin.

Emaitza: bai; 100 l/s; 8 eta 4 m; 11,55 m; 0,45 muz

6.32. Lantegi bat 231 kotan kokaturiko depositu baten bitartez hornitzen da urez; hornidura-hodiak 730 m-ko luzera du bitan bidebanatzen den N punturaino, bata

paraleloan kokaturiko 12 pitaz osaturiko ureztapen-sistema hornitzeko eta bestea ura presiopeko depositura sartzeko. Ureztapen-sistema hornitzen duen hodiak -NR- 500 m-ko luzera dauka eta gainpresio-depositura doanak -NS- 200 m. Ureztapen-sistemaren irteera-kota 193 da eta gainpresio-deposituarena 167. Pita bakoitzak 20 mm-ko irteera diametroa du eta bakoitzetik 5 l/s-ko emaria ateratzea nahi da. Deposituko presioa 35 muz-koa da; NR hodiaren diametroa 200 mm-koa da eta NS-rena 150 mm-koa. Pitak urez hornitzen dituen kolektoreko karga-galerak eta hodietan energia alde batera uztekoak direla kontsideratuko da. Aurreko guztia kontuan izanik, ondorengoa eskatzen da:

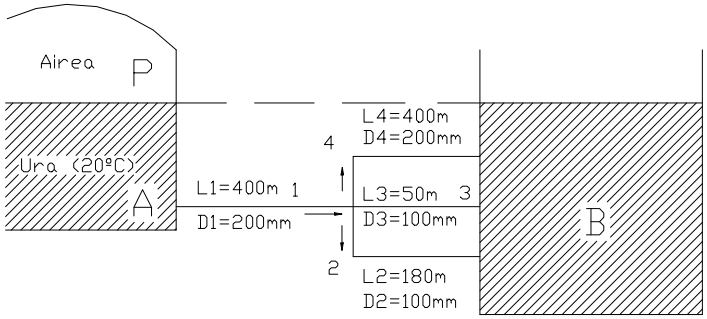
a) Instalazioaren eskema dagozkion lerro piezometrikoekin, puntu adierazgarrienen kotak adieraziz.
b) Gainpresio-depositura iritsiko den emaria.
c) DN hodiaren diametroa.

Oharra: Hodiak fibrozementuzkoak dira.

Dokumentazioa: Zimurtasun eta Hazen/ Williams-en koadroak.

Emaitza:56,16 l/s; 250 mm

6.33. Irudian depositu bat agertzen da, aire konprimatuz presiopeturik, altzairu komertzialezko hodi nagusi baten bitartez beste batekin konektaturik. Hodi nagusi honek 3 deribazio dauzka. Ondorengoa eskatzen da:



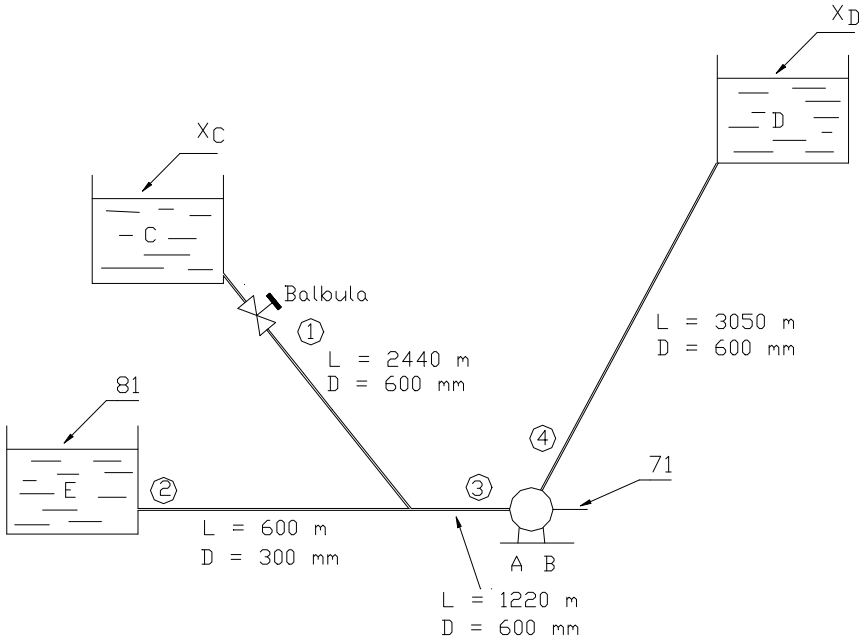
6.33. ariketa

a) 4 hodiko emaria 40 l/s-koa izan dadin, A depositua zenbateko presioa eduki behar duen (presioa kPa-etan).
b) Beste hodietako emari jariakorrak.
c) Prozedura honen bitartez eta Moody-ren abakoaren bitartez lorturiko erantzunak baliokideak izan daitezen behar den Hazen/Williams-en koefizientea.

Dokumentazioa: Zimurtasunen koadroa eta Moody-ren abakoa.

Emaitza: 106,77 kPa; 68,7 l/s; 9,7 l/s; 19 l/s.

6.34. Irudian azaltzen den hodi-sistemako ponpak 128 kW-eko potentzia du, A eta B, hau da, xurgapen eta deskarga-ebakiduretan, presioak hurrenez hurren 0,68 eta 3,6 kg/cm^2-koak direlarik. Ponparen errendimendua % 80koa da, balbularen igarotze-faktorea k=26 eta hodia egiteko erabili den materialea altzairu komertziala. Ondorengoa eskatzen da:



6.34. ariketa

a) Emaria, sarearen adar bakoitzean zehar.
b) C eta D deposituen kotak.
c) Lerro piezometrikoak marraztu, puntu adierazkorrenen kotak kalkulatuz.

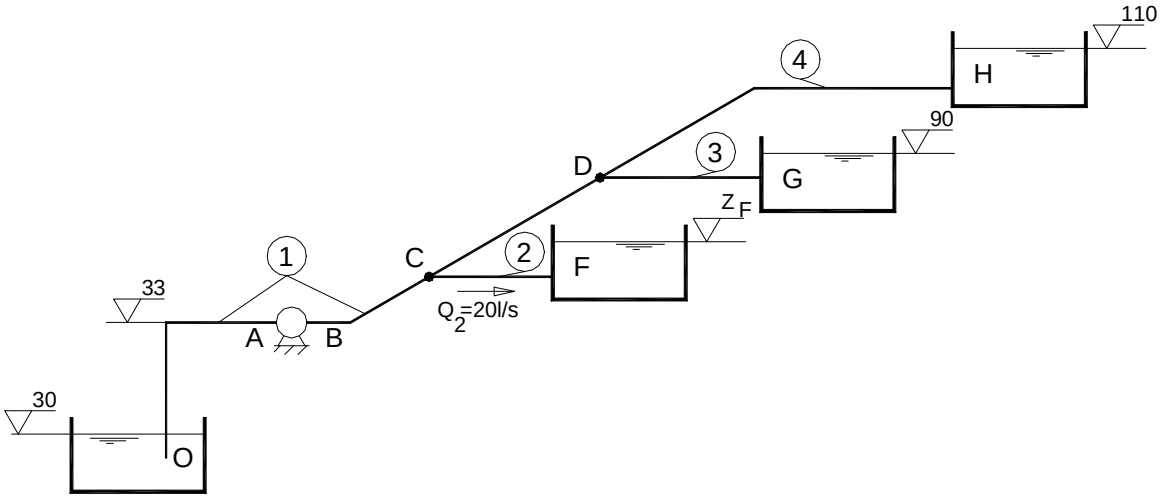
Dokumentazioa: Zimurtasunen eta Hazen/Williams-en koadroak.

Emaitza: 317,1 l/s; 40,7 l/s; 357,8 l/s; 86 m; 100,88 m.

6.35. Irudiko instalazioan eta adierazten diren datuekin, ondorengoa kalkulatu nahi da:

a) 1, 3 eta 4 hodietan zeharreko emariak.
b) F deposituaren kota.
c) DG hodiaren luzera.
d) Lerro piezometrikoa marraztu, puntu adierazkorrenen kotak jarriz.

Datuak: D_1 = 200 mm; $D_2 = D_3 = D_4$ = 100 mm; D_{CD} = 150 mm; L_1 = 800 m; L_2 = 1.000 m; L_{CD} = 400 m; L_4 = 400 m; Q_2 = 20 l/s; P_A = -0,4 kg/cm^2; P_B = 10 kg/cm^2; turboponparen potentzia gordina = 80 kW; turboponparen errendimendua = % 60; hodiaren materiala: altzairu komertziala; jariakina: ura.



Dokumentazioa: zimurtasunen eta Hazen/Williams-en koadroak.

Emaitza: 47,1 l/s; 16,77 l/s; 10,33 l/s; 56 m; 566 m.

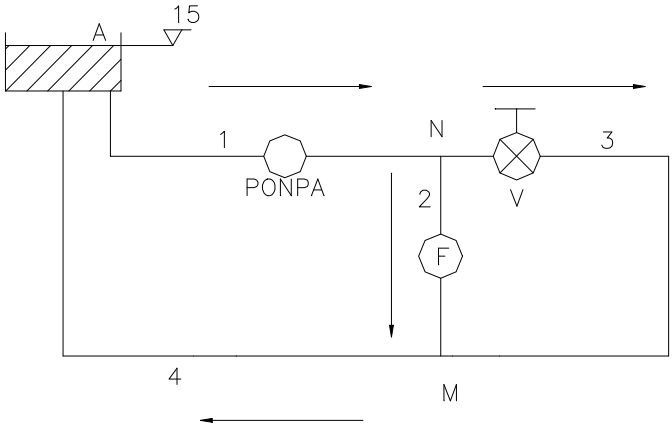
6.36. Polikiroldegi garrantzitsu batek iragazketa-sistema dauka, eskeman agertzen dena.

Burdina galvanizatuzko hodien datuak hauek dira:

	D(mm)	L(m)
1	80	60
2	60	20
3	60	30
4	80	70

Hodi guztietan garrantzi txikiko galerak hodiko galeren % 15ekoak direla kontsidera daiteke.

Iragazkiak sortzen duen karga-galera $\Delta P = 2.940 \cdot Q^2$ dela pentsa daiteke, non ΔP (Pa) eta Q (l/s) adierazten diren.



6.36. ariketa

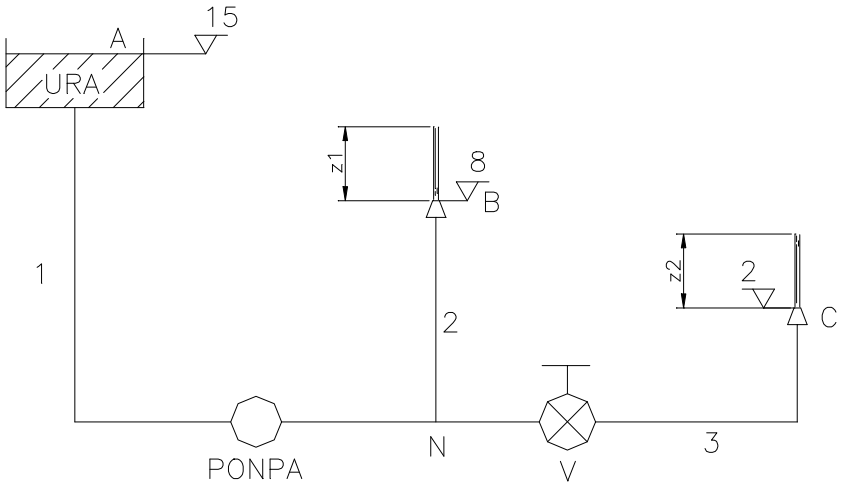
a) Kalkulatu ponpak behar duen potentzia baliagarria, 4 l/s-ko emaria iragazteko V balbula irekita dagoenean.
b) Potentzia baliagarria konstantea dela suposatuz, V balbula itxita dagoenean, kalkulatu iragazi den ur-emaria.

Emaitza: 2,265,34 kW; 7,92 l/s.

6.37. Irudian azaltzen den sisteman pitek atmosferara deskargatzen dute. 20 mm-ko diametroa dute eta igarotze-faktorea K = 0,06 (irteerako energia zinetikoarekin).

a) Kalkulatu 1 hodian jarri beharreko ponparen altuera manometrikoa eta potentzia erabilgarria, B pitatik irteten den zorrotada z = 4,5 m-ko altueraraino igo dadin.
b) Kalkulatu aurreko baldintzetan emari zirkulatzaileak eta C pitako zorrotadaren altuera.
c) Kalkulatu V balbularen karga-galera eta igarotze-faktorea bi pitetako zorrotadek altuera bera izan dezaten, ponparen potentzia erabilgarria konstantea dela suposatuz.
d) Adierazi kasu honetan emari zirkulatzaileak eta zorrotada bakoitzaren altuera.

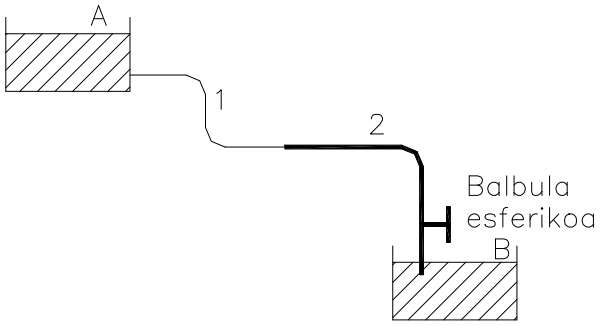
Datuak: Piten diametroa = 20 mm; Burdina galvanizatuzko hodiak.
Alde batera utzi garrantzi txikiko karga-galerak, pitetakoak izan ezik.
$D_1=D_2=D_3=50$ mm; $L_1=50$ m; $L_2= 25$ m; $L_3=50$ m.



6.37. ariketa

Emaitza: 14,81 m; 970,8 W; 6,69l/s, 2,95l/s, 3,74 l/s, 7,23 m; 3,97 m; 28,2, 6,52 l/s, 3,26 l/s; 5,5 m.

6.38. Irudiko instalazioan 40 ºC-ko ura jariatzen da. Burdinurtu asfaltatuzko hodiak berriak dira.



6.38 . ariketa

a) Kalkulatu emaria (Moody).

b) 5 urte pasatu eta gero, 15 ºC-tan dagoen 10 l/s-ko ur-emaria behar izanez gero, zenbatekoa izan behar du balbula esferikoaren k igarotze-faktoreak eta honi dagokion α ixteko graduak. Kontutan hartu hodieriaren nahiz pieza berezien zahartzapena (Hazen-Williams).

Datuak: $z_A - z_B = 7{,}60$ m.
Hodiak: burdinurtu asfaltatua

	L(m)	D(mm)
1	55	80
2	30	100

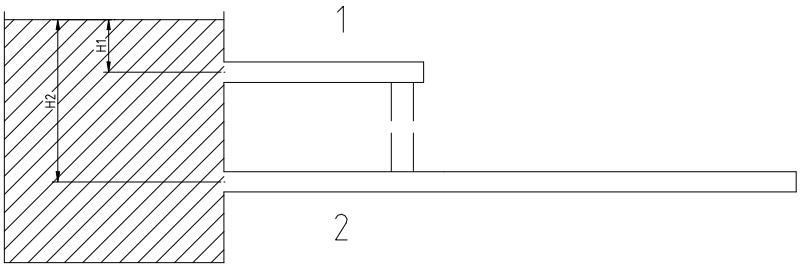
Pieza bereziak:

- 2 ukondo biribildu (θ = 90º eta r = 16 cm) 1 hodian.
- Ukondo biribildua (θ = 45º eta r = 30 cm) 2 hodian.
- Zabalgune bortitza.
- Balbula esferiko bat (α = 25 º).
- Depositu-irteera. (Borda zulogunea).
- Depositu-sarrera.

Emaitza: 13,2 l/s; k = 16,06, α = 38º

6.39. 75 mm-ko diametroko burdina galvanizatuzko bi hodik 30 eta 90 m-ko luzera dute, hurrenez hurren eta urtegiko gainazaletik H_1 eta H_2 m-ra daude. Hodi-sarrerako

igarotze-faktorea k=0,2 da eta biek atmosferara deskargatzen dute.



6.39. ariketa

Moody-ren abakoa erabiliz:

a) Fluxua turbulentua dela eta hodiak zimurrak bezala portatzen direla suposatuz, kalkulatu H_1/H_2 erlazioa bi hodiek emari bera deskarga dezaten.

b) Kalkulatu H_1-en balio minimoa hodiak zimurrak bezala porta daitezen, hodi erdileunen eta zimurren arteko Reynolds-en muga ondorengoa dela kontuan izanik:

$$\mathrm{Re} = \frac{200}{\varepsilon/D \; f^{1/2}}$$

e) a)-ko erlazioa betetzen dela eta H_2=125 m dela suposatuz, kalkulatu hodi bakoitzeko emaria.

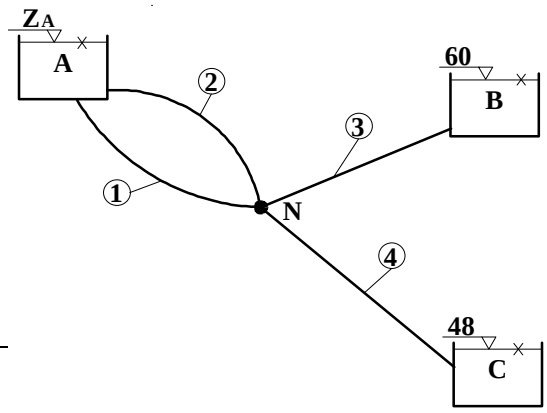
Hazen/Williams-en adierazpena erabiliz:

d) Bi hodiak diametro bereko hodi batez lotzen dira (lerro puntuduna). Kasu honetan H_2= 100 m eta H_1=36 m direla suposatuz, kalkulatu irteerako emari totala; alde batera utzi garrantzi txikiko karga-galerak.

e) d) ataleko geometria mantenduz, emari gutxieneko hodian ponpa hidrauliko bat jartzen da, bi hodietatik ur-emari bera pasatzen delarik. Kalkulatu ponpak kontsumitutako energia kWh-tan 24 orduko funtzionamenduan, bere errendimendua 0,8koa bada.

Emaitza: 0,361; 40,9 m; 40,4 l/s; 42,29 l/s; 172,3 kWh

6.40. Irudiko sare hidraulikoan Q_4 = 750 l/s bada, kalkulatu:



a) Emariak hodi guztietan.

b) A depositua kota (Z_A)

c) 1 eta 2 hodiak hodi bakar batez ordezkatu nahi dira, 5 hodiaz ($\varnothing_5$ = 700 mm). Kalkulatu hodiaren L_5 luzera sarearen portaera hidraulikoa alda ez dadin, hots, emariak alda ez daitezen.

d) Kalkulatu A depositu ur- mailaren kota (Z_A) A-tik irteten den emari guztia 5 hoditik C depositura zuzenean joan dadin, Q_3 = 0 izanik.

6.40. ariketa

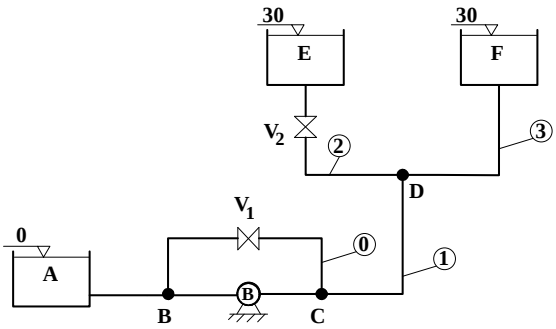
Oharra: **Hazen/Willians**-en formula erabili.

Datuak: Fibrozementuzko hodiak

	1	2	3	4
L(m)	1.800	2.400	2.400	3.000
D(mm)	500	600	700	800

Emaitza: 61,21 l/s; 84,7 l/s; 604,11 l/s; 54,19 m; 1.855,7 m; 74,21 m.

6.41. Instalazio-ponpaketa batek E eta F depositua urez hornitzen ditu. Ponpak arraste-motoretik 50 kW-eko potentzia zurgatzen du (η = 0,7) eta by-pass bat du V_1 erregulazio-balbula esferiko batez osatua. Garrantzi txikiko karga-galerak alde batera utzi, V_1 eta V_2 balbula esferikoetan sortuta-koak izan ezik, berauen igarotze- -faktorea irekitze-graduaren funtzio izanik eta balbula erabat irekita dagoenean 0 delarik, ondokoa eskatzen da:



6.41. ariketa

a) V_1 eta V_2 balbulen igarotze-faktoreak $Q_2 = Q_3$ = 40 l/s izan dadin. Zein izango da ponparen funtzionamendu-puntua (H, Q)?

b) Zein izango da Q_3 emari maximoa? Balbulen zein posiziorekin lortuko da?

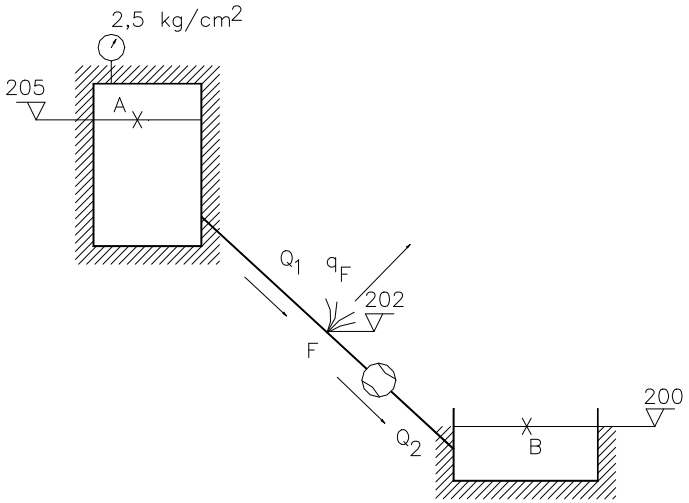
c) V_1 eta V_2 balbulak itxita badaude eta ponpa geldirik, karga-galera gehigarririk sortu gabe, zenbateko emariak zirkulatuko du F-tik A depositura?

Oharra: Altzairu komertzialeko hodiak. Alde batera utzi AB hodiaren luzera. Hazen/Williams-en formula erabili

	0	1	2	3
D(mm)	200	200	150	150
L(m)	0	40	35	50

Emaitza: 1,98; 791,1 (32,95 muz, 108,4 l/s); 90,66 l/s, V_1 eta V_2 itxiak; 169,7 l/s

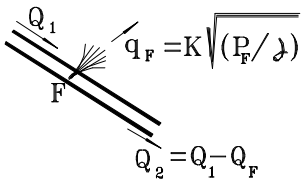
6.42. 200 mm diametroko eta 3.000 m luzerako fibrozementuzko hodieria batean zehar ura garraiatzen da grabitatez presiopeturiko (presurizatutako) A depositutik (Z_A = 205 m, P_A = 2,5 kg/cm^2) zabalik dagoen B depositura (Z_B = 200 m).



a) Garrantzi txikiko karga-galerak alde batera utziz, kalkulatu A-tik B-ra doan emaria.

b) Hodierian ura galtzen ote den susmoa sortu da. Emari-neurgailu bat ipini da B depositukо sarreran eta Q_2 = 42 l/s markatzen du. Hodieria aztertu eta F puntuan (Z_F = 202 m) hodiko pitzadura batetik nahikoa ur galtzen dela ikusi da. Hodiaren luzera zuloraino L_1 = 1.800 m dela jakinik, kalkulatu A depositutik ateratzen den Q_1 emaria eta ihes egiten duen q_F emaria.
Emari-neurgailua=

c) Ihes-emaria (q_F) ihesa bilatzen den puntuko presioaren erro karratuarekiko zuzenki proportzionala da, hots $q_F = K\sqrt{(P_F/\gamma)}$. Kalkulatu zulo honen K konstantea $\frac{l/s}{(muz)^{\frac{1}{2}}}$-tan .



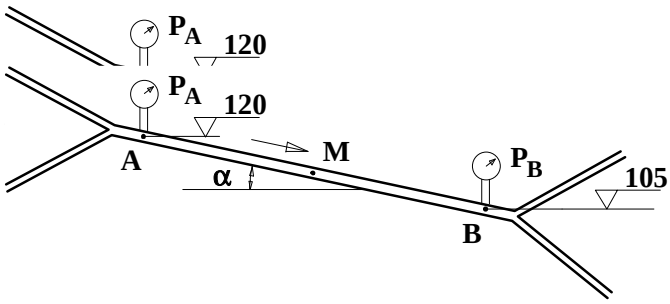
6.42. Xehetasuna.

Alde batera utzi hodiko energia zinetikoa.

d) Une jakin batean A-n presioa 2 kg/cm^2-koa izango balitz, planteatu ihes--emari berria kalkulatzeko bidea eskainiko luketen ekuazioak.

Emaitza: 43,7 l/s; 44,8 l/s; 2,8 l/s; 0,915.

6.43. Tzitzunzan-go (Mexiko) banaketa-sarean edateko ur edangarriaren errekuperazio-proiektu bat egiten ari dira. Fibrozementuzko AB hodian, 300 mm-ko diametroa duenean, pitzadura garrantzitsu bat ote dagoen susmoa dute eta bertatik galtzen den ura berreskuratu nahi da. Horretarako 2 Bourdon manometro kokatu dira A eta B puntuetan (Z_A= 120 m, Z_B= 105 m) presioak hurrenez-hurren 59 muz eta 51 muz izanik. Hodiak malda konstantea du (α) luzera osoan, L_{AB} = 2.050 m delarik.

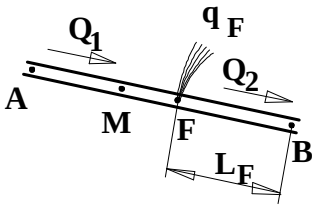


Ur-ihesik izango ez balitz:

a) Kalukulatu hoditik zirkulatuko lukeen Q emaria.

b) Kalkulatu presioa M-n (P_M) muz-tan. M puntua hodiaren erdian dago.

Detektagailu baten bidez MB zatian ur-ihesa dagoela jakin da, baina ezin izan da zehatz-mehatz non dagoen aurkitu. Zein puntutan dagoen jakiteko "presio diferentzialaren metodoa" deituriko ur-ihesen aurkitze-metodoa erabiltzen da. Metodo honen aldaera bat honetan datza: presioa M-n neurtzen da (P_M) eta Q_2 emaria ur-ihesaren ondoren. Presio erreala M-n P_M/γ = 53 muz dela eta B-n kokaturiko emari-neurgailu batek Q_2 = 112 l/s markatzen duela jakinik, kalkulatu:



6.43. Xehetasuna.

c) Ur-ihesaren goitik hodian barrena zirkulatuko duen Q_1 emaria.
d) L_F (m) distantzia F ihesetik B punturaino.

Metodoa: (Hazen-Williams).

Emaitza: 135,13 l/s; 55 muz; 147,4 l/s; 762,4 m.

6.44. A depositua, atmosferaza irekia, 900 m-ko kotan dagoena, B presiopeko depositua (920 m) eta C ureztapen pita (930 m) hornitzen ditu. Zirkulatzen duen jariakina ura da (S = 1; 18ºC). Hodiak burdinurtuzkoak dira eta luzerak eta diametroak, ondoko taulan agertzen dira.

	1	**2**	**3**
∅ (mm)	200	200	100
L (m)	50	500	¿?

Ondorengoa eskatzen da:

a) Emari zirkulatzailea 3 hodiko V válvula guztiz itxia badago. Ponpa aurretik dagoen bakuometroak 4 muz markatzen ditu, eta ponpa ondoren dagoen manometroak 7,6 kg/cm^2 (Darcy-Weisbach).

Lehorte handi bat dela eta, ureztapen pita hornitu behar da.

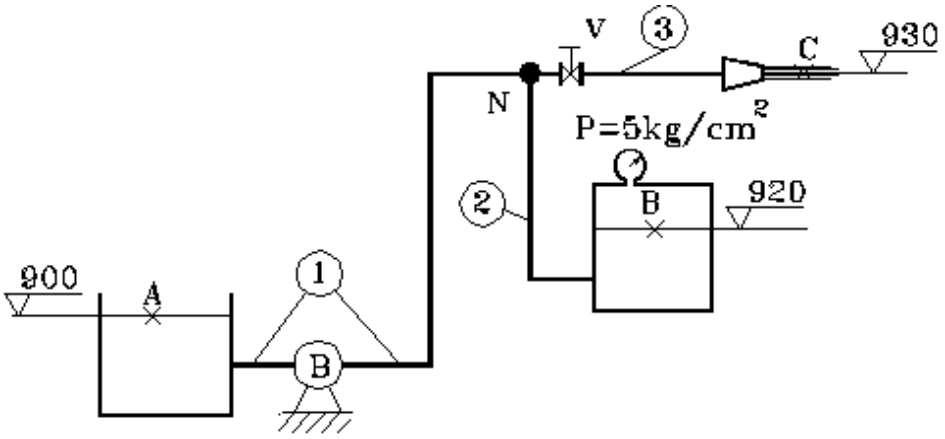
Hazen-Williams-en bidez:

b) Kalkulatu 3 hodiaren luzera, $Q_2 = Q_3$ izan dadin. Pitako presio dinamikoa 3,92 bar da. V válvula guztiz irekia dago eta ez ditu karga galera gehigarririk sortzen. Mespretxatu pitako karga galerak.

c) Kalkulatu ponpak emandako altuera manometrikoa (mHgz) eta potentzia erabilgarria $Q_2 = Q_3$= 56 l/s bada.

d) V balbulan sortzen diren karga galerak, Q_3 = 40 l/s eta Q_2 = 50 l/s badira. **Datuak:** $\varnothing_{pita}$ = 50 mm; Pitako igarotze faktorea K_{pita} = 0,2 (irteerako energia zinetikoarekin).

e) 1 hodiko hodiaren diametroa emari banaketa d) atalekoa izan dadin. Suposatu ponparen potentzia erabilgarria constante mantendu dela eta c) atalean kalkulatutakoa dela.



6.44 Irudia

Emaitza: 57 l/s; 17,04 m; 6,064 mHgz, 90,52 kW; 17,1 muz; 125 mm

6.45. Irudiko instalazioan, eta ponpatze baten bidez ura gehitzen da ureztapen kanal batera. Kanalean uzkurdura gabeko pareta meheko isurgailu bat dago, isurgailuarekiko karga 0,33 m eta isurgailuaren zabalera 3,6 metrotakoa izanik. Adierazitako datuekin eta fluxu iraunkorra suposatuz, ondorengoa eskatzen da:

a) 4 hodiko emari zirkulatzailea

Darcy-Weisbachen adierazpena, Moodyren abakoa edo adierazpen ezberdinak erabiliz:

b) C puntuaren kota piezometrikoa, hodiaren portaera arrazoituz.
c) 2 hodiko emari zirkulatzailea, norabidea adieraziz eta hodiaren portaera.

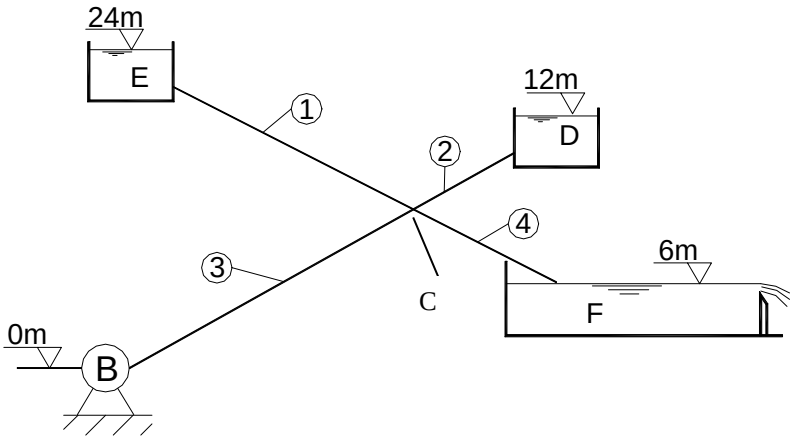
Hazen-Williams-en adierazpena erabiliz:

d) 1 hodiko emari zirkulatzailea, norabidea adieraziz.
e) 3 hodiko emari zirkulatzailea, eta ponparen irteerako kota piezometrikoa.
f) Ponparen sarrerako kota piezometrikoa -3 muz bada, ponparen altuera manometrikoa eta absorbaturiko potentzia kalkulatu, ponparen errendimendua %75 bada.

Oharra: Mespretxatu energia zinetikoa eta garrantzi txikiko karga galerak.

$\mathbf{Q_{isurgailua} = 1{,}77\ L\ H^{3/2}}$

Hodia	**1**	**2**	**3**	**4**
Luzera (m)	1800	1200	2400	2400
Diametroa (mm)	500	400	800	900
Materiala	Burdinurtua	Burdinurtua	Hormigoia	Hormigoia



6.45 Irudia

Emaitza: 1,208 m³/s ; 16,336 muz ; 155,36 l/s (C→D) ; 306,12 l/s ; 1057,19 l/s , 28,2 muz ; 31,2 muz , 431 kW.

7 GAIA

Erregimen aldakorra hodietan.

7. ERREGIMEN ALDAKORRA HODIETAN

SARRERA

Fenomeno transitorioek garrantzi handia dute higitzen ari diren fluidoen portaeraren azterketan. Horregatik fenomeno hauei buruzko gai bat eskaintzen da. Baina gaiaren konplexutasuna kontuan hartuz nahikoa ariketa errazak aurkeztea erabaki da (ebazpena batik bat praktikoa izanik), batez ere ariete-kolpea grabitatezko eta ponpaketazko instalazioetan aztertzen delarik.

ARIKETA EBATZIAK

7.1. Likido bat posizio bertikaleko U-erako hodi batean oszilatuz desplazatzen da, marruskadurarik gabe. Likido-zutabearen luzera 1,225 m-koa da. Atmosfera ukituz dauden bi meniskoen arteko koten aldea 0,5 m-koa denean, zutabearen abiadura 1 m/s-koa da.

Ondorengoa eskatzen da:

a) Meniskoen arteko kota-diferentzia maximoa.
b) Likidoak lorturiko desplazamendu-abiadura maximoa, zein unetan sortzen den eta meniskoen posizioa zein den.
c) Oszilazio-periodoa.

Ebazpidea:

a) Denboraren funtzioan meniskoen altuera oreka-posizioarekin erlazionatzen duen ekuazioa ondorengoa da:

$$z = Z\cos\sqrt{\frac{2g}{L}}t$$

Non Z z-ren balio maximoa eta L zutabearen luzera diren.

Abiadura posizio jakin batean ezaguna denez, aurreko ekuazioa denborarekiko deribatzen da:

$$\frac{dz}{dt} = -Z\sin\sqrt{\frac{2g}{L}}t\sqrt{\frac{2g}{L}}$$

$V = \frac{dz}{dt} = -1\, m/s$ eta L = 1,225 m kontuan izanik, ondorioz:

$$-1 = -4Z \sin 4t_1$$

Eta bestetik balioak goiko ekuazioan ordezkatuz:

$$\frac{0{,}50}{2} = 0{,}25 = Z \cos 4t_1$$

Azken bi ekuazioak zatituz ondorengoa lortzen da:

$$\tan\ 4t_1 = 1 \rightarrow t_1 = 0{,}196\ s$$

Beraz, Z-ren balio maximoa ondorengoa izango da:

$$Z = \frac{0{,}26}{\cos 4t_1} = 0{,}354\ m$$

Eta meniskoen arteko diferentzia maximoa berriz: 0,354· 2 = <u>0,707 m</u>

b) Abiadura bera lortuko da $\sin\sqrt{\frac{2g}{L}}t = 1$ denean, hau da t = <u>0,39 s</u>, hau da $V = \frac{dz}{dt} = -z\,1\cdot\sqrt{\frac{2g}{L}} = -0{,}354\cdot 1\cdot 4$ = <u>1,414 m/s</u>

c) Periodoak honakoa balioko du:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{2g}} = 1{,}57\ s$$

$$\boxed{T = 1{,}57\ s}$$

7.2. 500 m-ko luzerako hodi batetik urak zirkulatzen du 1,2 m/s-ko abiaduraz. Hodi bukaeran dagoen balbula bat ixten bada, zein gainpresio sortuko den jakin nahi da ondorengo kasuetan:

a) Balbula 1 s-tan itxiko balitz, hodia erabat zurruna eta likidoa guztiz konprimaezina izango balira.

b) Balbula bat-batean itxiko balitz eta hodia erabat zurruna izango balitz, uraren elastikotasun bolumetrikoaren modulua K = 2,14 10^9 N/m^2 izanik.

Ebazpidea:

a) Uraren azelerazio uniforme negatiboa: $a = \frac{V}{t} = \frac{1,2}{1} = 1,2\ m/s^2$.

Balbulan eragindako indarra = m·a = ρ·A·L·a, non A hodiaren zeharkako sekzioa eta L luzera diren.

Gainpresioa balbulan = $\frac{F}{A} = \rho La = 1.000 \cdot 500 \cdot 1,2 = 600.000\ Pa$

b) $k = -\frac{\Delta p}{\Delta V / V} \rightarrow \Delta V = \frac{\Delta p}{k}.V \Rightarrow \Delta V = \frac{\Delta p}{k}.\frac{m}{\rho}$

Presioaren batez besteko gehikuntza = $\frac{\Delta p}{2}$

Konpresio-deformazioaren energia = bolumen-aldakuntza x Presioaren batez besteko gehikuntza.

Fluidoaren energia zinetikoa deformazio-energia bihurtzen da, non:

$$m\frac{V^2}{2} = \frac{(\Delta p)^2 m}{2k\rho} \rightarrow \Delta p = V\sqrt{k\rho}$$

Balioak ordezkatuz ondorengoa lortzen da:

$$\Delta p = 1,2\sqrt{2,14 \cdot 10^9 \cdot 1.000} = 1,75 \cdot 10^6\ Pa$$

7.3. 1.200 m luzerako eta 400 mm diametroko hodi batetik 200 l/s-ko ur-emariak zirkulatzen du. Hodia altzairuzkoa da ($K_{altzairua}$ (elastikotasun bolumetrikoaren modulua)= $2,10^7$ N/cm^2) eta bere lodiera 8 mm-koa da. Hodi bukaeran kokaturiko balbula bat ixten bada, ariete-kolpez sorturiko gainpresioa ezagutu nahi da ondorengo kasuetan:

a.) Ixtea 4 s-tan egiten bada
b) Ixtea 2 s-tan egiten bada.

Ebazpidea:

a) Lehenbizi ea balbularen ixtea mantxoa ala azkarra den ikusi behar da.

Horretarako presio-uhinaren abiadura ezagutu behar da.

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48{,}3 + \frac{10^7}{E}\frac{D}{e}}} = \frac{9.900}{\sqrt{48{,}3 + \frac{10^7}{2.10^7}\frac{400}{8}}} = 1.156\ m/s$$

Non E hodia osaturiko materialaren elastikotasun bolumetrikoa den, D barruko diametroa eta e lodiera.

Presio-uhinak joan eta etortzen behar duen denbora:

$$T = \frac{2L}{a} = \frac{2{\cdot}1.200}{1150} = 2{,}1\ s$$

Beraz, balbularen ixte-denbora T_{id} = 4 s bada, ixtea mantxoa da eta Michaud--en formula aplikatzen da ariete-kolpea kalkulatzeko.

$$\Delta H = \frac{2LV}{gT_{id}} = \frac{2{\cdot}1.200{\cdot}1{,}6}{9{,}8.4} = 98\ muz = 960.000\ Pa$$

Non V hodiko fluxuaren abiadura den, funtzionamendu normalean.

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{0{,}2}{\pi\, {0{,}4^2}/{4}} = 1{,}6\ m/s$$

b) Balbula 2 s-tan ixten bada, ixtea azkarra da eta Allievi-ren formula erabiltzen da ariete-kolpea kalkulatzeko.

$$\Delta H = \frac{aV}{g} = \frac{1.156{\cdot}1{,}6}{9{,}8} = 188{,}8\ muz = 1.850\ kPa$$

7.4. Zentral hidroelektriko batek 350 m-ko jauzi gordinaren menpean lan egiten du 0,5 m^3/s-ko emariarekin. Presiopeturiko hodia altzairuzkoa da, 500 mm-ko diametrokoa eta 14,5 ºko batez besteko malda du. Pelton turbinako injektorea 5 s-tan ixten bada, hodiak zein lodiera izan beharko lukeen jakin nahi da.

Lodiera kalkulatzeko Barlow-ren formula erabiliko da:

$$e = \left({pD}/{2\sigma} + m \right) c$$

non **p** hodiaren lan-presio maximoa, **σ** materialaren lan-tentsio onargarria (σ = 15.000 N/cm^2), **m** handiagotzea korrosioz (2mm) eta **c** ijezketaren perdoia (1,15) diren. Dena den, lodiera (mm-tan) 10 baino txikiagoa bada, zenbaki osoa hartuko da eta 10 baino handiagoa bada, zenbaki bikoitza. Altzairuaren elastikotasun bolumetrikoaren modulua $2 \cdot 10^7$ N/cm^2

Ebazpidea:

Demagun gainpresioa, ariete-kolpea dela eta, altuera gordina % 50ekoa dela, hau da 175 m-koa.

Hodiko pareten lodiera:

$$e = \left(\frac{pD}{2\sigma} + m\right)c = \left(\frac{\frac{(350+175)9.800}{10^4}500}{2 \cdot 15.000} + 2\right)1{,}15 = 12{,}16\ mm$$

Beraz, lodiera 14 mm-koa izango da, ariete-kolpeak suposaturiko balioa badu.

Jarraian, sorturiko presio-uhinaren abiadura kalkulatzen da:

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48{,}3 + \frac{10^7}{E}\left(\frac{D}{e}\right)}} = \frac{9.900}{\sqrt{48{,}3 + \frac{10^7}{2 \cdot 10^7}\left(\frac{500}{14}\right)}} = 1.217\ m/s$$

Presio-uhinaren hodian barrena igotzen eta jaisten behar duen denbora hau izango da:

$$T = \frac{2L}{a} = \frac{2.350 / sin 14{,}10}{1.217} = 2{,}36\ s$$

T = 2,36 < T_{id} = 5 s, beraz ixtea mantxoa da. Michaud-en formula erabiliko da ariete-kolpea kalkulatzeko.

$$\Delta H = \frac{2LV}{gT_{id}}$$

$$V = \frac{Emaria}{Sekzioa} = \frac{Q}{\pi D^2 / 4} = \frac{0{,}5}{\pi 0{,}5^2 / 4} = 2{,}55\ m/s$$

$$\Delta H = \frac{2 \cdot 1.400 \cdot 2{,}55}{9{,}8 \cdot 5} = 146\ muz$$

Orain, ariete-kolpearen balio honekin berriro kalkulatzen da hodiaren lodiera:

$$e = \left(\frac{\frac{(350+146)9.800}{10^4} 500}{2 \cdot 15.000} + 2 \right) \cdot 1{,}15 = 11{,}6\ mm$$

Beraz, lodiera 12 mm-koa izango da eta ez 14 mm-koa lehen kalkulatu bezala.

Berriro kalkulatu behar da ariete-kolpea.

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48{,}3 + \frac{10^7}{2 \cdot 10^7}\left(\frac{500}{12}\right)}} = 1.191\ m/s \rightarrow T = \frac{2 \cdot 1.400}{1.191} = 2{,}35\ s$$

T<T_{id} ixtea mantxoa $\Delta H = \frac{2 \cdot 1.400 \cdot 2{,}55}{9{,}8 \cdot 5} = 146\ muz$, beraz kalkulua zuzen dago,

<u>e = 12 mm</u>.

7.5. Ponpaketa-instalazio batek 11,3 l/s-ko emaria ponpatzen du 50 muz-ko altuera geometrikora. Hodia fibrozementuzkoa da, 125 m-ko luzera eta 100 mm-ko diametrokoa, hodiko paretaren lodiera 9 mm-koa izanik. Instalazioak ponpako irteeran duen norantza bakarreko balbulan izandako ariete-kolpeak sortutako gainpresioa zenbatekoa izan den jakin nahi da.

Fibrozementuaren elastikotasun bolumetrikoaren mudulua K = 1.825.000 N/cm^2. Karga-galerak 6,3 muz-koak dira.

Ebazpidea:

Lehenbizi presio-uhinaren abiadura kalkulatzen da.

$$a = \frac{9.900}{\sqrt{48{,}3 + \frac{10^7}{E}\frac{D}{e}}} = \frac{9.900}{\sqrt{48{,}3 + \frac{10^7}{1.825.000}\left(\frac{100}{9}\right)}} = 946\ m/s$$

Soinu-uhinak hodian barrena igotzen eta jaisten behar duen denbora honakoa izango da:

$$T = \frac{2L}{a} = \frac{2 \cdot 125}{946} = 0{,}26\ s$$

Norantza bakarreko balbularen ixte-denbora Mendiluze-ren arabera ondorengoa da:

$$T_{id} = C_1 + \frac{C_2 LV}{gH_m}$$

Non C_1 hodiaren luzerako profilaren funtzio den, hau da, $H_g / L = \frac{50}{125} = 0{,}4$,

Non H_g ponpaketa-instalazioaren altuera geometrikoa den.

27. taularen arabera balio honetarako $C_1 = 0$ eta C_2 hodiaren luzeraren funtzio da. L = 125 m bada, taularen arabera , $C_2 = 2$.

V fluxuaren abiadura honakoa da baldintza normaletan.

$$V = \frac{Q}{S} = \frac{11{,}3 \cdot 10^{-3}}{\pi . 0{,}1^2 / 4} = 1{,}44\ m/s$$

Beraz:

$$T_{id} = 0 + \frac{2 \cdot 125 \cdot 1{,}44}{9{,}8 \cdot 56{,}3} = 0{,}65\ s$$

$T < T_{id}$ denez, 0,26 < 0,65 ixtea mantxoa da eta Michaud-en formula aplikatzen da ariete-kolpea kalkulatzeko.

$$\Delta H = \frac{2LV}{gT_{id}} = \frac{2 \cdot 125 \cdot 1{,}44}{9{,}8 \cdot 0{,}65} = 56{,}5\ muz$$

IKASLEARI PROPOSATURIKO ARIKETAK

7.6. U-erako hodi batean 2,18 m luzerako likido-zutabeak oszilatzen du 2 m/s-ko abiadura maximoaz. Kalkulatu meniskoen arteko kota-diferentzia maximoa eta oszilazio-periodoa marruskadura alde batera uzten bada.

Emaitza: 0,67 m; 2,1 s

7.7. Kalkulatu U-erako hodi batean likido-zutabea zein abiaduraz desplazatuko den meniskoen arteko kota-diferentzia 0,4 m/s-koa denean. Egoera hau meniskoak oreka-posiziotik pasa eta handik 1 s-ra gertatzen da. Zutabearen luzera 1,5 m-koa da.

Emaitza: 1,64 m/s

7.8. 700 m-ko luzera eta 300 mm diametroko hodi baten bukaerako balbulan izandako ariete-kolpeak sorturiko gainpresioa 1.200 kPa baino handiagoa izan ez dadin, kalkulatu balbularen ixte-denbora minimoa. Hoditik 125 l/s-ko emariak zirkulatzen du. Hodia erabat zurruna eta likidoa guztiz konprimaezina dela kontsideratuko da.

Emaitza: 1,77 s

7.9. 800 m-ko luzera eta 400 mm-ko diametroa duen hodi batetik (erabat zurrunetik) ura garraiatzen da. Hodiaren hasiera eta bukaeraren arteko koten aldea 30 m-koa da. Bukaeran kokaturiko balbula 2 s-tan ixten denean, zenbatekoa izango da ur--emaria beheko aldean kokaturiko manometro batek 14 bar-eko presioa markatzen badu?

Uraren elastikotasun bolumetrikoaren modulua K= $2{,}14\cdot 10^9$ N/m^2.

Emaitza: 69,8 l/s

7.10. 2.000 m-ko luzera eta 500 mm-ko diametroa duen hodi batetik 300 l/s-ko ur--emariak zirkulatzen du. Hodiaren paretek 10 mm-ko lodiera dute eta hodiaren materialaren elastikotasun bolumetrikoaren modulua K= $2\cdot 10^6$ N/cm^2 da. Kalkulatu sortuko den gainpresioaren balioa hodiaren bukaeran kokaturiko balbula 3 s-tan ixten bada.

Emaitza: 875,8 kPa

7.11. 750 m-ko luzera eta 300 mm-ko diametroa duen hodi batetik 75 l/s-ko ur--emariak zirkulatzen du. Hodiaren bukaeran kokaturiko balbula ixtean sortutako gainpresioa 400 kPa baino txikiagoa izan dadin, zenbat denboratan itxi beharko da balbula hori? Hodiaren paretek 8 mm-ko lodiera dute.

Hodiaren materialaren elastikotasun bolumetrikoaren modulua K= $2\cdot 10^7$ N/cm^2.

Emaitza: 3,97 s

7.12. 200 mm-ko diametroa duen hodi batetik 50 l/s-ko ur-emariak zirkulatzen du. Hodia fibrozementuzkoa da ($K_{fibrozementua} = 1{,}825 \cdot 10^6$ N/cm^2) eta paretaren lodiera 6 mm-koa. Kalkulatu hodiaren luzera kritikoa bukaeran kokaturiko balbula 2 s-tan ixten bada.

Emaitza: 650 m

7.13. Hodi nagusi batek ura garraiatzen du erregulazio-depositu batetik lantegi batera. Lantegian balbula esferiko bat ipini da emaria erregulatzeko edo eteteko. Mota honetako balbulak ia bat-batean ixten direla kontsideratzen da. Zenbatekoa izango da hodiaren paretaren lodiera balbula itxitakoan hauts ez dadin?

Datuak: Emaria = 840 l/s; hodiaren luzera = 700 m; hodiaren diametroa = 800 mm; altuera geometrikoa = 80 m; hodiaren materialaren lan-tentsio onargarria σ = 12.000 N/cm^2 ; hodiaren materialaren elastikotasun bolumetrikoaren modulua K= $1{,}5 \cdot 10^7$ N/cm^2; gainlodiera hainbat arrazoirengatik 2 mm-koa; hodiaren lodieraren perdoia = 1,2. Hodiaren lodieraren balioak zenbaki osoa izan behar du eta inoiz ez 5 mm baino txikiagoa.

Emaitza: 9 mm

7.14. Aurreko ariketan deskribaturiko hodian 6 mm-ko lodiera duen hodia jartzea erabaki da. Itxi al daiteke balbula lehen bezala? Ezin bada, zenbatekoa izango da ixte-denbora minimoa? Hodia material berekoa da (fibrozementua).

Emaitza: 0,6 s

7.15. Zentral hidroelektriko batek 750 m-ko jauzi gordinaren menpean lan egiten du. Presiopeturiko hodiak 1,2 m-ko barruko diametroa du. Ur-emaria 3m^3/s-koa da. Zein izango da hodiaren lodiera ixte-denbora 6 s-koa bada?

Kalkuluak egin ondoren, segurtasun-neurri bezala ariete-kolpeak sorturiko gainpresioa murriztea komeni da eta ondorioz hodiaren lodiera 2 mm murrizten da. Zenbatekoa izango da turbinaren injektorearen ixte-denbora minimoa?

Hodiaren datuak: luzera = 1.800 m; materialaren lan-tentsio onargarria σ = 20.000 N/cm^2; materialaren elastikotasun bolumetrikoaren modulua K= $2{,}5 \cdot 10^7$ N/cm^2; paretaren gainlodiera = 3 mm; perdoia = 1,15.

Emaitza: 34,3 mm; 9,4 s

7.16. Ponpaketa-instalazio batek 1.800 m-ko luzera eta 450 mm-ko barne-diametroa duen bultzada-hodia du. Instalazioaren altuera geometrikoa 80 m-koa da eta ur--emaria 400 l/s-koa. Ponparen irteeran norantza bakarreko balbula ixten denean, zenbatekoa izango da hodian sortuko den presio maximoa? Balbula automatikoki ixten da. Hodiaren materialaren elastikotasun bolumetrikoaren modulua K= $0{,}8 \cdot 10^7$ N/cm^2. Hodiko karga-galerak 5 muz-koak dira eta hodiaren lodiera 8 mm-koa.

Emaitza: 17,7 bar

8 GAIA

Fluxua hodi irekietan edo ubideetan.

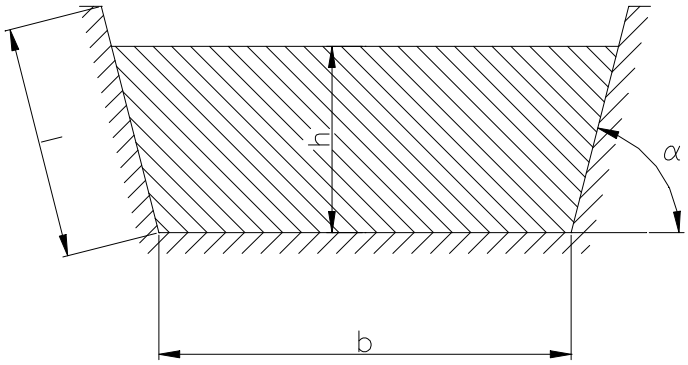
8. FLUXUA HODI IREKIETAN EDO UBIDEETAN

SARRERA

Hodi ireki edo ubideak izeneko gai honetako ariketak erregimen iraunkor eta uniformean murriztuak daude. Ariketak Manning-en formularen bidez kalkulatuta daude. Hala ere, beste adierazpen batzuen bidez ere kalkulatzea badago. Hemen aurkezturiko ariketak forma angeluzuzen, trapezoidal eta hodi bezala funtzionatzen duten ubide edo kanalei buruzkoak dira, kalkuluan zein diseinuan. Gainera, zenbait kasutan sekzio hidrauliko hoberenak edo sekziorik ekonomikoenak ikusiko dira.

EBATZITAKO ARIKETAK

8.1. Kalkulatu irudiko α angeluko ebakidura trapezoidaleko kanalean "b" zola eta "l" luzeraren arteko erlazioa hidraulikoki sekziorik onena lortzeko; alegia, J malda eta n materiala duen kanal batean Q emaria eramateko azalera eta perimetro busti txikiena duen sekzioa.



8.1 ariketa

Ebazpidea:

- Manning-en formula: $Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}$
- Erradio hidraulikoa: $R_h = \frac{A}{P}$.

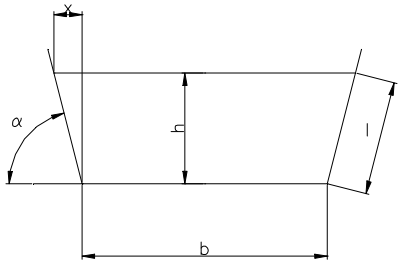
Beraz:

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot \left(\frac{A}{P}\right)^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

$$\frac{n \cdot Q}{J^{1/2}} = \frac{A^{2/3}}{P^{2/3}} = kte = K$$

$$A^{5/3} = K \cdot P^{2/3}$$

Q emaria garraiatzeko perimetro bustirik eta azalerarik txikienarekin egin nahi da, sekziorik ekonomikoena lortzeko.



$$sin\alpha = \frac{y}{l}; \quad l = \frac{y}{sin\alpha}$$

$$tan\alpha = \frac{y}{x}; \quad x = \frac{y}{tan\alpha}$$

Azaleraren kalkulua:

$$A = \frac{b + b + 2.x}{2} \cdot y = b \cdot y + \frac{y^2}{tan\alpha}$$

Perimetro bustiaren kalkulua:

$$P = b + 2l = b + \frac{2 \cdot y}{sin\alpha}; \quad b = P - \frac{2 \cdot y}{sin\alpha}$$

Beraz:

$$A = \left(P - \frac{2 \cdot y}{sin\alpha} \right) \cdot y + \frac{y^2}{tan\alpha} = P \cdot y - \frac{2 \cdot y^2}{sin\alpha} + \frac{y^2}{tan\alpha}$$

Azalera sakonerarekiko deribatuz:

$$\frac{dA}{dy} = y \cdot \frac{dP}{dy} + P - \frac{2 \cdot y \cdot 2}{sin\alpha} + \frac{2 \cdot y}{tan\alpha}$$

Baina $\frac{dA}{dy} = 0$ eta $\frac{dP}{dy} = 0$

$$0 = P - \frac{4 \cdot y}{sin\alpha} + \frac{2 \cdot y}{tan\alpha}$$

P perimetroaren balioa ordezkatuz:

$$0 = b + \frac{2 \cdot y}{sin\alpha} - \frac{4 \cdot y}{sin\alpha} + \frac{2 \cdot y}{tan\alpha}$$

$$0 = b - \frac{2 \cdot y}{sin\alpha} + \frac{2 \cdot y.}{tan\alpha} = b - \frac{2 \cdot y}{sin\alpha} + \frac{2 \cdot y}{sin\alpha} \cdot \cos\alpha$$

$$b = \frac{2 \cdot y}{sin\alpha}(1 - \cos\alpha) = 2l \cdot (1 - \cos\alpha)$$

$$\boxed{l = \frac{b}{2 \cdot (1 - \cos\ \alpha)}}$$

Ubide angeluzuzenaren kasuan(α = 90 º):

$$l = \frac{b}{2}$$

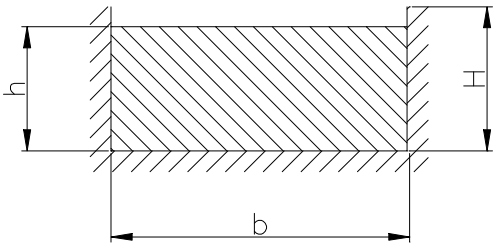
Ubide trapezoidalaren kasuan (α = 60 º):

$$l = b$$

$$y = b \cdot sin60 = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot b$$

8.2. Ebakidura angeluzuzeneko ubide bat diseinatu nahi da ezaugarri hauekin: 0,5 milareneko malda, Q = 12 m^3/s eta materiala hormigoi landugabea; abiadura ez da izango 2 m/s-koa baino handiagoa.

a) Kalkulatu b oinarria, ebakidura onenaren kasurako (b = 2.h).
b) Kalkulatu H altuera % 15eko segurtasun-tartearekin.
c) Abiaduraren baldintza aztertu.
d) Ubidearen malda zati luze eta garrantzitsu batean handiagotzen bada (1 milaren), kalkulatu uraren h sakonera berria.



Ebazpidea:

a) Manning-en adierazpena ubideak kalkulatu ahal izateko

$$Q = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot J^{1/2}$$

Ezagututako balioak ordezkatuz:

Hormigoi landugabeari dagokion zimurdura-koefizientea 24. taulatik lor daiteke:

$$n = 0{,}015$$

$$A \cdot R_h^{2/3} = \frac{n \cdot Q}{\sqrt{J}} = \frac{0{,}015 \cdot 12}{\sqrt{0{,}0005}} = 8{,}05$$

Sekziorik eta perimetrorik onenaren kalkulua: (b = 2· h). Beraz:

$$A = b \cdot h = 2 \cdot h^2$$
$$P = b + 2 \cdot h = 4 \cdot h$$

Erradio hidrauliko onenaren kalkulua:

$$R_h = \frac{A}{P} = \frac{2 \cdot h^2}{4 \cdot h} = \frac{h}{2}$$

Aurreko formulan ordezkatuta:

$$2 \cdot h^2 \cdot \left(\frac{h}{2}\right)^{2/3} = 8{,}05$$

$$h^{8/3} = \frac{8{,}05 \cdot 2^{2/3}}{2} \Rightarrow h = 2\ m$$

Beraz: b = 2· h = 4 m.

b) H=h+0,15· h = 2,3 m.

c) $V = \frac{Q}{A} = \frac{12}{2 \cdot 2^2} = 1{,}50\ m/s$. Hortaz, 2 m/s-ko baldintza bete egiten du.

d) Malda handiagotuta h txikiagoa izango da, b = 4 m denean.

$$A \cdot R_h^{2/3} = \frac{n \cdot Q}{\sqrt{J}}$$

$$A \cdot \frac{A^{2/3}}{P^{2/3}} = \frac{A^{5/3}}{P^{2/3}} = \frac{n \cdot Q}{\sqrt{J}} = \frac{0{,}015 \cdot 12}{\sqrt{0{,}001}} = 5{,}692$$

$$A^{5/3} = 5{,}692 \cdot P^{2/3}$$

Dena kubora jasoz:

$$A^5 = 184{,}424 \cdot P^2$$

Non $A = b\,h \cdot 4 \cdot h \quad P = b + 2 \cdot h = 4 + 2 \cdot h$; h ezezaguna da.

$$(4 \cdot h)^5 = 184{,}424 \cdot (4 + 2 \cdot h)^2$$

$$h^5 = 0{,}180 \cdot (4 + 2 \cdot h)^2 = 0{,}180 \cdot (16 + 16 \cdot h + 4 \cdot h^2) = 2{,}88 + 2{,}88 \cdot h + 0{,}72 \cdot h^2$$

$$h^5 - 0{,}72 \cdot h^2 - 2{,}88 \cdot h - 2{,}88 = 0$$

Newton/Rapson-en bidez ebatzirik: $\boxed{h = 1{,}55 \text{ m}}$

8.3. 120 l/s-ko ur-emaria garraiatu nahi da 1 milareneko maldarekin.

a) Aukeratu hormigoi zentrifugatuzko hodiaren diametroa, erlazio hau bete dadin: $\frac{h_c}{D} \leq 0{,}75$. Aukeran dauden diametroak: 40, 45, 50, 60 cm.

b) Kalkulatu h_c sakonera eta h_c/D erlazioa.

c) Kalkulatu v_C abiadura.

Ebazpidea:

a) Ebakidura beteko sakonera ezberdinetarako abiadurei eta emariei dagokien taulan begiratuz gero (26. taula):

Esaterako $\frac{h_c}{D} < 0{,}75, \quad \frac{Q_C}{Q_{ll}} < 0{,}91$

Beraz, $\frac{120}{Q_{ll}} < 0{,}91$. Hau da:

$$Q_{ll} > \frac{120}{0{,}91} = 131{,}9 \; l/s$$

$$Q_{ll} = \frac{1}{0{,}015} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{2/3} \cdot (0{,}001)^{1/2} > 0{,}1319$$

Beraz, 60 cm-ko hodia behar da. $\boxed{D = 60 \text{ cm.}}$

b) D = 60 cm.

Ebakidura beteko emaria

$$Q_{ll} = \frac{1}{0{,}015} \cdot \frac{\pi \cdot 0{,}6^2}{4} \cdot \left(\frac{0{,}6}{4}\right)^{2/3} \cdot (0{,}001)^{1/2} = 168{,}27 \; l/s$$

$$\frac{Q_c}{Q_{ll}} = \frac{120}{168{,}27} = 0{,}713$$

26. taulan begiratuta:

$$\frac{h_c}{D} = 0{,}623$$

$$h_c = 0{,}623 \cdot 60 = 37{,}4\ cm$$

c) 26. taulan interpolatuz:

$$\frac{V_c}{V_{ll}} = 1{,}083$$

$$V_{ll} = \frac{1}{0{,}015} \cdot \frac{\pi \cdot 0{,}6^2}{4} \cdot \left(\frac{0{,}6}{4}\right)^{2/3} \cdot (0{,}001)^{1/2} = 0{,}595\ m/s$$

Beraz: $V_c = 0{,}595.1{,}083 = 0{,}64\ m/s$.

8.4. Ebakidura zirkularreko 0,8 m diametroko ubideak 200 l/s-ko emaria garraiatzen du eta Manning-en koefizientea n = 0,020 da. Kalkulatu sakoneraren altuera eta abiadura zolaren malda 1/2.000 bada.

Ebazpidea:

D = 80 cm eta n = 0,02 denez, Q_{ll} ebakidura beteko emaria:

$$Q_{ll} = \frac{1}{0{,}02} \cdot \frac{\pi \cdot 0{,}8^2}{4} \cdot \left(\frac{0{,}8}{4}\right)^{2/3} \cdot \left(0{,}001/1{,}2\right)^{1/2} = 248{,}1\ \text{l/s}$$

Kasu honetan n = 0,02; beraz:

Beraz: $\frac{Q_c}{Q_{ll}} = \frac{200}{248{,}1} = 0{,}806$

Kasu honetan:

$$\frac{V_c}{V_{ll}} = 1{,}11; \quad V_c = 1{,}11 \cdot 0{,}493 = 0{,}55\ m/s$$

$$\frac{h_c}{h_{ll}} = 0{,}68; \quad h_c = 0{,}68 \cdot 0{,}8 = 0{,}544\ m$$

IKASLEARI PROPOSATURIKO ARIKETAK

8.5. Zein izango da 125 l/s-ko emariak izango duen abiadura erreala eta sakonera 40 cm-ko diametroko eta 5 milareneko malda duen hormigoi zentrifugatuzko hodian zehar?

Emaitza: 1,16 m/s; 33,6 cm.

8.6. Sakonera % 70 baino txikiagoa izatea nahi bada, zein maldarekin proiektatu beharko da 40 cm-ko diametroa duen hormigoi zentrifugatuzko hodi bat, hodi hori 2 hektareatan eroritako euri-urak biltzen duen hustubide batetik irteten bada?

- Kalkulatu era berean abiadura erreala eta sakonera.

  (emari espezifikoa hustubidean: 150 l/s hektareako).

Emaitza: 39 milaren; 3,17 m/s; 28 cm.

8.7. Zein izango da 60 cm-ko diametroa duen estolderiako hodi batean ur-emaria, hodia erdi-beterik egonik (% 50) eta 0,0025 unitateko malda izanik?

Emaitza: 133,03 l/s.

8.8. 0,05 milareneko malda duen hodi batek 1,81 l/s-ko ur-emaria garraiatzen du. Sakonera 11,4 cm-koa da. Kalkulatu hodiaren diametroa.

Emaitza: 20 cm.

8.9. 30 m-ko distantzia eta 0,60 m-ko desnibelaz aldendurik dauden bi punturen artean 250 l/s-ko ur-emaria garraiatu nahi da. Honako hau eskatzen da: abiadura 3 m/s-koa baino handiagoa izan ez dadin, hodiaren diametroa. Kalkulatu sakonera ere.

Emaitza: 40 cm; 32 cm.

8.10. Milaren-erdiko malda eta 3 m-ko oina duen ebakidura lerro angeluzuzeneko ubide batean zehar 4 m^3/s-ko emari batek izango duen altuera normala kalkulatu; ubidea hormigoi landugabekoa da.

Emaitza: 1,20 m.

8.11. Kalkulatu milaren bateko malda, 2 m-ko oinarri txiki bat eta 45º-ko inklinazioa duen paretak dituen ebakidura trapezoidaleko ubide batean zehar 8 m^3/s-ko emari batek izango duen altuera normala. Ubidea hormigoi landugabekoa da.

Emaitza: 1,345 m.

8.12. Diseinatu 20 m^3/s-ko emaria garraiatzeko gai izango den eta 2 milareneko malda izango duen ebakidura angeluzuzeneko ubidea. Materiala: hormigoi landugabea.

Emaitza: 1,87 m; 3,74 m.

8.13. Milaren bateko malda eta 25 m^3/s-ko edukiera hidraulikoa dituen ebakidura angeluzuzeneko ubidea diseinatzea eskatzen da. Materiala: hormigoi landugabea.

Emaitza: 4,5 m; 2,4 m.

8.14. 60º-ko inklinazioa duten paretez osatutako 3 milareneko malda duen ebakidura trapezoidaleko (hexagonoerdiko) ubidea diseinatzea eskatzen da, 30 m^3/s-ko emaria garraiatu ahal izateko. Materiala: hormigoi landugabea.

Emaitza: 2,5 m; 2,10 m.

8.15. 120 kotatik 114 kotara doan 4 km-ko ibai bat kanalizatu nahi da, euri-jasa handieneko boladetan emaria 23 m^3/s-koa dela jakinik. Ubidea diseinatu, hormigoi landugabekoa. Ebakidurak angeluzuzena izan behar du.

Emaitza: 3,6 m; 1,9 m.

8.16. Zeharkako ebakidura V formakoa duen ubide batek 40º-ko angeluaz inklinaturik ditu alboko paretak bertikalarekiko. Emaria 50 l/s-koa eta erdian sakonera 200 mm-koa denean, kalkulatu malda. Materialaren n koefizientea = 0,012.

Emaitza: 7,6 milaren.

8.17. Kalkulatu V formako ubide irekiarentzat, alboko paretek osatzen duten α angelurik onena.

Emaitza $\alpha = 90$ º

9 GAIA

Turbomakina hidraulikoak.

9. TURBOMAKINA HIDRAULIKOAK

SARRERA

Kapitulu edo atal honetan turbomakina hidraulikoak aztertuko dira, bai turbinak eta bai turboponpak. Kontzepturik inportanteenak aztertuko dira, hots, altuerak, potentziak eta errendimenduak, gero Euler-en teorema aplikatu ahal izateko. Beraz abiadura--triangeluen bidez turbomakinak ikasiko dira. Analisi dimentsionalak eta ereduen teoriak turbomakinetan aplikaturik, laborategiko saiakuntzak eta turbomakina batek beste baldintza batzuetan nola funtziona dezakeen ikasteko aukera emango digu. Turboponpa instalaziorik gabe ez da deus ere. Beraz, ponpaketa-instalazioak ere aztertuko dira, instalazioaren altuera manometrikoa eta ponparen altuera manometrikoa erabiliz. Ponpaketa-instalazio sinpleak era analitikoan ebatziko dira, eta bukatzeko kabitazioaren analisia ere egingo da.

ARIKETA EBATZIAK

9.1. Turboponpa erradial batek ura 720 bira/min-ko abiadurarekin ponpatzen du. Gurpilaren ezaugarri geometrikoak hauek dira: β_2 = 60º, sarrerako palen zabalera b_1 = 35 mm, irteeran b_2 = 21 mm; palek sarreran zein irteeran fluxuaren igarotze-azaleraren % 10 betetzen dute; gurpilaren D_1 sarrerako diametroa = 200 mm; irteeran D_2 = 350 mm.

Ponpak puntu onenean funtzionatzen duenean 50 l/s-ko emariarekin errendimendu hauek ditu: manometrikoa = % 75, bolumetrikoa = % 95 eta mekanikoa = % 90. Palen errendimendua 0,72 da. Hau eskatzen da:

a) Gurpileko palen sarrerako eta irteerako abiadura-triangeluak.
b) Euler-en altuera, barne-altuera, manometrikoa eta zurgatua.
c) Potentzia manometrikoa eta zurgatua.

Ebazpidea:

Arraste-abiaduraren kalkulua:

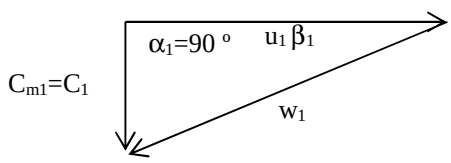
$$u_1 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot N}{60} = \frac{\pi \cdot 0{,}2 \cdot 720}{60} = 7{,}54\ m/s$$

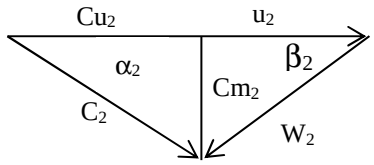
$$u_2 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot N}{60} = 13{,}19\ m/s$$

Errendimendu bolumetrikoaren adierazpenetik:

$$\eta_v = \frac{Q_u}{Q_t} \quad Q_t = \frac{50}{0{,}95} = 52{,}61\ l/s$$

a) Abiadura-triangeluak marraztuz:





Osagai meridiarraren kalkulua:

$$Q_t = C_{m_1} \cdot \pi \cdot D_1 \cdot b_1 \cdot \varepsilon_1 \qquad C_{m_1} = \frac{0{,}0526}{\pi \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}035 \cdot 0{,}9} = 2{,}66\ m/s$$

$$Q_t = C_{m_2} \cdot \pi \cdot D_2 \cdot b_2 \cdot \varepsilon_1 \qquad C_{m_2} = \frac{0{,}0526}{\pi \cdot 0{,}35 \cdot 0{,}021 \cdot 0{,}9} = 2{,}53\ m/s$$

Triangeluak erabiliz:

$$sin\ \beta_2 = \frac{C_{m2}}{w_2} \qquad w_2 = \frac{2{,}5}{sin\ 60} = 2{,}92\ m/s$$

$$C_{u2} = u_2 - \cos\beta_2 \cdot w_2 = 13{,}19 - \cos 60 \cdot 2{,}92 = 11{,}73\ m/s$$

b) Euler-en ekuaziotik:

$$H_E = \frac{u_2 \cdot C_{u_2}}{g} = \frac{13{,}19 \cdot 11{,}73}{9{,}8} = 15{,}79\ m$$

Errendimenduak erabiliz:

$$e_a = \frac{H_i}{H_E}\ ; \qquad H_i = H_E \cdot e_a = 15{,}79 \cdot 0{,}72 = 11{,}37\ m$$

$$\eta_m = \frac{H_m}{H_i}\ ; \qquad H_m = H_i \cdot \eta_m = 11{,}37 \cdot 0{,}75 = 8{,}53\ m$$

$$\eta_0 = \frac{H_i}{H_a}\ ; \qquad H_a = \frac{H_i}{\eta_0} = \frac{11{,}37}{0{,}9} = 12{,}63\ m$$

c) Potentzia-aldagaien kalkulua:

$$P_E = \gamma \cdot Q_t \cdot H_E = 9.800 \cdot 0{,}05 \cdot 8{,}53 = 4.180\ W$$

$$P_i = \gamma \cdot Q_t \cdot H_i = 9.800 \cdot 0{,}0526 \cdot 11{,}37 = 5.861\ W$$

$$P_a = \gamma \cdot Q_t \cdot H_a = 9.800 \cdot 0{,}0526 \cdot 12{,}63 = 6.511\ W$$

9.2. Francis turbina batek 200 m-ko jauzi netoan lan egiten du puntu nominalean errendimendu hauekin: bolumetrikoa = 0,98 eta organiko edo mekanikoa = 0,97.

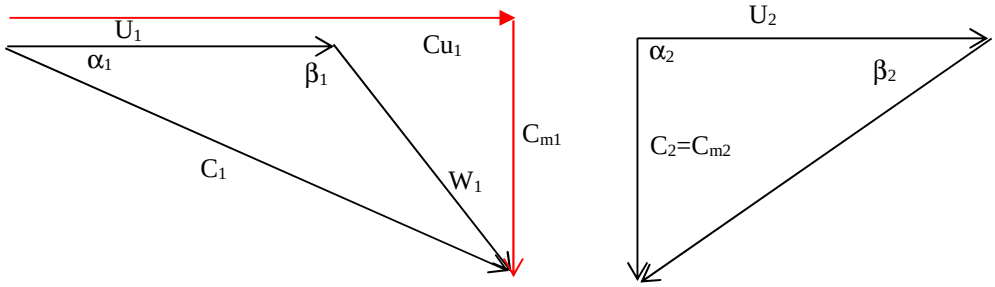
Honako hau eskatzen da:

a) Marraztu abiadura-triangeluak nola sarreran hala irteeran, eta kalkulatu gurpilaren sarreran arraste-abiadurak eta abiadura absolutuak osatzen duten α_1 angelua.
b) Emari totala eta erabilgarria.
c) Altuera eraginkorra eta errendimendu manometrikoa.
d) Altuera erreala eta potentzia erreala puntu nominalean.

Datuak: Gurpilaren diametroa sarreran = 2 m; gurpilaren altuera sarreran = 0,2 m; gurpilaren irteeraren ebakidura: 1 m diametroko zirkulua; β_1 angelua= 120 º; β_2 angelua = 45 º; alabeek betetzen duten azalera sarreran zein irteeran % 10; biraketa-abiadura: 375 bira/min.

Ebazpidea:

a) Marraz ditzagun abiadura-triangeluak:



$$U_1 = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot N}{60} = \frac{\pi \cdot 2 \cdot 375}{60} = 39{,}27\ m/s$$

$$U_2 = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot N}{60} = \frac{\pi \cdot 1 \cdot 375}{60} = 19{,}63\ m/s$$

Abiadura-triangeluak erabiliz:

$$tan\ \beta_2 = \frac{Cm_2}{U_2} \qquad Cm_2 = tan\ 45 \cdot 19{,}63 = 19{,}63\ m/s$$

Emariaren kalkulua:

$$Q_u = Cm_2 \cdot A_2 = Q_u = \pi \cdot \frac{\left(D^2{}_2 - D_{abatsa}{}^2\right)}{4} \cdot \varepsilon$$

Honakoa suposatzen da:

$$D_{abatza} = 0$$

$$Q_u = 19{,}63\pi \cdot \frac{1^2}{4} \cdot 0{,}9 = 13{,}88\ m^3/s$$

$$Q_u = Cm_1\ \pi \cdot D_1\ b_1 \cdot \varepsilon_1 = 13{,}88 = Cm_1\ \pi \cdot 2 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}9 \qquad C_{m1} = 12{,}27 \text{ m/s}$$

Abiadura-triangeluak erabiliz:

$$tan\ 60 = \frac{Cm_1}{Cu_1 - U_1} \quad Cu_1 - U_1 = \frac{12{,}27}{\tan 60} = 7{,}08\ m/s \quad Cu_1 = 46{,}35 \text{ m/s}$$

$$\alpha_1 = arc\ tan\ \frac{Cm_1}{Cu_1} = \frac{12{,}27}{46{,}35} = 14{,}83^{o}$$

b) Errendimendu bolumetrikoa:

$$\eta_v = \frac{Qu}{Qt} \quad Q_t = \frac{13{,}87}{0{,}98} \rightarrow Q_t = 14{,}15\ m^3/s$$

c) Euler-en ekuaziotik: $H_E = \dfrac{U_1 \cdot Cu_1}{g} = \dfrac{39{,}27 \cdot 46{,}35}{9{,}8} = 185{,}73\ m$

Errendimendu manometrikoa: $\eta_m = \dfrac{H_e}{H_n} = \dfrac{185{,}73}{200} = 0{,}9286 \quad \eta_m = \%92{,}87$

d) Errendimendu organikoa: $\eta_o = \dfrac{H_r}{H_e}$ Hr = 0,97· 185,73 = 180,16 m

Potentzia errealaren kalkulua: $P_r = \gamma \cdot Q_u \cdot H_r = 9.800 \cdot 13{,}88 \cdot 180{,}16$

$$\boxed{\mathbf{P_r = 24.488\ kW}}$$

9.3. Ponpa zentrifugo batek 50 l/s-ko emaria ponpatzen du 100 m-ko altuera manometrikora 1.450 bira/min-ko abiadurarekin. Ponparen errendimendu globala 0,67 da. Ponpak 130 m-ko altuera manometrikoan lan egin dezan eskatzen da. Kalkulatu biraketa-abiadura, emaria eta potentzia zurgatua ponpak errendimendu berdinarekin funtziona dezan.

Ebazpidea:

	Q (l/s)	H (m)	N (bira/min)	η_g	P_a (kW)
P	50	100	1450	0,67	73,13
P’	?	130	?	0,67	?

Ponpa bera denez, $\lambda = 1$.

Potentziaren kalkulua: $P_e = 9.800 \cdot 50 \cdot 10^{3} \cdot 100 = 49.000$ W = 49 kW.

Errendimendu globala: $\eta_g = \frac{P_e}{P_a} \quad P_a = \frac{P_e}{0{,}67} = 73{,}13\ kW$

Homologia erabiliz: $\frac{N}{N'} = \frac{1}{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{H}{H'}} \quad \frac{1450}{N'} = \frac{1}{1} \cdot \sqrt{\frac{100}{130}}$

N' = 1.653,25 bira/min.

$$\frac{Q}{Q'} = \lambda^2 \cdot \sqrt{\frac{H}{H'}} \quad \frac{50}{Q'} = 1^2 \sqrt{\frac{100}{130}} \quad Q' = 57 \text{ l/s}$$

$$P'_e = \gamma \cdot Q' \cdot H' = 9.800 \cdot 57 \cdot 10^{-3} \cdot 130 = 72.618 \text{ W.}$$

$$\eta_g = \frac{P'_e}{P'_a} \quad P'_a = \frac{P'_e}{\eta_g} = \frac{72{\cdot}618}{0{,}67} = 108.385\ W$$

9.4. Francis turbina batek, saiakuntza-bankuaren errendimendu maximoko baldintzetan emaitza hauek ematen ditu:

H_n = 6,5 m; Q = 206,5 l/s; N = 750 bira/min; P_r = 12 kW; η_0 = 0,98

a) Kalkulatu errendimendu globala eta abiadura espezifiko dimentsionala edo Camerer-en zenbakia.
b) Baldintza onenetan, kalkulatu Q, N biraketa-abiadura eta Potentzia erreala edo ardatzekoa, eredua 26 m-ko jauzi batean jartzen badugu.
c) Prototipo-turbinako sorgailuaren polo-kopurua 8 eta jauzi netoa 65 m-koa badira, kalkulatu Potentzia erreala eta eskala aurreko kasuekiko era homologoan funtziona dezan.

Ebazpidea:

a) Errendimendu globala: $\eta_g = \frac{P_r}{P_n} = \frac{12.000}{9.800 \cdot 0{,}2065 \cdot 6{,}5} = 0{,}9123$

$$\eta_g = \%91{,}23$$

Camerer-en zenbakia: $n_s = \frac{N * \sqrt{P_e(ZP)}}{Hn^{5/4}} = \frac{750 * \sqrt{16{\cdot}66}}{6{,}5^{5/4}} = 295\ bira/min$

Potentzia eraginkorraren kalkulua Camerer-en zenbakia kalkulatu ahal izateko:

$$\eta_o = \frac{P_r}{P_e} = 0{,}98 = \frac{12.000}{P_e} \quad P_e = 12.244{,}89 \text{ W} = 16{,}66 \text{ ZP}$$

b)

	H_n (m)	Q (m^3/s)	P_r (W)	η_o	η_g
Eredua	6,5	0,2065	750	0,98	0,9123
Eredua'	26	?	?	0,98	0,9123

Eredua berdina denez: $\lambda = 1$

Homologia erabiliz:

$$\frac{N}{N'} = \frac{1}{\lambda} \cdot \sqrt{\frac{H}{H'}} \qquad \frac{750}{N'} = \frac{1}{1} \cdot \sqrt{\frac{6{,}5}{26}} \qquad N' = 1.500 \text{ bira/min}$$

$$\frac{Q}{Q'} = \lambda^{2} \cdot \sqrt{\frac{H}{H'}} \qquad \frac{0{,}2065}{Q'} = 1 \cdot \sqrt{\frac{6{,}5}{26}} \qquad Q' = 0{,}413 \text{ m}^3\text{/s}$$

$$\frac{P}{P'} = \frac{\gamma}{\gamma'} \cdot \lambda^{2} \cdot \left(\frac{H}{H'}\right)^{3/2} \qquad \frac{12}{P_r'} = \left(\frac{6{,}5}{26}\right)^{3/2} \qquad P_r' = 96 \text{ kW}$$

c) 8 polo ditu prototipoak. Beraz, 4 polo-pare; H_n = 65 m

$$N_p = \frac{3.000}{4} = 750 \text{ bira/min.}$$

Homologia erabiliz:

$$\frac{N_e}{N_p} = \sqrt{\frac{H_e}{H_p}} \cdot \frac{1}{\lambda} \qquad \frac{750}{750} = \left(\frac{6{,}5}{65}\right)^{1/2} \cdot \frac{1}{\lambda} \qquad \lambda = 0{,}316$$

$$\frac{P_r e}{P_r p} = \frac{\gamma_e}{\gamma_p} \cdot \lambda^{2} \cdot \left(\frac{H_e}{H_p}\right)^{3/2} \qquad \frac{12}{P_r p} = 0{,}316^{2} \cdot \left(\frac{6.5}{65}\right)^{3/2}$$

P_r (prototipoa) = 3.795 kW.

9.5. Pirinioetako Fortunada/Cinca-ko zentralak Pelton turbina bat du, 333,4 bira/min--ko abiaduran ibiltzen dena. Zorrotadaren ardatzetik 475 m-tan dagoen urtegi batetik hornitzen da. Ura 6 km-ko luzera eta 630 mm-ko diametroko burdinurtuzko hodi batetik iristen da turbinara. Injektoreko pitaren diametroa 900 mm-koa da eta bere igarotze-faktore adimentsionala (irteerako energia zinetikoarekin) k = 0,05 da. Hau eskatzen da:

a) Emaria eta zorrotadaren abiadura absolutua. Karga-galeren kalkulua Darcy/Weisbach-en ekuazioaren bitartez eginen da.
b) Kalkulatu zorrotadak goilarean sortzen duen indarra; palak 170 º (β_2 = 10 º)ko angeluaz desbideratzen du zorrotada eta palen arraste-abiadura zorrotadaren abiadura absolutua halako 0,48 da.
c) Kalkulatu Potentzia eraginkor edo erabilgarria, zorrotaren Potentzia totala eta makinaren errendimendua.
d) 1/3 eskalako eredu laburtu bat eraiki nahi da, urarekin, noski, lan egingo duena. Zenbateko biraketa-abiadura izan beharko du ereduak eta zenbateko emaria beharko du antzekotasun hidrodinamikoa lortzeko? Fluxua kargan dagoela suposa daiteke.

Ebazpidea:

Datuak

N=333,3 bira/min; L=6.000 m; D=630 mm; D_{pita} =90 mm; K_{pita} =0,05

Zimurdura (burdinurtua)= 0,026 cm

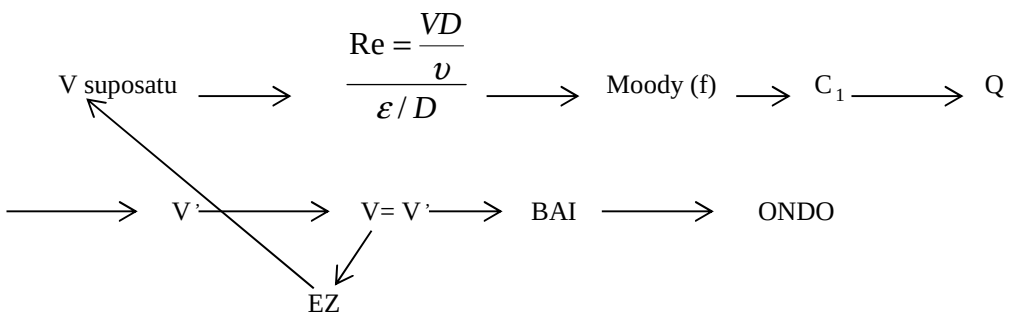
a) Bernoulli-ren ekuazioa aplikatuz.

$$B_A - h_{fAB} - h_{fpita} = B_B \Rightarrow Z_A - h_{fAB} - K\frac{C_1^2}{2g} = Z_B + \frac{C_1^2}{2g}$$

$$475 - f\frac{6.000V^2}{0,63\cdot 2g} = 1,05\frac{C_1^2}{2g} \qquad \underline{\text{Tutuan}}: Q=\frac{\pi D^2}{4}V \Rightarrow V=3\cdot 2Q$$

<u>Zorrotadan:</u> $Q=\frac{\pi d_{tx}^2}{4}C_1$; C_1=157,19 Q

<u>Planteamendua</u>



Iterazioak eginez, azkenean hau izango litzateke soluzioa:

v =1,865 m/s Re=117.495 f=0,0167 $446\cdot 77=1{,}05\dfrac{C_1^2}{2g}$

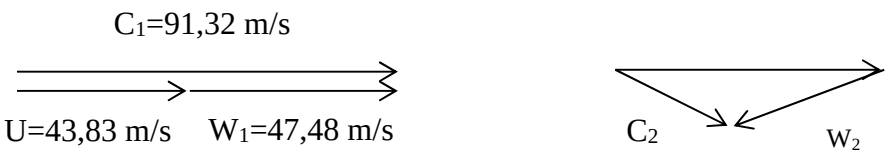
ε /D= 0,00041

C_1=91,32 m/s Q=0,581 m^3/s v=1,865 m/s

b) Higidura-kantitatearen teorema aplikatuz: $\sum \vec{Fx} = \rho(\vec{QW}_{irt} - \vec{QW}_{sar})$

$$Fx = \rho[Q_2W_2Cos10 + Q_3W_3Cos10 - Q_1W_1]$$

F= ρ QW(Cos10+1) U=0,48C1=43,83 m/s



F=1.000·0,581·47,48·(Cos10+1) F=54.753 N

c) Potentzia erabilgarria P_e=F·U=54.753·43,83=2.399,8 kW

Zorrotadaren potentzia = γ Q$\dfrac{C_1^{\ 2}}{2g}$=9.800·0,581·$\dfrac{91.32^2}{2g}$=2.422,6 kW

$$\eta = \frac{Pe}{P_{tx}.} = \frac{2.399{,}8}{2.422{,}6} = 0{,}991 = \%\ 99{,}1$$

d) λ=1/3

Eu = f (Re,Fr,δ_r)

Froude-ren eragina ez da kontuan hartzen eta Reynolds-ena bai. Beraz:

Eu = f (Re,δ_r)

$$R_e = \frac{VD}{\upsilon} = \frac{D^2N}{\upsilon}$$

$$\frac{D^2N}{\upsilon} = \frac{D'^2N'}{\upsilon'};$$

Likido berdina denez: $\upsilon' = \upsilon$

Beraz:

$$N' = N\left(\frac{D}{D'}\right)^2 = 333{,}3 \cdot 3^2 = 3.000 \text{ bira/min.}$$

Emari-parametroaz:

$$\delta_R = \frac{Q}{ND^3} = \frac{Q'}{N'D'^3} \qquad Q' = Q\frac{N'}{N}\left(\frac{D'}{D}\right)^3 = 0{,}581\frac{3.000}{333{,}3}\left(\frac{1}{3}\right)^3 = 0{,}194 \text{ m}^3/\text{s}$$

9.6. Erreakzio erradialeko turbina batean altuera netoa 12 m-koa da eta emari nominala 0,28 m^3/s-koa. Kanpo-diametroa = barne-diametroa halako bi. Abiadura meridiarra edo emari-abiadura konstantea da eta bere balioa hau da: $0{,}15\sqrt{2gH_n}$. Biraketa-abiadura = 300 bira/min. Gurpileko sarrerako palak erradialak dira.

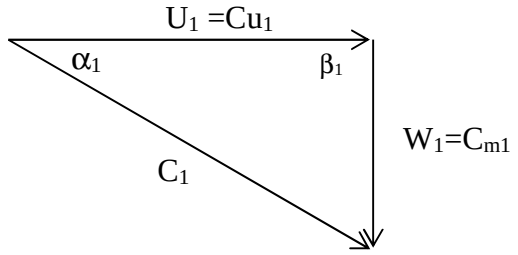
Kalkulatu:

a) Banatzaileko palen irteerako angelua.
b) Gurpileko palen irteerako angelua deskarga erradiala denean.
c) Gurpilaren zabalera sarreran nahiz irteeran.

Datuak: Errendimendu hidraulikoa = 0,8. Palek zirkunferentziaren % 10 okupatzen dute.

Ebazpidea:

Sarrerako abiadura-triangeluan $\beta_1 = 90^o$. Beraz:



$$Cm_1 = Cm_2 = 0{,}15 \cdot \sqrt{2g12} = 2{,}30 \quad m/s$$

$$Q = Cm_1 \cdot D_1\, b_1\, \pi \cdot \varepsilon_1$$

a) $U_1 = \dfrac{N \cdot D_1 \cdot \pi}{60}$ $\qquad \dfrac{U_1}{U_2} = \dfrac{D_1}{D_2} = 2$

$U_2 = \dfrac{N \cdot D_2 \cdot \pi}{60}$ $\qquad U_1 = 2 \cdot U_2$

Errendimendu hidraulikoa: $\eta_h = \dfrac{H_e}{H_n}$ $H_e = 0{,}8 \cdot 12 = 9{,}6$ m

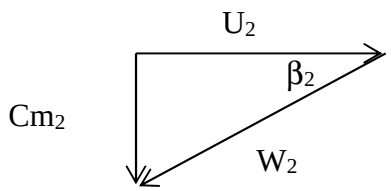
Euler-en ekuazioa erabiliz, eta sarrerako abiadura-triangelua zuzena denez:

$$U_1 = C_{u1}$$

$$H_e = \frac{U_1 \cdot Cu_1}{g} \qquad 9{,}6 = \frac{U_1 \cdot U_1}{9{,}81} \qquad U_1 = 9{,}70 \text{ m/s}$$

$$\alpha_1 = arc\ tan\ \frac{2{,}30}{9{,}70} = 13{,}34^{o}$$

b) $U_1 = 2 \cdot U_2$. Beraz: $U_2 = 4{,}85$ m/s



$$\beta_2 = arc\ tan\ \frac{2{,}30}{4{,}85} = 25{,}37^{o}$$

c) $\dfrac{U_1}{U_2} = \dfrac{D_1}{D_2}$ $\qquad D_1 = 2 \cdot D_2$

$U_1 = \dfrac{N.D_1.\pi}{60}$ $\quad 9{,}70 \cdot 60 = 300 \cdot D_1 \cdot \pi$ $\qquad D_1 = 0{,}618$ m.

$U_2 = \dfrac{N \cdot D_2 \cdot \pi}{60}$ $\quad 0{,}49 \cdot 60 = 300 \cdot D_2 \cdot \pi$ $\qquad D_2 = 0{,}309$ m.

$$Q_u = Cm_1.D_1.b_2.\pi.\varepsilon = Cm_2 \cdot D_2 \cdot b_2 \cdot \pi \cdot \varepsilon$$

$0{,}28 = 2{,}30 \cdot 0{,}618 \cdot b_1 \cdot \pi \cdot 0{,}9$ $\qquad b_1 = 0{,}0697$ m= 69,7 mm

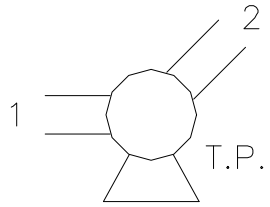
$0{,}28 = 2{,}30 \cdot 0{,}309 \cdot b_2 \cdot \pi \cdot 0{,}9$ $\qquad b_2 = 0{,}1394$ m = 139,4 mm

9.7. Turboponparen irteeran jarritako manometro batek 438 kPa-eko presioa markatzen du; likido zirkulatzailearen dentsitate erlatiboa s = 0,95 da eta turboponparen altuera manometrikoa 48 mlz-koa da; manometroaren eta bakuometroaren arteko kota-diferentzia 0,5 m-koa lehengoaren alde. Kalkulatu turboponparen sarrerako bakuometroak markatuko duen magnitudea Torr-etan adierazita (mmHgz).

Ebazpidea:

10^5 Pa = 1 bar = 10,2 muz 438 kPa = $\dfrac{44{,}676 muz}{0{,}95} = 47 mlz$

Bernoulli-ren ekuazioa aplikatuz:



$$B_1 + H_m = B_2$$

$$\left(Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g}\right) + H_m = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$$

Abiadurak berdinak dira: $V_1 = V_2$

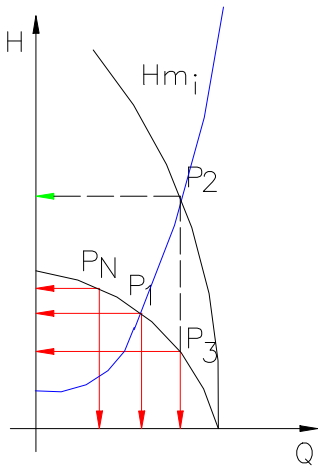
Beraz:

$$\frac{P_1}{\gamma} = \frac{P_2}{\gamma} + (Z_2 - Z_1) - H_m = 47 + 0{,}5 - 48 = -0{,}5 \text{ mlz}$$

- 0,5 mlz = (- 0,5) * 0,95 = 0,475 muz =-34,9 mmHg =-34,9 Torr

9.8. Turboponpa batek instalazio batean 25 l/s-ko emaria eta 45 mlz-ko altuera manometrikoa ematen du; bere plakak hau adierazten du: Q = 20 l/s; H = 48 m; N = 1.450 bira/min. Aipaturiko ponpak bera bezalako beste turboponpa batekin, seriean eta instalazio berean, 37 l/s-ko emaria eta 56 mlz-ko altuera manometrikoa ematen ditu.

Kalkulatu instalazioaren eta turboponparen ezaugarri-kurben espresio analitikoak.



Ebazpidea:

P.N. (48 m, 20 l/s)
P_1 (45 m, 25 l/s)
P_2 (56 m, 37 l/s)

$$\left.\begin{array}{l} H_m = \Delta Z + KQ^2 \\ 56 = \Delta Z + K37^2 \\ 45 = \Delta Z + K25^2 \end{array}\right\} \Rightarrow 11 = K744 \quad K = 0{,}0148 \quad \Delta Z = 35{,}8\ m$$

$$H_{m(i)} = 35{,}8 + 0{,}0148Q^2$$

Ponparen ekuazioa ateratzeko hiru puntu behar ditugu.

P.N. (48 m, 20 l/s)

P_1 (45 m, 25 l/s)

P_2 -tik emari berdina, baina altuera erdia, edukiko du, seriean dagoelako.

P_3 (28 m, 37 l/s)

$$H_{m(tp)} = A - BQ - CQ^2$$

$$48 = A - B20 - C20^2 \rightarrow A = 48 + 20B + 400C$$

$$45 = A - B25 - C25^2 \rightarrow 45 = 48 - 5B - 225C$$

$$28 = A - B37 - C37^2 \rightarrow 5B = 3 - 225C$$

$$B = \frac{3}{5} - 45C$$

$$28 = 48 - 17B - 969C \rightarrow 969C = 20 - 17B \rightarrow 969C = 20 - \frac{17x3}{5} + 45 \cdot 17C$$

$$969C = 20 - 10{,}2 + 765C \qquad C = \frac{9{,}8}{204} = 0{,}048$$

B=-1,56 A=36

$$H_{m(tp)} = 36 + 1{,}56Q - 0{,}048Q^2$$

9.9. Turboponpa bat honela dago definiturik:; $H_b = 18-0{,}5\cdot Q^2$ (muz, l/s) eta $\eta = \frac{Q}{2}\left[1-\frac{Q}{6}\right]$(ehuneko bat, l/s). Honelako instalazioan funtzionatzen du: $H_i = 8+0{,}125\cdot Q^2$ (muz, l/s) goi- eta behe-depositua irekiak izanik. Urarekin lan egiten du. Ponparen biraketa-abiadura 1.450 bira/min-koa da. Hau eskatzen da:

a) Kalkulatu bultzadan sortu beharreko karga-galera gehigarria ponpak puntu nominalean ibil dadin; galera hauen urteko kostua, urtean 2.000 ordu lan egiten badu. kWh-aren prezioa 20 pta-koa da.
b) Funtzionamendu-puntua (H, Q, Potentzia zurgatua eta η) gurpila % 3 torneatuz gero.
c) Kalkulatu ponparen biraketa-abiadura puntu nominalean ibili ahal izateko.

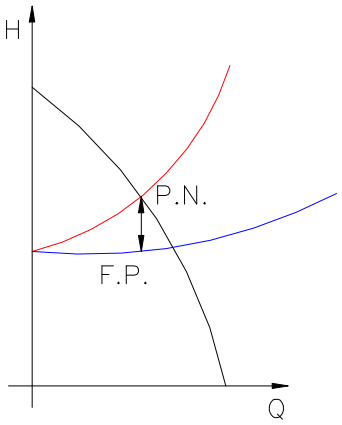
Ebazpidea:

a) $H_p=18-0{,}5Q^2$

$$Q = 0;\quad H_m=18\text{ m}$$
$$H_m = 0;\quad Q=6\text{ l/s}$$

$$\frac{d\eta}{dQ}=\frac{Q}{2}-\frac{Q^2}{12}\qquad \eta=0{,}5-\frac{Q}{6}\qquad \eta=0;\ 0=0{,}5-\frac{Q}{6}$$

Puntu nominala (3 l/s, 13,5 m)



$$\left.\begin{array}{l} H_i = \Delta h_f + 8 + 0{,}125\cdot Q^2 \\ Hp = 18 - 0{,}5\cdot Q^2 \end{array}\right\} \Rightarrow \left\{\begin{array}{l} \Delta h_f + 8 + 0{,}125\cdot 3^2 = 18 - 0{,}5\cdot 3^2 \\ \Delta h_f + 9{,}125 = 13{,}5 \\ \Delta h_f = 4{,}375\quad muz \end{array}\right.$$

Ponparen potentzia galdua:

P=9.800·0,003·4,375=128,6 W= 0,1286 kW

Urtean ponpa honek edukiko duen kostua, karga-galera hauek direla eta:

20 pta./kWh· 2.000 h = 40.000pta/kW· 0,1286 kW=5.145 pta/urteko

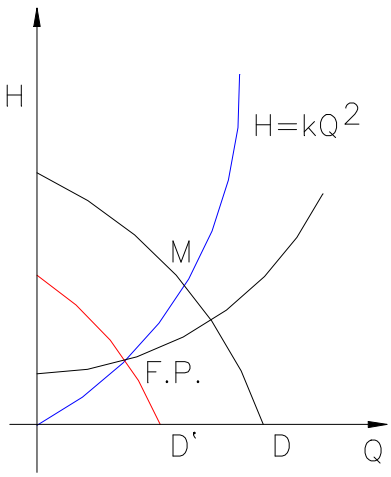
b) Gurpila % 3 torneatuz gero. D' =0,97D

Errendimendu berdineko puntuetatik pasatzen den parabolako puntu bat ateraz lortuko dugu.

Homologia aplikatuz:

$$\frac{H}{H'} = \left(\frac{Q}{Q'}\right)^2 = \left(\frac{D}{D'}\right)^2 \qquad H' = H\left(\frac{D}{D'}\right)^2 = H\left(\frac{0{,}97D}{D}\right)^2 = 0{,}97^2 H$$

$$Q' = Qx\frac{D'}{D} = 0{,}97Q \qquad \frac{H'}{0{,}97^2} = 18 - 0{,}5\left(\frac{Q'}{0{,}97}\right)^2$$



$$\left.\begin{array}{l} Hp' = 18 \cdot 0{,}97^2 \\ H_i = 8 + 0{,}125 \cdot Q^2 \end{array}\right\} \Rightarrow 18 \cdot 0{,}97^2 - 0{,}5 \cdot Q^2 = 8 + 0{,}15 \cdot Q^2 \Rightarrow 16{,}94 - 8 = 0{,}625 \cdot Q^2$$

Funtzionamendu-puntua.(Q'=3,78 l/s, H'= 9,79 m)

Potentzia zurgatua. Errendimendu berdineko puntuak parabola batean daude

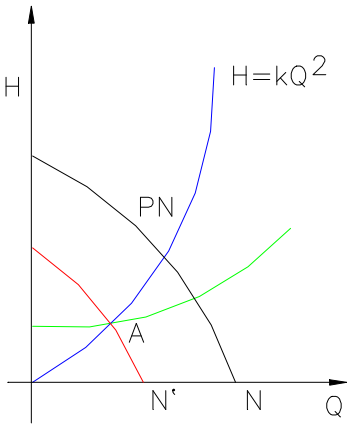
$$H=KQ^2 \qquad 9{,}79 = K \cdot 3{,}78^2 \qquad K = \frac{9{,}79}{3{,}78^2}$$

$$\left.\begin{array}{l} H = \dfrac{9{,}79}{3{,}78^2} Q^2 \\ H = 18 - 0{,}5 \cdot Q^2 \end{array}\right\} \Rightarrow \frac{9{,}79}{3{,}78^2} Q^2 = 18 - 0{,}5 \cdot Q^2 \rightarrow 1{,}18 \cdot Q^2 = 18 \rightarrow Q = 3{,}90\ l/s = Q_M$$

$$\eta_M = \frac{Q}{2}\left[1 - \frac{Q}{6}\right] = 0{,}6830$$

$$\text{Pa} = \frac{\gamma Q H m}{\eta} = \frac{9.800 \cdot 3{,}78 \cdot 10^{-3} \cdot 9{,}78}{0{,}6830} = 531\ \text{W}$$

c) Puntu nominalean lan egin dezan ponparen biraketa-abiadura berria.



P.N (3 l/s, 13,5 m)

$H=KQ^2$ 13,5=K9

K=1,5

$$\left.\begin{array}{l} H = 1{,}5 \cdot Q^2 \\ H = 8 + 0{,}125 \cdot Q^2 \end{array}\right\} \Rightarrow 8 + 0{,}125 \cdot Q^2 = 1{,}5 \cdot Q^2 \cdot Q_A = 2{,}41\ l/s \rightarrow H_A = 8{,}73\ m$$

Homologia aplikatuz.

$$\frac{H}{H'} = \frac{N^2}{N'^2} \quad \frac{13{,}5}{8{,}73} = \frac{1.450^2}{N'^2} \quad N' = 1.166 \text{ bira/min}$$

9.10. Ponpa baten adierazpen analitikoa hau da: H_p = 40-0,004·Q^2 (m, m^3/h); lan egiten duen instalazioa honela dago definituta: H_i = 24+0,002·Q^2 (m, m^3/h).

Aipaturiko instalazioan aspirazioko karga-galerak 0,0004 m/($m^3/h)^2$-ko balioa badu, ponparen ardatza jarri beharreko kota jakin nahi da.

Datuak:
- Eguratsera irekirik duen aspirazio-depositukо ur-geruzaren kota.
- Lurrin-presioa = 1,6 muz.
- $NPSH_{eskatua}$ = 2,5 muz; $NPSH_{segurtasunekoa}$ = 1,5 muz.

Ebazpidea:

Ikus ditzagun ekuazioak:

$$H_p = 40 - 0{,}004Q^2$$
$$H_i = 24 + 0{,}002Q^2$$
$$K = 0{,}0004m/\left(m^3/h\right)^2$$

Bi ekuazioak berdinduz $40 - 0{,}004Q^2 = 24 + 0{,}002Q^2$

$$Q = 51{,}64\ m^3/h$$

Kabitazioaren espresioa honako hau da:

$NPSH_{eskatua} + NPSH_{segurtasunekoa} = NPSH_{erabilgarria}$

Lurrin-presioa = 1,6 mlz

h_f (aspirazioa)= $0{,}0004Q^2$ =1,07 mlz

$$\frac{P_B}{\gamma} = \frac{Patm}{\gamma} = \left[10{,}33 - \frac{A}{900}\right] = 10{,}33 - \frac{760}{900} = 9{,}49\ mlz$$

$$NPSH_{eskatua} = 2{,}5 \quad mlz$$
$$NPSH_{segurt.} = 1{,}5 \quad mlz$$
$$NPSH_{erabilgarria} = 4 \quad mlz$$

$$\frac{P_B - Ps}{\gamma} - \left(Z_D - Z_B + hf\right) = 4 \quad mlz$$

$$9{,}49 - 1{,}6 - \left(Z_D - 760 + 1{,}07\right) = 4 \quad mlz$$

$$Z_D = 762{,}8\ m$$

IKASLEARI PROPOSATURIKO ARIKETAK

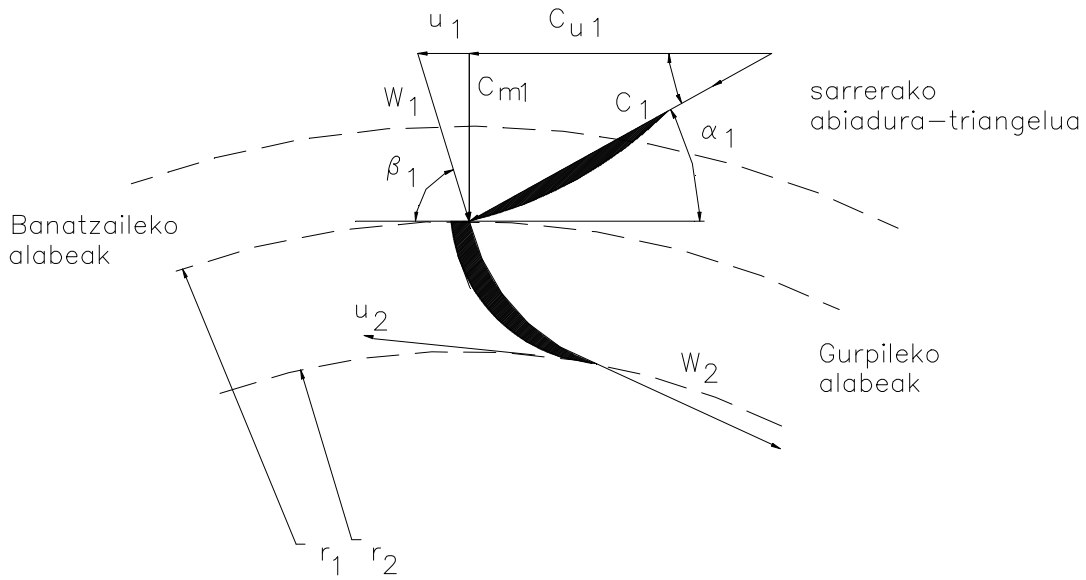
9.11. Ponpaketa-instalazio batek 25 l/s-ko emaria ponpatu nahi du; likidoaren pisu espezifiko erlatiboa 0,86 da eta biskositatea 2 º Engler; ponpaketa 800 m-tan dagoen aspirazio-depositu ireki batetik 876 m-ra dagoen goi-depositu batera egingo da. Kalkulatu:

- Ponparen ardatza jarri beharreko kota.

Datuak: Bultzadako galera-faktorea = 0,004 m/(m^3/h)^2; aspirazioko galera--faktorea = 0,0004 m/(m^3/h)^2; segurtasun-karga = 1 muz; Lurrin-presioa = 0,9 mlz; $NPSH_{eskatua}$ = 2,5 muz.

Emaitza: 802,8 m.

9.12. Fluxu zentripetuko erreakzio erradialeko turbina batek sarreran 0,5 m-ko diametroa eta 75 mm-ko zabalerako gurpila dauka. Barne-diametroa 0,35 m-koa da. Fluxuaren azalera baliagarria azalera gordinaren % 93 da eta emari-abiadura edo meridiarra konstantea da. Banatzaileko palen irteerako angelua 23º koa da eta gurpileko palen angeluak sarreran 87º eta irteeran 30º koak dira.



9.12 ariketa

Kalkulatu biraketa-abiadura (bira/min), ura talkarik gabe sartzen bada eta potentzia erreala. Jauzi edo salto netoa 60 m-koa da.

Suposatu % 10eko galera hidraulikoak eta % 94ko errendimendu mekanikoa daudela.

Emaitza: 882 bira/min; 522 kW.

9.13. Erradial-motako ponpa batek, inongo galerarik ez daukanak, ondoko ezaugarriak ditu: D_1 = 70 mm; D_2 = 290 mm; $b_1 = b_2$ = 45 mm; β_1 = 40 º eta β_2 = 60 º. Puntu nominalean lan egiten duenez gero, uraren sarrera paletan erradiala da, ponpa hauetan nahiko arrunta gainera. Ponparen biraketa-abiadura 600 bira/min-koa da. Kalkulatu palen loditasunagatik sortzen den fluxuaren estutzea kontuan izan gabe:

a) Emaria.
b) Ponpak emaniko altuera.
c) Gurpilak fluidoari emandako momentua.
d) Potentzia eragilea.

Emaitza: 18,26 l/s; 8,23 m; 23,44 mN; 1.473 W.

9.14. Ponpa erradial bat diseinaturik dago 1.450 bira/min-ko abiadura izateko eta gurpileko alabeen sarrera erabat erradiala izateko. Errendimendu hobereneko puntuan emaria 45 l/s-koa da. Ponpatik hau ezagutzen da: gurpilaren irteerako eta sarrerako diametroen arteko erlazioa D_2/D_1 = 2 da; honez gain D_2 = 290 mm. Gurpilaren irteerako zabalera b_2 = 20 mm. Palen irteerako angelua β_2 = 45 º. Errendimendu maximoko puntuan errendimendu guziak ezagunak dira: $\eta_{hidraulikoa}$ = % 82; $\eta_{bolumetrikoa}$ = % 92; $\eta_{mekanikoa}$ = % 84; palaren errendimendua = 0,80.

Ponparen diseinuan abiadura absolutuaren osagai erradiala konstantea da sarreran nahiz irteeran. Palen lodiera alde batera utziz gero, kalkulatu:

a) Palen sarrerako angelua; u_1 eta c_2 abiadurak eta ponpak daukan sistema hedatzaileko sarrerako alabeen angelua.
b) Euler-en altuera, barne-altuera, manometrikoa eta zurgatua.
c) Barne-potentzia.
d) Ponparen potentzia eragilea.

Emaitza: 13,7 º; 11 m/s; 19,5 m/s; 7,90 º; 43,37 m; 34,7 m; 28,45 m; 41,31 m; 16,63 kW; 19,80 kW.

9.15. Ponpa erradial batek ezaugarri hauek ditu: D_1 = 145 mm; D_2 = 445 mm; b_1 = 40 mm; b_2 = 25 mm; β_1 = 15 º eta β_2 = 35 º. N= 1.450 bira/min. Alde batera utzi gidaketa-akatsengatiko galerak. Ura alabeetan osagai periferiko edo tangentzialik gabe sartzen da. Errendimendu hauek ezagunak dira: $\eta_{hidraulikoa}$ = % 86; $\eta_{bolumetrikoa}$ = % 100; η_{totala} = % 80.

Kalkulatu:

a) Euler-en altuera edo altuera teorikoa.
b) Potentzia manometrikoa.
c) Galera mekanikoak eta ponpak galdutako potentzia organikoa.

Emaitza: 108,9 m; 49,34 kW; 8,2 muz; 4,30 kW.

9.16. Turbina batek ezaugarri hauek ditu: emaria 8,5 m^3/s, 12.000 kW-eko potentzia erreala eta errendimendua % 90ekoa.

a) Turbina hau 155 m-ko jauzi batean jartzen bada, aurrekoarekiko puntu homologo bateko emaria eta potentziaren balioak jakin nahi dira.
b) Zein eskala izan behar du turbina berri batek 155 m-ko saltoa mantenduz gero aurrekoekiko puntu homologoan 8,5 m^3/s-ko emaria izateko?

Emaitza: 8,36 m^3/s, 11.435 kW; λ=1,008.

9.17. Ponpa batek 90 kW-eko potentzia behar du 60 m-ko altuera lortzeko. Hau eskatzen da:

a) Portzentaian zenbat handiagotu beharko litzateke biraketa-abiadura 82 m-ko altuera lor dezan?
b) Eta zenbateko potentzia beharko luke?

Emaitza: % 16,9; 143,8 kW.

9.18. 12 kg/s-ko ur-zorrotada batek u arraste-abiadura konstantea duten pala-sail bat jotzen du. Turbinarako sarrerako abiadura absolutua c_1 = 10 m/s-koa da eta bere norabideak 45 º ko angelua osatzen du palen higidurarekin; irteerako abiadura absolutua c_2 = 2 m/s-koa da eta u arraste-abiadurarekiko norabide elkartzuta izatea nahi da. Kalkulatu:

a) Marraztu pala baten kontrol-bolumena, palaren higidura absolutua eta erlatiboa argi eta garbi adieraziz.
b) Justifikatu abiadura erlatiboaren modulua konstante izatea eta kalkulatu u abiadura.
c) Abiadura erlatiboaren modulua (ω).
d) Abiadura erlatiboen angeluak sarreran (β_1) eta irteeran β_2 .
e) Ur-zorrotadak palen higiduraren norabidean sortzen duen indarra.
f) Gurpilari emandako potentzia.
g) Turbinaren errendimendua.

Emaitza: 6,79 m/s; 7,08 m/s; 92,29 º; 16,42 º; 84,85 N; 576 W; % 96.

9.19. 20 kg/s-ko emari masikoa eta 25 m/s-ko abiadura absolutuko ur-zorrotada batek 12 m/s-ko arraste-abiadura duen pala-multzo bat jotzen du. Uraren sarrerako abiadura absolutuak 25 º ko angelua osatzen du arrastearekin. Kalkulatu:

a) β_1 angelua zorrotadak palarekin talkarik ez izateko alegia, palari tangentzialki erasotzeko.
b) β_2 angelua 30º koa bada, kalkulatu higiduraren norabideko indarra eta sortutako potentzia.

Emaitza: 135,25 º; 473,2 N; 5,68 kW.

9.20. Pelton turbina bat 35 m-ko jauzi neto edo garbia eta 40 m^3/min-ko emaria duen urtegi batek hornitua da. Palek zorrotada 160º ko angelua desbideratzen dute, palen abiadura 13 m/s-koa delarik. Kalkulatu makinaren potentzia efektiboa edo erabilgarria injektoreko galerak alde batera uzten badira eta ω_1 eta ω_2 abiadura erlatiboak berdinak badira.

Emaitza: 221,8 kW.

9.21. Erreakzio-turbina batek, non galerarik suertatzen ez den, ezaugarriok dauzka: N = 375 bira/min; β_1 = 90 º; α_1 = 9 º; emari-abiadurak c_{m1} eta c_{m2} berdinak dira eta beren balioa = 1,9 m/s. Irteerako diametroa sarrerako diametroaren erdia da eta errodeteko zabalera sarreran 100 mm-koa. Ura gurpilean osagai periferikorik gabe ateratzen da. Kalkulatu:

a) Jauzi neto edo garbia.
b) β_2 angelua.
c) Sarrerako eta irteerako diametroak.
d) Emaria eta gurpilak garatutako potentzia.

Emaitza: 14,68 m; 17,6º; 611,2 mm; 305,6 mm; 365 l/s; 52,47 kW.

9.22. Galera mekaniko eta bolumetrikoak alde batera uztekoak dituen erreakzio-turbina batek ezaugarri hauek ditu: 1.058 l/s-ko emaria, 21 m-ko jauzia, 375 bira/min-ko abiadura eta errendimendu hidraulikoa % 85ekoa. Gurpilaren sarrera-dia-metroa 0,5 m-koa da eta irteerakoa 0,75 m-koa; b zabalera berdina sarreran zein irteeran; puntu nominalean lan egiten du eta β_2 = 12 º.

a) Potentzia erabilgarria edo eraginkorra eta Camerer-en zenbakia.
b) α_1 eta β_1 angeluak.

Emaitza: 185,08 kW; 132,4 bira/min; 14,8º; 149,5º.

9.23. Ponpa baten irteerako manometroak 294.000 Pa-eko presioa markatzen du, sarrerako bakuometroak 40 cmHgz, eta bien kota-diferentzia 50 cm-koa da manometroaren alde. Kalkulatu ponpak sorturiko altuera manometrikoa ponpaturiko likidoaren pisu espezifiko erlatiboa 2 bada.

Emaitza: 18,2 mlz.

9.24. Ponpa baten ezaugarri-kurbak hauek dira 1.450 bira/min-ko abiaduran:

$$H=32 - 300\ Q^2 \text{ (m, m}^3\text{/s)}$$
$$\eta = 10\ Q - 38Q^2 \text{ (ehuneko batekoa, m}^3\text{/s)}$$

Kalkulatu ponparen biraketa-abiadura berria ur-emaria 280 l/s-koa eta altuera 95 m-koa izan daitezen. Zenbatekoa izango da ponpak zurgatutako potentzia?

Emaitza: 2.791 bira/min; 400,7 kW.

9.25. Ponpa bateko plakak hau markatzen du: 16 l/s eta 42 m-ko altuera manometrikoa; instalazio batean 18 l/s-ko emaria eta 38 m-ko altuera ematen ditu, hauetatik 30 altuera geometrikoari dagozkiolarik. Kalkulatu:

a) Ponparen ezaugarri-kurba: $H = A\text{-}BQ^2$.
b) Portzentaian zenbat torneatu behar da gurpila ponpak 16 l/s-ko emaria besterik eman ez dezan?
c) Portzentaian zenbat murriztu behar da biraketa-abiadura ponpak 16 l/s-ko emaria besterik eman ez dezan?
d) Bultzada-balbula itxiz gero, zenbatekoa izango da sorturiko beroa segundoko, 16 l/s-ko emaria lortzeko?

Emaitza: $H = 57{,}1\text{-}0{,}059\cdot Q^2$; % 5,1; % 5,1; 890 W.

9.26. Bi turboponpa bikiren ezaugarri-kurba (altuera manometrikoa/emaria) ezaguna da: $H = 40\text{-}0{,}016\ Q^2$ (muz, l/s). Ponpa hauek seriean zein paraleloan lan egin dezakete. Kalkulatu 20 muz-ko kota piezometrikoa duen instalazioaren igarotze--faktorea bi modutan; alegia, seriean zein paraleloan, emari berdina eman dezaten. Igarotze-faktorea $m/(l/s)^2$-tan adieraziko da.

Emaitza: 0,010 $m/(l/s)^2$.

9.27. Baldin eta ponpaketa-instalazio batean (B) aspirazio-depositu presurizatuko presio manometrikoa 49 kPa, B puntu honetako kota 1.800 m, bapore-presio maximoa 4 muz, ponparen NPSH eskatua = 3,8 muz eta NPSH segurtasunekoa = 1,5 muz badira, kalkulatu ponpako ardatzaren kota. Jasotako likidoaren dentsitate erlatiboa s = 0,9 eta aspirazioko karga-galera 0,7 mlz (s = 0,9)koa dira.

Emaitza: 1.803,8 m.

9.28. Pelton turbina batek 240 m-ko altuera neto baten pean lan egiten du eta $c_1 = 0{,}98\sqrt{2gH_n}$. Zorrotadaren diametroa 150 mm-koa da eta gurpilarena 1.800 mm-koa; honez gain: $\alpha_1 = 0$ º; $\beta_2 = 15$ º; $\omega_2 = 0{,}70\ \omega_1$; eta $u_1 = 0{,}45\ c_1$. Kalkulatu:

a) Zorrotadak paletan sorturiko indar tangentziala.
b) Urak gurpilari emandako potentzia eraginkorra.
c) Errendimendu hidraulikoa.
d) Errendimendu mekanikoa 0,97koa bada, kalkulatu turbinaren errendimendu globala.

Emaitza: 73.598 N; 2.226 kW; % 79,7; % 77,3.

10 GAIA

Ponpaketa-instalazio sinpleak.

10. PONPAKETA-INSTALAZIO SINPLEAK

SARRERA

Kapitulu honetan ponpaketa-instalazio sinpleak aztertzen dira. Hodietako karga-galerak kalkulatzen ikasi ondoren, komeni da ponpen ezaugarri-kurba errealekin lan egitea, ponpak aukeratu eta instalazioaren funtzionamendu-puntua aukeratutako ponparekin, praktikan egiten den modura, grafikoki kalkulatu ahal izateko.

Lau ariketa ebatzi aurkezten dira eta topa ditzakegun ponpaketa-instalazio sinple guztiak, gainpresio-instalazio bat barne, aztertzen dira. Aldi berean instalazioaren funtzionamendu-puntua aldatzeko moduak aztertzen dira, ezaugarri-kurba aldatuz.

Bukatzeko, kabitaziorik sor ez dadin ponparen ardatzaren kotarik altuenaren kalkuluari eskainitako ariketa motz bat erakusten da.

Nomenklatura gisa ondorengoa erabili da:

Iek: instalazioaren ezaugarri-kurba.
Pek: ponparen ezaugarri-kurba.
$\mathbf{H_{mi}}$= instalazioaren altuera manometrikoa.
$\mathbf{H_{mp}}$ = ponparen altuera manometrikoa

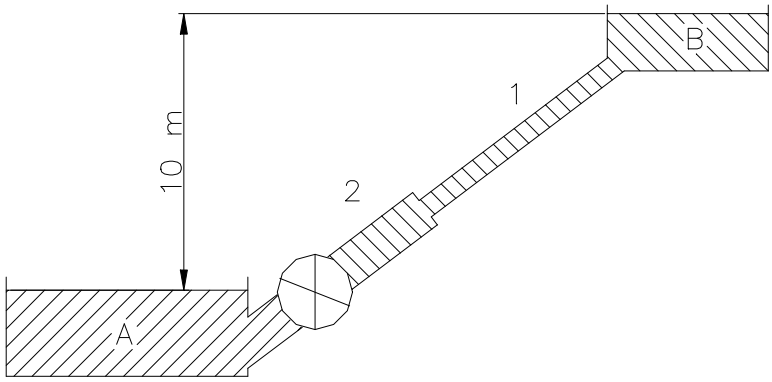
ARIKETA EBATZIAK

10.1. Irudiko instalazioan ponpak dentsitate erlatiboa s = 1,2 duen likidoa A depositutik B depositura intsuldatzen du. Garrantzi txikiko karga-galerak alde batera utziz, ondorengoa kalkulatu:

a) Instalazioaren ezaugarri-kurbaren adierazpen analitikoa eta errepresentazio grafikoa.
b) Ponparen ezaugarri-kurba ondorengo taulan adierazten dela kontuan izanik, kalkulatu instalazioaren funtzionamendu-puntua (H, Q eta η).
c) Ponpak zurgaturiko potentzia funtzionamendu-puntuan.
d) B depositua 0,5 kg/cm^2-ko presio manometrikora presurizatzea erabaki da. Zein izango da funtzionamendu-puntu berria? Zergatik?
e) Zenbatekoa izango litzateke B deposituko presio maximoa hoditik likidoak zirkula ez dezan? Zergatik?

Datuak: D_1 = 200 mm; L_1 = 200 m; D_2 = 150 mm; L_2 = 500 m.
Fibrozementuzko hodiak.

Q(l/s)	H(m)	(%)
0	38	0
5	38	26
10	38	45
15	38	58
20	38	67
25	37	74
30	36	77
35	34	78
40	32	77
45	30	75
50	26	68
55	20	80
60	13	30
65	0	0



10.1. ariketa

Ebazpidea:

a) Bernoulli aplikatzen da A eta B artean.

$$B_A - hf_{AB} + H_{mi} = B_B$$

$$H_{mi} = 10 + hf_{AB}$$

Hazen/Williams-en metodoa erabiliz:

$$hf_{AB} = hf_1 + hf_2 = J_1 \cdot L_1 \cdot Q^{1,852} + J'_1 \cdot L_2 \cdot Q^{1,852}$$

Lehenbizi karga-galera unitarioak kalkulatzen dira: J_1eta J'_1.

ε = 0,01 cm (Zimurduren taula).

$$D_1 = 200\ mm \rightarrow \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}01}{20} = 0{,}0005 = 5{\cdot}10^{-4} \Rightarrow C_{HW} = 130$$

$$J_1 = 9{,}17{\cdot}10^{-6}$$

$$D_2 = 150\ mm \rightarrow \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}01}{15} = 0{,}00066 = 6{,}6{\cdot}10^{-4} \Rightarrow C_{HW} = 130$$

$$J'_1 = 3{,}72{\cdot}10^{-5}$$

$$hf_{AB} = \left(9{,}17{\cdot}10^{-6}{\cdot}200 + 3{,}72{\cdot}10^{-5}{\cdot}500\right)Q_{(l/s)}^{1{,}852} = 0{,}020434{\cdot}Q^{1{,}852}$$

H_{mi} = 10 + 0,020434·Q ^{1,852}; *Instalazioaren ek*

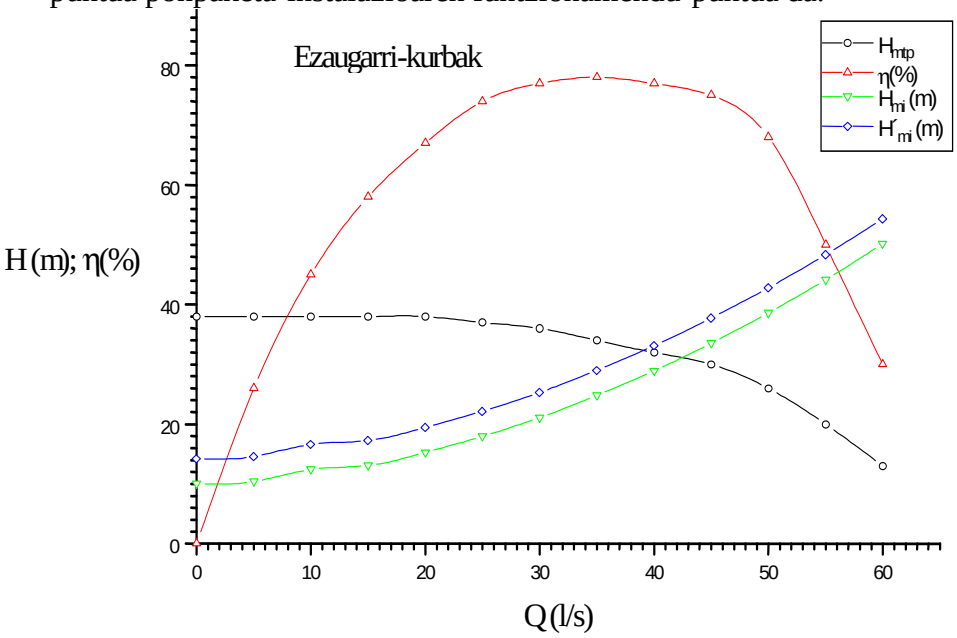
H_{mi} = instalazioaren altuera metro likidoko zutabetan.

Q = Emaria l/s-tan.

Iek errepresentatzeko balioak eman behar zaizkio:

Q (l/s)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
H_{mi} (m)	10	10,4	12,45	13,08	15,25	17,93	21,12	24,8	28,94	33,56	38,63	44,16	50,13

Balio hauek paper milimetratu edo kuadrikulatuan adierazten dira eta Iek marratzen da. Gauza bera egiten da ponparen puntuekin eta bi kurben ebaki--puntua ponpaketa-instalazioaren funtzionamendu-puntua da.

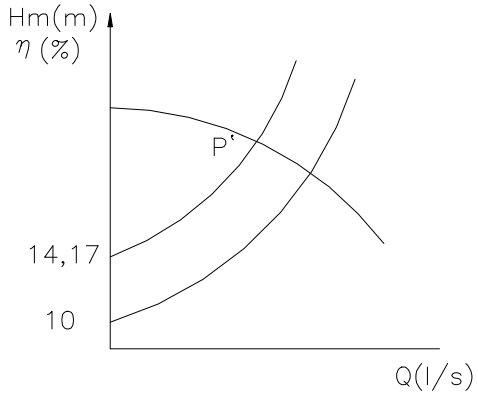


b) P funtzionamendu-puntua:

H_m = 31 m
Q = 42,5 l/s
η= % 76

c) *Zurgatutako potentzia* $\frac{\gamma QH}{\eta} = \frac{1{,}2 \cdot 9.800 \cdot 42 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \cdot 31}{0{,}76 \cdot 1.000} = 20{,}39\ kW$

d) B depositua 0,5 kg/cm²-ra presurizatzen bada, instalazioaren ek-ren jatorriko ordenatua aldatu egiten da.



$$\frac{P_B}{\gamma} = \frac{0{,}5 \cdot 10}{1{,}2} mlz = 4{,}17\ mlz$$

$$H_{mi} = 10 + 4{,}17 + 0{,}020434 \cdot Q^{1{,}852}$$

$$H_{mi} = 14{,}17 + 0{,}020434 \cdot Q^{1{,}852}$$

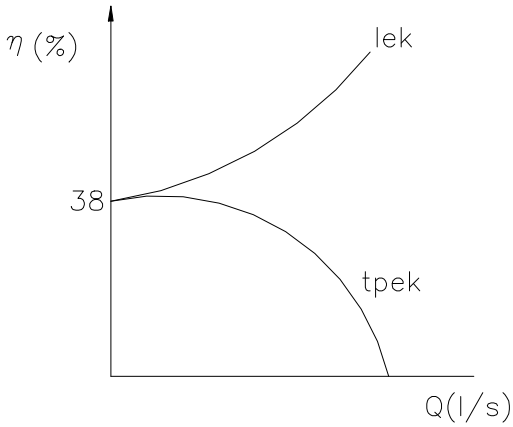
Iek gorantz desplazatzen da paraleloki 4,17 mlz, hau da, emari bakoitzeko aurreko altuera 4,17 mlz handiagotzen da.

Funtzionamendu-puntu berria P´ (aurreko grafikoan) ondorengoa da:

Q = 39 l/s
H_m = 32,4 m
η = %77,2

e) Iek eta tpek kurbek elkar ebakitzen ez badute ezin izango du likidoak hodian barrena zirkulatu, ez baizaio behar duen energiarik ematen.

Horretarako Iek gorantz desplazatu beharko da paraleloki goiko depositukо presioa handiagotuz.



Ordenatu minimoa jatorrian ponparen ordenatuak jatorrian definitzen du: 38 mlz. Instalazioan Δz = 10 m denez:

$$\frac{P_B}{\gamma} \geq 38 - 10 = 28 \quad mlz$$

P_B = 28· 1,2· 9.800 = **330 kPa**

10.2. Altuera aldakorreko zorrotada bertikal bakarra izango duen iturria diseinatu nahi da. Zorrotadaren irteera A depositu hornitzaile despresurizatuaren gainazal libretik 3 m-ra kokatu da.

Iturria urez hornituko duen ponpaketa-instalazioa proiektatu da. Instalazio hau 175 mm-ko diametroa eta 75 m-ko luzera baliokide totala duen burdina galvanizatuzko hodi batez osaturik dago. Zorrotadaren irteerako pitak 80 mm-ko diametroa du eta bere igarotze-faktorea 0,8 da (irteerako energia zinetikoarekin). Ondorengoa eskatzen da:

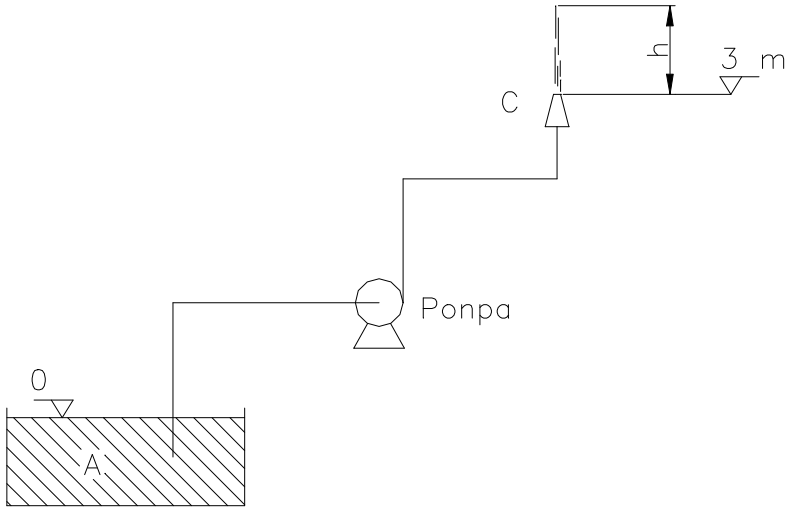
a) Marraztu instalazioaren eskema eta kalkulatu instalazioaren ezaugarri-kurbaren adierazpen analitikoa.

b) Aukeratu ponparik egokiena, zorrotadaren altuera gutxienez 8 m-koa izan dadin.

c) Kalkulatu funtzionamendu-puntua (Q, H), ponparen errendimendua η, zurgatutako potentzia eta kostua m^3-ko, kWh-aren prezioa 15 pta. bada.

d) Une jakinetan zorrotadaren altuera 5 m-ra jaistea nahi badugu, kalkulatu ezarri beharreko karga-galera puntuala balbula emari-erregulatzaile baten bidez.

Eskala: 1 cm = 10 l/s, 2 m.



10.2. ariketa

Ebazpidea:

a) Iek-ren adierazpen analitikoa kalkulatzeko Bernoulli-ren ekuazioa aplikatzen da A depositu eta pitaren irteerako C puntuen artean:

$$B_A - hf_{hodia} + Hm_i - hf_c = B_c = z_c + \frac{V_c^{\,2}}{2g}$$

$$Hm_i = 3 + \frac{V_c^{\,2}}{2g} + 0{,}8\cdot\frac{V_c^{\,2}}{2g} + hf_{hodia} = 3 + 1{,}8\cdot\frac{V_c^{\,2}}{2g} + hf_{hodia}$$

Hazen/Williams-en adierazpena hodiko karga-galerak kalkulatzeko erabiliz:

$$\frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}015}{17{,}5} = 8{,}57\cdot 10^{-4} \rightarrow C_{HW} = 130 \Rightarrow J_1 = 1{,}76\cdot 10^{-5}$$

$$hf_{hodia} = 1{,}76\cdot 10^{-5}\cdot 75\cdot Q^{1{,}852} = 1{,}32\cdot 10^{-3}\cdot Q_{\left(l/s\right)}^{\;1{,}852}$$

Pitaren irteerako abiadura, V_c, emariaren arabera adierazi behar da, emaria litro/segundotan adieraziz.

$$V_c = \frac{Q\cdot 10^{-3}}{\pi\cdot\left(\frac{0{,}08^2}{4}\right)} = 0{,}1989\cdot Q_{\left(\frac{l}{s}\right)}$$

$$\frac{V_c^{\,2}}{2g} = 2{,}0193\cdot 10^{-3}\cdot Q_{\left(\frac{l}{s}\right)}^{\;2}$$

Balioak adierazpenean ordezkatuz:

$$Hm_i = 3 + 3{,}634\cdot 10^{-3}\cdot Q_{\left(\frac{l}{s}\right)}^{\;2} + 1{,}32\cdot 10^{-3}\cdot Q_{\left(\frac{l}{s}\right)}^{\;1{,}852}$$

b) Ponpa aukeratu behar da zorrotadaren altuera gutxienez 8 m-koa izan dadin.

$$h \geq 8 \text{ m}$$

$$h = \frac{V_c^{\,2}}{2g} = 2{,}0193\cdot 10^{-3}\cdot Q_{\left(\frac{l}{s}\right)}^{\;2} \text{ denez}$$

Beraz Q ≥ 62, 94 l/s. Balioak emanez Iek marrazteko:

Q(l/s)	0	20	30	40	50	60	**62.94**	70	80	90
Hmi(m)	3	4,8	7	10	13,93	18,7	**20,23**	24,26	30,7	37,9

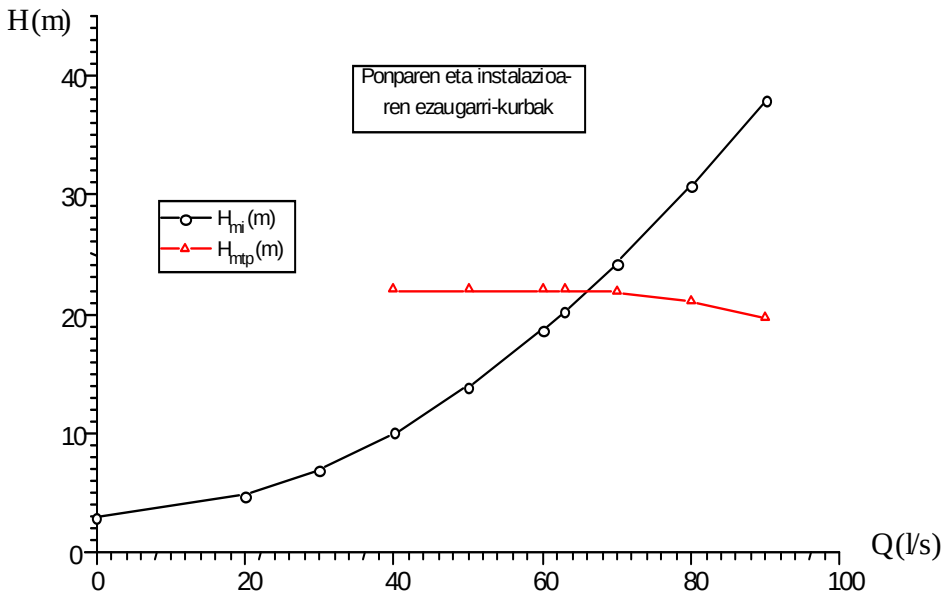
Behar den puntua:

$$Q = 62{,}94\,\frac{l}{s} = 226{,}6\,\frac{m^3}{h} \Rightarrow$$
$$H_{mp} \geq 20{,}23\,m$$

Ponpen kurbetan begiratuz (150-250bF): 1.450 bira/min, jarri behar den ponpa gurpilaren diametroa **256 mm**-koa duena da (9. eranskina).

c) Ponpa honen ezaugarri-kurbaren puntuak hartzen dira instalazioaren ek-ren gainean marrazteko eta funtzionamendu-puntua zehazteko.

Q(l/s)	40	50	60	70	80	90
H(m)	22	22	22	21,8	21	19,7



P funtzionamendu-puntua:

Q = 66 l/s
H = 21,8 m
η = % 79

$$P_{ab} = \frac{66 \cdot 10^{-3} \cdot 21{,}8 \cdot 9.800}{0{,}79 \cdot 10^{3}} = 17{,}85\ kW$$

P_{ab} = 17,85 kW

$$\text{Kostua: } \frac{17{,}85\ kW}{(66 \cdot 3{,}6)\frac{m^3}{h}} \cdot 15\ \frac{pta}{kWh} = 1{,}13\ \frac{pta}{m^3}$$

Kostua = 1,13 pta/m³

d) Zorrotadaren altuera funtzionamendu-puntuan ondorengoa izango da:

$$h = 2{,}0193 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{\left(\frac{l}{s}\right)}^{\ 2} = 2{,}0193 \cdot 10^{-3} \cdot 66^{2} = 8{,}8\ m$$

Une jakinetan h = 5 m izatea nahi bada, emaria murriztu egin beharko da.

$$h = 5 = 2{,}0193 \cdot 10^{-3} \cdot Q^2 \Rightarrow Q = 49{,}76 \frac{l}{s}$$

Pek-an begiratuz, emari horretarako ponparen altuera manometrikoa:

$$H_P = 22 \text{ m}$$

Baina instalazioaren altuera, grafikoan begiratuz, ondorengoa da:

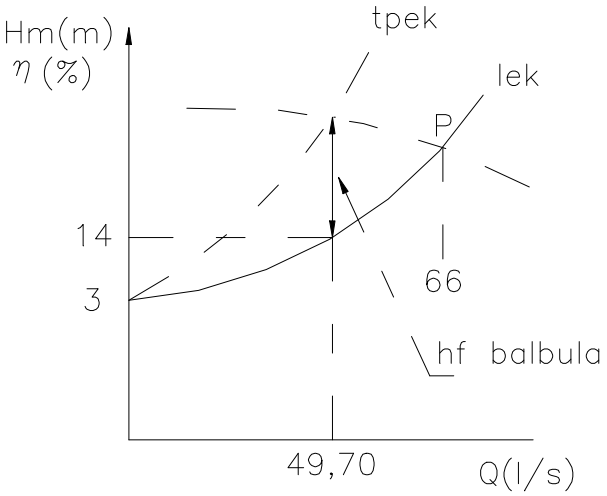
$$Hm_i = 14 \text{ muz}$$

Analitikoki Hm_i = 13,83 muz

Ponpa eta instalazioaren altueren arteko diferentzia emari horretarako balbula baten bidez sorturiko karga-galera izango litzateke.

$hf_{balbula}$ = 22-13,83 = **8,17 muz**

Horrela Iek-ren malda aldatu egiten da (kurba itxi egiten da).



10.3. C gainpresio-depositua bi zerbitzu hornitzen ditu: bata paraleloan kokaturiko lau pita berdinez osaturiko ureztapen-sistema da (D) eta bestea, beste zerbitzu batzuk erregulatzen dituen E depositu presurizatua. Bestetik, (C) gainpresio-depositua ponpaketa-instalazio batek hornitzen du, irudian adierazten den bezala.

a) Kalkulatu gainpresio-deposituaren presioa (P_c) E depositura 50 l/s-ko emaria irits dadin.
Adierazi kasu honetan aurreko kasuan pitak hornitzen dituen 2 hoditik zirkulatuko duen emaria eta pita bakoitzeko irteerako abiadura.

b) Adierazi E depositura 65 l/s-ko emaria iristea nola lor daitekeen.

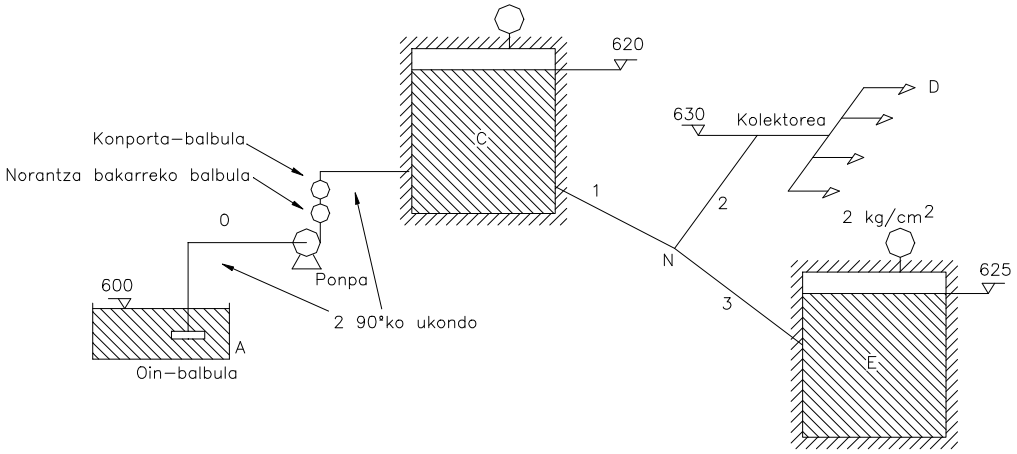
c) C gainpresio-deposituaren presioa 3,5 kg/cm^2-koa dela suposatuz, aukeratu ponparik egokiena 125 l/s-ko emariak A depositutik C gainpresio-depositura zirkula dezan. Kalkulatu funtzionamendu-puntua (Q, H, η), zurgatutako potentzia eta ponpaturiko uraren m^3-aren kostua, kWh-aren prezioa 15 pta. bada.

d) Aukeratutako ponpa jarri ondoren, adierazi 125 l/s-ko emari zehatza nola lor daitekeen.

e) ***Datuak:***

- Kotak: (A = 600 m; C = 620 m; D = 630 m; E = 625 m)
- Altzairu komertzialeko hodiak; D_1 = 300 mm; $D_0 = D_2 = D_3$ = 200 mm; L_1 = 300 m; $L_2 = L_3$ = 500 m; L_0 = 100 m.
- P_E = 2 kg/cm^2.
- Pitak (4): D = 50 mm;
  Piten igarotze-faktorea k = 0,3 (irteerako energia zinetikoarekin).

  Alde batera utzi fluxua piten artean banatzen duen kolektoreko karga-galera.
- Pieza berezien luzera baliokideak: oin-balbula = 10 m; 90 º-ko ukondoa = 5 m; norantza bakareko balbula =15 m; konporta-balbula irekia = 2 m.



10.3. ariketa

Ebazpidea:

a) Q_3 = 50 l/s behar da.

Gainpresio-depositu eta korapilo artean eta korapilo eta adar bakoitzaren artean Bernoulli aplikatuz:

$$B_c - hf_1 = B_N \Rightarrow z_c + \frac{P_c}{\gamma} - hf_1 = B_N \quad (1)$$

$$B_N - hf_3 = B_E = z_E + \frac{P_E}{\gamma} \qquad (2)$$

$$B_N - hf_2 - hf_{pita} = B_D = z_D + \frac{V_{pita}}{2g} \quad (3)$$

Jarraitasunaren ekuazioa korapiloan: $Q_1 = Q_2 + Q_3$.

Altzairu komertzialezko hodiak: ε = 0,006 cm.

$$D_2 = D_3 = 200 \text{ mm} \rightarrow \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}006}{20} = 0{,}0003 = 3 \cdot 10^{-4} \Rightarrow C_{HW} = 130$$

$$J_1 = 9{,}17 \cdot 10^{-6}$$

$$hf_3 = 9{,}17 \cdot 10^{-6} \cdot 500 \cdot (50)^{1{,}852} = 6{,}4244 \; muz$$

(2) ekuazioan ordezkatuz:

$$B_N = 625 + 20 + hf_3 = 645 + 6{,}4244 = 651{,}4244 \; muz$$

(3) ekuazioan ordezkatuz “2” hoditik zirkulatuko duen emaria kalkula daiteke.

$$B_N = 630 + \frac{V_{pita}^{\;2}}{2g} + 0{,}3\frac{V_{pita}^{\;2}}{2g} + hf_2 = 630 + 1{,}3\frac{V_{pita}^{\;2}}{2g} + 9{,}17 \cdot 10^{-6} \cdot 500 \cdot Q_2^{\;1{,}852}$$

$$651{,}4244 = 630 + 1{,}3\frac{V_{pita}^{\;2}}{2g} + 4{,}585 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{2\left(\frac{l}{s}\right)}^{\;1{,}852}$$

Q_2 emaria lau piten artean banatzen da.

$$\Rightarrow V_{pita} = \frac{\frac{Q_2 \cdot 10^{-3}}{4}}{\pi . \left(\frac{0{,}05^2}{4}\right)} = 0{,}1273 \cdot Q_{2\left(\frac{l}{s}\right)}^{\;2}$$

$$\frac{V_{pita}^{\;2}}{2g} = 8{,}271 \cdot 10^{-4} Q_{2\left(\frac{l}{s}\right)}^{\;2}$$

$$21{,}4244 = 1{,}075 \cdot 10^{-3} Q_{2\left(\frac{l}{s}\right)}^{\;2} + 4{,}585 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{2\left(\frac{l}{s}\right)}^{\;1{,}852}$$

Newton/Rapson-en edo beste edozein metodo erabiliz ekuazioa askatzeko:

Q_2 = 78,472 l/s

V_{pita} = 9,9895 m/s ≈ 10 m/s

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 = 50 + 78{,}472 = 128{,}472\ \frac{l}{s}$$

(1) ekuazioan ordezkatuz.

$$620 + \frac{P_C}{\gamma} - hf_1 = 651{,}4244$$

$$\frac{P_C}{\gamma} = 31{,}424 + hf_1$$

$$D_1 = 300\ mm; \quad \frac{\varepsilon}{D} = \frac{0{,}006}{30} = 0{,}0002 = 2{\cdot}10^{-4} \Rightarrow C_{HW} = 140$$

$$J_1 = 1{,}10{\cdot}10^{-6}$$

$$\frac{P_C}{\gamma} = 31{,}4244 + 1{,}10{\cdot}10^{-6}{\cdot}300{\cdot}(128{,}472)^{1{,}852} = 34{,}08\ muz$$

P_C = 3,408 kg/cm^2

b) Q_3 = 65 l/s izatea nahi bada:

$$B_N = 625 + 20 + 7{,}17{\cdot}10^{-6}{\cdot}500{\cdot}(65)^{1{,}852} = 655{,}4437\ muz$$

Ea ekuazio hau betetzen den egiaztatzen da:

$$B_C - hf_1 = B_N;\ B_C = 620 + 34{,}08 = 654{,}08\ muz.$$

B_C < B_N denez , ezin da emari hori lortu C-ko presioa P_C handiagotzen ez bada.

c) P_C = 3,5 kg/cm^2, aukeratu ponpa Q_0 = 125 l/s izan dadin.

$$B_A - hf_O + Hm_i = B_C$$

$$600 - hf_O + Hm_i = 620 + 35 = 655$$

$$Hm_i = 55 + hf_0$$

$D_0 = 200\ mm;\ J_1 = 9{,}17{\cdot}10^{-6}$ (**(a)**-n kalkulatua)

$$L_0 = L_{hodi} + L_{pieza\ bereziak}$$

Pieza bereziak	*Luzera baliokidea*
Oin-balbula	10 m
90 ºko ukondoa	5 m
Norantza bakarreko balbula	15 m
Konporta-balbula irekia	2 m

$$L_0 = 100 + 10 + 2{,}5 + 15 + 2 = 137\ m$$

$$hf_0 = 9{,}17 \cdot 10^{-6} \cdot 137 \cdot Q^{1{,}852} = 1{,}2563 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{\left(\frac{l}{s}\right)}^{1{,}852}$$

$$Hm_i = 55 + 1{,}2563 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{\left(\frac{l}{s}\right)}^{1{,}852}$$

Balioak emanez:

Q (l/s)	0	100	125	150	200
H (m)	55	61,35	64,6	68,46	77,9

Eskatutako puntua:

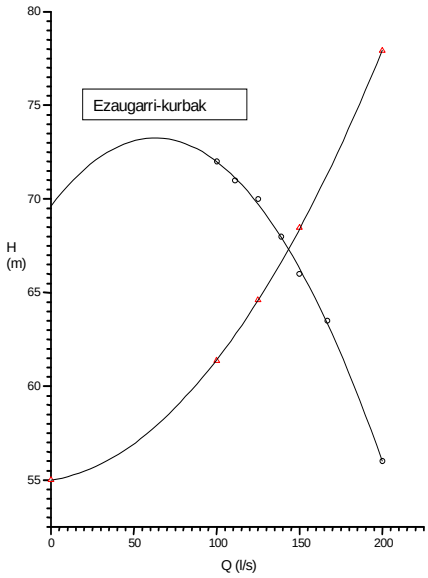
$$Q = 125\ l/s = 450\ m^3/h \rightarrow H_{mp} \geq 64{,}6\ m.$$

Ponpen ek: 200/330tik 250/300 mb-ra, 1.450 bira/min. (10. eranskina).

Aukeratutako ponpa: 200/500; N = 1450 bira/min; D = 450 mm

Ponparen puntuak:

Q (m^3/h)	360	400	450	500	540	600	720
Q (^{l}/s)	100	111,11	125	138,9	150	166,7	200
H_m (mlz)	72	71	70	68	66	63,5	56



P funtzionamendu-puntua:

Q = 144 l/s
H = 67,5 m
η = % 80,4

$$P_{ab} = \frac{0{,}144 \cdot 67{,}5 \cdot 9.800}{0{,}804 \cdot 10^3} kW = 118{,}5\ kW$$

P_{ab} = 118,5 kW

$$Kostua : \frac{118{,}5\ kW}{144 \cdot 3{,}6\ \frac{m^3}{h}} \cdot 15\ \frac{pta}{kWh} = 3{,}43\ \frac{pta}{m^3}$$

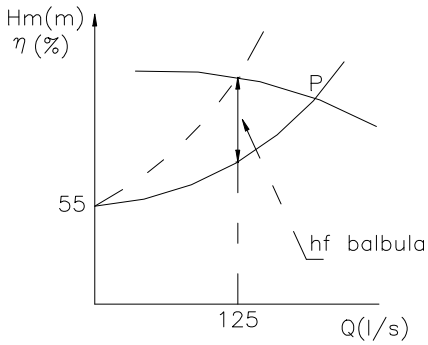
Kostua = 3,43 pta/m^3

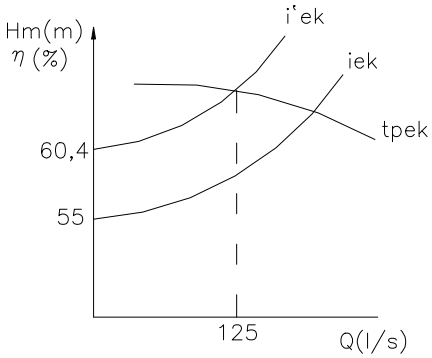
d) 125 l/s-ko emari zehatza lortzeko erosoena karga-galerak handiagotzea da konporta-balbula partzialki itxiz.

Q = 125 l/s ⇒ Hm_i = 64,6 m; Hm_p = 70 m.

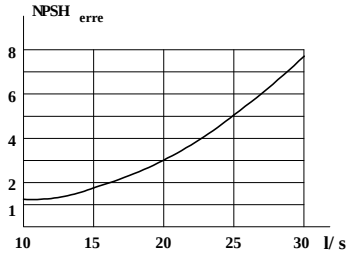
$$hf_{balbula} = Hm_p - Hm_i = 70 - 64{,}6 = 5{,}4\ muz$$

Emari hori lortzeko beste modu bat ere badago; gainpresio-deposituaren presioa 5,4 muz edo 0,54 kg/cm^2 handiagotuz (ikusi ondorengo eskemak).





10.4. Ponpaketa-instalazio batean 28 l/s-ko emari maximoak zirkulatu behar du. Ponpa bat aukeratu da eta dagokion $NPSH_{errek}$ edo $NPSH_{eskatua}$-ren ezaugarri-kurba irudian adierazten da. Uraren tenperatura maximoa 20 ºC-koa izango bada (P_a = 0,023 bar), kalkulatu ponparen kota (Z_D) instalazioa itsas mailatik 2.000 m-ra badago.
(P_{atm} (abs) = 0,795 bar), Aspirazio-hodiko karga--galera, osagarriak barne, 0,2 muz-koa da.



Laguntza: Hartu irizpide gisa $NPSH_{segurtasuna}$ = 0,5 muz.

Ebazpidea:

$$NPSH_{erabilgarria} = NPSH_{eskatua} + NPSH_{segurtasuna}$$

$$NPSH_{segurtasuna} = 0{,}5\ muz$$

$$Q = 28\ l/s \rightarrow NPSH_{eskatua} = 6{,}5\ muz.$$

Ordezkatuz:

$$NPSH_{erabilgarria} = (P_A - P_S)_{absolutua} / \gamma - \Delta Z - hf_{aspirazioa} = 6{,}5 + 0{,}5 = 7$$

$$\frac{P_A}{\gamma} = \frac{0{,}795 \cdot 10^5}{9.800} = 8{,}11\ muz$$

$$\frac{P_S}{\gamma} = \frac{0{,}023 \cdot 10^5}{9.800} = 0{,}235\ muz$$

$$hf_{aspirazioa} = 0{,}2\ muz$$

Ordezkatuz: ΔZ = 8,11 – 0,235 – 0,2 – 7 = 0,675 muz.

$$\mathbf{Z_D} = 2.000 + 0{,}675 = \mathbf{2.000{,}675\ m}$$

IKASLEARI PROPOSATURIKO ARIKETAK

10.5. Putzu batetik ardatza 4 m gorago duen ponpa batekin ura ateratzen da. Aspirazioan erabiltzen den hodia, 400 mm-ko diametroa eta 10 m-ko luzera dituen hodi bat, oin-balbula eta 90º ko ukondo batez osaturik dago. Bultzada--hodiak 80 m-ko luzera, 200 mm-ko diametroa, 90ºko bi ukondo, norantza bakarreko balbula, erregulatzailea den balbula esferikoa eta atmosferarako irteera ponpako ardatzaren gainetik 10 m-ra ditu. Hodi osoa altzairu komertzialezkoa da. Beharrezkoa den ur-emaria 60 l/s-koa izanik, ondorengoa eskatzen da:

a) Instalazioaren ezaugarri-kurbaren adierazpen analitikoa eta irudikapen grafikoa.
b) Aukeratu ponparik egokiena (daudenen artean).
c) Aukeratutako ponpak zurgatzen duen potentzia eta berarekin lortzen dugun altuera eta ur-emaria.
d) Funtzionamendu-puntuan segurtasuneko NPHS.
f) Balbula esferikoan sartu beharko litzatekeen karga-galera 60 l/s-ko ur-emaria lortzeko. Balbularen maniobratzeak eragindako orduko kostua.

Datuak: Igarotze-faktoreak: oin-balbula: k=8
90º ko ukondoa: k=0,5
norantza bakarreko balbula: k=2,5
balbula esferikoa (irekita): k=0,05
lurrin-presioa = 0,018 kg/cm^2
kWh-ren kostua = 13 pta.

Dokumentazioa: zimurduren eta Hazen/Williams-en koadroak, pek: I eranskina.

Emaitza: $\left(14 + 7{,}3666 \cdot 10^{-4} \cdot Q^{1{,}852} + 2{,}626 \cdot 10^{-4} \cdot Q^{2}\right)$; *INP 125/250- ∅255 mm; 62,4 l/s, 16,5 m, % 76,5, 13,29 kW; 3,24 muz; 1 muz, 7,64 pta/h*

10.6. Eguratsera zabalik dagoen B beheko depositutik gorago presiopean dagoen C depositura l,2 pisu espezifiko erlatiboa duen isurkin edo fluido bat intsuldatu nahi da, irudiko instalazioan adierazten den gisa. Ondorengoa eskatzen da:

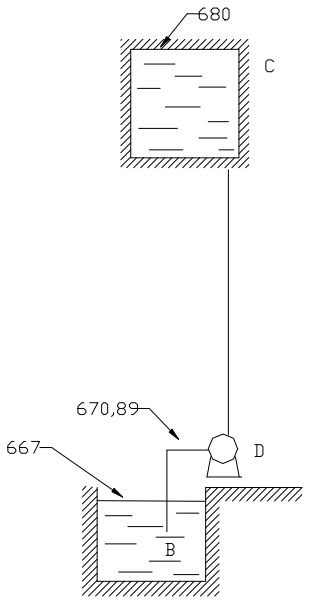
a) Instalazioaren ezaugarri-kurbaren adierazpen analitikoa eta irudikapen grafikoa.
b) 20 l/s-ko emaria lortu nahi bada, aukeratu ematen diren ezaugarri-kurben artetik turboponparik egokiena. Kontuan hartu, potentzia gutxien zurgatzen duen turboponpa izango dela egokiena.
c) Aukeratutako turboponparen funtzionamendu-puntua (Q,H,).
d) Funtzionamendu-puntuan zurgatutako potentzia.
e) Balbula bat maniobratuta 20 l/s-ko emaria izateko eragin beharko litzatekeen energia-galera.
f) kWh-ak 18 pta-ko kostua balu eta instalazioak urtean 4.500 orduz funtzionatuko balu, aurkitu balbula maniobratzeak, urtero, eragingo lituzkeen diru-galerak.

g) Funtzionamendu-puntuan segurtasunezko NPSH, balbula maniobratzen ez bada.

Datuak: Z_B=667 m; Z_D=670,89 m; Z_C=680 m; $P_{C\ (abs)}$=235,2 kPa; L_{zurg} =100 m; L_{bul}=500 m; lanerako tenperatura absolutuan lurrin- -presioa = 0,5 mlz.; hodia altzairu komertzialez egina dago: diametroa = 150 mm.

Oharra: Pieza berezietan dauden karga--galerak alde batera utzi.

Dokumentazioa: pek: II. eranskina



10.6. irudia

Emaitza: $\left(25{,}01 + 22{,}32 \cdot 10^{-3} \cdot Q^{1{,}852}\right)$ *mlz (Q l/s-tan); INP 80/315, D = 320 mm, 21,4 l/s, 31,5 mlz, % 72,7; 10,9 kW; 1,3 mlz; 24.786 pta; 0,52 mlz.*

10.7. Lorategi bat apainduko duen iturri bat diseinatu nahi da. Iturriaren irteeratik neurtuta 8 m-ko altuera hartuko duen zorrotada bakarreko iturria izango da. Horretarako ponpaketa-instalazioa behar dugu.

Aspirazio-depositua lur azpian dago, ur azalak -1 kota du eta presio atmosferikoan dago; 80 mm-ko diametroa duen irteerako pita 2 kotan dago eta bere igarotze-faktorea 0,2 koa da (irteerako energia zinetikoarekin). Honakoa eskatzen da:

a) Instalazioak duen ezaugarri-kurbaren adierazpen analitikoa, modurik egokienean marraztuz.
b) Aukeran ematen diren ezaugarri-kurben artetik ponparik egokiena hartu eta zehaztu funtzionamendu-puntua.
c) Aukeratutako ponparekin zorrotadak lortuko duen altuera.
d) Iturriko funtzionamenduaren orduko kostua, motore elektrikoaren errendimendua 0,9 dela eta kWh-ak 18 pta. balio duela suposatuz.
e) Instalazioan puntualki ezarri behar den karga-galera 8 m-ko altuera zehatza lortzeko.

Datuak: Teinkatutako altzairuzko hodien diametroa = 150 mm; aspirazio--hodiak: 7 m-ko luzera; iragazkidun oin-balbula bat eta erradio ertaineko 90º-ko ukondoa tartekaturik ditu. Bultzada-hodiak: 25 m-ko luzera; konporta-balbula bat eta erradio ertaineko 90º ko bi ukondo tartekaturik ditu.

Oharra: Pieza berezietan karga-galerak kalkulatzeko erabili igarotze-faktoreak.

Dokumentazioa: Zimurtasunen igarotze-faktoreen eta Hazen/Williams-en koadroak erabili, pek: I. eranskina

Emaitza: $\left(3 + 3{,}23 \cdot 10^{-3} \cdot Q^{2} + 1{,}0368 \cdot 10^{-3} \cdot Q^{1{,}852}\right)$***;*** *INP 125/315, D = 280 mm; 18,5 m, 64 l/s, % 74; 8,27 m; 313,6 pta/h; 0,7 muz.*

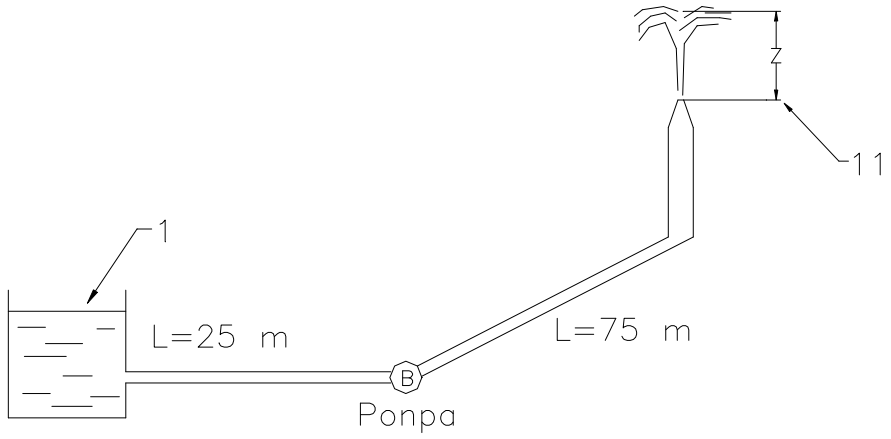
10.8. Irudiko instalazioan 15 m-ko altuera izango duen zorrotada bat lortu nahi da. Hodia altzairu komertzialezkoa da, 150 mm-ko diametroa du eta 80 mm-ko diametroa duen pita batean bukatzen da (K_{pita} = 0,2); kWh-aren kostua 18 pta-koa da. Ondorengoa eskatzen da:

a) Instalazioaren ezaugarri-kurbaren adierazpen analitikoa.
b) Iek-ren marrazketa, paper egokian.
c) Ematen diren ezaugarri-kurbetan aukeratu instalazioarentzat komenigarriena den turboponpa.
d) Aukeratutako turboponparekin lortzen den emaria, altuera manometrikoa eta turboponpa horrek zurgatzen duen potentzia.
e) Aukeratutako turboponparekin zorrotadak lortuko duen altuera.
f) Instalazioaren funtzionamenduaren orduko kostua.

Datuak: Aspirazio-hodiaren luzera = 25 m;
Bultzada-hodiaren luzera = 75 m;
Pieza berezien luzera baliokidea= 12 m

Oharra: Har ezazu etzanda A4ko paper milimetratua. Gomendatzen diren eskalak: 1cm - 5 l/s eta 5 m.

Dokumentazioa: Zimurduren eta Hazen/Williams-en koadroak.
P_{ek} = I. eranskina.



10.8. ariketa

Emaitza: $\left(10 + 4{,}1665 \cdot 10^{-3} \cdot Q^{1{,}852} + 2{,}019 \cdot 10^{-3} \cdot Q^{2}\right)$*; INP 125/400, D = 408 mm; 87 l/s, 41,5 m, % 72 , 49,14 kW; 15,3 m; 884,52 pta/h.*

10.9. Lantegi bat hornitzeko, ponpa batek gainpresio-depositu batera bidaltzen duen ura daukagu. Gainpresio-deposituan dagoen ur azalak 24 kota du eta manometroak 490 kPa-eko presioa adierazten du. Gainpresio-deposituan dagoen urarekin lantegiko beharrak hornitzen dira: 20 kotan dagoen 25 mm-ko pita bat (C) eta ur azala 25 kotan duen gainpresio-depositua. Ondorengoa eskatzen da:

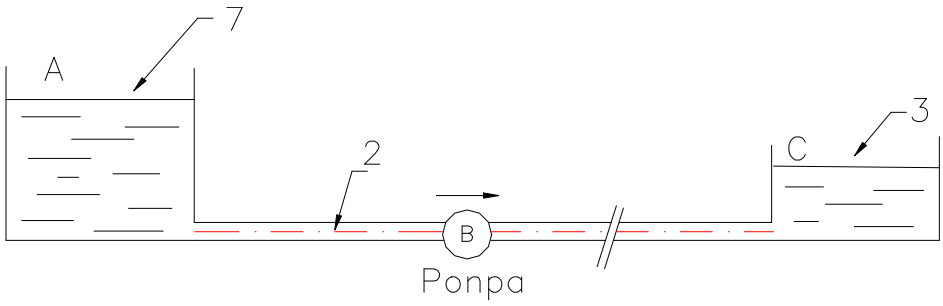
a) Ponparen altuera manometrikoa, gainpresio-depositua 25 l/s-ko emariarekin horni dezan. Aspirazio-deposituko urazalak 14 kota du.
b) Ponparen potentzia erabilgarria eta gordina, bere errendimendua % 75ekoa bada.
c) Zerbitzu bakoitzari dagokion emaria, orotara 25 l/s-koa bada.
d) D manometroak adierazten duen presioa.

Datuak: Pitaren igarotze-faktorea= 0,1 (irteerako energia zinetikoarekin); AB-en karga-galerak = $2\cdot 10^5 * Q^2$; BN-en karga galerak = $2{,}5\cdot 10^4 * Q^2$; NC-en karga--galerak = $1{,}5\cdot 10^5 * Q^2$; ND-en karga-galerak= $10^5 * Q^2$; (emariak m^3/s-tan eta galerak muz-tan).

Emaitza: 185 muz; 45,32 eta 60, 43 kW; 10 eta 15 l/s; 106,6 kPa.

10.10. Irudiko instalazioan, ondorengoa eskatzen da:

a) Instalazioaren ezaugarri-kurbaren adierazpen analitikoa.



10.10. ariketa

b) Ponparen funtzionamendu-puntua eta arraste-motoreak zurgatzen duen potentzia.
c) A deposituaren eta ponparen artean dagoen hodiaren luzera, segurtasuneko NPHS 2 muz-koa izatea nahi bada.
d) Presioa ponparen sarreran eta irteeran.

Datuak: Hodiaren diametroa = 400 mm; hodiaren materiala = burdinurtua; deposituen arteko hodiaren luzera = 3.200 m; deposituetako ur azalen kotak: Z_A=7 m; Z_6=3 m; Z_B= 2 m; pieza berezien karga-galerak = 0;

Turboponparen ezaugarri-kurba hurrengo datuekin dago zehaztuta:

Q	H	η	$NPSH_{eskatua}$
(l/s)	(m)	%	(m)
0	20	0	0
50	19,5	30	0,5
100	18	50	1
150	16	60	1,8
200	13	60	3
250	9	49	4,7
300	5	32	6

Emaitza: $\left(1{,}0016 \cdot 10^{-3} \cdot Q^{1{,}852} - 4\right)$*; 194 l/s, 13,4 m, % 60 , 42,46 kW; 1.819,7 m; -4,95 muz eta 8,45 muz.*

10.11. 900 kotan dagoen depositu batetik 974 kotan dagoen beste batera orduko 100 m^3-ko emaria intsuldatu nahi da. Jariakinak s =1,1eko pisu espezifiko erlatiboa du eta bere biskositatea urak duenaren antzekoa da. Aspirazio-hodiak 30 m-ko luzera du, tartean oin-balbula bat eta 90º-ko ukondoa dituelarik. Bultzada--hodiak 1250 m-ko luzera du, tartean norantza bakarreko balbula, emariaren erregulaziorako balbula esferikoa, T-erako pieza, 90º-ko 3 ukondo eta konporta--balbula bat dituelarik. Aukeratu den hodia fibrozementuzkoa da eta 200 mm-ko diametroa du. Ondorengoa eskatzen da:

a) Instalazioaren ezaugarri-kurbaren adierazpen analitikoa.
b) DIN A4 orri batean marraztu bertikalki instalazioaren ezaugarri-kurba (eskala: 1 cm - 2 l/s eta 4 m).
c) Ematen diren ezaugarri-kurbetatik aukeratu instalazioarentzat turboponparik egokiena. Turboponparik egokiena (sisteman aldaketarik egin gabe), lortzen den funtzionamendu-puntuan, potentzia gutxien zurgatzen duena izango da.
d) Aurkitu deskribatu den instalazioarentzat egokiena den turboponparen funtzionamendu-puntua; hau da: altuera manometrikoa, emaria, errendimendua eta zurgatutako potentzia.
e) Lurrinaren presioa 0,6 mlz-koa bada (absolutua), aurkitu 1 mlz-ko segurtasun-karga lortzeko turboponparen ardatzaren kota.

Luzera baliokideen datuak:

Oin-balbula	25 m
Norantza bakarreko balbula	15 m
Depositu-sarrera	10 m
90ºko ukondoa eta T--erako pieza	5 m
Konporta-balbula	5 m
Depositu-irteera	5 m
Tximeleta-balbula	5 m
Balbula esferikoa	1 m

Dokumentazioa: Pek: III. eranskina

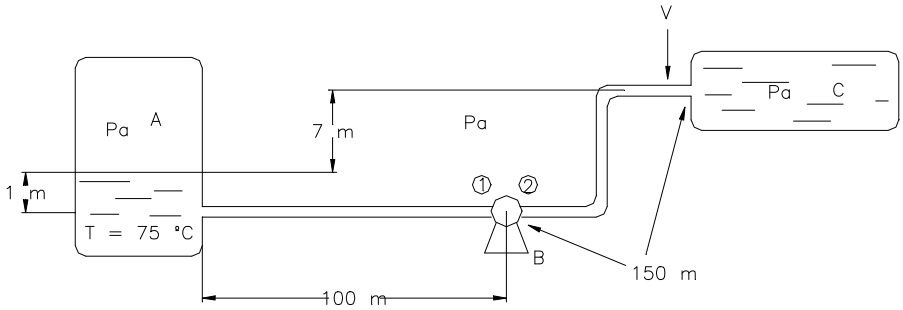
Emaitza: $\left(73{,}925 + 1{,}248 \cdot 10^{-2} \cdot Q^{1{,}852}\right)$

INP: 65/250-2900 bira/min; ∅ 246 mm; 18 l/s, 76,5 m, % 64,5; 21 kW; 904,15.

10.12. B ponpak C galdara hornitzen du. Ponpak 75 ºC-ra dagoen ura nibela konstantea duen D depositutik hartzen du. Aspirazio-hodiak 100 m-ko luzera eta 100 mm-ko diametroa ditu. Bultzada-hodiak 150 m-ko luzera eta 100 mm-ko diametroa ditu. Azken hodi hau, instalazioaren emaria aldatzea posible egiten digun V erregulazio-balbulaz horniturik dago. 8 l/s-ko emaria lortu nahi da. Hodi guztientzat f marruskadura-koefizientea 0,02koa dela, azpimarragarriak diren galera puntual bakarrak V balbulak eragiten dituela eta prozesua isotermikoa dela kontsideratuz, ondorengoa eskatzen da:

a) Instalazioaren ezaugarri-kurbaren adierazpen analitikoa.
b) Ponparen funtzionamendu-puntuaren kokapen grafikoa (H_m, Q, eta zurgatu-tako potentzia).
c) Ponparen sarreran dagoen presioa. Kabitazioa sortzeko arriskurik ba al dago? Erantzuna arrazoitu.
d) 8 l/s-ko emaria lortzeko, balbulan eragin beharko liratekeen karga-galerak.
e) Aurreko kasuarentzat, balbularen K igarotze-koefizientea eta berorren (balbularen) irekitze-gradua.

Datuak: Po= 1 atm.



Turboponparen ezaugarri-kurba:

Q(l/s)	0	2	4	6	8	10	12	14
H_m	14	15	14	13	12	9	5	0
η(%)	0	42	58	65	70	62	38	0

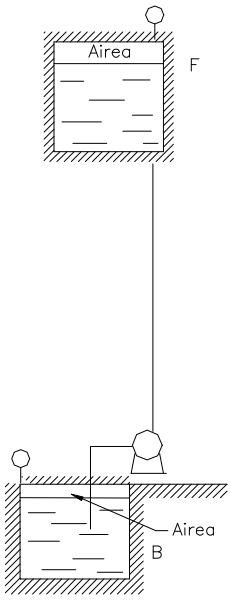
Balbulako karga-galeren eta irekitze-graduaren arteko erlazioa:

% irekitz.	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
K	8	11	14	18	23	29	36	45	60	90

Uraren propietateak, (75 ºC) - Dentsitatea = 974 kg/m^3
- Lurrinaren presioa: P_v = 0,368 kg/cm^2

Emaitza: $\left(7+0{,}0414\cdot Q_{\left(\frac{l}{s}\right)}^{2}\right)$*; 10,4 m, 9,1 l/s, % 65,6 , 1.414 W; 9,89 muz, (ez); 2,4 m; % 35, 41,49*

10.13. Irudiko instalazioarekin gutxienez 25 l/s-ko petrolio gordinaren emaria altxatu nahi da. Ondorengoa eskatzen da:



a) Instalazioaren ezaugarri-kurbaren errepresentazio grafikoa.
b) Ematen diren ezaugarri-kurbetan (petrolioarentzat soilik baliagarriak direnen artetik) aukeratu instalazioarentzat ponparik egokiena.
c) Aukeratu den ponparen funtzionamendu-puntua.
d) Ponpako ardatzaren kota.
e) 25 l/s-ko emaria lortzeko, goiko deposituan eragin beharko litzatekeen presioa.

Datuak: Kotak: Z_B= 900; Z_F= 960;
Presioak: $B_{(manometrikoa)}$= 50 kPa; $F_{(absolutua)}$ = 220 kPa
Hodiak: -Luzerak: Aspirazioa = 50 m; Bultzada = 60 m;
Diametroa=200 mm.
- Materiala: Altzairu komertziala.
- Petrolioaren lurrin-presioa = 3 mlz.
- Funtzionamendu-puntuaren segurtasuneko NPSH = 1 mlz.
- Petrolioaren pisu espezifiko erlatiboa = 0,86.

Oharra: Instalazioaren ezaugarri-kurba 15, 25 eta 30 l/s-ko emarientzat kalkulatu.

Eskala: 1cm = 2 l/s eta 2 mlz.
Koordenatuen jatorria (40 mlz, 0 l/s).

Dokumentazioa: Pek: IV.eranskina

Emaitza: $\left(69{,}32 + 3750 \cdot f \cdot \frac{v^2}{2g}\right)$*; INP 65/250, D = 256 mm; 27,4 l/s, 73,4 mlz; 907,7 m; 248,9 kPa.*

10.14. Ponpaketa-instalazio baten bidez dentsitate erlatiboa s = 1,2 eta biskositatea uraren oso antzekoa duen likidoa altxatu nahi da. Instalazioaren ezaugarriak ondorengoak dira:

- Beheko deposituaren kota = 180 m.
- Goiko deposituaren kota = 200 m.
- Goiko deposituaren presioa = 235,2 kPa.
- Ponparen ardatzaren kota = 183 m.
- Altzairu komertzialezko hodia, 100 mm-ko diametrokoa.
- Aspirazioko luzera baliokide totala = 30 m.
- Bultzadako luzera baliokide totala= 125 m.
- Likidoaren lurrin-presioa (absolutua) 1,6 kPa.

Ondorengoa eskatzen da:

a) Aukeratu ponparik egokiena 20 l/s-ko emariak zirkula dezan.
b) Kalkulatu instalazioaren funtzionamendu-puntua (H, Q, η) eta zurgatutako potentzia (kW).
c) Aztertu ponparen kabitazioa.
d) Marraztu ponpaketa-instalazioaren energia-transformazioaren diagrama, kota aipagarrienak kalkulatuz.
e) Zer markatuko luke aspirazio-hodian, ponparen sarreran, kokaturiko bakuometroak?

Dokumentazioa: Pek: V. eranskina.

Emaitza: 65/200, 2.900 bira/min, ∅ = 200 mm; 20,5 l/s, 51 mlz, % 74,5 , 16,5 kW;
$NPSH_{erabilgarria} < NPSH_{eskatua}$: kabitatu egiten du; 5,49 mlz.

10.15. Kiroldegi garrantzitsu batek irudian agertzen den uraren iragazte-sistema partziala du

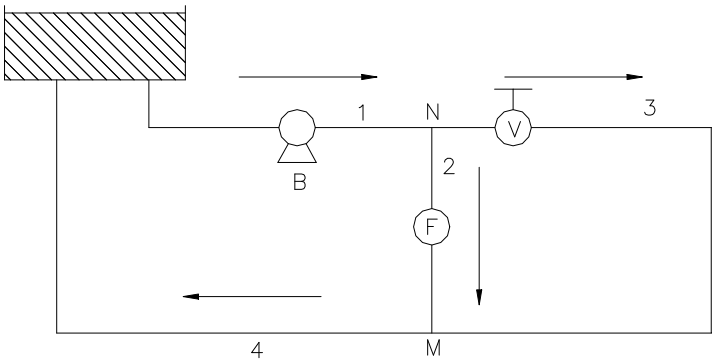
Burdina galvanizatuzko hodien datuak ondorengoak dira:

	D (mm)	L (m)
1	80	60
2	60	20
3	60	30
4	80	70

Zati guztietan garrantzi txikiko karga-galerak hodiko karga-galeren % 15 kontsideratzen dira.

Iragazkiko karga-galera $\Delta P = 2.940 \cdot Q^2$ suposa daiteke, non ΔP (Pa) eta Q (l/s).

a) Kalkulatu ponparen altuera manometrikoa V balbula itxita dagoenean, 4 l/s--ko emaria iragazteko.
b) Kalkulatu instalazioaren ezaugarri-kurbaren adierazpen analitikoa balbula itxita dagoenean.
c) Aukeratu ponparik egokiena b) kasuan Q = 13 l/s-ko emariak zirkula dezan.
d) Kalkulatu funtzionamendu-puntua c) kasuan, H_m, Q, ponparen potentzia gordina eta errendimendua.
e) Funtzionamendu-puntua nahi zena ez bada, V balbula itxita mantenduz adierazi arrazoituz 13 l/s-ko emaria nola lor daitekeen.



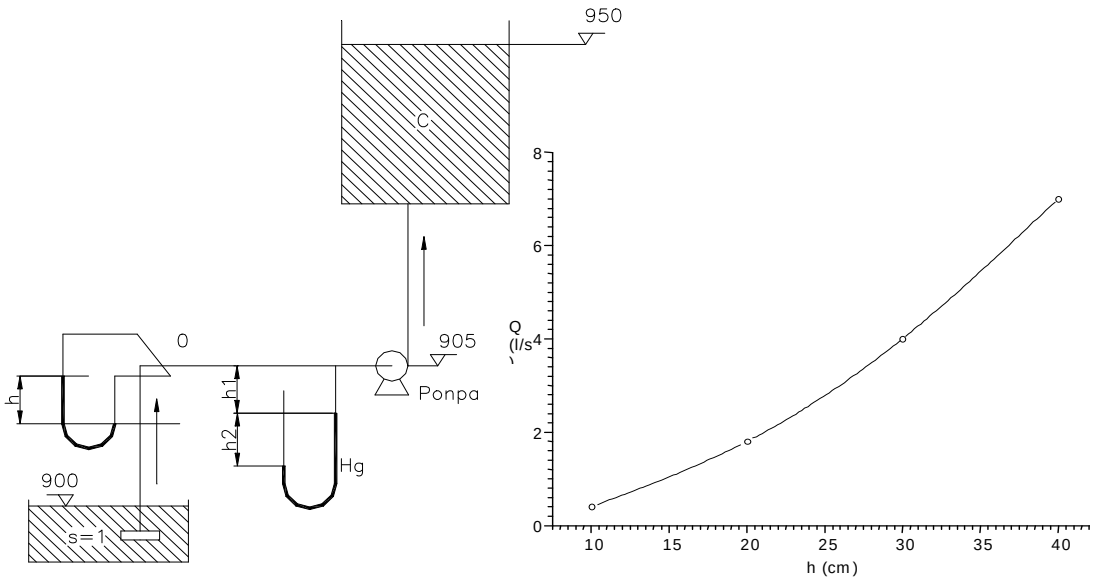
10.15. ariketa

Dokumentazioa: Pek: VI. eranskina

Emaitza: 19,43 muz; $H_{mi} = 0{,}2238 \cdot Q_{(l/s)}^{1{,}852} + 0{,}3 \cdot Q_{(l/s)}^{2}$*;*
50/250 (2.900 bira/min) ∅256 mm; 13,3 l/s, 79,5 muz, % 66 eta 15,7 kW.

10.16. Irudiko ponpaketa-instalazioan, arrazoi ekonomikoak direla eta ukondo-neurgailu bat eta piezometro ireki bat ipini dira ponparen sarreran.

Ukondo-neurgailua probatu egin da eta Q-h kurba lortzen da, grafikoki adierazten dena. Intsuldatutako likidoa ura bada, aztertu ponparen kabitazioa.



10.16. ariketa

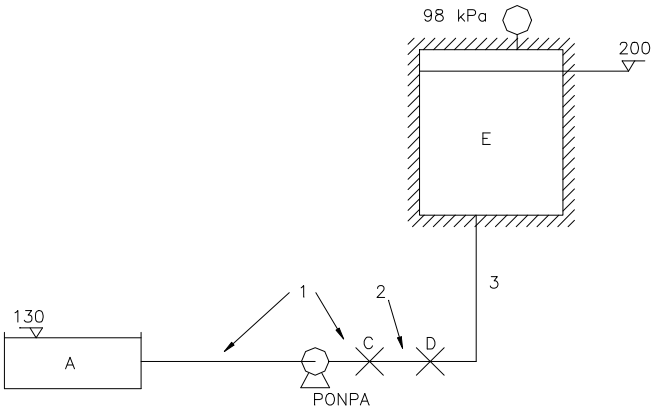
Datuak:

- D_{hodia}= 50 mm.
- h = 0,3 m; h_1 = 0,14 m; h_2 = 0,49 m.
- P_v = 0,33 muz (absolutua).
- $NPSH_{eskatua}$ = 2 muz.

Emaitza: Ez du kabitatzen.

10.17. Ponpaketa-instalazio bat proiektatu da 130 kotan dagoen depositu ireki batetik 200 kotan dagoen beste depositu presurizatu batera ura intsuldatzeko.

Hodiak altzairu komertzialezkoak dira eta 200 mm-ko diametroa dute, CD zatikoak izan ezik (2 hodia), zeinaren diametroa 150 mm-koa den.



10.17. ariketa

Garrantzi txikiko karga-galerak alde batera utziz, ondorengoa eskatzen da:

a) Iek-ren adierazpen analitikoa $H_i = f(Q)$, eta kurbaren irudikapena paper egokian.
b) Aukeratu ponparik egokiena E depositura 66 l/s-ko emari minimoa iritsi dadin.
c) Ponpaketa-instalazioaren funtzionamendu-puntua (H, Q, η).
d) CD zatian, 150 mm-ko eta 50 m-ko luzerako hodia 2 hodiarekin paraleloan jartzea erabaki da. Kalkulatu instalazioaren kurba analitiko berria $H_i = f(Q_1)$.

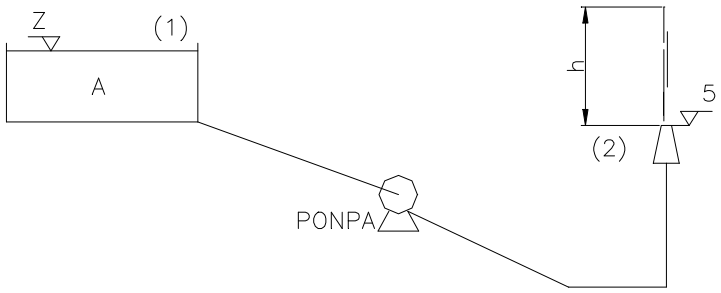
Oharra: H.Williams-en metodoa erabili.

Dokumentazioa: Pek: VII. eranskina

Emaitza: $H_{mi} = 80 + 6{,}68465 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{(l/s)}^{1{,}852}$; *80-250 bF: ∅271; 71 l/s, 97,8 m eta % 80,4;* $H_{mi} = 80 + 4{,}69 \cdot 10^{-3} \cdot Q_{(l/s)}^{1{,}852}$.

10.18. Irudiko instalazioa depositu batez (ur azala z aldagaiaz adierazten da) eta 5 m-ra kokaturiko pita bat hornitzen duen ponpa batez osaturik dago. Pitaren diametroa 40 mm-koa da. Hodiaren luzera 90 m-koa eta diametroa 100 mm-koa dira, altzairu komertzialez egina dago eta garrantzi txikiko karga-galerak hodiko karga-galeren % 10 direla kontsidera daiteke.

a) Kalkulatu instalazioaren altuera manometrikoa bi aldagairen funtzioan soilik. Q = emari zirkulatzailea eta z = depositukо ur azalaren kota. $H_i = f(Q, z)$.
b) z = 22 m bada eta ponpa hondatuta badago (beraz, ez du energiarik ematen), kalkulatu h, hau da zorrotada igoko den altuera.
c) z = 22 m bada, aukeratu ponparik egokiena h = 30 m izan dadin.
d) Kalkulatu instalazioaren funtzionamendu-puntua aukeratutako ponparekin.



10.18. ariketa

Oharra: Ezaugarri-kurba hiru emarirentzat bakarrik marraztu
Ardatz koordenatuen jatorria: 0 mlz, 0 l/s.

Eskalak: 1 cm = 2 l/s eta 2 mlz.

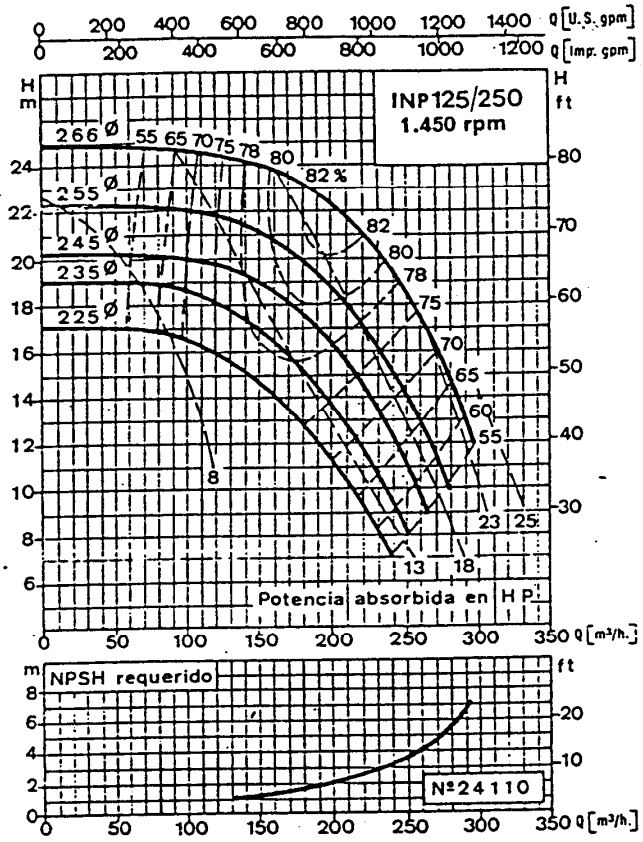
Dokumentazioa: Pek: VIII. eranskina

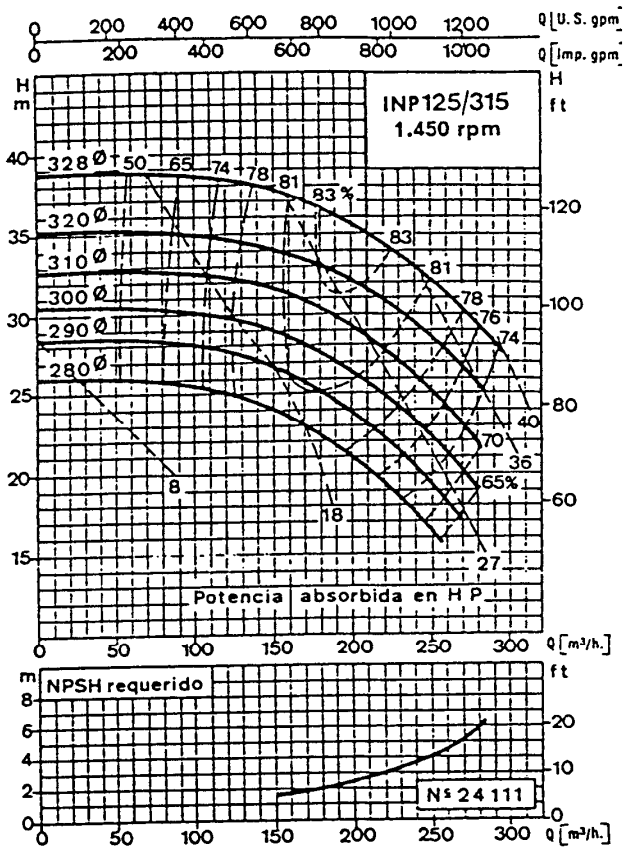
Emaitza: $H_{mi} = 5 - z + 2{,}6532 \cdot 10^{-2} \cdot Q_{(l/s)}^{1{,}852} + 3{,}2309 \cdot 10^{-2} \cdot Q_{(l/s)}^{2}$*; 11,088 m;*
INP 65/160, 2.900 bira/min, ∅ = 177 mm; 31,6 l/s eta 30,4 muz.

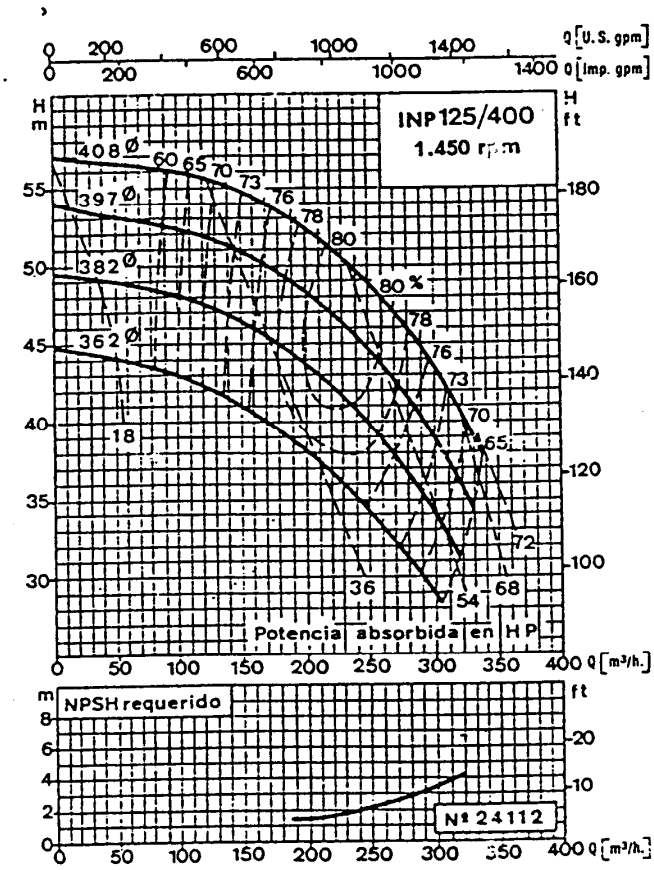
ERANSKINAK

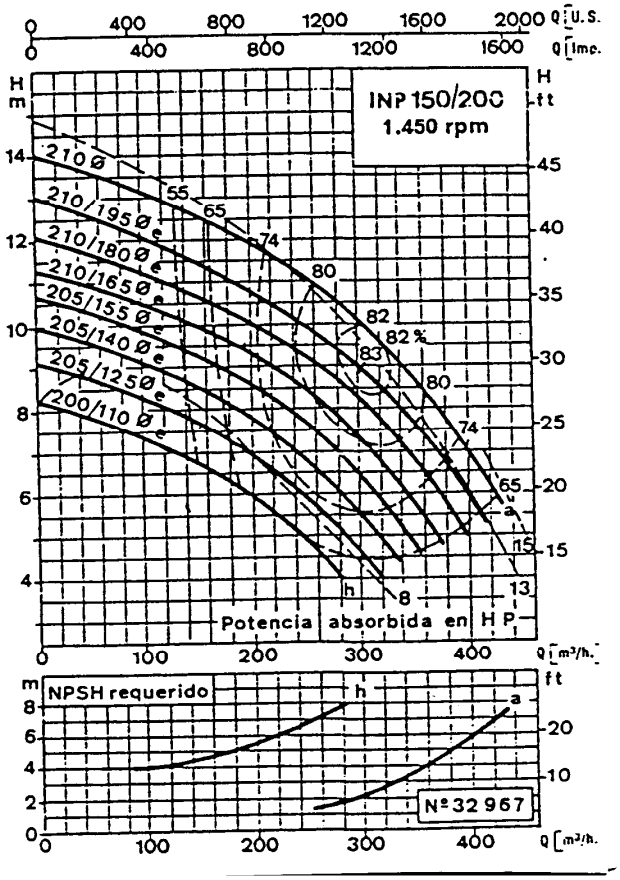
TURBOPONPEN EZAUGARRI-KURBAK

1 ERANSKINA

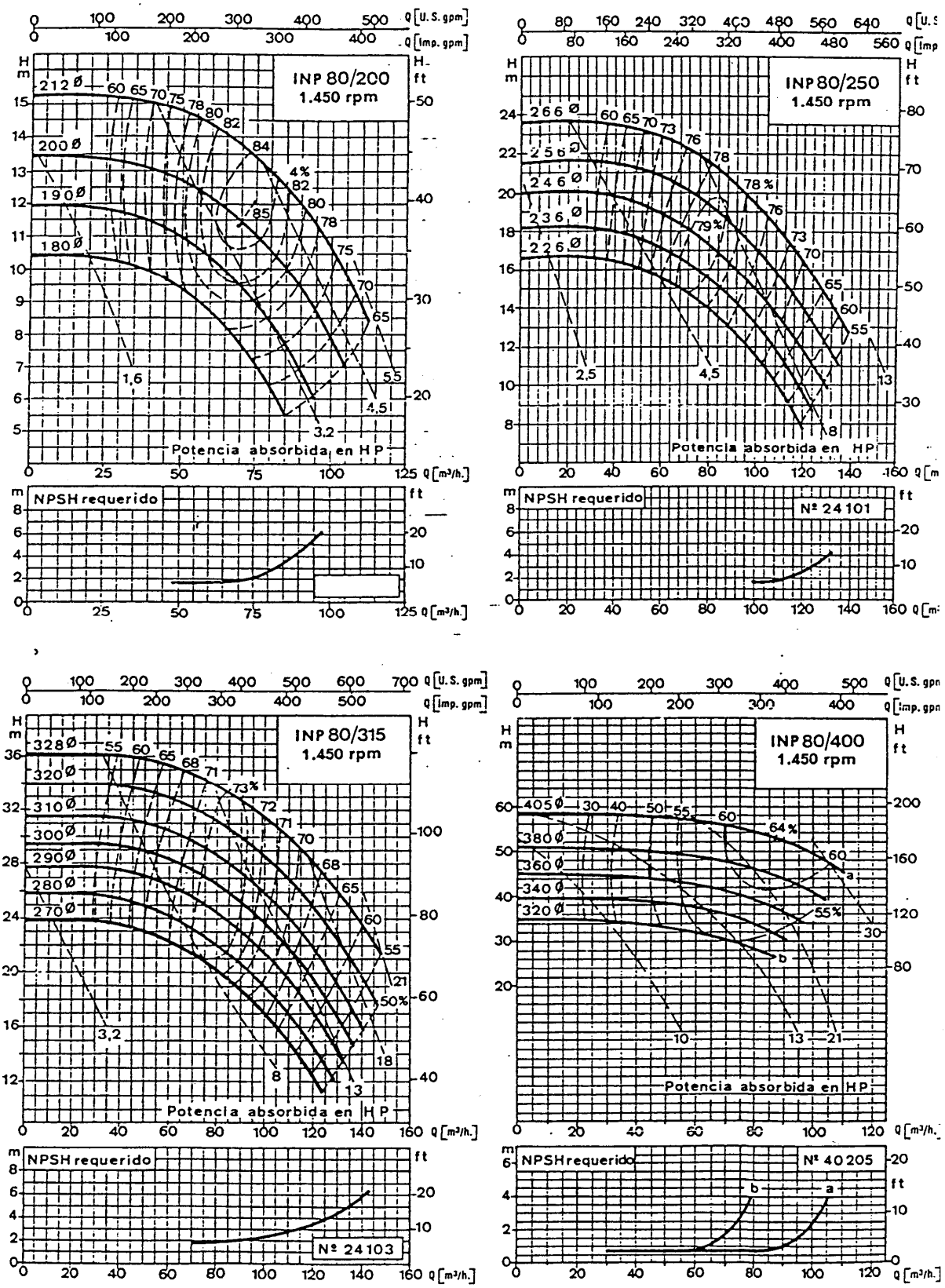

INP125/250
1.450 rpm
Potencia absorbida en HP
NPSH requerido
Nº24110


INP125/315
1.450 rpm
Potencia absorbida en HP
NPSH requerido
Nº24111

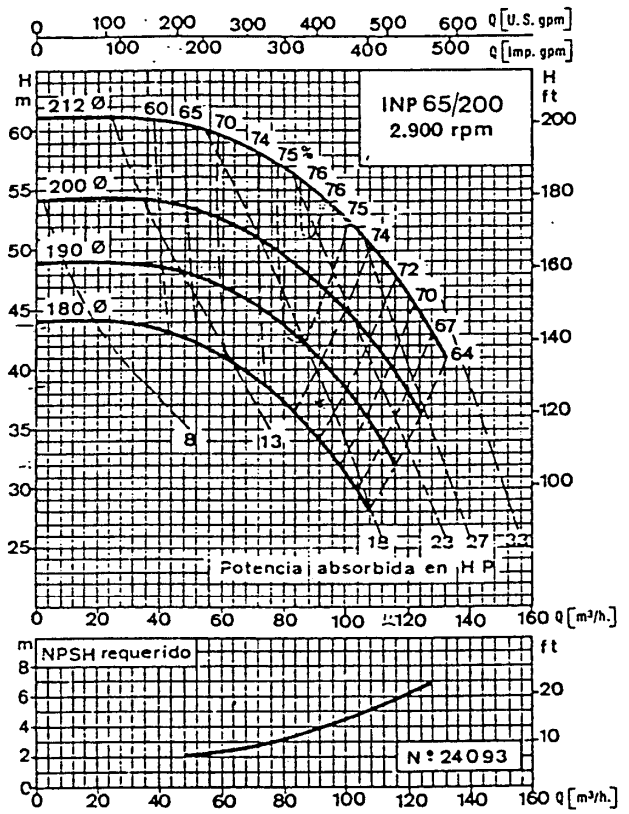

INP125/400
1.450 rpm
Potencia absorbida en HP
NPSH requerido
Nº24112

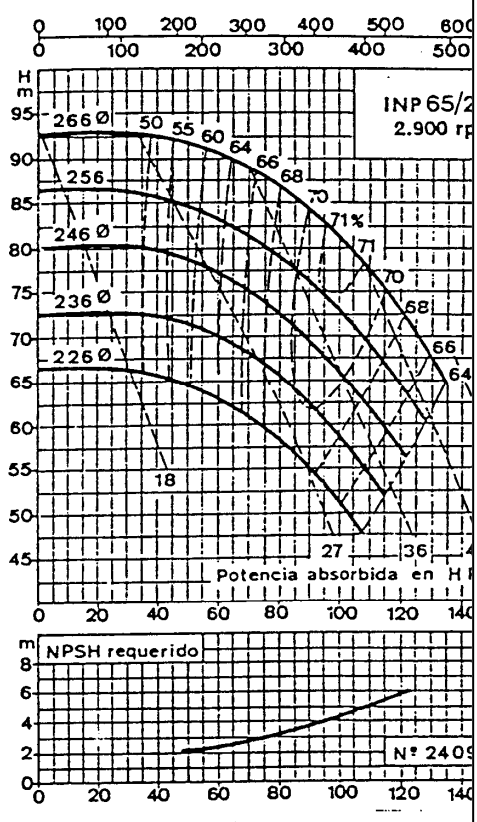

INP150/200
1.450 rpm
Potencia absorbida en HP
NPSH requerido
Nº32967

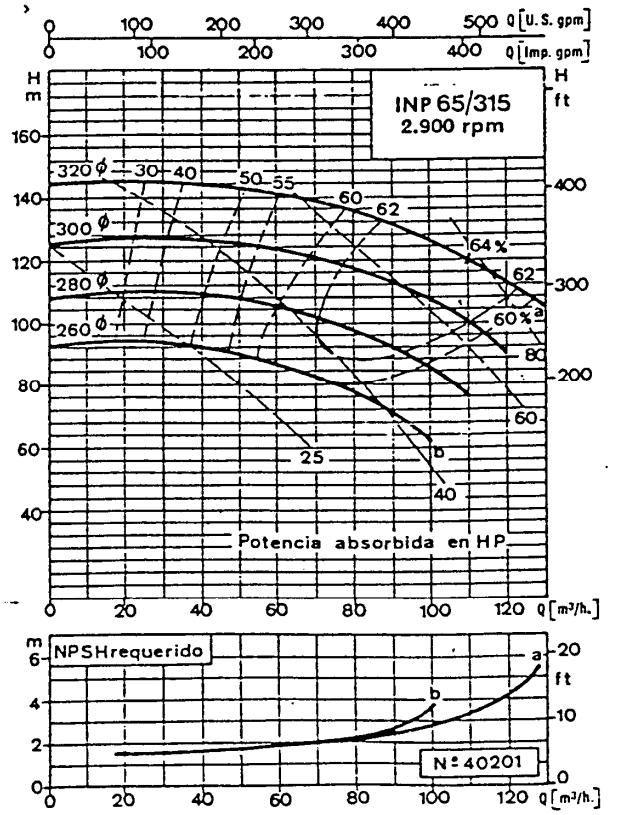
2 ERANSKINA

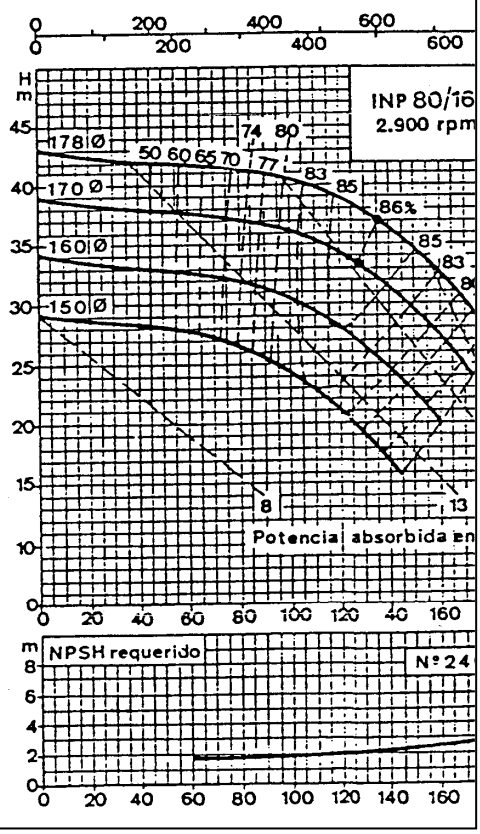

INP 80/200
1.450 rpm
Potencia absorbida en HP
NPSH requerido
INP 80/250
1.450 rpm
Potencia absorbida en HP
NPSH requerido
Nº 24101
INP 80/315
1.450 rpm
Potencia absorbida en HP
NPSH requerido
Nº 24103
INP 80/400
1.450 rpm
Potencia absorbida en HP
NPSH requerido
Nº 40205

3 ERANSKINA

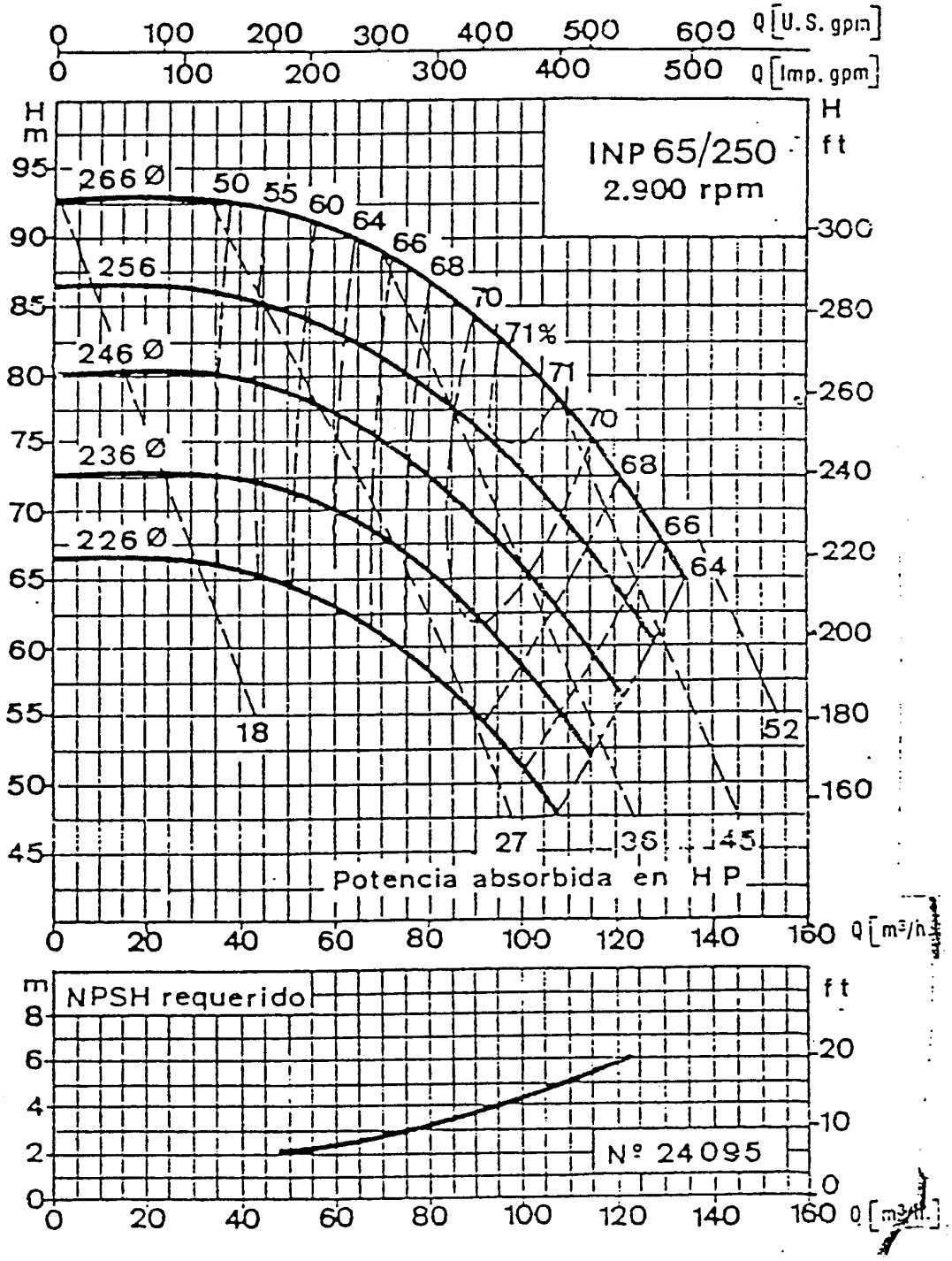

INP 65/200
2.900 rpm
Q [U.S. gpm]
Q [Imp. gpm]
Q [m³/h.]
H m
H ft
Potencia absorbida en H P
NPSH requerido
N º 24093


INP 65/2
2.900 rp
Potencia absorbida en H
NPSH requerido
N º 2409

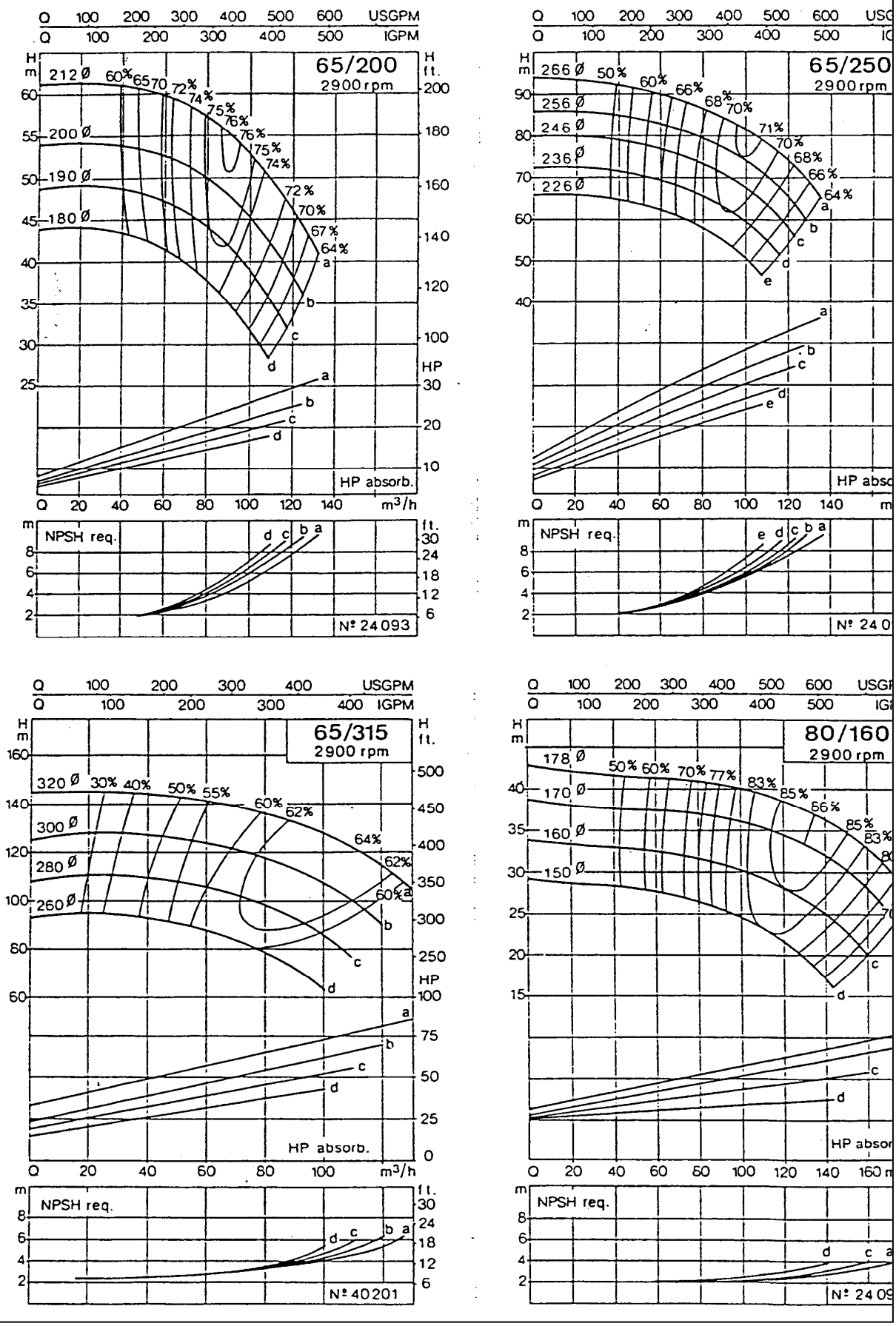

INP 65/315
2.900 rpm
Q [U.S. gpm]
Q [Imp. gpm]
Q [m³/h.]
H m
H ft
Potencia absorbida en HP
NPSHrequerido
N º 40201


INP 80/16
2.900 rpm
Potencia absorbida en
NPSH requerido
N º 24

4 ERANSKINA

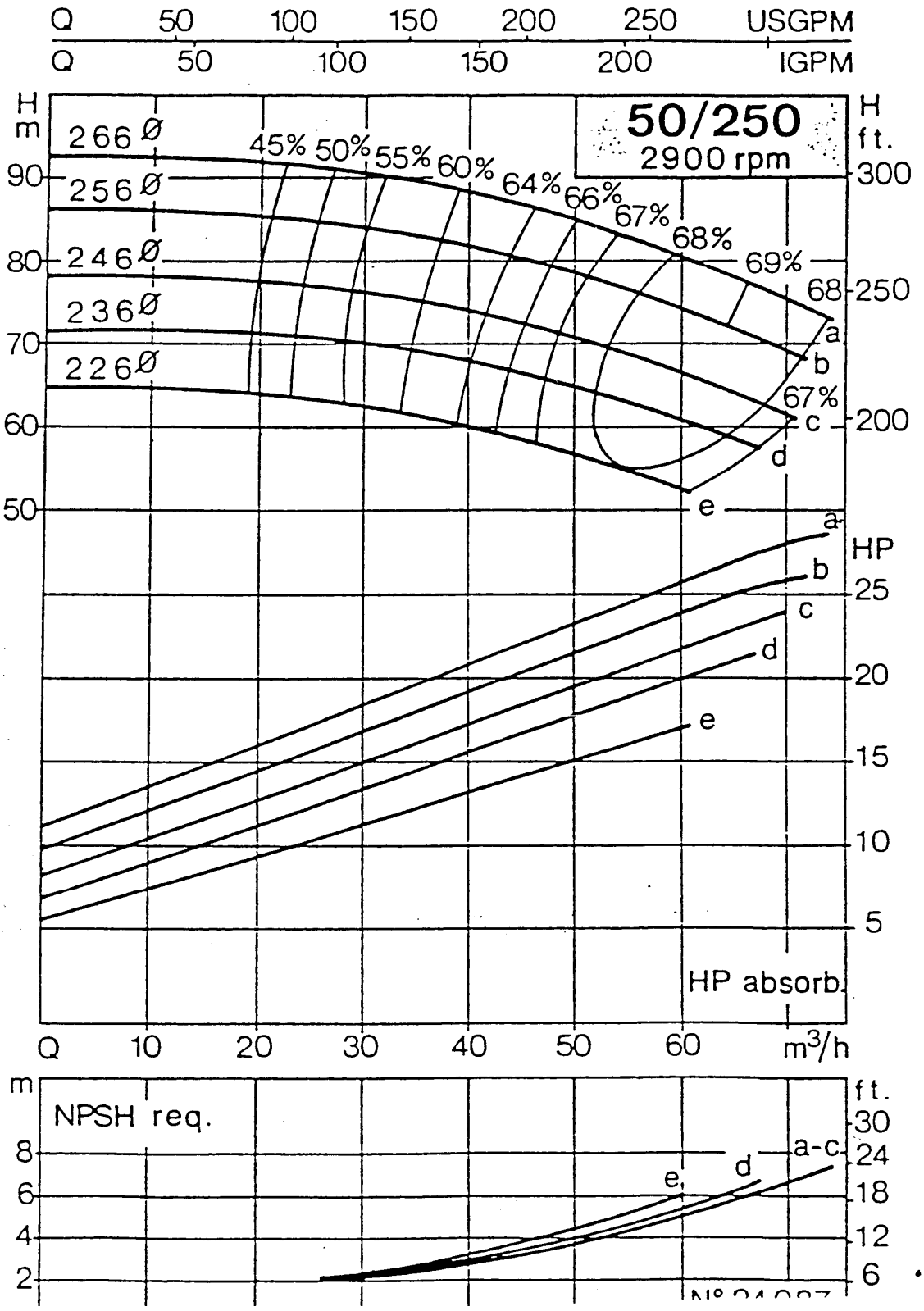

Q [U.S. gpm]
Q [Imp. gpm]
H m
H ft
INP 65/250
2.900 rpm
266 Ø
256
246 Ø
236 Ø
226 Ø
50
55
60
64
66
68
70
71%
71
70
68
66
64
18
52
27
36
45
Potencia absorbida en HP
Q [m³/h]
NPSH requerido
Nº 24095

5 ERANSKINA


65/200
2900 rpm
HP absorb.
NPSH req.
Nº 24093
65/250
2900 rpm
NPSH req.
Nº 24 0
65/315
2900 rpm
HP absorb.
NPSH req.
Nº 40201
80/160
2900 rpm
NPSH req.
Nº 24 09

6 ERANSKINA

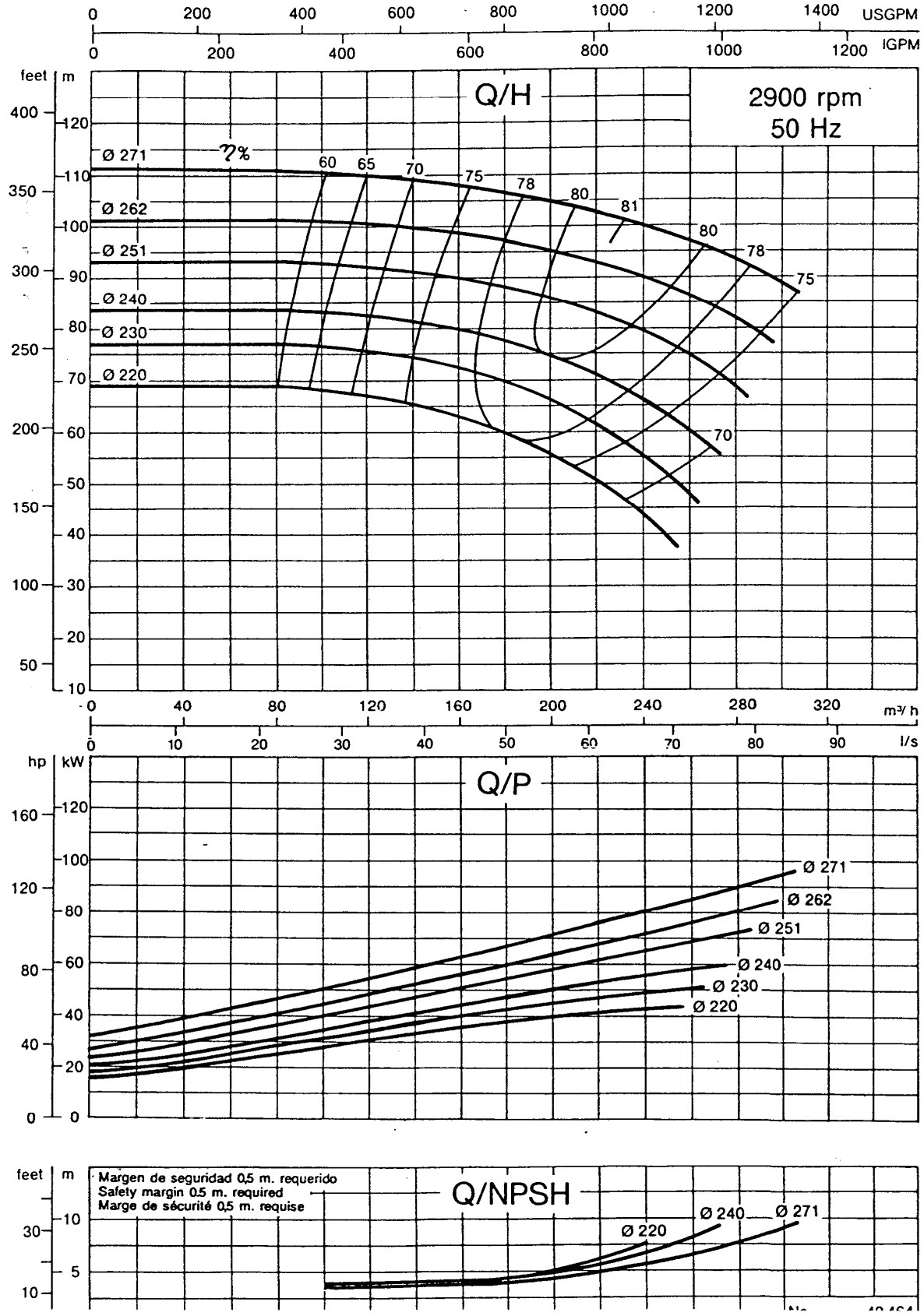
2.900 r.p.m. 50 Hz



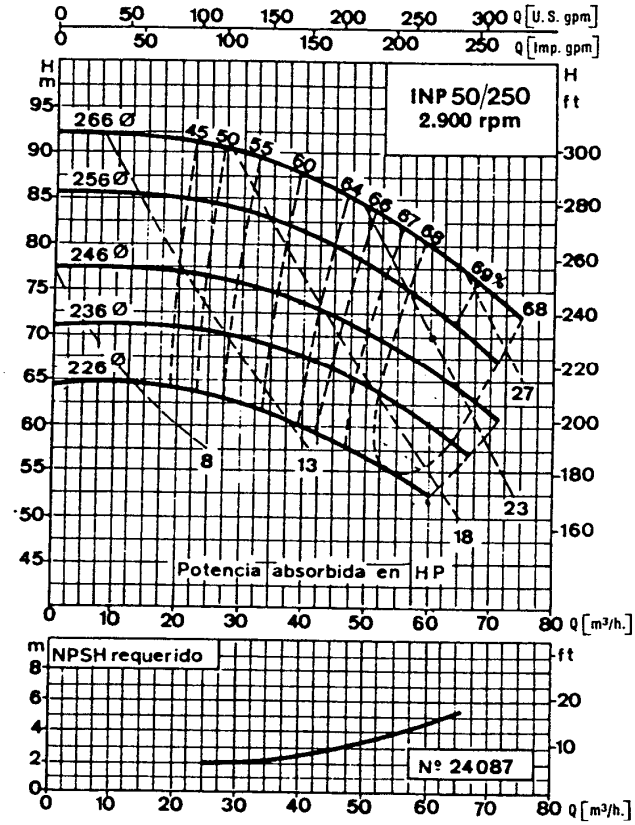
7 ERANSKINA

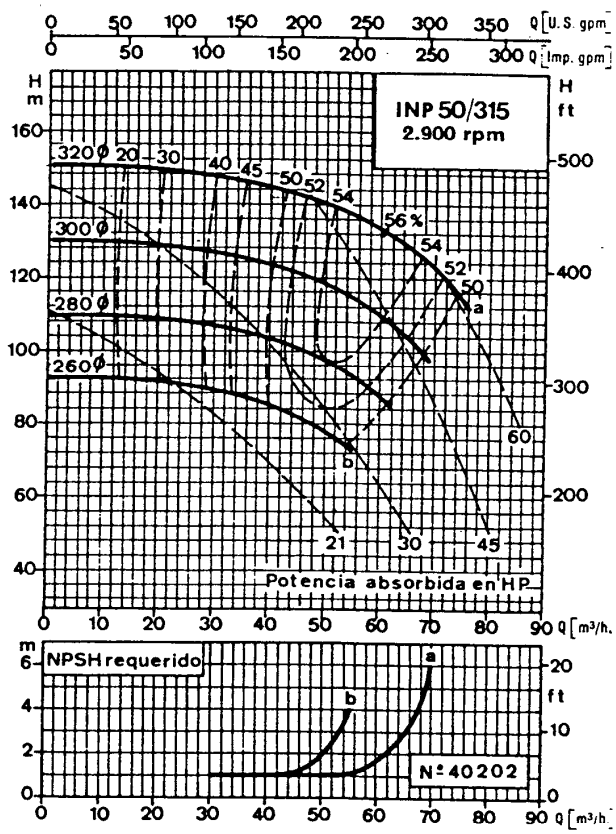
BOMBAS ITUR

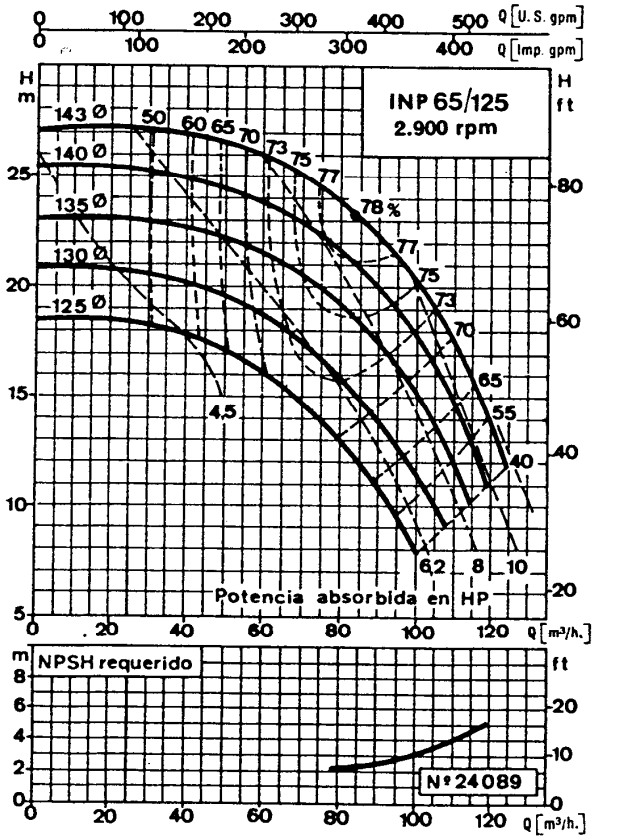
80-250.bF

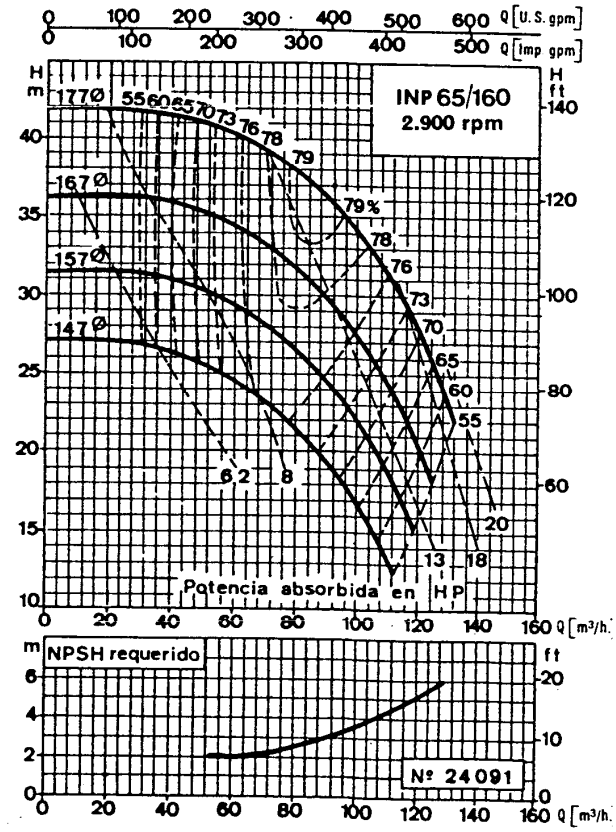


8 ERANSKINA

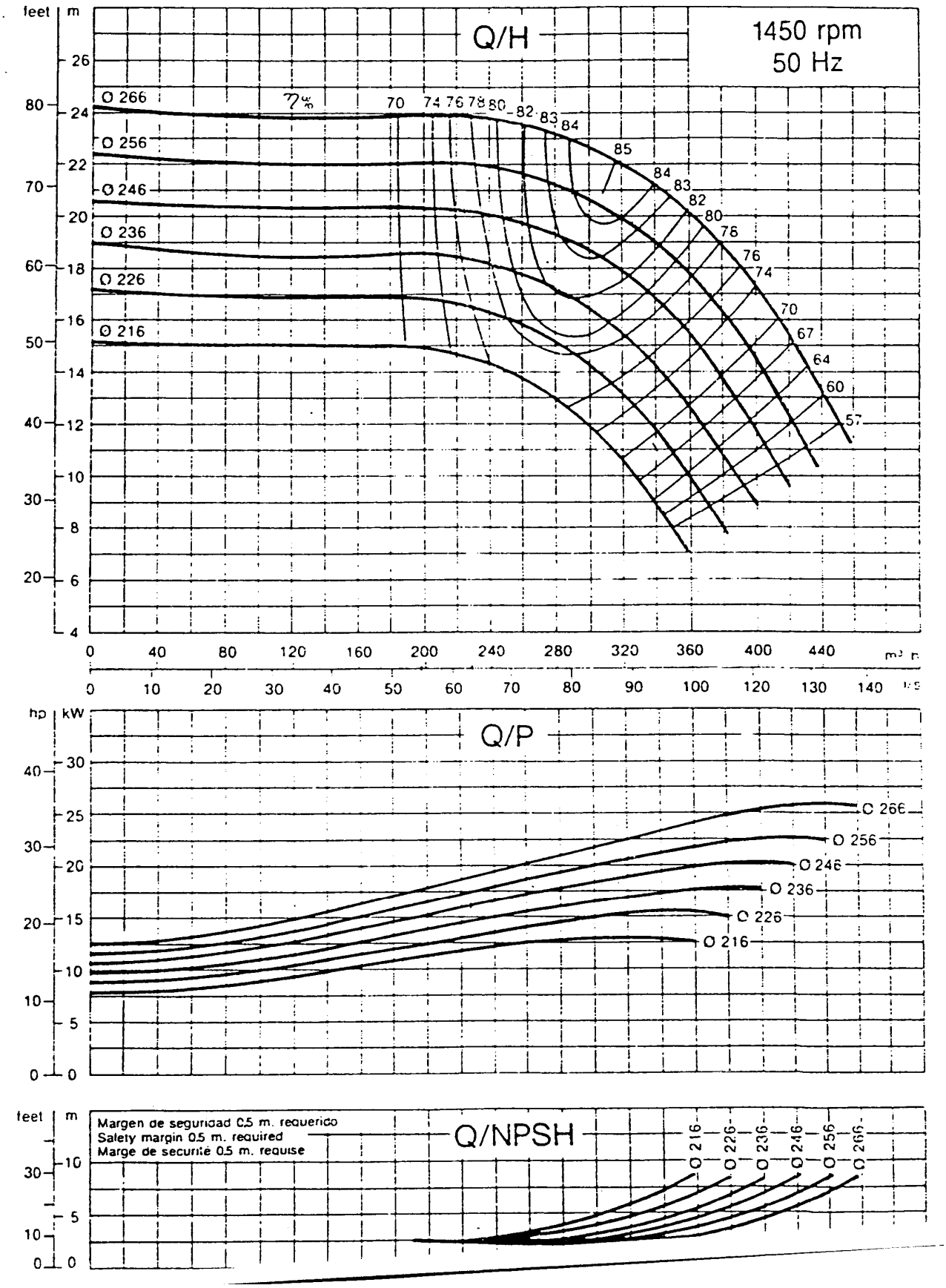
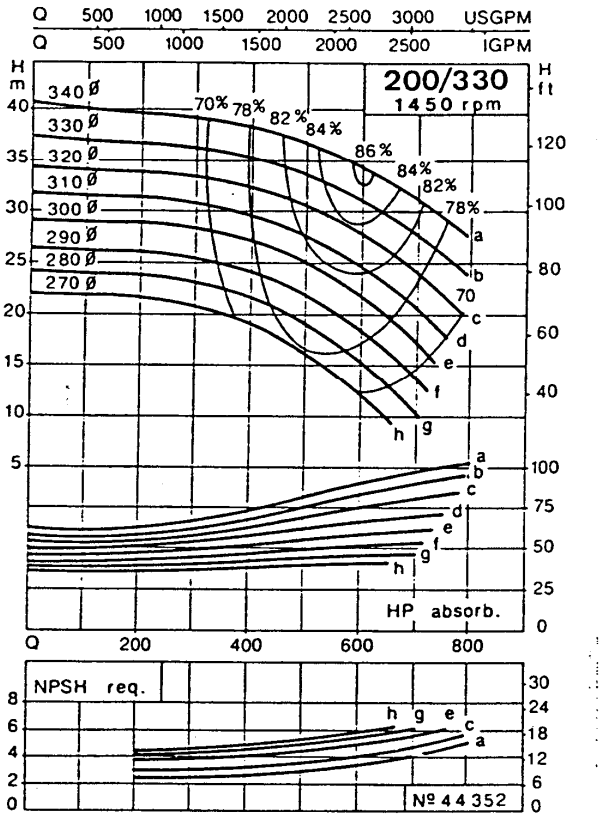
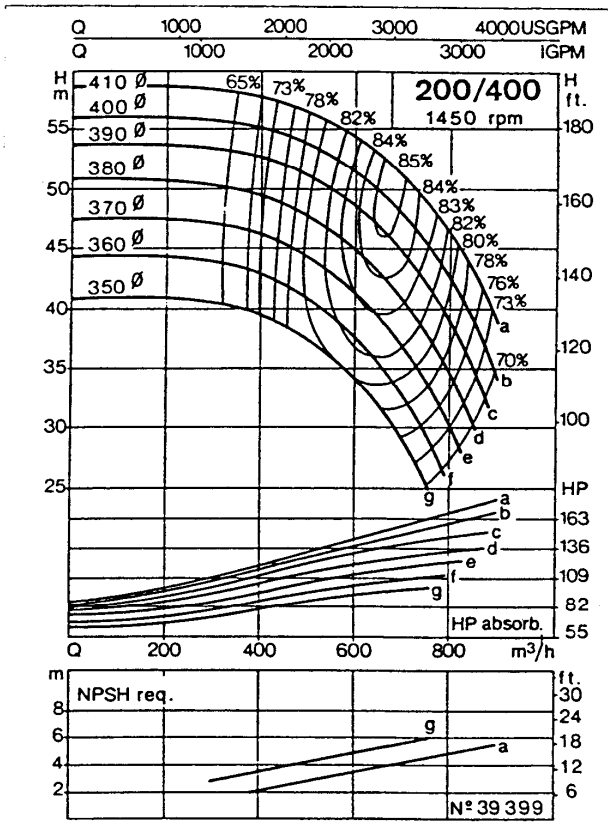
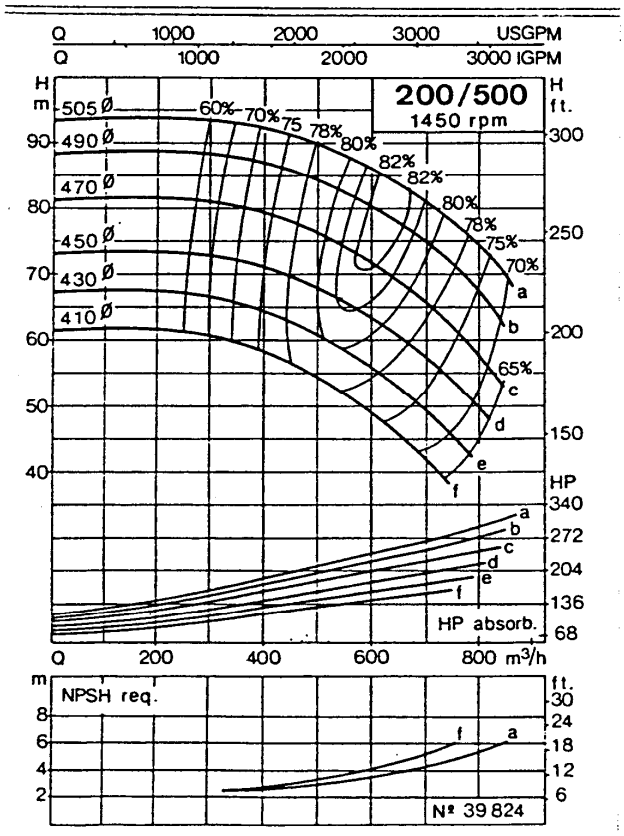
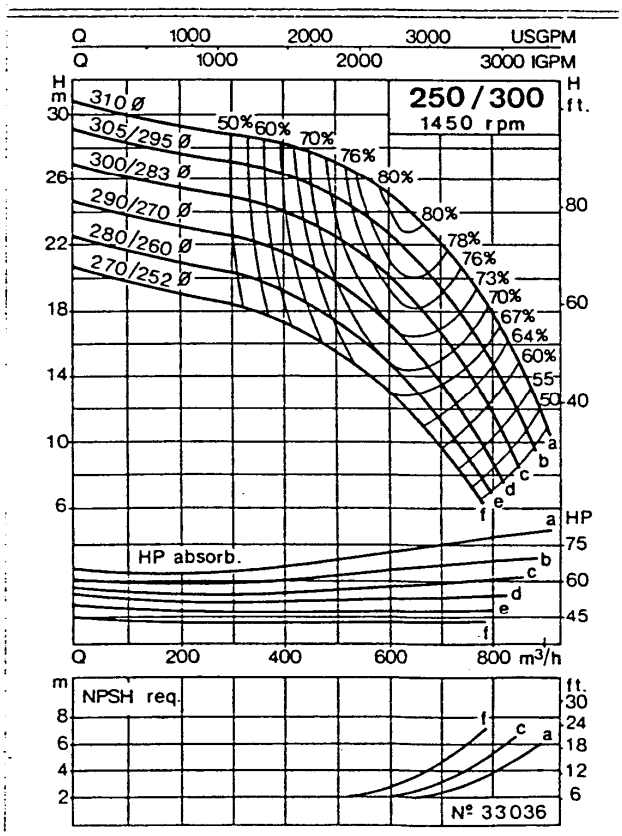

INP 50/250
2.900 rpm
Potencia absorbida en HP
NPSH requerido
Nº 24087


INP 50/315
2.900 rpm
Potencia absorbida en HP
NPSH requerido
Nº 40202


INP 65/125
2.900 rpm
Potencia absorbida en HP
NPSH requerido
Nº 24089


INP 65/160
2.900 rpm
Potencia absorbida en HP
NPSH requerido
Nº 24091

9 ERANSKINA


Q/H
1450 rpm
50 Hz
feet
m
Ø 266
Ø 256
Ø 246
Ø 236
Ø 226
Ø 216
70
74
76
78
80
82
83
84
85
67
64
60
57
m³/h
l/s
Q/P
hp
kW
Q/NPSH
Margen de seguridad 0.5 m. requerido
Safety margin 0.5 m. required
Marge de securité 0.5 m. requise

10 ERANSKINA