UNIVERSITETI IMITROVICËS ‘’ISA BOLETINI”
FAKULTETI I GJEOSHKENCAVE
DEPARTAMENTI I XEHETARISE

PUNIM DIPLOME

Studenti :
Kurtesh BERISHA

Mentori:
Prof. Dr. Rushit HALITI

Mitrovicë, 2020

UNIVERSITETI I MITROVICËS "ISA BOLETINI"

FAKULTETI I GJEOSHKENCAVE

DREJTIMI I XEHETARISË
STUDIMET BACHELOR

TEMË DIPLOME

e përgatitur nga kandidati Kurtesh BERISHA në kërkim të DIPLOMËS :BACHELOR I XEHETARISË

Tema: **PËRCAKTIMI E UJIPËRSHKUESHMËRISË SË DHERAVE**

Mentori : Prof. Dr. sc. Rushit HALITI

Mitrovicë,2020

UNIVERSITY OF MITROVICA
FACULTY OF GEOSCIENCES
DEPARTMENT OF MINING

Diploma THESIS

Title : DETERMINATION OF SOILS PERMEABILITY

Candidate ;

Kurtesh BERISHA

Supervisor : Assoc. Prof.

Rushit HALITI ,PhD

Mitrovica ,2020

PËRMBAJTA E PUNIMIT

Kapitulli I - PROPOZIMI I PUNIMIT

1.1 Hyrje

Është evidente së dherat janë sisteme shumëfazore . Në vëllimin e caktuar të dheut ,grimcat e ngurta shpërndahen në mënyrë të rastësishme kurse midis tyre mbeten hapësirat boshe të quajtura **pore**. Hapësirat e poreve janë të vazhdueshme dhe të mbushura me ujë ose me ajër ose me që te dy këto. K. Terzagh, themeluesi i Mekanikes së dherave ka thënë,,*Në praktikën inxhinierike,toka si tokë nuk është problem por uji i cili gjendet në pore. Në planetët pa ujë nuk do të kishte nevojë për mekanikën e dherave"*

Si në të kaluarën,ashtu edhe sot,krahas asaj që uji shfrytëzohet,ai krijon edhe shumë probleme. Lufta e inxhinierëve me ujin në tokë shpesh herë ka përfunduar,dhe akoma sot përfundon me ngadhënjimin e ujit. Në kombinimin me veprimtaritë e njeriut,uji shkakton katastrofa përmasash të gjera. Zhvendosja e masave të dheut (rrëshqitja), shkatërrimi i digave,vërshimet,prishja e funksionalitetit të konstruksioneve nëntokësore,janë vetëm ca nga rastet kur për shkak të kontrollimit joadekuat të ujit çojnë në prishjen e sigurisë të njerëzve dhe në sjelljen e dëmeve materiale të mëdha Rregullimi,vënia nën kontroll dhe përgjithësisht,mbrojtja nga veprimtaria e dëmshme e ujit,nënkupton para se gjithash *njohjen e parimeve të përgjithshme të problematikave të rrymimit të ujit nëpër tokë.* Këto parime të përgjithshme janë Ligji i Darcy-it dhe ekuacioni i Laplace-it. Megjithatë, heterogjeniteti i dherave dhe shkëmbinjve është i lartë,dhe secili respekt i parimeve teorike nuk çon gjithmonë deri te zgjidhja e siguritë,e besueshme dhe ekonomikisht e justifikueshme për shkak të jo saktësisë të të dhënave hyrëse. Prej këtej del se,roli i përvojës të arritur me anën e praktikës lokale,në kombinimin me parimet e përgjithshme,më mirë se çdo trajtim tjetër,mund të çon deri në zgjidhjen e dëshiruar të problemit .Një gjeomaterial është *i përshkueshëm* në qoftë se ai përmban pore të vazhdueshme. Të gjitha materialet siç janë shkëmbinjtë,betoni,dherat etj. janë të përshkueshme. Rrjedhja e ujit nëpër të gjithë ata iu bindet përafërsisht ligjeve te njëjta .Pra,diferenca ndërmjet rrjedhjes të ujit nëpër shkëmb apo beton është njëri nga shumë prej tyre. Përshkueshmëria e dherave ka efektin vendimtar në qëndrueshmërinë e themeleve,rënies së filtrimit nëpër mbushje të të rezervuarve,drenazhimit të nënshkallëve ,punimeve minerare gjatë shfrytëzimit me karrierë në rërat ujëmbajtëse, prurja e ujit në puse dhe shumë të tjera. Rrjedhja e ujit në mjedisin poroz quhet **filtrim** .Dherat,të cilat

formojnë mjedisin filtrues, formohen nga *shkatërrimi i formacioneve shkëmbore nën veprimin e* ujit, akullit, erës, temperaturës etj. Në saje të veprimit të këtyre faktorëve,si edhe përbërjes mineralogjike mjedisi poroz mund të jetë: *homogjen* ose *johomogjen ,izotrop ose joizotropik* .Ai është izotrop atëherë kur cilësitë filtruese të tij varen nga *drejtimi i rrjedhjes.* Krahas dherave,të cilat formojnë mjedis poroz, ekzistojnë edhe formacionet shkëmbore,të cilat janë *të papërshtatshme.* Megjithatë,kur formacionet shkëmbore kanë çarje,bëhen edhe ato të përshkueshme nga uji. Uji nëntokësor ,duke u ndodhur në lëvizje,formon rrjedhje nëntokësore ose ndryshe rrjedhjen e filtrimit,e cila mund të jetë pa presion dhe me presion.

1.2 Objektivat dhe qëllimi i punimit

Për të analizuar dhe zgjidhur problemet gjeoteknike siç janë :*ngjeshmëria e dherave ,aftësia mbajtëse e themeleve ,qëndrueshmëria e digave dhe trysnia anësore mbi strukturat mbajtëse të ndërtuara prej dherash* ,nevojitet që të njihen parimet e hidraulikës dhe shpërndarja e sforcimeve përgjatë gjithë prerjes tërthore të caktuar dheut .Prandaj objektiv kryesor i këtij punimi diplome do të jetë pikërisht trajtimi i metodave laboratorike dhe në terren për përcaktimin e koeficientit të përshkueshmërisë . Me analizë do të fillojmë me përkufizimin e llojeve të ujërave mënyrën e shfaqjes se ujit në tokë pastaj do të analizohen sforcimet në dhera dhe koncepti i sforcimit efektiv dhe ngjitjes kapilare ..Studimi i rrjedhjes se ujit nëpër mjedise të dherave të përshkueshme është i rëndësishëm në mekanikën e dherave. Është e nevojshme për vlerësimin e madhësisë së filtrimit nëntokësor nën kushte të ndryshme hidraulike,për shqyrtimin e problemeve që lidhen me heqjen e ujërave (nxjerrjen e ujërave me pompa) nga konstruksioni nëntokësor, dhe për realizimin e analizave të qëndrueshmërisë të digave prej dheu dhe strukturave mbajtëse nga dheu të cilat u nënshtrohen forcave të filtrimit (trysnisë rrymore).

Koeficienti i përshkueshmërisë në mekanikën e dherave është treguesi se me sa lehtësi një fluid (uji)mund të rrjedh nëpër një mjedis poroz(dhera). Prandaj ,ky do të jetë fokusi kryesor i punimit veçanërisht metodat për përcaktimin e tij në laborator ose në terren.

1.3 Metodologjia e realizimit të punimit

Në bazë te tematikës që trajton punimi ,metodologjia e përdorur për realizimin e tij bazohet në metodën e hulumtimit që nënkupton shfrytëzimin e literaturës ekzistuese mbi parimet bazë të hidraulikës dhe që trajton problemin e veprimtarisë se ujërave në tokë. Pastaj është përdorur

rruga eksperimentale për përcaktimin e koeficientit të përshkueshmërisë së tokave nga uji. Pra,janë trajtuar provat laboratorike me trysni konstante ($\Delta h = const.$) dhe me rënie trysnie($\Delta h \neq const$) si dhe provat në terren me pusëzat provues dhe me pompa .Metodologjia e zbatuar në realizimin e punimit demonstrohet me anë të shembujve për të dhënat konkrete gjeomjedisore.

1.4 Përmbajtja e punimit të diplomës

Ky punim diplome është konceptuar në katër kapituj ,ku secili kapitull trajton çështje të veçanta me synim realizimin e qëllimit dhe përmbushjen e objektivave të studimit .

Kapitulli -1 i këtij punimi jep në mënyrë të përmbledhur prezantimin e problemit që do ta trajtoj punimi i diplomës dhe jep parimet e përgjithshme të studimit të ujërave .Ne ketë kapitull jepen objektivat kryesor dhe qëllimi i punimit si dhe roli i analizave të përshkueshmërisë së ujërave në zgjidhjen e problemeve të ndryshme në gjeoteknikë .

Kapitulli-2 e trajton format e shfaqjes së ujit në tokë,veprimtarin mekanike të tij ,ligjin e Darcy dhe jep përkufizimin e koeficientit të përshkueshmërisë Po ashtu këtu trajtohet dhe ilustrohet me shembuj koncepti i sforcimit efektiv dhe i ngjitjes kapilare të ujit.

Kapitulli -3 merret me trajtimin e provave laboratorike dhe provave në terren dhe është përshkruar metodika e realizimit të provave për përcaktimin e koeficientit të përshkueshmërisë. Po ashtu këtu jepet koncepti i filtrimit dhe rrjetit hidrodinamik si mënyrën e ndërtimit të rrjetit hidrodinamik.

Kapitulli 4 e përmbyllë punimin duke përmbledhur te gjeturat e studimit dhe jep rekomandimet për trajtim te mëtejshëm.

Kapitulli i II VËSHTRIM I PËRGJITHSHËM MBI UJIN NË TOKË

2.1. Format e ujit në tokë

Uji që mbush pjesërisht ose plotësisht poret e tokës mund të gjendet në tre forma:

- *Në formën e avullit që mbush një pjesë të poreve*. Me kondensimin e tij shpjegohet prania e një pjese të horizonteve ujore që gjenden në tokë.
- *Në formën e ujit të lire*. Lëvizja e të cilit i nënshtrohet forcës së rëndesës.
- *Në formën e ujit té lidhur pas grimcave argjilore*,i cili nuk shkëputet prej saj vetëm duke u shndërruar në avull (për shkak té temperaturave té larta) ose kur ndryshon presioni osmatik (që ka lidhje me përqendrimin e elektroliteve në ujin që ndodhet në tokë).
  Uji i lidhur është ai që rrethon grimcat argjilore (<0.002 mm) dhe koloidet tokësore (≤0.001 mm). Ai qëndron i lidhur pas grimcës në saje té forcës së madhe absorbuese që ka sipërfaqja e saj. Në ujin e lidhur dallojmë tri shtresa (Figura 2.1).

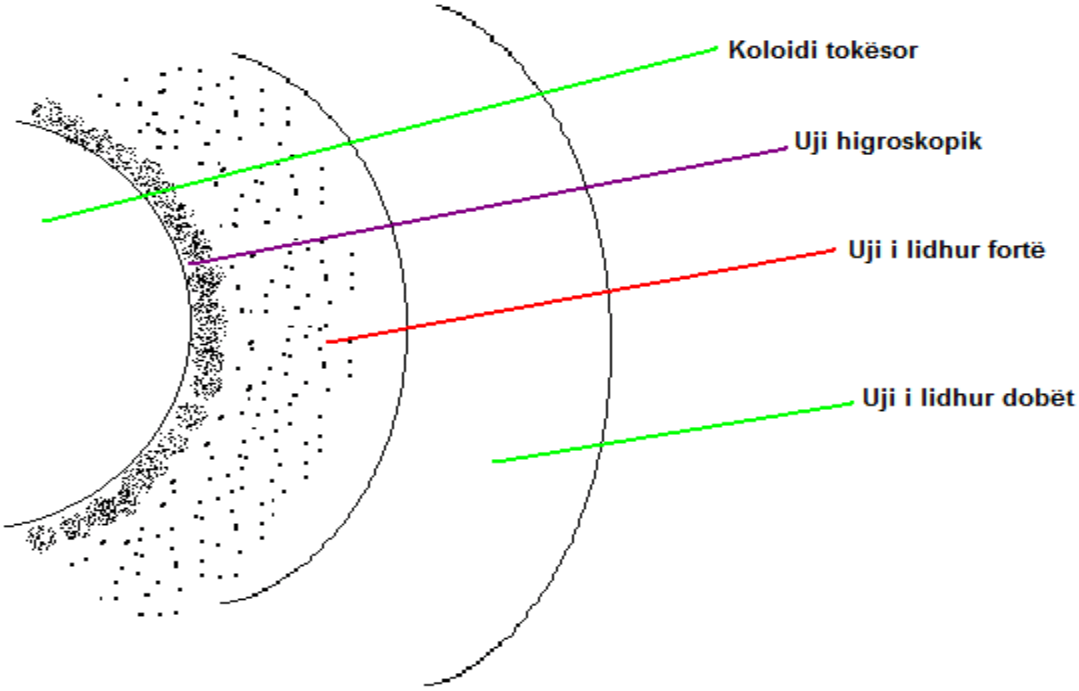

Figura 2.1. Uji i lidhur pas grimcës

-*Uji higroskopik* që është rreshti i parë i molekulave që mbështjell grimcën. Ky ujë është në një gjendje té veçantë té ngurtë (nuk është akull) dhe është kaq fort i lidhur me grimcën sa që kur krijohet kjo shtresë kemi çlirim té ndjeshëm nxehtësie. Uji higroskopik mund të shkëputet nga grimca vetëm duke u shndërruar në avull.

Uji i lidhur fort është një pjesë e ujit membranor ,i cili në kontakt me ujin higroskopik është afër gjendjes së ngurtë,dhe duke u larguar nga grimca kthehet në një masë xhelatinoze .Edhe ky është i lidhur shume fortë me grimcën dhe largohet prej saj vetëm kur kthehet në avull.

Uji i lidhur dobët është pjesa tjetër e ujit membranor që është në një gjendje në formë xheli në kontakt me ujin e lidhur fort dhe i afrohet gjendjes së ujit té zakonshëm në periferi té membranës.
Uji i lirë në tokë gjendet në formën e:

- Ujit që lëviz nga zona me presion té lartë drejt zonës me presion té ulët,
- **Uji kapilar,** i cili ngjitet vertikalisht lartë nëpër kapilaret që formohen nga komunikimi i poreve të dheut

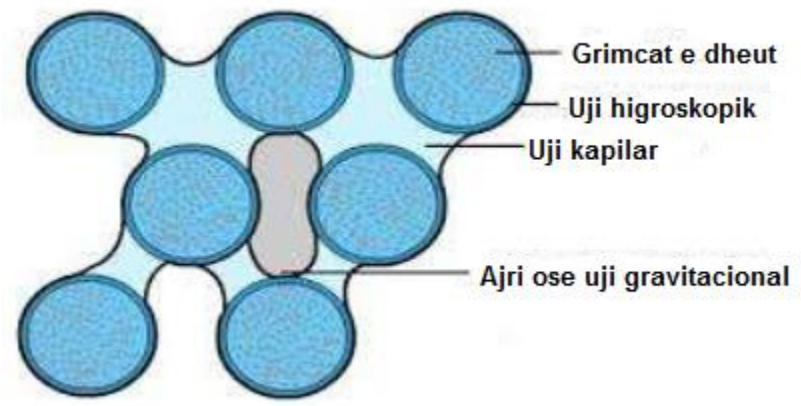

Figura 2.2. Uji kapilar, higroskopik dhe gravitacional

Si vepron uji në tokë ?

Uji në tokë mund té veprojë në disa mënyra dhe mund té shkaktoj disa dukuri karakteristike. Kështu ai vepron:

1. **Në mënyrë mekanike**, Zakonisht uji i lirë që lëviz nga zona me presion té lartë drejt zonës me presion té ulët .Në këtë rast shpejtësia e rrymës ujore mund té jetë e tillë sa té marrë me vete grimcat pluhurore duke krijuar kështu në tokë zgavra , rritje té porozitetit, té cilat shoqërohen me dukurinë e uljes shtesë. Kjo dukuri e shpëlarjes së grimcave pluhurore që bënë veprimi mekanik i ujit quhet **sufozion mekanik**.
2. **Në mënyrë fizike**, zakonisht uji stacionuar i cili bënë që dheu që është nën nivelin e tij té kthehet në gjendje të lehtësuar. Kuptohet që lehtësohet skeleti i dheut sipas ligjit té Arkimedit dhe poshtë nivelit té ujërave pesha vëllimore e tokës lehtësohet.

3. **Në mënyrë fiziko-kimike,** zakonisht uji i lidhur pas grimcës si rezultat i té cilit lind një kohezion mes grimcave argjilore e koloidale (uji i lidhur fort) dhe toka fiton veti plastike (ujë i lidhur dobët).
4. **Në mënyrë kimike,** kur ai përmban kripëra té atilla ose elemente kimike té atillë që hyjnë në reaksion me skeletin e dheut duke shkaktuar ose krijimin e lidhjeve té reja, ose shkatërrimin e lidhjeve ekzistuese.

2.2. Shfaqja e ujit në tokë

Uji në tokë gjendet në pore. Ato mund ti mbushë plotësisht ose pjesërisht. Kur i mbushë plotësisht, themi që toka është e ngopur me ujë; kur uji nuk i mbushë plotësisht poret themi që toka është pjesërisht e ngopur. Pra, në poret e tokës gjithnjë ka ujë i cili mund të jetë **i palëvizshëm** (*gjendje stacionare*)ose **i lëvizshëm**. Në të dy rastet ai ndikon jo vetëm në *sjelljen e dheut* por dhe në objektet inxhinierike mbi të cilat veprojnë të dy llojet e ujërave (të palëvizshëm të lëvizshëm). Shumë shpesh është e rëndësishme që të njihet **niveli i ujërave nëntokësore në tokë.** Ky nuk është niveli në të cilin shfaqet uji por niveli në të cilin trysnitë e poreve janë të barabarta me trysnitë atmosferike (u=0).

Në hidraulike energjia e vëllimit té veçantë té ujit ndahet në:

1)energjia potenciale – (pozicioni dhe trysnia nën té cilat gjendet uji

2)energjia kinetike – (si rezultat (pasojë) e lëvizjes)

energjia kinetike neglizhohet, dhe e gjithë (tërë) energjia është e kushtëzuar me pozicionin – energjia potenciale.

Trysnia hidrostatike,u , përfitohet duke shumëzuar lartësinë e trysnisë (pjezometrike, hp , me peshën specifike të ujit , γ_w, ndaj shprehja për trysninë hidrostatike merr formën: $u = hp \cdot \gamma_w$

Lartësia piezometrike ose trysnore është lartësia e shtyllës së ujit e nevojshme që té ruhet (mbahet) baraspesha me trysninë e ujit.

Uji lëvizë (rrjedh) nga vendi me potencial më té lartë në drejtim té atij me potencial më té ulët. Darcy (1856) ngriti hipotezën që shpejtësia fiktive e rrjedhjes (rrymës) së ujit nëpër tokë,

v është proporcionale me gradientin e presionit (gradientin hidraulik) :

v= $k \cdot i = k \cdot \frac{\Delta h}{\Delta l}$

ku është:

v= *shpejtësia e ujit, v=* $\frac{q}{A}$ *(shpejtësia e rrjedhjes së ujit nëpër poret e tokës)*
q= prurja në njësinë e kohës , A=sipërfaqja e prerjes tërthore të tokës (kampionit) nëpër të cilën rrjedh ujë. $i =$ *gradienti hidraulik,* $i = \frac{\Delta h}{\Delta l}$

$\Delta h =$ *rënia e potencialit të përgjithshëm midis prerjeve që shqyrtohen,*
$\Delta l =$ *gjatësia midis prerjeve shqyrtohen,*
k= koeficienti i filtrimit (përshkueshmërisë), p.sh. $[{}^{cm}/_{s}]$

Koeficienti i ujëfiltrueshmërisë varet nga vetitë e tokës (dherave) dhe lëngut i cili lëviz vetëm nëpër pore:

$$v_s = \frac{Z}{A \cdot n} = \frac{v}{n}$$

Mandej shpejtësia faktike (e vërtetë) e ujit është edhe më e madhe ne shprehjen e mësipërme është supozuar rruga më e shkurtër e lëvizjes së ujit , por në té vërtetë uji i përshkon kokrrizat dhe gjithnjë varet nga lidhshmëria e poreve.

–Faktorët té cilët ndikojnë në filtrueshmëri (përshkueshmëri) janë :

1)*diametri i kokrrizave (përmasat e kokrrizave*)

*2)viskoziteti i lëngut: ,,*η*”*

– lloji i lëngut

–temperatura e lëngut

3)*koeficienti porozitetit gjegjësisht porozitetit*

4)forma,shpërndarja dhe lidhshmëria e poreve

5) ngopshmëria e kampionit (gazrat në pore sillen si grimca të ngurta-uji i pushton ato).

Siç thamë Dheu është mjedis trefazor: skelet,ujë,ajër. Uji në dhera ndodhet në kushte të ndryshme. Uji mund të rrjedh nëpër pore në një dhe (tokë) nga një pikë me energji (trysni) të lartë në një pikë me energji (trysni) më të ulët.
Arsyeja e studimit të rrjedhjes së ujit në mjedis poroz
1)*Për të vlerësua sasinë e filtrimit (kullimit) nëntokësor* ;

2) *Për të përcaktua sasinë e ujit që mund të jetë në trajtë të dobishme (mund të nxjerrët) për një lloj dheu.*

3) Për të përcaktuar trysninë e ujit në pore // sforcimet gjeostatike efektive, dhe analizua strukturat prej dheu të nënshtruara rrjedhjes së ujit.

4) Për të përcaktua ndryshimin e vëllimit në shtresa të tokës (konsolidimin e dherave-tokës) dhe uljen e bazamenteve.

Me fjalën ,,nivel të ujit ” kuptohet lartësia e sipërfaqes horizontale të ujit mbi një plan të çfarëdoshëm horizontal (referent) të caktuar paraprakisht i cili quhet edhe ,,zero e vend -matjes ”ose ,,reperi i vend -matjes ”.Shtresa e ajrit që mbështjell rruzullin tokësor, ushtron shtypje mbi të gjithë trupat që ndodhen në te. Kjo shtypje quhet trysni atmosferike dhe shprehet Pa$\left(\frac{N}{m^2}\right)$, mb , (milibar), 1 milibar=0.752mm. Ujërat që ndodhen nën sipërfaqen e tokës quhen ujëra nëntokësore. Shfaqja e ujërave nëntokësore në shkëmbinj të ndryshëm , sidomos në shkëmbinjtë argjilore ul në mënyrë të ndjeshme vetitë fiziko-mekanike të tyre që qon në fenomenin e rrjedhjes. Në shpate (pjerrësira) uji nëntokësor shkakton prishjen e qëndrueshmërisë së tyre , duke zvogëluar nga njëra anë vetitë fiziko-mekanike të shkëmbinjve dhe nga ana tjetër krijon një presion hidrodinamik i cili ndihmon në prishjen e ekuilibrit të shpatit. Uji i lirë lëviz në qarjet dhe poret e shkëmbinjve nga forcat hidrodinamike (forcës së gravitetit, diferencës së ngarkesës hidraulike). Ky ujë mund të largohet me anë të drenazhimit. Të gjithë shkëmbinjtë në lidhje me marrëdhëniet e tyre me ujin ndahen në dy grupe të mëdha:

1)**Shkëmbinj të përshkueshëm**) dhe 2) **Shkëmbinj të papërshkueshëm**
Shkëmbinjtë e përshkueshëm karakterizohen nga aftësia e madhe që kanë për të përshkuar ujin (p.sh. zhavorret, rërat, surërat, shkëmbinjtë me qarje etj).
Në grupin e shkëmbinjve të papërshkueshëm hyjnë: argjilat dhe shkëmbinjtë masiv me çarje. Sasia e ujit higroskopik, cipox dhe kapilar që përmban shkëmbi quhet ujë i lidhur. Diferenca midis sasisë së përgjithshme të ujit që ka shkëmbi dhe sasisë së ujit të lidhur quhet ujëdhënie e shkëmbit. Si ujëdhënës më të mire janë zhavorret, rërat, shkëmbinjtë me qarje të tjera Ndërsa surërat dhe suargjilat kanë ujëdhënie të vogël që tek argjilat arrin pothuajse në zero.
Ujërat nëntokësore në shumicën e rasteve janë në lëvizje. Në shkëmbinjtë e ndryshëm lëvizja e ujit është e tipeve kryesore: 1) *Lëvizje lidhur me forcën e gravitetit (që bëhet nga lart poshtë*).Kjo lëvizje në përgjithësi ndihmon qëndrueshmërinë e dherave. 2) *Lëvizje e lidhur me kapilaritetin* dhe 3) *Lëvizje e lidhur me gradientin hidraulik e cila bëhet nga pikat me ngarkesë më të madhe drejt atyre më të vogël e si e tillë krijon probleme lidhur me presionet në shkëmbinj.*

2.3 .Ligji Darsy dhe koeficienti i përshkueshmërisë

Në vitin 1856,Darcy ka publikuar një ekuacion të thjeshtë për shpejtësinë e shkarkimit (filtrimit)të ujit nëpër tokat e ngopura me ujë,i cili mund të shprehet si:

$$v = k \cdot i \qquad (2.1)$$

ku: v= *shpejtësia e shkatërrimit (zbrazjes)* e cila është sasia e ujit që rrjedh në njësi të kohës nëpër nëpër një njësi të sipërfaqes bruto të prerjes tërthore të seksionit tërthor të dheut në kënde të drejtë me drejtimin e rrjedhjes.

k=*përcjellëshmëria hidraulike (*ndryshe njihet si koeficienti i përshkueshmërisë)

Ky ekuacion kryesisht u bazua në vrojtimet e Darcy-it lidhur me rrjedhjen e ujit nëpër rërat e pastra(tokat ranore të lara). Në Ekuacionin (2.1), v është shpejtësia e shkarkimit të ujit bazuar në sipërfaqen bruto të seksionit tërthor të dheut. Megjithatë,shpejtësia faktike e ujit (dmth. shpejtësia e filtrimit) nëpër hapësirat porore është më e madhe se v. Një lidhje ndërmjet shpejtësisë së shkarkimit dhe shpejtësisë se filtrimit mund të nxirret duke iu referuar Figurës 2.3, e cila tregon një dhe me gjatësi L me një sipërfaqe bruto të prerjes tërthore A .Në qoftë se sasia e ujit që rrjedh nëpër dhe në njësinë e kohës është q, atëherë:

$$q = v \cdot A = A_v \cdot v_s \qquad (2.2)$$

ku: v_s= *shpejtësia e filtrimit*

A_v = *sipërfaqja e porës në prerjen tërthore të mostrës.*

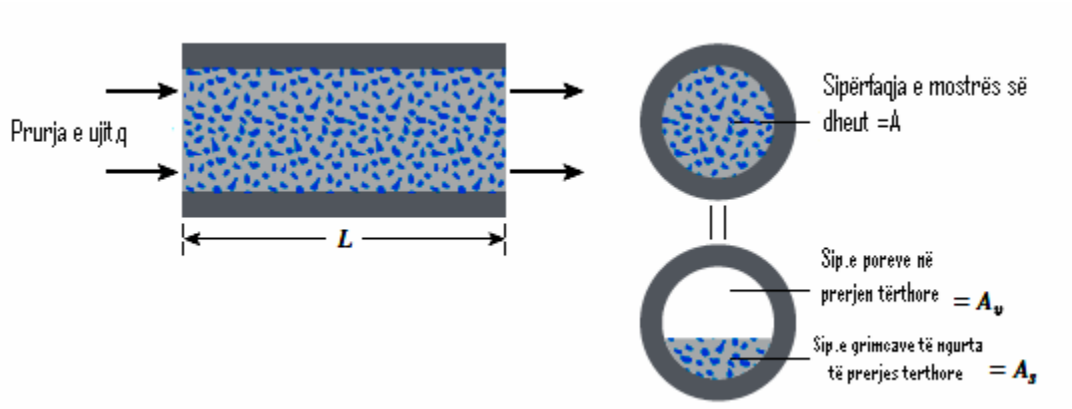

Figura 2.3 Nxjerrja e Ekuacionit (2.1)

Prandaj,

$$A = A_v + A_s \qquad (2.3)$$

ku:

A_s= sipërfaqja e grimcave të ngurta në prerjen tërthore të mostrës. Duke kombinuar ekuacionet (2.2) dhe (2.3) jep:

$$q = v(A_v + A_s) = A_v \cdot v_s$$

apo:

$$v_x = \frac{v(A_v+A_s)}{A_v} = \frac{v(A_v+A_s)L}{A_v \cdot L} = \frac{v(V_v+V_s)}{V_v} \qquad (2.4)$$

ku: V_v= *vëllimi i poreve në mostër,*

V_s= *vëllimi i grimcave të ngurta të dheut në mostër.*

Ekuacioni (2.4)mund të rishkruhet si:

$$v_x = v\left[\frac{1+\left(\frac{V_v}{V_s}\right)}{\frac{V_v}{V_s}}\right] = v\left(\frac{1+e}{e}\right) = \frac{v}{n} \qquad (2.5)$$

e= *koeficienti i porozitetit*

n= *porozitetit*

Ligji Darcy-it siç përcaktohet nga Ekuacioni (2.1) nënkupton që shpejtësia e rrjedhjes se ujit në tokë v. Një lidhje lineare me gradientin (pjerrësinë)hidraulik dhe kalon nëpër origjinën siç tregohet në Figurën 2.4.Hansbo (1960),pra,ka raportuar rezultatet e provës për katër mostra me strukturë të paprishur të argjilave natyrale.Në bazë të rezultateve të tij,duket (vihet re) se ekziston një gradient hidraulik i' (shih Figurën 2.4),në të cilin:

$$\mathbf{v = k\,(i - i_o)} \qquad (\text{për } i \geq i') \qquad (2,6)$$

dhe $$\mathbf{v = k \cdot i^m} \qquad (\text{për } i < i') \qquad (2.7)$$

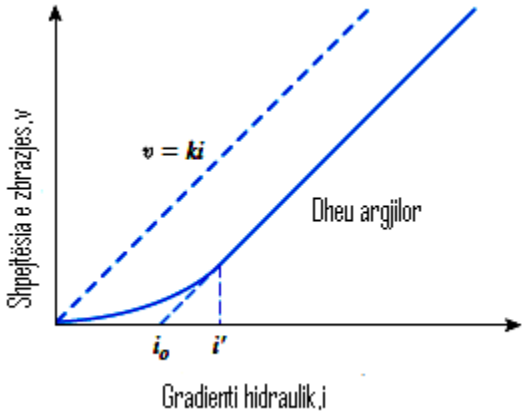

Figura 2.4 karakteri i ndryshimit të shpejtësisë në vartësi të gradientit hidraulik në argjilë

Ekuacioni i mësipërm (2.7) do të thotë që për gradiente hidraulike shumë të ulët,lidhja ndërmjet v dhe i është jolineare. Vlera e m në ekuacionin (2.7)për katër argjila të Suedisë është afër 1,5. Prandaj, disa studime tjera kanë hedhur poshtë zbulimet (gjetjet)e mëparshme. Mitchell (1976)

ka shqyrtuar këto studime në hollësi. Duke i marrë në shqyrtim(parasysh) të gjitha aspektet,ai ka përfunduar se ligji Darcy-it është valid.

Në këtë ekuacion e Darcy-it(v=k.i)shpejtësia e rrjedhjes (v) është përpjesëtimore me gradientin hidraulik (i). Parametri k është *koeficienti i përshtatshmërisë.* Meqenëse i është papërmasor, k duhet të ketë njësinë e shpejtësisë. Në inxhinierin gjeoteknike k zakonisht jepet në cm/s ose m/s. Koeficienti i përshkueshmërisë është i ndikuar fort (fuqishëm) nga dendësia e paketimit të grimcave të dheut,i cili mund të shprehet thjeshtë duke shfrytëzuar koeficientin poror e ose porozitetin n. Në dherat kokrrizë mëdha,madhësia efektive e grimcave korrelohet (lidhet)plotësisht me përshkueshmërinë .Për rërat uniformë me C_u<5 dhe një vlerë të D_{10} prej 0,1 deri 3mm, k- llogaritet duke përdorur ekuacionin e Hazenit(Hazen,1892):

$$k\left(\frac{cm}{s}\right) = D_{10}^2(mm) \qquad (2.8)$$

Për rrjedhjen laminare në dhera kokërr mëdha të ngopura me ujë,Ekuacioni Kozeny-Carman (Kozeny,1927 dhe Carmen,1956)mund të përdoret për të vlerësuar k:

$$k = \frac{1}{k_o \cdot k_T \cdot S_s^2} \cdot \frac{e^3}{1+e} \cdot \frac{\gamma_w}{\eta} = c\,\frac{e^3}{1+e} \qquad (2.9)$$

ku k_o dhe k_T janë faktorë që varen nga forma dhe e poreve,përkatësisht ; S_s- është sipërfaqja e grimcave të ngurta(solids), dhe γ_w dhe η janë pesha vëllimore dhe viskoziteti i ujit në pore. Ekuacioni i Kozeny-Carman (2.9) nuk është plotësisht valid për pluhurat (llumrat) dhe argjilat. Ekuacioni në vazhdim (Taylor,1948)mund të përdoret për argjilat:

$$\log k = \log k_o - \frac{e_o - e}{C_k} \qquad (2.10)$$

ku C_k është treguesi i ndryshimit të përshkueshmërisë(për argjilat natyrore përdoret $C_k \approx \frac{e_o}{2}$, ku e_o është koeficienti i porozitetit in situ) dhe k_o është përshkueshmëria in situ(në(për)e=e_o).Vlerat tipike të përshkueshmërisë për tipet e zakonshme të dheut janë:100 deri 1$\frac{cm}{s}$ për zhavorr të pastër;1 deri në 0,01 $\frac{cm}{s}$ për rërë kokërr madhe; 0,01 deri 0.001 $\frac{cm}{s}$ për argjila pluhurore dhe më pak se 0,000001 $\frac{cm}{s}$ për argjilen.

2.4. Veprimtaria mekanike e ujërave nëntokësore në shkëmbinj

Konsiderojmë një shkëmb të shkrifët të ngopur me ujë i cili mund të jetë në lëvizje ose në qetësi. Presioni vertikal i ujit në poret e shkëmbit kur ky është në qetësi sipas ligjit të Arkimedit do të jetë:

$$\gamma' = \gamma_{leht} = (\gamma_s - \gamma_w)(1-n) = \gamma_s(1-n) - \gamma_w(1-n)$$

ose:

$$\gamma' = \gamma_{ng} - \gamma_w$$

ku:

γ_s = *pesha specifike e kokrrizave të ngurta minerale*

$1-n$ = *volumi i kokrrizave të ngurta në njësinë e volumit të shkëmbit të shkrifët*

γ_{ng} = *pesha volumore e s shkëmbinjve të ngopur me uji*

Gjatë lëvizjes së ujit në dherat e shkrifët , kokrrizat minerale në këtë rast do ti nënshtrohen forcave të shkaktuara nga lëvizja e ujit. Për njësinë e volumit të shkëmbit , këto forca përbëjnë presionin e rrjedhjes që ka për vlerë gradientin e presionit (ip). Presioni i rrjedhjes i cili u korrenspodon forcave të fërkimit të viskozitetit që lidhet me lëvizjen dhe që i transmetohet kokrrizave minerale. Lëvizja që frenohet nga mjedisi poroz transmeton në këtë të fundit forca mekanike. Për të vënë në dukje veprimin e presionit të rrjedhjes , duhet saktësuar shpërndarja e sforcimeve në shkëmbinjtë e shkrifët kur mbi këtë të fundit vendoset një ngarkesë çfarëdo. Vendosim një ngarkesë σ në një shkëmb të shkrifët të ngopur me ujë. Ngjeshja e kokrrizave minerale dhe e ujit në këtë rast është shumë i vogël kundrejt asaj të dheut që shkaktohet nga zvogëlimi i volumit të poreve. Ky zvogëlim i volumit të poreve , shoqërohet me dalje uji , Ngarkesa e aplikuar në shkëmb σ ndahet në dy pjesë: një ngarkesë e aplikuar në kokrrizat minerale që përbëjnë sforcimet ndërkokrrizore ose efektive (σ') dhe tjetra e aplikuar në ujë qëpërbën presionin e poreve ose neutrale (u).

Kështu:

$$\sigma = \sigma' + u$$

Ndryshimi i vetive fiziko–mekanike nën veprimin e ngarkesave të ndryshme i kushtohet sforcimeve efektive. Presionet neutrale nuk kanë influencë mbi këto veti.

Kur gradienti hidraulik kritik i_k është i barabartë me gradienti e përgjithshëm hidraulik i, kur $i = i_k$, presioni i lëvizjes së ujit bëhet i barabartë me peshën vëllimore γ' dhe faza e ngurtë (kokrrizat minerale) ndodhet në gjendje notuse.Ky fenomen quhet **lëngëzimi i rërave**. Nga sa u tha më sipër del se uji kur është në lëvizje vepron mbi kokrrizat minerale në formën e presionit hidrostatike dhe presionit të lëvizjes së ujit. Pra, PRESIONI I POREVE vepron mbi kokrrizat e ngurta të dheut në formën e forcës vëllimore që është rezultantja e dy forcave të lartpërmendura. Dmth. presioni hidrostatik i përgjithshëm (diferenca e presioneve ose diferenca lidhur me energjitë)është rezultantja e presionit të lëvizjes dhe lartësisë së ngritjes:

$$h_t = h_p + h_e$$

ku: h_e = lartësia e ngritjes (elevation head) në një pikë = madhësia për të cilën pika është larg nga niveli i kuotës sipërfaqësore (reperit).

h_p = lartësia nga trysnia (Pressure head) në një pikë = Lartësia për të cilën rritet uji në

pjezometër mbi pikën e caktuar quhet edhe lartësi pjezometrike (h_p).
Trysnia e Ujit në pore në një pike *(Pore Water pressure)* = P.W.P definohet:
P.W.P= $g_{water} \cdot h_p$

2.5. Përshkueshmëria e dherave

Përcjellshmëria hidraulike(përshkueshmëria)përgjithësisht shprehet në cm/sec ose m/sec në njësi SI dhe në ft/min ose ft/ditë në një Angleze.

Përcjellshmëria hidraulike e dherave varësisht nga ca faktorë:*viskoziteti i fluidit,përbërja porore shpërndarja e përmasave të poreve,përbërja granulometrike,koeficienti i porozitetit ashpërsia e grimcave minerale dhe shkalla e ngopjes me ujë të dheut.*Në dherat argjilore (suargjilat),struktura luan një rol të rëndësishëm në përcjellshmërinë hidraulike. Faktorë të tjerë të rëndësishëm që ndikojnë në përshkueshmërinë e argjilave janë përqendrimi i joneve dhe trashësia e shtresave të ujit.

Vlera e përcjellshmërisë hidraulike (koeficientit të filtrimit)(k) ndryshon shumë për dherat e ndryshme. Disa vlera tipike për dhera të ngopura me ujë jepen në Tabelën 2.1. Përcjellshmëria hidraulike e dherave të pangopura me ujë është më e ulët dhe rriten me shpejtësi me rritjen e shkallës së ngopshmërisë.

Tabela 2.1 Vlerat tipike të Përcjellshmërisë Hidraulike të dherave të ngopura

Lloji i dheut	k	
	cm/sec	ft/min
Zhavorri i pastër (i larë)	100÷1,0	200÷2,0
Rëra e trashë(kokërrmadhe)	1,0÷0,01	2,0÷0,02
Rëra e imët	0,001÷0,001	0,02÷0,002
Argjila pluhurore(argjiliti)	0,001÷0,00001	0,002÷0,00002
argjila	<0,000001	<0,000002

Përcjellshmëria hidraulike e një dheu gjithashtu lidhet me vetitë e fluidit i cili rrjedh nëpër te me anë të ekuacionit:

$$k = \frac{\gamma_w}{\eta} \cdot \overline{K} \qquad (2.11)$$

ku:

γ_w= *pesha vëllimore e ujit,*

η= *viskoziteti i ujit,*

K= *përshkueshmëria absolute*.

Përshkueshmëria absolute $\overline{\mathbf{K}}$ shprehet në njësi të L^2(dmth.cm^2,ft^2 dhe kështu me radhë).

Ekuacioni (2.11) tregon që përcjellshmëria hidraulike është një funksion i peshës vëllimore dhe viskozitetit të ujit,i cili siç duket është një funksion i temperaturës në të cilën kryhet prova. Kështu,sipas Ekuacionit (2.9) kemi:

$$\frac{k_{T1}}{k_{T2}} = \left(\frac{\eta_{T2}}{\eta_{T1}}\right) \cdot \left(\frac{\gamma_w \cdot (T_2)}{\gamma_w \cdot (T_1)}\right) \qquad (2.12)$$

ku:

k_{T1} ,k_{T2} = përcjellshmëria hidraulike në temperaturat respektivisht T_1 dhe T_2

η_{T2}, η_{T1}= viskoziteti i ujit në temperaturat T_1 dhe T_2,respektivisht

$\gamma_w(T_2), \gamma_w(T_1)$= pesha vëllimore e ujit në temperaturat respektivisht T_1 dhe T_2.

Vlera e k është e përshtatshme (zakonshme) që të shprehen në temperaturën prej 20^0C. Brenda diapazonit (intervalit) të temperaturave të provës,mund të supozojmë që $\gamma_w(T_1) \cong \gamma_w(T_2)$.

Në këtë mënyrë,sipas Ekuacionit (2.12) rezulton:

$$k_{20^0C} = \left(\frac{\eta_{T^oC}}{\eta_{20^oC}}\right) \cdot k_{T^oC} \qquad (2.13)$$

Ndryshimi i $\frac{\eta_{T^oC}}{\eta_{20^oC}}$ në vartësi të temperaturës së provës T që variron nga 15 deri në 30^0C jepet në Tabelën 2.2.

Tabela 4.2. Variacioni i $\frac{\eta_{T^oC}}{\eta_{20^oC}}$

Temperatura, T (^{0}C)	$\frac{\eta_{T^oC}}{\eta_{20^oC}}$	Temperatura, T (^{0}C)	$\frac{\eta_{T^oC}}{\eta_{20^oC}}$

15	1,135	23	0,931
16	1,106	24	0,913
17	1,077	25	0,889
18	1,051	26	0,863
19	1,025	27	0,853
20	1,000	28	0,832
21	0,976	29	0,814
22	0,953	30	0,797

2.6. Regjimi i stabilizuar i filtrimit (*Filtrimi i qëndrueshëm*)

Duke supozuar se dheu është një mjedis homogjen e izotrop , shpejtësia e filtrimit në të tre drejtimet kryesore rezulton e njëjtë dhe e barabartë:

$$v_x = v_y = v_z = -k\frac{\partial H}{\partial Z} \tag{2.14}$$

sipas ligjit Darcy.
Në këtë rast filtrueshmëria e masivit është e njëjtë në të tre drejtimet ,dmth.

$$k_x = k_y = k_z \tag{2.15}$$

Dhe në një pikë të tij do të kemi:

$$\frac{\partial^2 H}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 H}{\partial x^2} = 0 \tag{2.16}$$

Por në fakt dherat janë mjedis johomogjen që do të thotë në drejtime të ndryshme kemi filtrueshmëri të ndryshme , e lëvizja e ujit në mjedise homogjene shprehet me ekuacionin (2.16).Në këtë rast gjendet funksioni i presionit (ngarkesës hidraulike) H (x, y, z) i tillë që të kënaqë **Kushtet kufitare** të Ekuacionit të Laplasit .Ekuacioni i Laplasit përcaktohet në varësi të gjendjeve dy ose tre dimensionale dhe të **rrjetit hidrodinamik** . Pra, në shumicën e rasteve të filtrimit nëntokësor të ujit nën ndonjë vepër hidroteknike (structure hidraulike) trajektorja e rrjedhjes e ndryshon drejtimin dhe ajo nuk është e njëtrajtshme në gjithë sipërfaqen (hapësirën) pingule me rrjedhjen e ujit. Në rastet e këtilla , shpejtësia e filtrimit përcaktohet me anë të ndërtimit të grafikut që përmenden (referohen) si: rrjetë e rrjedhjes (rrjet hidrodinamik ose rrymës së ujit).Rrjeti hidrodinamik bazohet në teorinë e Laplasit të kontinuitetit. Sipas kësaj teorie , rrjedhja në ndonjë pike A (Figura 10) mund të paraqitet me ekuacionin:

$$\boldsymbol{k_z \cdot \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + k_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0} \tag{2.17}$$

$h =$ presioni hidraulik (ngarkesa hidraulike) në pikën A (dmth presioni i ujit që një piezometër i vendosur në pikën A do ta tregoj në krahasim me planin e referimit si niveli i

drejtimit të rrymës së ujit (niveli rrymë drejt i ujit) sikurse është treguar në Figurën 10), k_x, k_y, k_z *= koeficienti i përshkueshmërisë (filtrimit) të dheut (tokës) në drejtimet* x, y *dhe* z *respektivisht.* Gradienti hidraulik (i) përcaktohet si humbje e potencialit të përgjithshëm për në njësi të gjatësisë. Shqyrtojmë një grimcë të ujit e cila rrjedh nga pika A deri në pikën B siç tregohet në figurën 4.5. Potenciali i përgjithshëm në pikën A është $h_A=\frac{u_A}{\gamma_w} + Z_A$,dhe potenciali i përgjithshëm në pikën B është $h_B=\frac{u_B}{\gamma_w} + Z_B$. Duhet theksuar që potenciali i përgjithshëm në A është më i madh se sa ai në B ,për arsye që grimca e ujit lëvizë (zhvendoset)nga A në B. Humbja e potencialit (ulja e trysnisë) ndërmjet A dhe B është h_A-h_B. Gradienti hidraulik mesatar ndërmjet A dhe B është humbja e potencialit ndërmjet A dhe B e pjesëtuar me gjatësinë $\overline{AB}$ gjatë trajektores së rymës (rrjedhjes):

$$i_{A-B}=\frac{h_A-h_B}{L_{A-B}} = \frac{\left(\frac{u_A}{\gamma_w}+Z_A\right)-\left(\frac{u_B}{\gamma_w}+Z_B\right)}{L_{A-B}} \qquad (2.18)$$

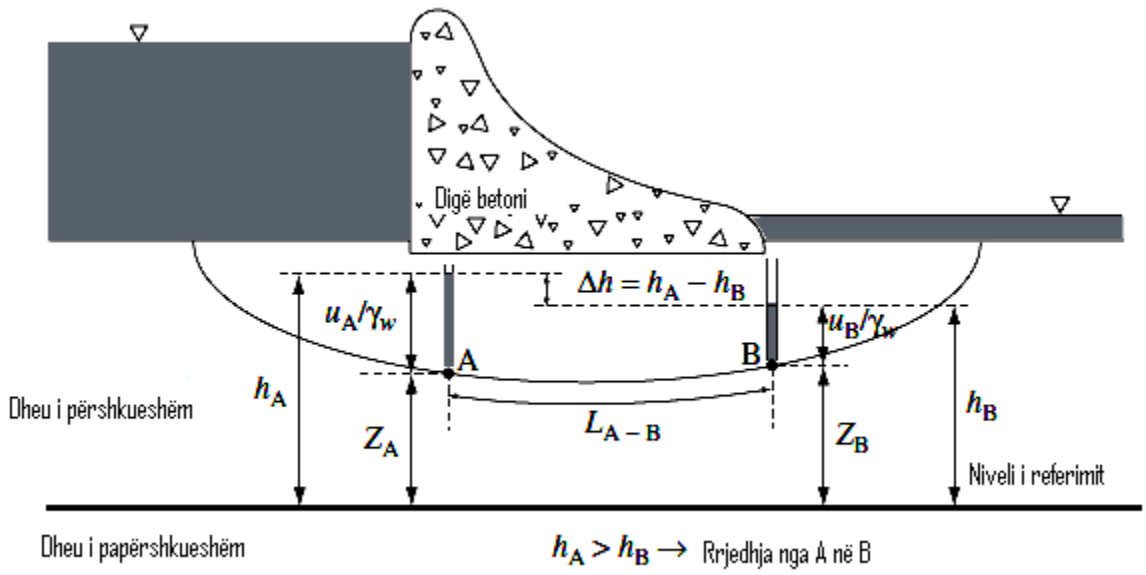

Figura 2.5 Përcaktimi i humbjes së potencialit dhe gradienti hidraulik

Për kushte (regjim të rrjedhjes) rrjedhjeje dy përmasor sikurse tregohet në Figurën 2.5 , është :$\frac{\partial^2 h}{\partial^2 h} = 0$ Kështu që ,Ek.(2.16)merr formën:

$$k_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + k_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0 \qquad (2.19)$$

Ekuacioni i mësipërm paraqet dy bashkësi (grupe) të lakoreve ortogonale që janë të njohura si vijat e rrymës dhe vijat ekuipotenciale. Rrjeti hidrodinamik (i rrjedhjes) është kombinim i një numri të caktuar të vijave ekuipotenciale dhe vijave të rrymës. Vija e rrymës është vija të cilën duhet ndjekur një grimcë e ujit për kalimin (lëvizjen) nga krahu (dega) kundër rrymës deri në krahun në drejtim të rrymës (në degën rrymë drejtë).Një vijë ekuipotenciale është vijat gjatë të

cilës piezometrat mund të vendosen për shkak të ujit në ato për ngritje deri në lartësinë (kuotën) e njëjtë (shih Figurën 2.5). Pra , vijat ekuipotenciale janë vijat që bashkojnë pikat me ngarkesë të njëjtë hidraulike. Vijat e rrymës janë pingul me vijat ekuipotenciale (në pikat e ndërprerjes së tyre).Ndërtimi i rrjetit hidrodinamik bëhet duke u bazuar në të dhënat piezometrike dhe në prurjet e regjistruara. Për vizatimin e rrjetit hidrodinamik nevojitet që të provohen (vërtetohen) kushtet kufitare.Psh. në Figurën 2.5 sipërfaqet tokësore mbi pjesët (anët) e kundër rrymës dhe në drejtim të rrymës (DD') janë vijat ekuipotenciale. Dyshemeja e digës nën sipërfaqen e tokës , $D'BCD$, është një vijë e rrymës.Pjesa më e sipërme e sipërfaqes së shkëmbit , EF , gjithashtu është një vijë e rrymës.Kur kushtet kufitare janë të vërtetuara (pranohen) , një numër i vijave të rrymës dhe vijave ekuipotenciale janë marrë me anë të provave të njëpasnjëshme ashtu që të gjitha elementet e rrymës në rrjete të kanë të njëjtin raport të gjatësi/gjerësi $\left(\frac{L}{B}\right)$.

Shembulli 2.1. *Një mostër dheu me gjatësi 0.5m i është nënshtruar rrjedhjes në një gjendje të qëndrueshme me humbje potenciale konstante h_L=1,5m siç tregohet në Figurën 2.68.Të llogaritet potenciali i përgjithshëm në pikën C.*

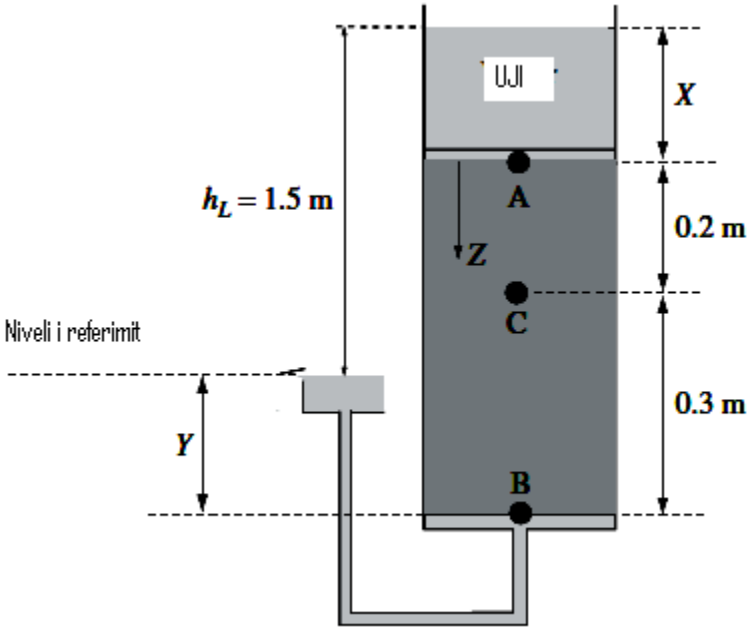

Figura 2.6 Rrjedhja në gjendje të qëndrueshme me humbje potenciale konstante

Zgjidhja: Supozojmë se plani referent përputhet me drejtimin e rrymës se ujit siç tregohet në Figurën 2.6. Për të llogaritur potencialin e përgjithshëm në pikën C, do të na nevojitet vlera e potencialit të trysnisë në atë pikë[Ekuacioni(2.18)], dhe ajo nuk është e disponueshme. Në vend

të kësaj, llogarisim potencialet e përgjithshme në pikat A dhe B dhe gradientin hidraulik i_{A-B} .Duke ditur që $i_{A-B}=i_{A-C}$, ne mund të llogarisim h_c me ndihmën e Ekuacionit (2.18).

Për të lehtësuar zgjidhjen do të supozojmë se lartësia e ujit në rezervuarin e sipërm që të jetë(që duhet të jetë) X (mbi pikën A),sikurse tregohet në Figurën 2.6. Gjithashtu,supozojmë se lartësia e ujit në rezervuarin e poshtëm të jetë Y(mbi pikën B)sikurse tregohet në figurën e njëjtë .Në pikën A,

$h_p=X$

$h_e=1,5m-X$

$h_A=h_p+h_e=X+1,5m-X=1,5m$

Në pikën B,

$h_p= Y$

$h_e= -Y$

$h_A=h_p+h_e=Y-Y=0m$

Sipas shprehjes (2.18)kemi:

$i_{A-B} = \frac{h_A-h_B}{L_{A-B}} = \frac{1,5m-h_e}{0,2m} =3 \Rightarrow h_e=0,9m$

2.7 Koncepti i sforcimit efektiv

Ne çdo pike ne koren e tokës nen sipërfaqen e tokës shfaqen sforcimet te shkaktuara nga ushtrimi i peshës vetjake te mbishtresave te vendosura mbi te. Sforcimet e tilla ne toke te cilat janë rezultat i ushtrimit te peshës vetjake te gjeomateriale (dherave dhe shkëmbinjve) te përfshira ne mbishtresa mbi horizontin i quajmë sforcime gjeostatike. forcimet ne toke lindin edhe me realizimin e objekteve gjeoteknike ose shkarkimin me ane te gërmimit ne thellësi poshtë vendosjes se objektit. Sforcimi është forca e brendshme ne njësi te sipërfaqes ne te cilën vepron.

Uji ne toke gjendet i vendosur ne pore. Mund ti mbush ato plotësisht ose pjesërisht. Kur uji i mbush plotësisht poret themi se dheu është i *ngopur me ujë*,ndërsa kur ai nuk i mbush plotësisht poret themi se dheu është *pjesërisht i ngopur* .Mekanika e dherave ne nivel elementar kryesisht merret me dhera plotësisht te thare ose plotësisht te ngopur. Vetëm komponentja efektive e sforcimit total përballohet nga matriksi shkëmbor. Poret ndërmjet grimcave te imta te masivit poroz përbejnë një hapësire shumë te shpërndarë. Qe te lëvizi uji neper poret e dheut duhet te ekzistoje një diference presionesh. Sjellja mekanike e gjeomaterialit varet nga sforcimet fillestare:Pesha vetjake,forca shtytëse,forca e trysnisë se rrymimit etj. Sforcimet kryesore ne një

element te dheut janë:Sforcimi vertikal $\sigma_v = \gamma \times z$ dhe horizontal $\sigma_h = K \times \sigma_v$ .Ne tokat e thara sforcimi transmetohet ndërmjet grimcave te ngurta dhe ujit. Për sjelljen mekanike te dherave rëndësi kane sforcimet te cilat transmetohen nëpërmjet grimcave te ngurta te cilat shënohen me σ' dhe themi se sforcimi efektiv është ajo pjese e sforcimit total e cila transmetohet nëpërmjet skeletit te dherave. Sforcimet efektive kanë rëndësi për problemet praktike gjeometrike sepse uljet (deformimet) dhe qëndrueshmëria e shpateve dhe themeleve varen nga këto sforcime. Duhet theksuar se grimcat e ngurta dhe poret midis tyre i transmetojnë ngarkesat ne mënyra te ndryshme dhe ne forma te ndryshme marrin pjesë ne deformim,për këto arsye dallohet pjesa e sforcimeve ne toke te cilën e transmeton toka ose një element i saj i quajmë *sforcime te përgjithshme* ose totale,kurse sforcimet te cilat i transmeton uji i quajmë *trysni te ujit ne pore* ose *sforcime neutrale* . Diferenca midis sforcimit total dhe trysnisë se ujit ne pore quhet sforcim efektiv. Sforcimi efektiv normal ne çdo pik dhe rrafsh te masivit shkëmbor poroz është: $\sigma' = \sigma - u$. Duke qene se uji nuk mund te transmetoj sforcime prerëse (kur uji është ne një gjendje qetësie apo rrymim te ngadalshëm) rezulton se sforcimi prerës efektiv τ' ne çdo pike dhe rrafsh është i barabartë me sforcimin total prerës τ pra : . $\tau = \tau'$.

Sforcimi efektiv ne toke nuk mund te matet drejtpërdrejt, do te thotë është madhësi e nxjerr. Pra mund te matet vetëm s forcimi i përgjithshëm ne toke σ dhe trusnia e ujit ne pore u. Kur masa e dheut i nënshtrohet ushtrimit te forcave te jashtme gjendja e ekuilibrit prishet dhe sforcimet efektive po edhe trysnitë porore ndryshojnë nga vlerat e tyre nga ngjeshja kështu krijohet e ashtu quajtura trysni porore e tepërt ose mbitrysni e cila shpërndahet varësisht nga kushtet e drenimit dhe përshkueshmëria e dheut.

2.7.1 Sforcimet në dhera të ngopur pa filtrim

Figura 1 tregon shtyllën e masës se dheut pa filtrim të ujit ne kurrfarë drejtimi .Sforcimi i përgjithshëm në nivel të pikës A mund të gjendet nga pesha njësi e ngopur e dheut dhe pesha njësi e ujit mbi te . Kështu ,

$$\sigma = H\gamma_w + (H_A - H)\gamma \qquad (2.20)$$

ku :$\boldsymbol{\sigma}$ =*sforcimi total ne nivel te pi*

γ_w=*pesha njësi (vëllimore) e dheu*

γ_{sat} =*pesha njësi e dheut*

H=*lartësia e nivelit te ujit tokësor nga pjesa e sipërme e shtylle se dheut*

H_A =*largësia ndërmjet pikës A dhe nivelit te ujit nëntokësor*.

Sforcimi total ,σ ,i dhënë me ekuacionin (2.20) mund të ndahet në dy pjesë :

1. Pjesën e cila mbahet nga uji i vendosur në hapësirat e poreve të vazhdueshme. Kjo pjese vepron me intensitet te njëjtë ne te gjitha drejtimet .

2. Pjesa tjetër e sforcimit total mbahet nga grimcat e ngurta ne pikat e tyre te kontaktit .Shuma e komponentëve vertikale te forcave qe krijohen ne pikat e kontaktit te grimcave te ngurta për njësi te sipërfaqes te prerjes tërthore te masës se dheut quhet *sforcim efektiv*.

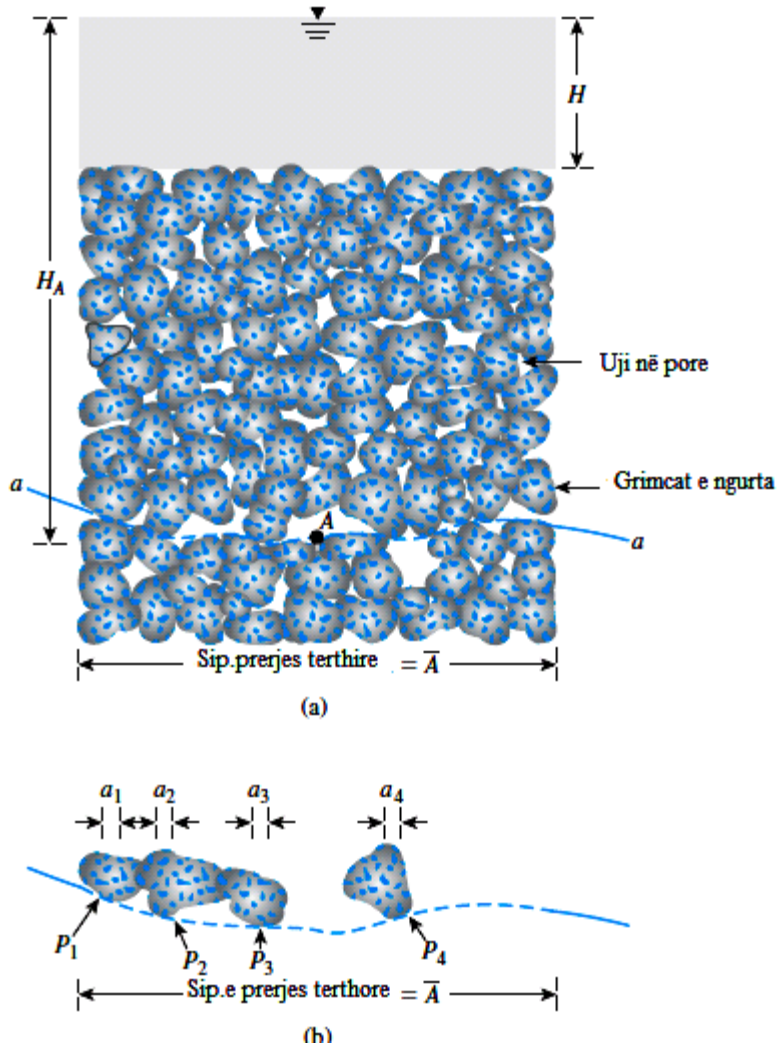

Figura 2.7 (*a)sforcimi efektiv i shqyrtuar për shtyllën e dheut te ngopur pa filtrim ;(b)forcat qe veprojnë ne pikat e kontaktit te grimcave te ngurta ne nivel te pikës A*

Kjo gjë mund te shihet duke hequr vijën e valëzuar ,a-a, të hequr nëpër pikën A e cila kalon vetëm nëpër pikat e kontaktit të grimcave të ngurta .Le te jenë P_1,P_2,P_3 ,...,P_n forcat të cilat veprojnë ne pikat e kontaktit të grimcave të ngurta (Figura 2.7.b) .Shuma e komponentëve të të gjitha forcave mbi sipërfaqen e prerjes tërthore është e barabarte me sforcimin efektiv ,σ' ,apo :

$$\sigma = \frac{P_{1(c)}+P_{2(v)}+P_{3(v)}+\cdots+P_{n(n)}}{\bar{A}} \qquad (2.21)$$

Ku: $P_{1(v)}, P_{2(v)}, P_{3(v)}, \ldots, P_{n(v)}$ janë respektivisht komponentët vertikale të $P1, P_2, P_3, \ldots, P_n$ dhe $\bar{A}$ është sipërfaqja e prerjes tërthore të masës së dheut e cila merret në shqyrtim.

Serish ,në qoftë se $\boldsymbol{a_s}$ është sipërfaqja e prerjes tërthore qe zihet nga kontaktet grimcë e ngurtë – me –grimcë te ngurtë (dmth, $a_s = a_1+a_2+a_3+\ldots+a_n$) ,atëherë hapësira e zënë nga uji është e barabarte me ($\bar{A}$ -a_s) . Kështu , mund te shkruhet :

$$\sigma = \sigma' + \frac{u(\bar{A}-a_s)}{\bar{A}} = \sigma' + u(1-a_s') \qquad (2.22)$$

ku : u= $H_A\,\gamma_w$ =*trysnia e ujit ne pore (dmth .trysnia hidrostatike në vendin A*)

$a'_s = a_s/\bar{A}$ *pjesa e sipërfaqes njësi te prerjes tërthore te masës se dheut (mostrës) që pushtohet nga kontaktet grimcë –me –grimcë.*

Vlera e a'_s është jashtëzakonisht e vogël dhe mund të shpërfillet për diapazonin e trysnive te cilat përgjithësisht hasen n ë problemet teknike. Kështu ,Ekuacioni (2.22) mund te përafrohet me shprehjen :

$$\sigma = \sigma' + u \qquad (2.23)$$

ku **u** gjithashtu quhet ***sforcim neutral.*** Zëvendësimi i Ek (1) për σ ne Ek. (4) jep :

$$\sigma' = [H\gamma_w + (H_A - H_A)\gamma_{sat}] - H_A\,\gamma_w$$

$$= (H_A - H)\,(\gamma_{sat} - \gamma_w)$$

$$= (\text{Lartësia e shtyllës se dheut})\times\gamma \qquad (2.24)$$

ku $\gamma = \gamma_{sat} - \gamma_w$ është e barabarte me peshën njësi te dheut te përmbytur . Ne këtë mënyrë mund te shihet se sforcimi efektiv ne cilëndo pike A është i pavarur nga thellësia e ujit ,H,sipër dheut te përmbytur .

Figura 2.8 (a) paraqet shtresën e dheut te përmbytur ne ene ku nuk ekziston filtrim. Figura 2.8(b) deri në 2.8(d) paraqesin diagramet e ndryshimeve ,respektivisht, të sforcimit total ,trysnisë së ujit në pore dhe sforcimit efektiv ne vartësi te thellësisë për shtresën e përmbytur te dheut te vendosur ne enën ne te cilën nuk ka filtrim te ujit . Parimi i sforcimit efektiv [Ek.(2.23)] është shtjelluat se pari nga Terzaghi (1925 ,1936).Skempton (1960)e ka zgjeruar punën e Terzaghi dhe ka propozuar marrëdhënien ndërmjet sforcimit total dhe efektiv ne trajtën e Ek. (2.22) . Në Ek.

(2.21),sforcimi efektiv ,σ' ,përkufizohet si shume e komponentëve të të gjitha forcave te kontaktit ndërgrimcor (intergranular) mbi sipërfaqen njësi te prerjes tërthore bruto (te përgjithshme) .Ky përkufizim është përgjithësisht i vërtet për dherat kokrrizore ,megjithatë,për dherat e kokrrizë imët .kontakti ndërgimcor mund te mos ekzistojë fizikisht ,për shkak se grimcat e argjilave rrethohen nga cipa e holle e ujit fort e shtrënguar.

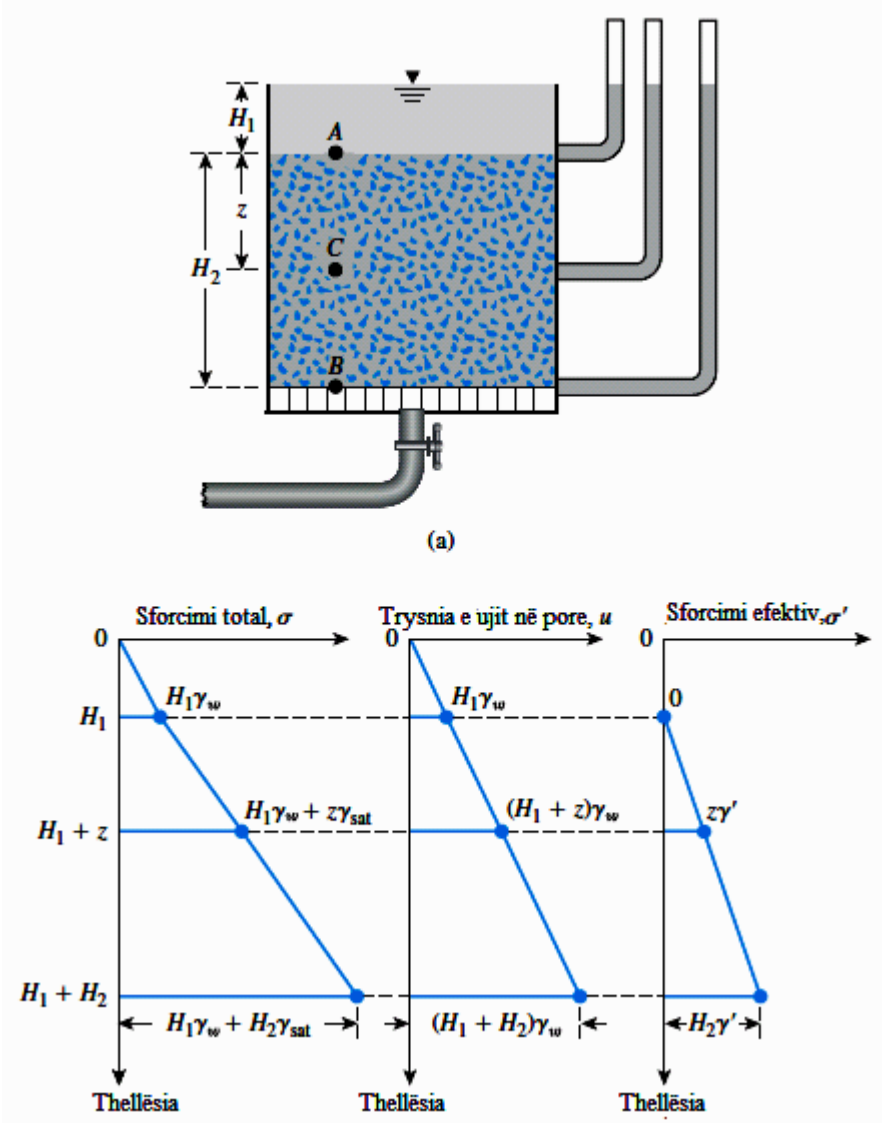

Figura 2.8 .(a) ***Shtresa e dheut ne ene ne te cilën nuk ka filtrim ;Ndryshimi i (b) sforcimit total ,(c) trysnisë se ujit ne pore ,dhe (d)sforcimit efektiv ne vartësi te thellësisë për shtresën e përmbytur ne ujë te dheut ne kushte ku nuk ka filtrim***

Ek.(2.22)mund te rishkruhet si ne vazhdim :

$$\sigma=\sigma_{ig} +u(1-a'_s)-A'+R' \qquad (2.25)$$

ku σ_{ig} *=sforcimi ndërgrimcor (angl.intergranular stress*)

A'=*forca e tërheqjes elektrike për njehi te sipërfaqes te prerjes tërthore te dheut*

R'=*forca refuzuese elektrike për njësi te sipërfaqes se prerjes tërthore te dheut.*

Për dherat kokrrizore ,,pluhurat dhe argjilat me plasticitet te ulet ,madhësitë e A dhe R janë te vogla .Prandaj për te gjitha qëllimet praktike merret :

$$\sigma_{ig}=\sigma' \approx \sigma - u$$

Megjithatë ,në qofte së diferenca A' –R 'është e madhe ,atëherë $\sigma_{ig} \neq \sigma'$. Situatat e tilla mund te hasen ne argjilat e dispersuar e me plasticitet te larte . Ne te kaluarën janë bere shume interpretime për bere dallimin midis sforcimit ndërgrimcor dhe sforcimit efektiv. Në çdo rast ,parimi i sforcimit efektiv është përafrim i shkëlqyer i cili përdorët në zgjidhjen e problemeve inxhinierike.

Shembulli 2.2:*Te paraqiten grafikisht shpërndarjet e sforcimit total, trysnisë se ujit ne pore dhe sforcimit efektiv për shtresën e dheut me trashësi 4.5 m , te treguar ne figure. Niveli i ujit nëntokësore ndodhet 1.5m nen sipërfaqen e tokës. Dheu ka peshën njësi te thate 7kN/ m dhe pesha njësi e ngopur 19kN/m .*

Zgjidhje :

Vlerat e sforcimeve totale, neutrale dhe efektive jepen në Tabelën

Tabela 3.3. Vlerat e sforcimeve totale,neutrale dhe efektive

z(m)	σ (kPa)	U(kPa)	σ'(kPa)
0	0	0	0
1,5	1,5(17)=25,5	0	25,5-0=25,5
4,5	25,5+3(19)=82,5	3(9,81)=29,43	82,5-29,43=53,07

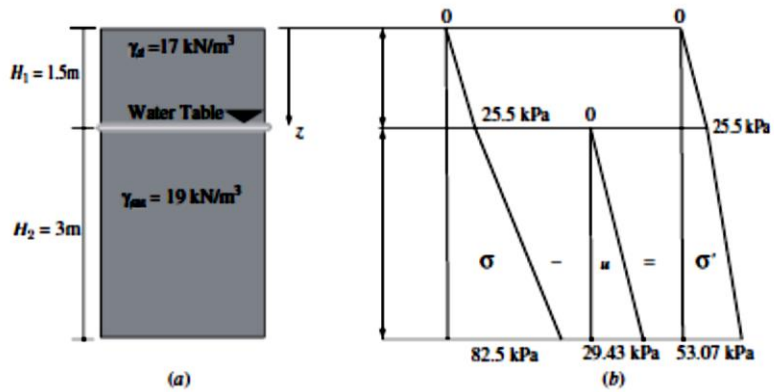

Figura 2.9 Profili i dheut për ushtrimin 2.2

2.7 .2 Sforcimet ne dheun e ngopur me filtrim nga poshtë lart

Në qoftë së uji është në rrjedhje e sipër atëherë sforcimi efektiv ne çdo pikë në masën e dheut do te ndryshoj nga ai ne rastin statik . Ai do te zvogëlohet ose do te rritet ,varësisht nga drejtimi i filtrimit . Figura 2.10(a) tregon shteruesen e dheut kokrrizor ne ene ku filtrimi nga poshtë lart shkaktohet duke shuar ujin nëpërmjet valvolës në fund të enës . Shpejtësia e furnizimit me ujë mbahet konstante .Humbja e trysnisë që shkaktohet nga filtrimi nga poshtë lart ndërmjet niveleve të pikave A dhe B është h .

Duke pasur parasysh qe sforcimi total ne secilën pikë të masës se dheut është ekskluzivisht rrjedhim i peshës se dheut dhe ujit mbi te ,rezulton së llogaritjet e sforcimit efektiv në pikat A dhe B bëhen si në vazhdim :

Në pikën A :

- Sforcimi total :$\sigma_A = H_1 \gamma_w$
- Trysnia e ujit ne pore :$u_A = H_1\gamma_w$
- Sforcimi efektiv :$\sigma'_A = \sigma_A - u_A = 0$

Në B :

- Sforcimi total : $\sigma_B = H1\gamma_w + H_2\gamma_{sat}$
- Trysnia e ujit në pore :$u_B = (H_1 + H_2 + h)\gamma_w$
- Sforcimi efektiv :$\sigma_B = \sigma_B - u_B = H_2(\gamma_{sat} - \gamma_w) - h\gamma_w = H_2\gamma' - h\gamma_w$

Ngjashëm ,sforcimi efektiv ne piken C e cila gjendet ne thelluesin z nen pjesën e sipërme te sipërfaqes se dheut mund te llogaritet si ne vijim :

Në pikë C :

- Sforcimi i përgjithshëm : $\sigma_C = H_1\gamma_w + z\gamma_{sat}$

- Trysnia e ujit ne pore :$u_C=(H_1+ z + \frac{h}{H_2}z)\gamma_w$
- Sforcimi efektiv :$\sigma_C =\sigma_C - u_C =z(\gamma_{sat} - \gamma_w) - \frac{h}{H_2} z\gamma_w =z\gamma' - \frac{h}{H_2} z \gamma_w$

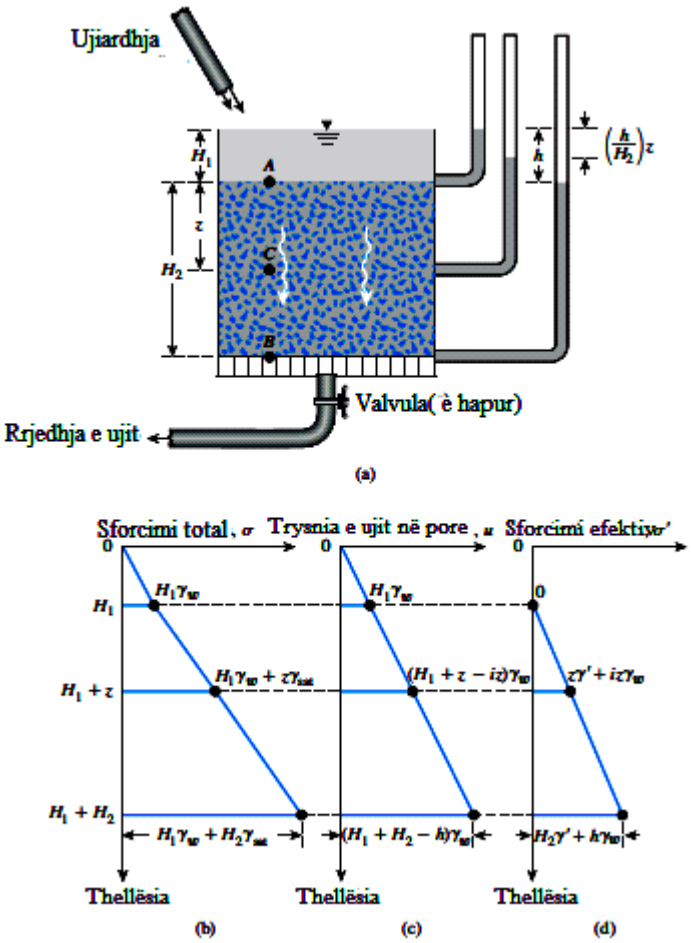

Figura 2.10 *(a) Shtresa e dheut në enën me filtrim nga poshtë lart .Variacioni i (b) sforcimit total ;(c)trysnisë së ujit në pore ;dhe sforcimi e efektiv në vartësi nga thellësia për një shtrese dheu me filtrim te ujit nga poshtë lart*

Duhet theksuar se raporti h/H_2 është gradienti hidraulik qe shkaktohet nga rryma e ujit ,dhe prandaj ,

$$\sigma =z\gamma' - iz\gamma_w \qquad (2.26)$$

Variacionet e sforcimit total ,trysnisë së ujit në pore dhe sforcimit efektiv në vartësi të thellësisë janë paraqitur ,respektivisht , grafikisht në Figurën 2.10(b) deri në 2.10(d) . Krahasimi i Figurave 2(d) dhe 3(d) tregon që sforcimi efektiv në pikën e cila gjendet në thellësi z te matur

nga sipërfaqja e shtresës së dheut zvogëlohet për vlerën **$iz\gamma_w$** për shkak te filtrimit te ujit nga poshtë lart . Në qoftë së shpejtësia e filtrimit dhe me ketë edhe gradienti hidraulik gradualisht rriten ,do te arrihet gjendja kufitare ne këtë vend ,për te cilën vlen :

$$\sigma'_C = z\gamma' - i_{cr}\, z\gamma_w = 0 \qquad (2.27)$$

ku : **i_{cr}** = gradienti hidraulik kritik (për sforcim efektiv barazi me zero).

Nën rrethana të tilla , humbet qëndrueshmëri e dheut .Kjo gjendje përgjithësisht quhen *zierje* ,ose *gjendje e rrjedhshme* .

Nga Ek(2.27) ,rezulton :

$$i_{cr} = \frac{\gamma'}{\gamma_w} \qquad (2.28)$$

Për shume dhera ,vlera e i_{cr} luhatet nga 0,9 deri ne 1,1 .

2.7.3 Sforcimet në dheun e ngopur me filtrim nga larte poshtë

Gjendja e filtrimit nga lart poshtë është treguar në Figurën 2.10(a).Niveli i ujit nëne dheun e vendosur në rezervuar mbahet konstant duke rregulluar furnizimin nga pjesa e sipërme dhe daljen e ujit në pjesën e poshtme .Gradienti hidraulik i shkaktuar nga filtrimi nga nga lart poshtë është i barabarte : $i = h/H_2$ .sforcimi total apo i përgjithshëm ,trysnia e ujit ne pore dhe sforcimi efektiv ne cilëndo pikë C respektivisht janë :

$$\sigma_C = H_1\gamma_w + z\gamma_{sat}$$

$$u_C = (H_1 + z - iz)\gamma_w$$

$$\sigma'_C = (H_1\gamma_w + z\gamma_{sat}) - (H + z - iz)\gamma_w = z\gamma' + iz\gamma_w$$

Variacioni i sforcimit total ,trysnisë se ujit në pore dhe sforcimit efektiv në vartësi nga thellësia gjithashtu janë paraqitur grafikisht në Figurën2.10 (b) deri ne 2.10(d) .

SHEMBULLI 3 .Shqyrtojmë rrjedhjen e ujit nga poshtë lart neper shtresën e rërës sikurse tregohet në Figurën 2 11. Për rerën janë dhëne karakteristikat si vijon ;koeficienti i porozitetit e = 0,52 kurse pesha specifike e skeletit G_s =2,67 .

(a)Te llogariten sforcimi total ,neutral dhe efektiv në pikat (vendet) A dhe B.

(b) Sa është forca hidrodinamike (rrymore)e filtrimit nga poshtë lart për njësi te vëllimit te dheut ?

Zgjidhja

(a) Pesha vëllimore njësi ne gjendje te ngopur te rërës llogaritet si vijon :

$$\gamma_w = \frac{(G_{s+e})}{1+e} = \frac{(2,67+0,52\ \ 9,81}{1+0,52} = 20,59\ kN/m^3$$

Sforcimet në pikën A:

Sforcimi total : $\sigma = 0,7x\gamma_w + 1\ x\gamma_{sat} = 0.7 \times 9,81 + 1 \times 20,59 = 27,46$ kPa

Sforcimi neutral : $u = [(1+0,7) + (\frac{1,5}{2})x\ 1]\ x\gamma_w = (2,45) \times 9,81 = 24,03$ kPa

Sforcimi efektiv : $\sigma' = \sigma - u = 27,46 - 24,03 = 3,43$ kPa.

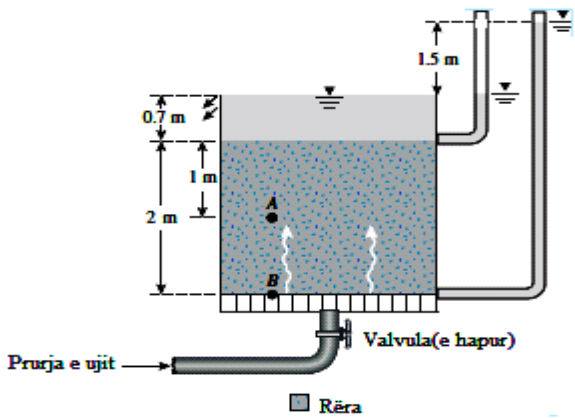

Figura 2.11 Rrjedhja e ujit nga poshtë lart nëpër shtresën e rërës te vendosur ne rezervuar

Sforcimi në pikën B:

Sf .total : $\sigma = 0,7\ x\gamma_w + 2x\ \gamma_{sat} = 0,7 \times 9,81 + 2x\ 20,59 = 48,05$ kPa

Sf. netral : $u = (2+0,7+1,5)x\gamma_w = 4,2x\ 9,81 = 41,2$kPa

Sf. efektiv : $\sigma' = \sigma' - u = 48,05 - 41,2 = 6.85$ kPa

(b) Gradienti hidraulik : $i = \frac{1.5}{2} = 0,75$. Kështu , forca hirodinamike për njësi te vëllimit mund të llogaritet si në vazhdim :

$$i\gamma_w = 0,75 \times 9,81 = 7,36\ kN/m^3$$

2.8 Ngjitja kapilare ne dhera

Në dhera pjesërisht të ngopur ,uji i vendosur në hapësirat e poreve nuk është i vazhduar por është sistem tre-fazor ,dmth . skelet -ujë në pore - ajër në pore (Figura 2 12) Prandaj ,sforcimi total ne piken arbitrare të profilit të dheut përbehet nga trysnia ndërgrimcore ,e ajrit në pore dhe

ujit në pore .Në mbështetje të rezultateve laboratorike ,Bishop e etj. (1960)kanë dhëne ekuacionin e më poshtëm për sforcimin efektiv në dherat pjesërisht të ngopura me ujë :

$$\sigma' = \sigma - u_a + \chi (u_a - u_w) \qquad (2.29)$$

ku : σ' = sforcimi efektiv

σ = sforcimi total

u = trysnia e ajrit ne pore

u_w trysnia e ujit ne pore .

Bishopi etj. kanë vëne në dukje së vlerat e ndërmjetme të χ para se gjithash do te varen nga shkalla e ngopjes me uji S_r .Por ,këto vlera gjithashtu do te influencohen nga faktorët siç janë strukturat prej dheu . Hapësirat e pandërprerë e poreve në dhera mund te sillen si tufa të tubave kapilar të prerjes tërthore të ndryshueshme .Për shkak të forcës se tensionit sipërfaqësor , uji mund të ngjitet mbi sipërfaqen freatike.

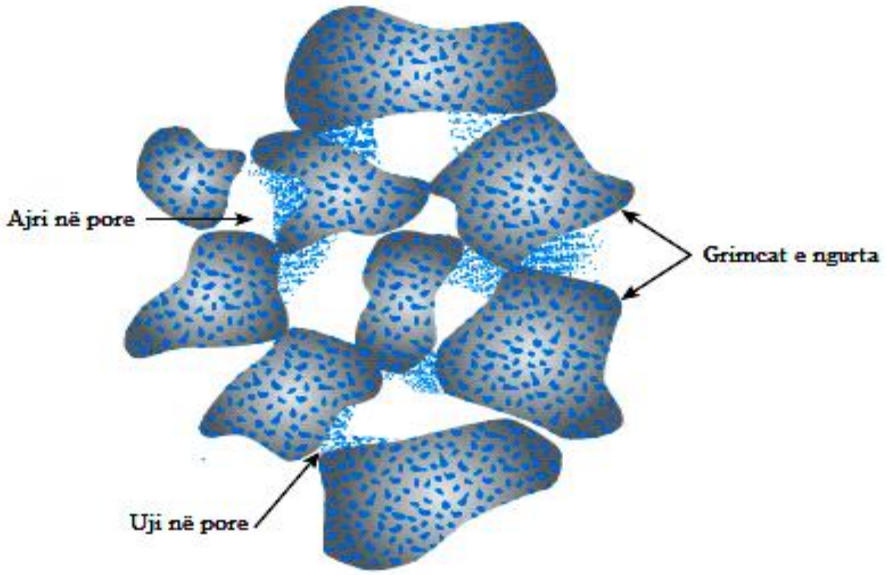

Figura 2.12 . Dheu pjesërisht i ngopur

Figura 2.13 tregon konceptin fondamental të lartësisë se ngjitjes në tubin kapilar. Lartësia e ngjitjes se ujit ne tubin kapilar mund te jepet duke mbledhur forcat ne drejtim vertikal ,ose

$$(\frac{\pi}{4} d^2)\, h_c\, \gamma_w = \pi\, d\, T \cos\alpha \quad \Rightarrow h_c = \frac{4T\cos\alpha}{d\,\gamma_w} \qquad (2.30)$$

ku **T**= *tensioni sipërfaqësor (forca /gjatësia)*

α = *këndi i kontaktit*

d = *diametri i tubit kapilar,* γ_w = *pesha njësi e ujit .*

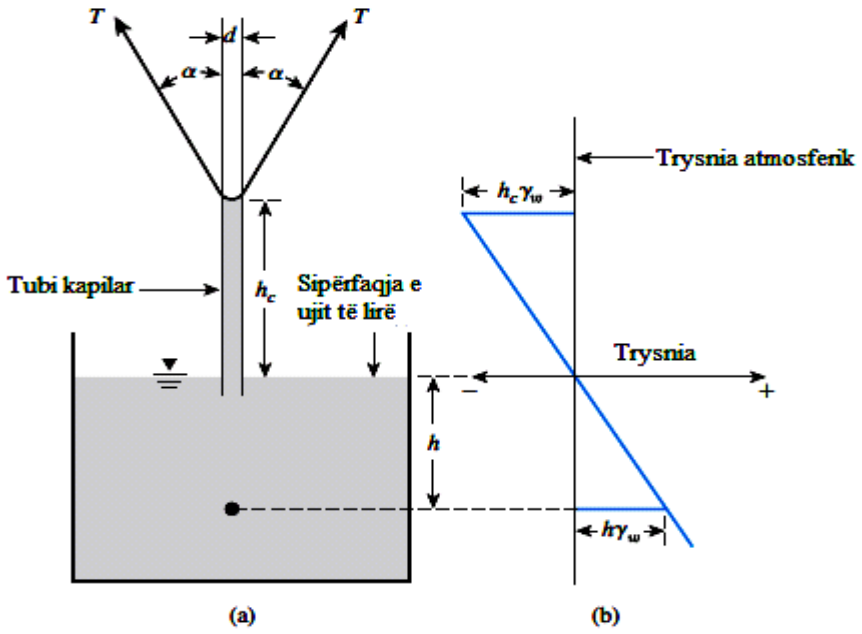

Figura 2.13 (a) ***ngjitja e ujit në tubin kapilar ; (b) trysnia ne lartësi te ngjitjes ne tubin kapilar (trysnia atmosferike merret si referente)***

ndryshueshme dhe si rrjedhojë kemi ngjitje kapilare jouniforme . Hazen (1930) ka jap formulën për përafrimin e lartësisë te ngjitjes kapilare në formen që pason :

$$h\ (mm) = \frac{C}{e\ D_{10}} \qquad (2.31)$$

ku : D_{10} =përmasa efektive e grimcave (mm)

e=koeficienti i porozitetit

C = një konstant e cila varron nga 10 deri në 50 mm^2.

Marrëdhënia e përgjithshme ndërmjet sforcimit total ,sforcimit efektiv dhe trysnisë se ujit ne pore u dha në Ek.(2.29) si më poshtë :

$$\sigma = \sigma' + u$$

Trysnia e ujit në pore u në pikën ne shtresen e dheut plotesisht të ngopur me uji me ngjitje

kapilare është e barabarte me - γ_w h (h= lartësia e marr në konsiderim dhe e matur nga niveli ujërave nëntokësore) me trysninë atmosferike te pranuar si pike referente .Në qoftë se ngopja e pjesërishme shkaktohet nga veprimi kapilar ,ajo mund te përafrohet si :

$$u = -\left(\frac{S}{100}\right) \gamma_w h \qquad (2.32)$$

Kapitulli i Tretë

MATJA E KOEFICIENTIT TË UJIPËRSHKRUESHMËRISË SË DHERAVE NË LABORATOR DHE NË TERREN

3.1 Hyrje

Rrjedhja e ujit nëpër dhera,që quhet filtrim,ndodh kur ekziston një diferencë në nivelin e ujerave nëntokësore (energjisë)në dy anët e një strukture siç është një digë ose një mur mbrojtës me palankola siç tregohet në Figurën 4.1. ana(krahu)me nivel uji më të lartë quhet *kundërrymë (downstream)* .Rrjedhja e ujit nëpër tokë nën digë nga zona me potencial me të lartë tek zona me potencial me të ultë bëhet sipas ekuacionit të Bernoulli-it. Shpejtësia e rrjedhjes përcaktohet me anë të ekuacionit të Darcy-it,i cili kërkon njohjen e koeficientit të përshkueshmërisë. Shpeshherë është e nevojshme të llogaritet sasia e filtrimit (dmth. nëpër një digë prej dheu,nën një digë prej betoni,ose për rreth një muri palankolash)dhe nevojitet një vlerësim i mirë i koeficientit të përshkueshmërisë së dherave.

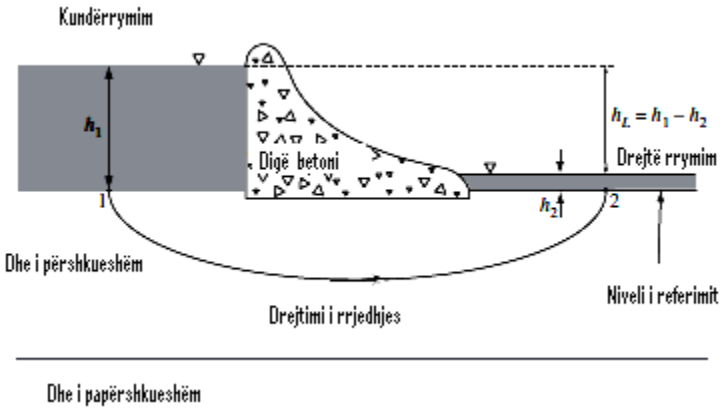

Figura 3.1. Filtrimi nëpër mjedisin poroz

Koeficienti i përshkueshmërisë k është një parametër i dheut i cili varet nga madhësia mesatare e poreve në dhera dhe lidhet me shpërndarjen e madhësive të grimcave ,formën e grimcave dhe strukturën e dheut. Përshkueshmëria ndryshon shumë varësisht nga tipi i dheut. Raporti i përshkueshmërisë të një rëre tipike ndaj një argjile tipike mund të jetë i rendit prej 10^{10}. Prania e fraksionit të vogël të materialit të imët në një dhe kokrriz madh mund të çoj deri në zvogëlim të ndjeshëm të përshkueshmërisë së tij.

4.2. EKUACIONI I BERNOULLI-IT

Nga mekanika e fluideve,dimë që,sipas ekuacionit të Bernoull-it,potenciali(lartësia) i përgjithshëm në një pikë në ujin në lëvizje mund të jepet me anë të shumës se potencialit të

trysnisë (*pressure head)*, të shpejtësisë (*velocity head)*, dhe lartësisë se ngritjes së fluidit (*Elevation head)*, ose:

$$h=\frac{u}{\gamma_w}+\frac{v^2}{2g}+z \qquad (3.1)$$

Pressure Head — Velocity head — elevation head

ku:

h=*lartësia e përgjithshme*

u= *trysnia,presioni,ngjeshja,*

v= *shpejtësia,*

g= *përshpejtimi për shkak të gravitetit*

γ_w= *pesha vëllimore e ujit.*

Vemi re se lartësia e vendndodhjes(gjeodezike) (*the elevation head*), z, është distanca vertikale e një pike të caktuar mbi ose nën një plan referent. Trysnia hidrostatike (potenciali nga trysnia e ujit) (*The pressure head*) është trysnia nga shtylla e ujit u, në atë pikë e pjesëtuar me peshën vëllimore të ujit, γ_w.

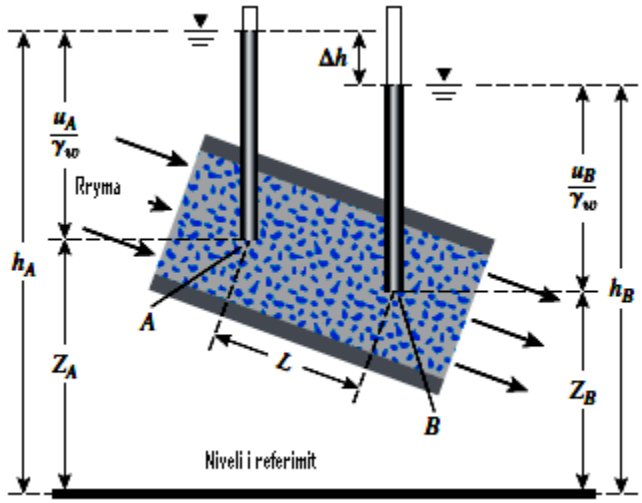

Figura 3.2. Potenciali (lartësia)i trysnisë,i lartësisë së ngritjes së fluidit dhe i përgjithshëm për rrjedhjen e ujit (rrymën e ujit)nëpër tokë(dhera).

Në qoftë së Ekuacioni i Bernulit zbatohet në rrjedhjen e ujit nëpër mjedis dherash poroze,termi që përmban potencialin e shpejtësisë mund të neglizhohet sepse shpejtësia e filtrimit është e vogël dhe lartësia e përgjithshme në cilëndo pikë në mënyrë adekuate mund të përfaqësohet nga shprehja:

$$h=\frac{u}{\gamma_w}+z \qquad (3.2)$$

Figura 3.2 tregon lidhjen ndërmjet **potencialt të trysnisë,lartësisë gjeodete** dhe **potencialit të përgjithshëm** për rrjedhjen e ujit nëpër dhera. Tubacionet (stadpipes) e hapura të quajtura piezometra *(piezometers)* instalohen në pikat A dhe B .Nivelet deri në të cilët ngritët uji në tubat e piezometrit (*piezoteres tubes)* të vendosur ne pikat A dhe B njihen si nivele (lartësi)piezometrike të pikave përkatëse A dhe B. Lartësia apo potenciali i trysnisë në një pikë është lartësia e shtyllës vertikale të ujit në piezometrin e instaluar në atë pikë.

Rënia e potencialit ndërmjet dy pikave A dhe B ,mund të jepet me shprehjen:

$$\Delta h=h_A-h_B=\left(\frac{u_A}{\gamma_w}+z_A\right)-\left(\frac{u_B}{\gamma_w}+z_B\right) \qquad (3.3)$$

Rënia e potencialit , Δh, mund të shprehet në formë papërmasore si:

$$i=\frac{\Delta h}{L} \qquad (3.4)$$

ku: i = gradienti hidraulik,

L= distanca ndërmjet pikave A dhe B dmth. Gjatësia e rrjedhjes (rrymës së ujit) në të cilën ka ndodhur rënia e potencialit.

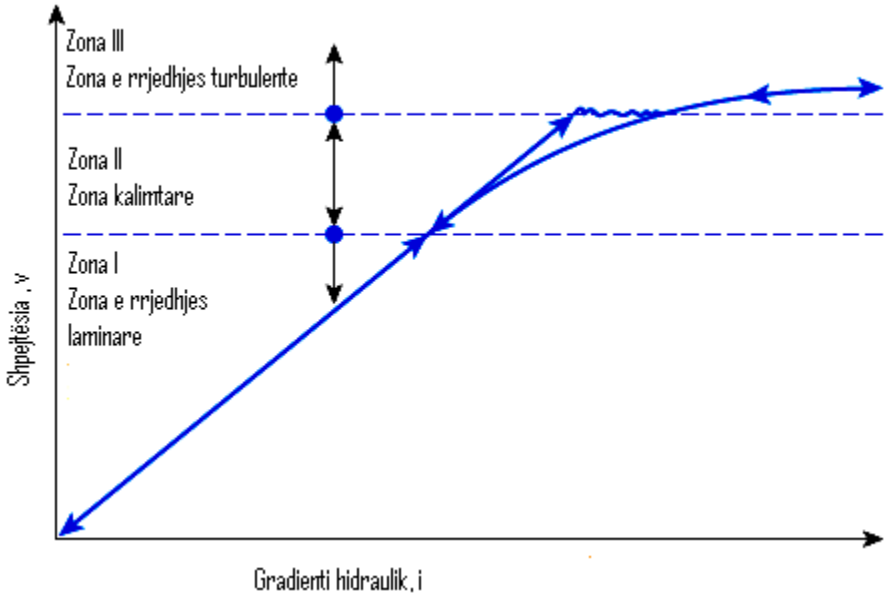

Figura 3.3. Natyra e ndryshimit të v në vartësi të gradientit hidraulik i.

Kur gradienti hidraulik rritet në mënyrë graduale,rrymimi mbetet laminare në zonat I dhe II,kurse shpejtësia,jep një lidhje lineare me gradientin hidraulik.Në një gradient hidraulik më të lartë, rrymimi bëhet turbolent(zona III).Kur gradienti hidraulik zvogëlohet,kushtet e rrymimit laminar ekzistojnë vetëm zonën I.

Ekuacioni i Bernoulli-t për rrjedhjen e qëndrueshme të një fluidi joviskoz të papërshkueshëm,*Ekuacioni i Bernoulli-t (3.5))* llogarit potencialin e përgjithshëm hidraulik të ujit(the total head)në një pikë si shumë të tri komponenteve: *Potencialit të trysnisë (*pressure head*), potencialit të pozicionit (lartësisë së ngritjes së fluidit) (*elevation head*), dhe potencialit të shpejtësisë (lartësisë kinematike)(*velocity head*) [dmth. potenciali i përgjithshëm (*h*)=potenciali i trysnisë (h_p)+ potenciali i pozicionit (*h_e*) + potenciali i shpejtësisë (*h_v*)]:*

$$H=h_p+h_e+h_v=\frac{u}{\gamma_w}+z+\frac{v^2}{2\cdot g} \qquad (3.5)$$

ku: *u është trysnia e fluidit, v shpejtësia në një pikë brenda fluidit dhe g përshpejtimi gravitacional i rëndesës.*

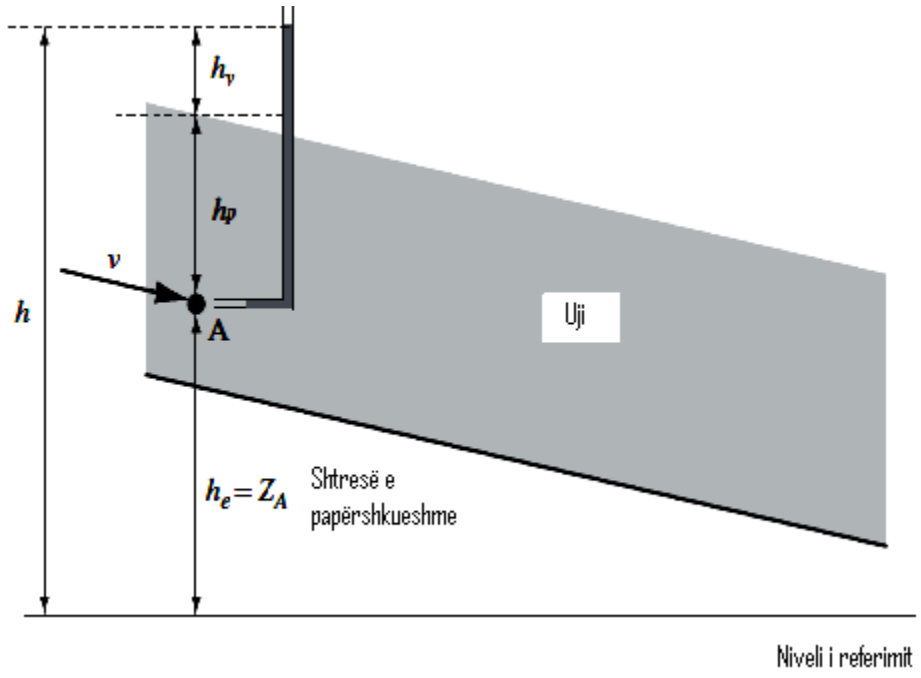

Figura 3.4 Rryma në gjendje të qëndrueshme e një fluidi jo viskoz të papërshkueshëm

Potenciali hidraulik i përgjithshëm dhe tre komponentet e tij,kanë njësinë e gjatësisë.Potenciali nga pozicioni (ose i lartësisë) matet duke marrë parasysh një plan referimi të zgjedhur në mënyrë të përzgjedhur,në mënyrë arbitrare sikurse tregohet në Figurën 3.4. Duhet theksuar se plani i zgjedhur i referimit duhet të jetë një vijë horizontale. Në qoftë se një pikë siç është pika A në Figurën 3.4 është mbi planin referent,potenciali gjeodezik (nga pozicioni i lartësisë në lidhje me

planin referent të përzgjedhur)është negativ. Në pikën A,trysnia e fluidit (ujit)u është trysnia e cila ndjehet nga një vrojtues (zhytës)i vnedosur në atë pikë.Potenciali i trysnisë (trysnia hidrostatike) në pikën A jepet si $h_p=\frac{u}{\gamma_w}$ .Potenciali i shkaktuar nga shpejtësia e ujit (potenciali kinematik) jepet si: $h_v=\frac{v^2}{2\cdot g}$ .Në qoftëse ne vendosim majen e një tubacioni(piezometri)në pikën A,uji do të ngritet brenda atij deri në lartësinë e barabartë me shumën e potencialit të trysnisë (trysnisë hidrostatike)dhe potencialit të shpejtësisë, siç tregohet në Figurën 3.4.

Rrjedhja e ujit nëpër tokë (dhera)zakonisht ka shpejtësi të rrjedhjes shumë të vogël. Kjo do të thotë se potenciali i shpejtësisë në Ek (3.5)mund të neglizhohet. Kështu,Ekuacioni i Bernoulli-t për rrjedhjen(rrymimin)nëpër dhera zvogëlohet deri:

$$h=h_p+h_e=\frac{u}{\gamma_w} + z \qquad (3.6)$$

Në këtë ekuacion potenciali i përgjithshëm h në një pikë të dhënë paraqet energjinë që posedohet (e cila zotërohet)nga fluidi në atë pikë.Kurse duke rrymuar nëpër tokë nga pika me potencial të përgjithshëm më të lartë (h_1)në pikën me potencial më të ulët (h_2), uji e humb një pjesë të energjisë (nga energjia e tij) , për shkak të rezistencës(fërkimit) të dheut .Kjo humbje e energjisë,që shprehet si humbje e potencialit të përgjithshëm h_L,është diferenca në nivelet e ujit ndërmjet drejtimit kundër rrymës së ujit (upstream) dhe sipas drejtimit të rrymës (downstream) ($h_L=h_1-h_2$) ,sikurse tregohet në Figurën 3.1(subskripti L nga anglishtja *loss=humbje*).Në mekanikën e dherave trysnia e fluidit u quhet trysni e ujit në pore ose trysni porore. Trysnia porore në cilëndo pikë në regjionin e rrjedhjes (rrymës)jepet nga shprehja:

$$u = h_p\cdot\gamma_w \qquad (3.7)$$

Problemet të cilat kanë të bëjnë me rrjedhjen e fluideve në përgjithësi mund të ndahen në dy klasë kryesore:

Ato në të cilat rrjedhja është laminare,

Ato në të cilat rrjedhja është turbulente.

Ekziston një shpejtësi e caktuar , v_c, nën të cilën për një diametër të dhënë të një tubi të drejtë dhe për një fluid të dhënë në një temperaturë të veçantë,rrjedhja gjithnjë do të mbetet laminare. Gjithashtu ekziston një shpejtësi më e lartë ,v_T ,mbi të cilën rrjedhja gjithnjë do të jetë turbulente. Kufiri i poshtëm i shpejtësisë ,v_T , të rrjedhjes turbulente është sa rreth 6.5 herë kufiri i sipërm i shpejtësisë v_c ,të rrjedhjes laminare sikurse tregohet në Figurën 3.5. Kufiri i sipërm i shpejtësisë i rrjedhjes laminare quhet shpejtësia kritike më e ulët. Ligjet fondamentale të cilat përcaktojnë gjendjen që ekziston për cilindo rast të dhënë janë përcaktuar nga Reynolds(1883).

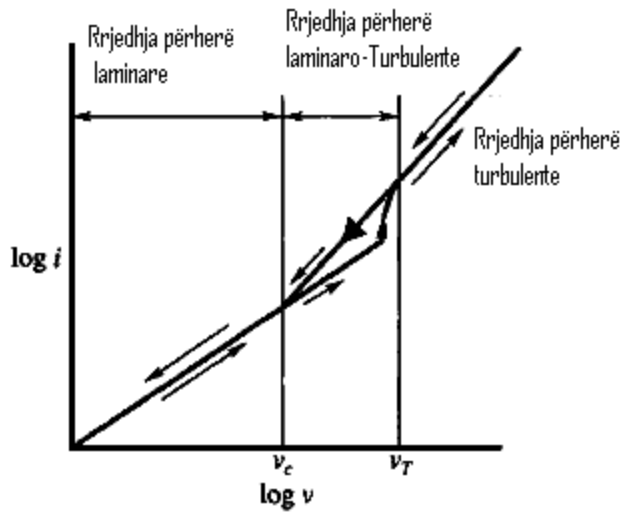

Figura 3.5 Lidhja ndërmjet shpejtësive të rrjedhjes dhe gradientit hidraulik për rrjedhjen e lëngjeve në një tubë

Ai ka gjetur se shpejtësia kritike më e vogël është e përpjesshme në mënyrë të zhdrejtë me diametrin e tubit dhe japi shprehjen e përgjithshme të më poshtme të zbatueshme për çfarëdo fluidi dhe për çfarëdo sistemi të njësive:

$$N_R=\frac{v_c \cdot D \cdot \gamma_0}{\mu \cdot g}=2000$$

ku: N_R= Numri i Reynoldsit merret po aq sa 2000 e vlerës maksimale për shkak që rrjedhja të mbetet gjithmonë laminare,

D= diametri i tubit,

v_c = shpejtësia kritike nën të cilën rrjedhja gjithnjë mbetet laminare,

γ_o = pesha vëllimore e fluidit, dhe

g = përshpejtimi për shkak të rëndesës

Diferenca kryesore midis rrjedhjes laminare dhe rrjedhjes turbulente është që në rastin e parë shpejtësia është përpjesëtimore me fuqinë e parë të gradientit hidraulik, i .Sipas Ligjit të Hagen-Poiseuill-ut rrjedhja nëpër një tub kapilar mund të shprehet si më poshtë:

$$q = \frac{\gamma_w \cdot R^2 \cdot a \cdot i}{8 \cdot \mu} \qquad (3.9)a$$

$$v = \frac{q}{a} = \frac{\gamma_w \cdot R^2 \cdot\cdot i}{8 \cdot \mu} \qquad (3,9)b$$

ku:

R = *rrezja e një tubi kapilar me sipërfaqe të prerjes tërthore a ,*

q = *zbrazja e ujit nëpër tub;*

v = *shpejtësia mesatare nëpër tub, dhe*

μ = *koeficienti i viskozitetit.*

Shembulli 3.1: *Shqyrtojmë gjendjen e rrjedhjes njëpërmasore të treguar në Figurën 3.6. Të përcaktohet gradienti hidraulik ndërmjet pikave A dhe B dhe drejtimi i rrymës (rrjedhjes)duke ditur që trysnitë porore në pikat A dhe B janë 2,943 dhe 11,772kPa, përkatësisht. Duke pasur parasysh planin referent të treguar në figurë,potencialet e pozicionit të pikave A dhe B janë 0,5 dhe 0,2m, përkatësisht.*

Zgjidhje: janë dhënë:

u_a=2,943 kPa, u_B=11,772kPa, Z_A=0,5m dhe Z_B= 0,2m.

Uji do të rrjedh nga A dhe B vetëm në qoftëse h_A është më i madh se h_B. Duke aplikuar Ekuacionin (3.6) në pikën A merret :

$$h_A=h_p+h_e=\frac{u_A}{\gamma_w}+z_A=\frac{2{,}943kPa}{9{,}81kN/m^3}+0{,}5m=0{,}8m$$

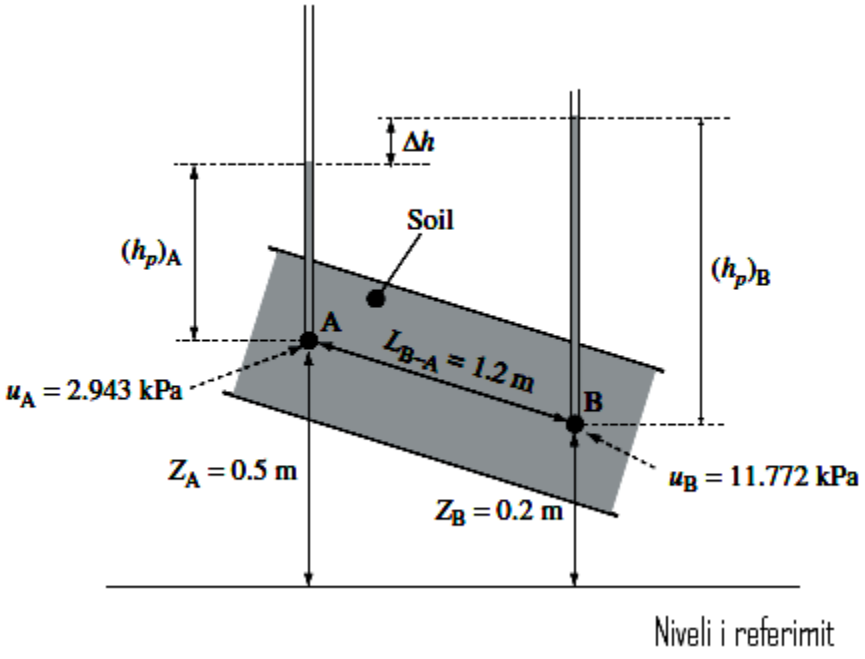

Figura 3.6 Filtrimi një-përmasor

Në pikën B,

$$h_B=h_p+h_e=\frac{u_B}{\gamma_w}+z_B=\frac{11,772\ kPa}{9,81kN/m^3}+0,2m=1,4m$$

Duke qenë se h_B është më e madhe se h_A,uji do të rrjedh nga B në A(përpjetë shpatit apo në ngjitje të shpatit).Gradienti hidraulik nga B deri në A është:

$$i_{B\text{-}A}=\frac{h_B-h_A}{L_{A-B}}=\frac{1,4m-0,8m}{1,2m}=0,5.$$

2.7 Përcaktimi laboratorik i Ujipërshkueshmërisë

Metodat të cilat janë në përdorim zakonisht për përcaktimin e koeficientit të përshkueshmërisë k mund të klasifikohen në *metoda laboratorike* dhe *metodat me matje eksperimentale në terren.*

Metodat laboratorike*:1.Metodat e përshkueshmërisëme trysni konstante*

2.Metodat e përshkueshmërisë me rënie të trysnisë

Metodat e terrenit *:* 1.*Provat me pompim* (me nxjerrjen e ujit me pompa)

2.*Provat me shpim* (sondashpimi)

Metodat indirekte : *Me formula emiprike* (marrëdhënie empirike) .

Tipat e ndryshme të aparateve të cilat përdoren në laboratoriumet e mekanikës se dherave për përcaktimin e përshkueshmërisë të dherave quhen permeametera. Aparati që përdoret për provën e përshkueshmërisë me trysni konstante quhet permeameter me trysni konstante kurse ai që përdoret ai që përdoret për provën me rënie trysnie është permeameter me rënie trysnie. Mostrat e dheut që përdoren në metodat laboratorike janë ose me strukturë të paprishur. Meqenëse nuk është e mundshme të nxirren mostra me strukturë të paprishur nga materialet jokoherente (të palidhura), provat laboratorike në materialet jokoherente gjithnjë kryhen në mostra të cilat ribëhen (kanë strukturë të rivendosur) me dendësi të njëjtë si ato ekzistojnë në natyrë. Rezultatet e provave nga dherat e tilla të rikostruktuara shpeshherë janë mashtruese meqë është jopraktike që të nxirren mostra përfaqësuese dhe të vendosen ato në aparatin provues(pajisjen për bërjen e eksperimenteve) që të jep saktësisht dendësia dhe renditja strukturore e njëjtë e grimcave. Të provuarit e dherave në vend preferohet zakonisht në rastet ku nuk është e mundur të merren mostra me strukturë të paprishur. Meqenëse kjo metodë është mjaftë e kushtueshme,ajo zakonisht kryhet në lidhje me projektet e rëndësishme siç janë studimi i themeleve për digat dhe urat e mëdha apo vend ndërtimet e themeleve të ndërtesave ku shkaktohet ulja e nivelit të ujërave nëntokësore. Në vend të provave me pompim,provave me shpim siç propozohet nga

zyra(Agjensia) për Reklamin i SHBA-ve janë deri diku të pakushtueshme (jo të shtrenjta) meqë këto prova eliminojnë përdorimin e puseve për vrojtim (puset provuese).

Lidhjet (formulat)empirike janë zhvilluar për të lidhur përbërjen granulometrike dhe koeficientin e porozitetit me përshkueshmërinë hidraulike dhe do të diskutohet më vonë.

Për të përcaktuar përcjellëshmërinë hidraulike në dhera (apo shkëmbinj)përdoren dy prova standarde laboratorike:**Prova me trysni konstante** dhe **prova me rënie të trysnisë**. Një përshkrim i shkurtër për secilën prej tyre do jepet në vazhdim.

3.2.1 Prova me Trysni Konstante

Aparati tipik për realizimin e provës të filtrueshmërisë me trysni konstante është treguar në Figurën 3.7. Në këtë tip të pajisjes laboratorike,furnizuesi me ujë në hyrje përshtatet në mënyrë të tillë që diferenca në lartësi midis hyrjes dhe daljes të mbetet konstante gjatë periudhës se realizimit të provës. Mostra e dheut e vendosur brenda cilindrit ndërmjet dy gurëve porozë i nënshtrohet kësaj diference presioni konstante,,h".Pasi të sigurohet prurja konstante, uji grumbullohet në enën e graduar për kohëzgjatje të ditur. Matet sasia e ujit Q i cili grumbullohet në enën e graduar dhe koha që ka kaluar „t" për grumbullimin e tij.

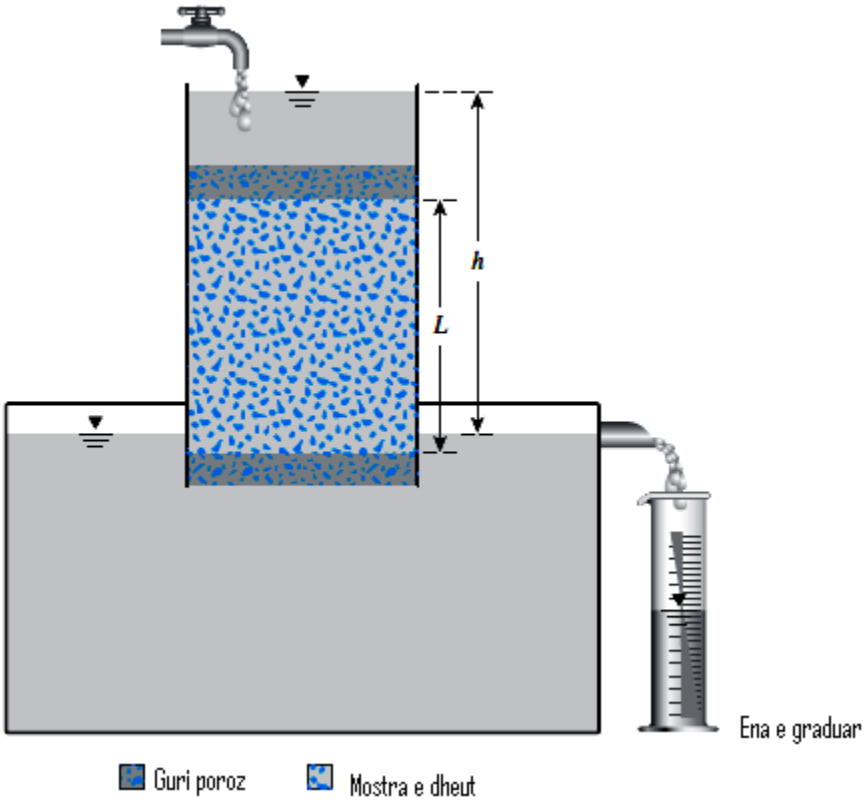

Figura 3.7 Prova e filtrueshmërisë me trysni konstante

Rruga që përshkon uji është e barabartë me gjatësinë e kampionit(mostrës së dheut)L kurse gradienti që shkakton filtrimin (lëvizjen)e ujit nëpër poret e mostrës është i=$\frac{h}{L}$.

Vëllimi i përgjithshëm i ujit të grumbulluar mund të shprehet si:

$$Q=A\cdot v\cdot t=A\cdot(k\cdot i)\cdot t \qquad (3.10)$$

Ku janë:

Q=*vëllimi i ujit të grumbulluar*

A=*sipërfaqja e prerjes tërthore të mostrës së dheut*

t= *kohëzgjatja për grumbullimin e ujit*

Dhe duke qenë se:

$$i = \frac{h}{L} \qquad (3.11)$$

ku L = *gjatësia e mostrës.*,

Ekuacioni (3.11)mund të zëvendësohet në Ekuacionin (3.10)që rezulton me ekuacionin :

$$Q=A\left(k\cdot\frac{h}{L}\right)\cdot t \qquad (3.12)$$

apo :

$$k = \frac{Q\cdot L}{A\cdot h\cdot t} \qquad (3.13)$$

3.2.2 Prova me rënie të trysnisë (me ndryshim niveli).

Një pajisje tipike e provës të filtrueshmërisë me rënie të trysnisë është treguar në Figurën 3.8. Uji nga një tub rrjedh nëpër dhe .Mostra thahet,futet në vakum për të zbrazur (boshatisur) gjithë poret nga gazi,ngopet me ujë dhe vendoset i orientuar në aparat. Në të dy skajet e saj vendosen gurë porozë. Kur kemi të bëjmë me dhera të imët(pak të filtrueshëm),përmasat e poreve janë shumë të vogla ndërkaq një pjesë e ujit qëndron i lidhur për kokrrizave ,andaj është e nevojshme të ushtrohet trysni të larta dhe për kohën (çastin) t=0 regjistrohet (matet), dhe lejohet uji që të rrjedh nëpër mostër të dheut ashtu që të jetë diferenca përfundimtare e trysnisë në çastin $t=t_2$ është h_2.

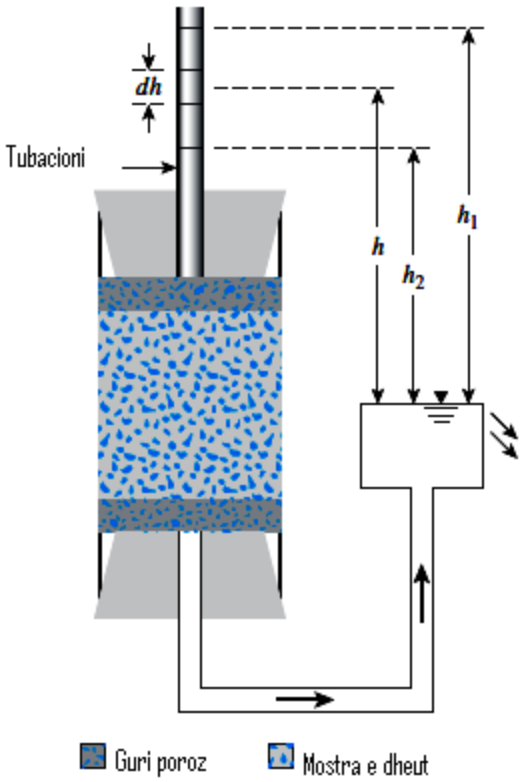

Figura 3.8 Prova e filtrimit me rënie trysnie

Prurja e ujit nëpër mostër në çfarëdo çasti kohor t mund të jepet nga:

$$q = k \cdot \frac{h}{L} \cdot A = a \cdot \frac{d \cdot h}{d \cdot t} \qquad (3.14)$$

ku: q= prurja

a = sipërfaqja e prerjes tërthore të tubit

A= sipërfaqja e prerjes tërthore të mostrës së dheut.

Risistemimi (rindreqja)e Ekuacionit (3.14) jep : (*mund të shkruhet akoma)*

$$Dt = \frac{a \cdot L}{A \cdot k}\left(-\frac{d \cdot h}{h}\right) \qquad (3.15)$$

Integrimi i anës se majtë të ekuacionit (3.15)me kufijtë e kohës nga 0 deri në t dhe anës së djathtë me kufijtë e diferencës së trysnisë nga h_1 deri në h_2 jep:

$$t = \frac{a \cdot L}{A \cdot k} \cdot \log_e \frac{h_1}{h_2}$$

apo:

$$k=2{,}303\,\frac{a\cdot L}{A\cdot t}\cdot\log_{10}\frac{h_1}{h_2} \qquad (3.16)$$

Ekuacioni (3.16) jep koeficientin e filtrimit

Shembulli 3.2. *Në provën e filtrueshmërisë në laborator me trysni konstante,mostra cilindrike me diametër 100 mm dhe lartësi 150 mm i nënshtrohet një rrjedhje në ngjitje (lëvizje nga poshtë lartë)me vëllim. Rënia e trysnisë në tërë gjatësinë e mostrës matet ashtu që të jetë 360 mm. Të llogaritet koeficienti i filtrueshmërisë (përshkueshmërisë) në* $\frac{m}{s}$.

Zgjidhje:

Gradienti hidraulik brenda gjatësisë L është parametër jopërmasor dhe përcaktohet si masa e ndryshimit të trysnisë së përgjithshme (apo rënies së trysnisë)Δh gjatë kalimit të gjatësisë L:

$$i=\frac{\Delta h}{L} \qquad \text{(Ek. 1)}$$

Nëqoftëse supozojmë se rrjedhja i bindet ligjit të Darcy-it:

$$v=k\cdot i \qquad \text{(Ek. 2)}$$

ku v është shpejtësia kurse k koeficienti i përshkueshmërisë së materialit .Sasia e ujit që rrjedh në njësinë e kohës nëpër n sipërfaqe A ose prurja e ujit është:

$$q=\frac{Q}{t}=A\cdot v=A\cdot k\cdot i=A\cdot k\cdot\frac{\Delta h}{L} \qquad \text{(Ek.3)}$$

Duke shfrytëzuar Ekuacioni (Ek.3) për provën e filtrueshmërisë me trysni konstante merret:

$$k=\frac{Q\cdot l}{\Delta h\cdot A\cdot t}=\frac{q\cdot L}{\Delta h\cdot A} \qquad \text{(Ek.4)}$$

$$k=\frac{Q\cdot l}{\Delta h\cdot A\cdot t}=\frac{540{,}0\cdot 10^{-6}\cdot 150{,}0\cdot 10^{-3}}{360\cdot 10^{-3}\left(100{,}0^2\cdot\frac{\pi}{4}\right)\cdot 10^{-6}\cdot 1{,}0\cdot 60}$$

$$k=4{,}8\cdot 10^{-4}\,\frac{m}{s}$$

Shembulli 3.3 *Figura 3.9 paraqet tri shtresa të dheut në një tub i cili ka prerje tërthore 100mm x 100mm. Uji dërgohet për të mbajtur ndryshim të trysnisë konstante prej 300mm kryq shtrirjes (nëpër) mostrës. Përshkueshmëritë hidraulike të tokave (dherave) në drejtim të rrjedhjes nëpër ato janë si në vazhdim:*

Tabela 3.1.

Toka (dheu)	$k\frac{cm}{sec}$

A	10^{-2}
B	$3\cdot10^{-3}$
C	$4{,}9\cdot10^{-4}$

Të gjendet madhësia e dërgimit të ujit (furnizimit me ujë)në $\frac{cm^3}{orë}$

Zgjidhja:

Sipas Ekuacionit $k_{eq}=\frac{H}{\frac{H_1}{k_1}+\frac{H_2}{k_2}+\frac{H_3}{k_3}+\cdots+\frac{Hn}{kn}}$,i cili jep koeficientin e përshkueshmërisë për disa shtresa të ndryshme kemi:

$$k_{V[eq]} = \frac{H}{\left(\frac{H_1}{k_1}\right)+\left(\frac{H_2}{k_2}\right)+\left(\frac{H_3}{k_3}\right)} = \frac{2+3+4}{\left(\frac{150}{10^{-2}}\right)+\left(\frac{150}{3\cdot10^{-3}}\right)+\left(\frac{150}{4{,}9\cdot10^{-4}}\right)} = 0{,}001213\ \frac{cm}{sec}$$

$$q=k_{v[eq]}\cdot i\cdot A=(0{,}001213)\cdot\left(\frac{300}{450}\right)\cdot\left(\frac{100}{10}\cdot\frac{100}{10}\right) = 0{,}0809\ \frac{cm^3}{orë}$$

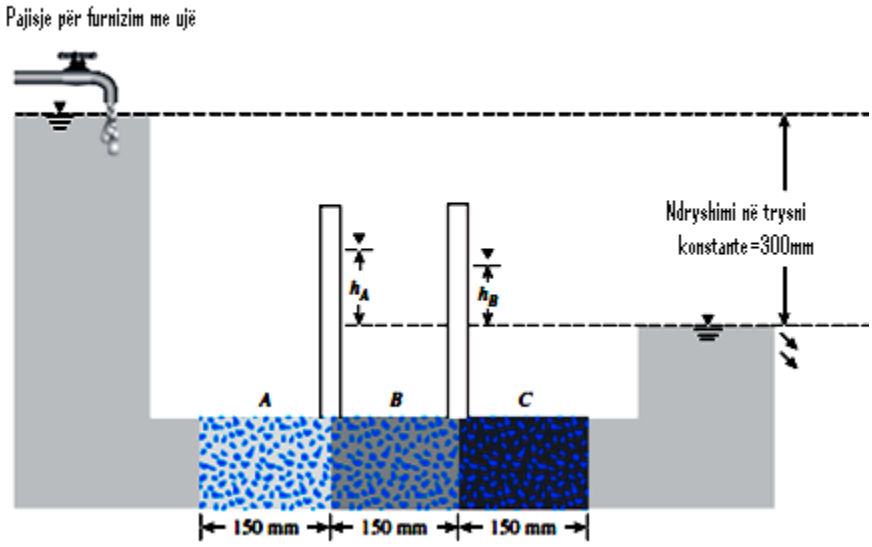

Figura 3.9 Tri shtresa të tokës në një tub 100mm x 100mm në prerje tërthore

3.3 Prova e Përshkueshmërisë në Terren me anë të Pompimit nga Puset

Në terren,përcjellshmëria hidraulike mesatare të një depozimtimi dherash në drejtim të rrjedhjes mund të përcaktohet me anë të provave të kryera me anë të pompimit nga puset. Figura 3.10 tregon një rast ku shtresa e sipërme e përshkueshme, përshkueshmëria hidraulike e të cilës duhet të përcaktohet,është e mbivendosur një shtresë e papërshkueshme. Gjatë provës uji nxirret jashtë me një *shpejtësi konstante* nga një *pus prove* i cili ka një garniturë të shpuar .Disa *puse vrojtuese* në *distancë radiale* të ndryshme hapen për rreth pusit të provës (pusit kërkimor).Pas fillimit të pompimit bëhen vrojtime të vazhdueshme të nivelit të ujit në pusin provues(kërkimor) dhe puset vrojtuese,derisa të arrihet një *gjendje stacionare* (e qëndrueshme).Gjendja stacionare arrihet kur niveli i ujit në pusin kërkimor (provës)dhe puset vrojtuese mbetet konstant. Shprehja për prurjen e ujërave nëntokësore në pus e cila është e barabartë me madhësinë e prurjes nga shkarkimi (harxhimin e ujit nga shkarkimi) për shkak të pompimit të ujit,mund të shkruhet si:

$$q= k\left(\frac{dh}{dr}\right)\cdot 2\pi\ r\ h \qquad (3.17)$$

apo:

$$\int_{r_2}^{r_1}\frac{dr}{r}=\left(\frac{2\pi k}{q}\right)\int_{h_2}^{h_1} hdh$$

Kështu:

$$k=\frac{2{,}303\cdot q\cdot log_{10}\left(\frac{r_1}{r_2}\right)}{\pi\left(h_1^2-h_2^2\right)} \qquad (3.18)$$

Nga matjet në terren,në qoftë se q,r_1,r_2,h_1 *dhe* h_2 janë të ditur,përcjellshmëria hidraulike mund të llogaritet nga marrëdhënia e thjeshtë e prezantuar në Ekuacionin (3.18).Ky ekuacion gjithashtu mund të shkruhet si:

$$k\left(\frac{cm}{sec}\right)=\frac{2{,}303\cdot q\cdot log_{10}\left(\frac{r_1}{r_2}\right)}{14{,}7\cdot\pi\left(h_1^2-h_2^2\right)} \qquad (3.19)$$

ku q është në gpm dhe h_1 dhe h_2 janë në *ft*.

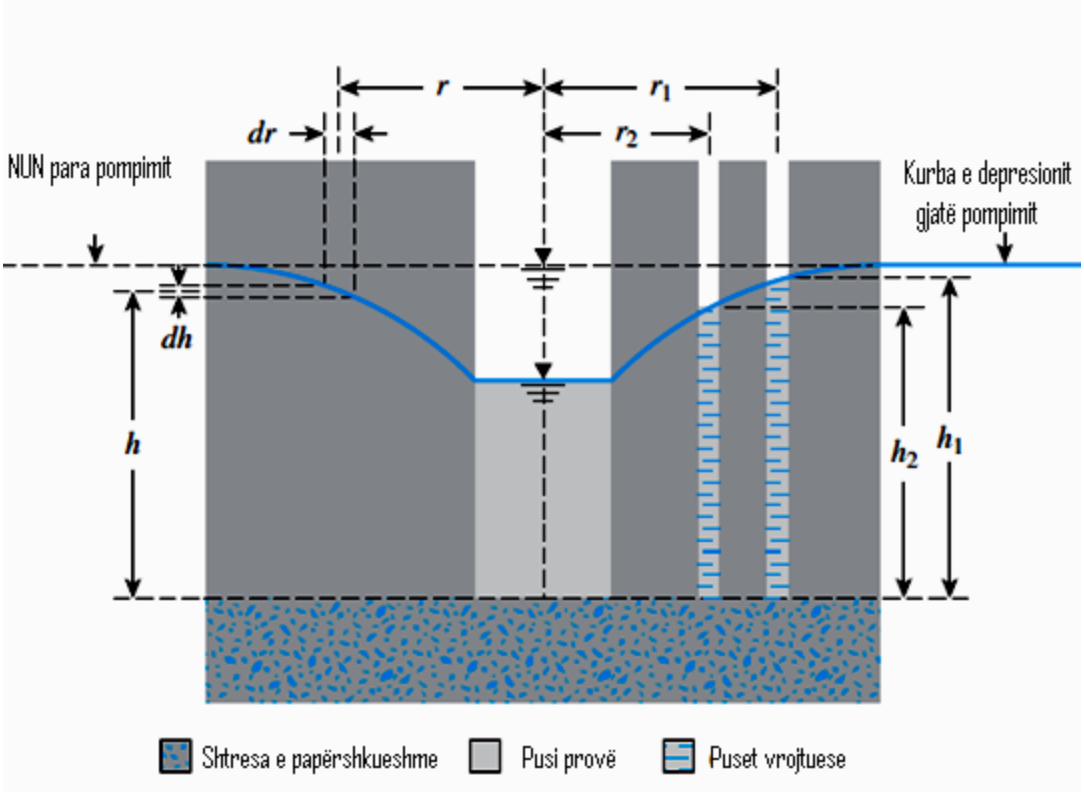

Figura 3.10 Prova me anë të pompimit të ujit (heqjes së ujit me pompa)nga një pus në shtresën e lirë(horizontin ujëmbajtës të lirë)e përshkueshme e shtrirë mbi një shtresë të papërshkueshme

Prova me nxjerrje të ujit me pompa nga një pus në shtresën ujëmbajtëse të lirë.

Përcjellshmëria hidraulike mesatare për një shtresë ujë mbajtëse të kufizuar gjithashtu mund të përcaktohet duke kryer një provë pompimi të ujit nga një pus me një garniturë të shpuar i cili përshkon në tërë thellësinë e shtresës ujëmbajtëse dhe duke vrojtuar nivelin piezometrik në *disa* puse vrojtuese në distanca radiale të ndryshme (Figura 3.11).Nxjerrja e ujit me pompa me prurje të njëtrajtshme *q* derisa të arrihet gjendja e qëndrueshme.

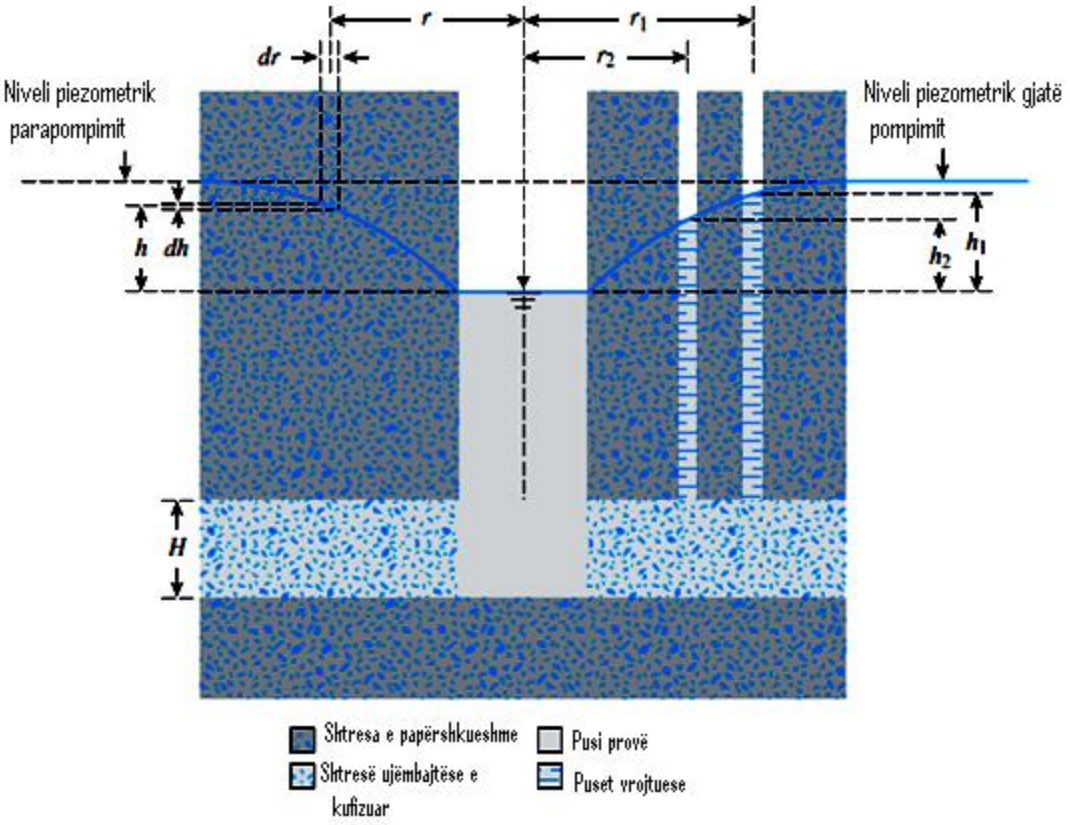

Figura 3.11 Prova me pompim nga pusi që depërton në tërë thellësinë në një shtresë ujëmbajtëse jo të lirë(kufizuar).

Duke qenë se uji mund të depërton në pusin kërkimor vetëm nga shtresa ujëmbajtëse me trashësinë H ,gjendja stacionare e shkarkimit është:

$$q= k\left(\frac{dh}{dr}\right)\cdot 2\pi\ r\ H \qquad (3.20)$$

apo:

$$\int_{r_1}^{r_1}\frac{dr}{r}=\int_{h_1}^{h_1}\frac{2\pi\cdot k\cdot h}{q}dh$$

Kjo jep përcjellshmërinë hidraulike në drejtim të rrjedhjes (rrymës) si:

$$k=\frac{q\cdot log_{10}\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2{,}727\cdot H(h_1-h_2)} \qquad (3.21)$$

Shembulli 3.3. *Një provë me pompim kryhet për përcaktimin e përcjellshmërisë hidraulike të dheut në vend(terren).Një pus me diametër 40cm është shpuar (sonduar) gjer në një shtresë të*

papërshkueshme. Thellësia e ujit mbi shtresën ujëmbajtëse është 8m. Rrjedhshmëria nga pusi është 4 $\frac{m^3}{min}$ *në rënie të qëndrueshme (të stabilizuar)prej 4,5m.Të përcaktohet përcjellëshmëria hidraulike e dheut në* $\frac{m}{ditë}$ *në qoftëse rrezja e vrojtuar e ndikimit është 150m.*

Zgjidhja: *Formula për përcaktimin e k është [Ekuacioni (3.21]:*

$$k = \frac{2,3q}{\pi D_o(2H - D_o)} log \frac{R_i}{r_o}$$

Prurja e rrjedhjes nëntokësore është

$$q = 4\frac{m^3}{min} = 4 \cdot 60 \cdot 24 \frac{m^3}{ditë}$$

Të dhënat tjera: $D_0 = 4,5m$ $H = 8m$, $R_i = 250m$, $r_o = 0,2m$

Duke zëvendësuar këto të dhëna në formulën sipër,kemi

$$k = \frac{2,3 \cdot 4 \cdot 60 \cdot 24}{3,14 \cdot 4,5(2 \cdot 8 - 4,5)} log \frac{150}{0,2} = 234,4 \ \frac{m}{ditë}$$

Shembull 3,4 *Një provë me pompim në terren është kryer nga një horizont ujëmbajtës të tokës ranore me trashësi 4m të kufizuar(mbyllur)ndërmjet dy shtresave të pa përshkueshme. Kur ekuilibri është arritur, 90 litra të ujit është heqë me pompë për 1 orë. Pozicioni i ujit në një pus vrojtues 3,0m është larg 2,7m nga niveli i tavanit të shtresës së papërshkueshme të horizontit ujëmbajtës. Të gjendet vlera e k e kësaj në* $\frac{m}{s}$ *(Figura 3.12)*

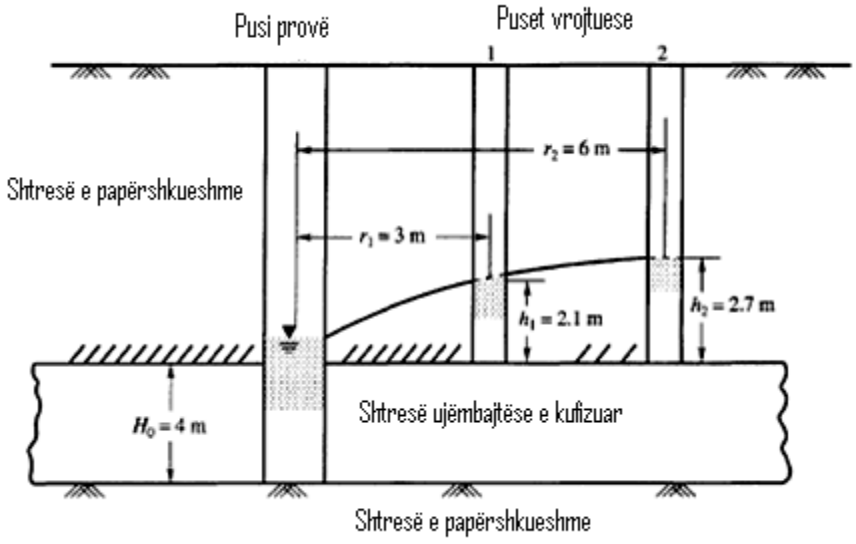

Figura 3.12 Ilustrimi grafik i Shembullit 3.4

Zgjidhja: Përdorim Ekuacioni (3.22)

$$k = \frac{2,3q}{\pi D_o(2H - D_o)} log \frac{R_i}{r_o}$$

$$q = 90 \cdot 10^3 \frac{cm^3}{orë} = 25 \cdot 10^{-6} \ \frac{m^3}{sec}$$

$$k = \frac{2,3 \cdot 25 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 3,14 \cdot 4(2,7 - 2,1)} log \frac{6}{3} \ = 1,148 \cdot 10^{-6} \ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{sec}}$$

3.5 Koncepti i Filtrimit dhe Rrjetit Hidrodinamik

Rrjedhja stacionare dypërmasore e fluidit të pangjeshëm të poreve përcaktohet me anë të ekuacionit të Laplace-it, i cili mund të nxirret bazuar në ligjin e Darcy-it dhe konceptin e vazhdueshmërisë së rrjedhjes (*flow continuity*).Le të shqyrtojmë problemin e rrjedhjes dypërmasore të treguar në Figurën 4.34 që përfshinë një varg të murit me palankola të ngulur në një dhe të papërshkuar. Muri me palankola është i papërshkueshëm dhe roli i tij është që të ndaj nivelin e lartë të ujit nga niveli më i ulët. Uji do të migroj (zhvendoset)nëpër dheun poroz nga zona me energji të lartë në zonën me energji të ulët rreth murit me palankola të ngulur. Le të pranojnë që rrjedhja ndodh vetëm në planin x-z, një supozim i pranueshëm në qoftë se vargu i murit me palankola është shumë i gjatë në drejtimin e y. Ndalimi i rrjedhjes ndodhë në drejtim të y (sipas boshtit oy).Për elementin katërkëndor të dheut me përmasat dx,dz dhe trashësi njësi (Figura 3.13),prurja në elementin në drejtimin x jepet si:

$(dq_x)_{hynë} = v_x dz \cdot 1$ (prurja e ujit në element (që hynë në element)

Prurja e ujit që del nga elementi në drejtimin x është

$(dq_x)_{del} = \left(v_x + \frac{\partial v_x}{\partial x} dx\right) dz \cdot 1$ (prurja e ujit që del nga elementi)

Shprehjet e ngjashme mund të shkruhen për drejtimin z:

$$(dq_x)_{hynë} = v_z dx \cdot 1$$

$$(dq_x)_{del} = \left(v_z + \frac{\partial v_z}{\partial x} dz\right) dx \cdot 1$$

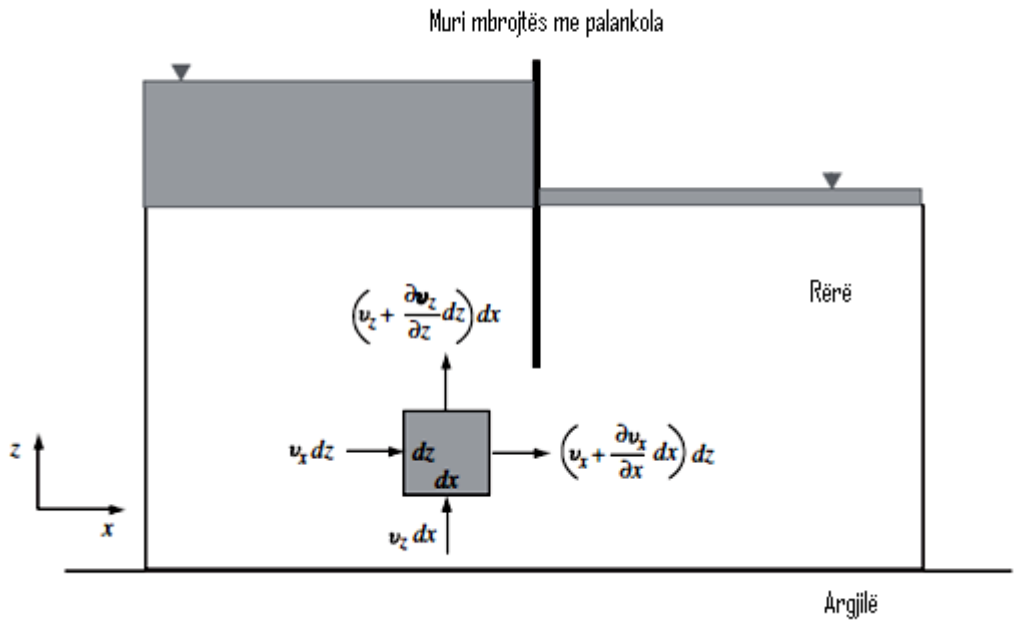

Figura 3.13 Rrjedhja stacionare dypërmasore e një fluidi të pangjeshëm të poreve

Baraspesha e rrjedhjes kërkon që:

$(dq_x)_{del}+(dq_z)_{dal}=(dq_x)_{hyr}+(dq_z)_{hyr}$

Prandaj,

$$\left(v_x+\frac{\partial v_x}{\partial x}\cdot dx\right)\cdot dz+\left(v_z+\frac{\partial v_z}{\partial z}\cdot dz\right)\cdot dx = v_x\cdot dz+v_z\cdot dx$$

Apo:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x}+\frac{\partial v_z}{\partial z}=0 \qquad (4.68)$$

Duke shfrytëzuar ligjin e Darcy-it dhe duke pranuar gjendjen izotropike në të cilën k=kx=ky ,mund të shkruhet:

$$v_x=kx\cdot i_x=k\cdot\frac{\partial h}{\partial x} \qquad (4.69)$$

dhe

$$v_z=kz\cdot i_z=k\cdot\frac{\partial h}{\partial z} \qquad (4.70)$$

Duke zëvendësuar Ek-net (3.22) dhe (3.23) në Ek-nin (3.24),merret ekuacioni i Laplace-it për gjendjen e rrjedhjes izotropike

$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$ (Ekuacioni diferencial i vazhdueshmërisë së lengut të pangjeshëm) (3.25)

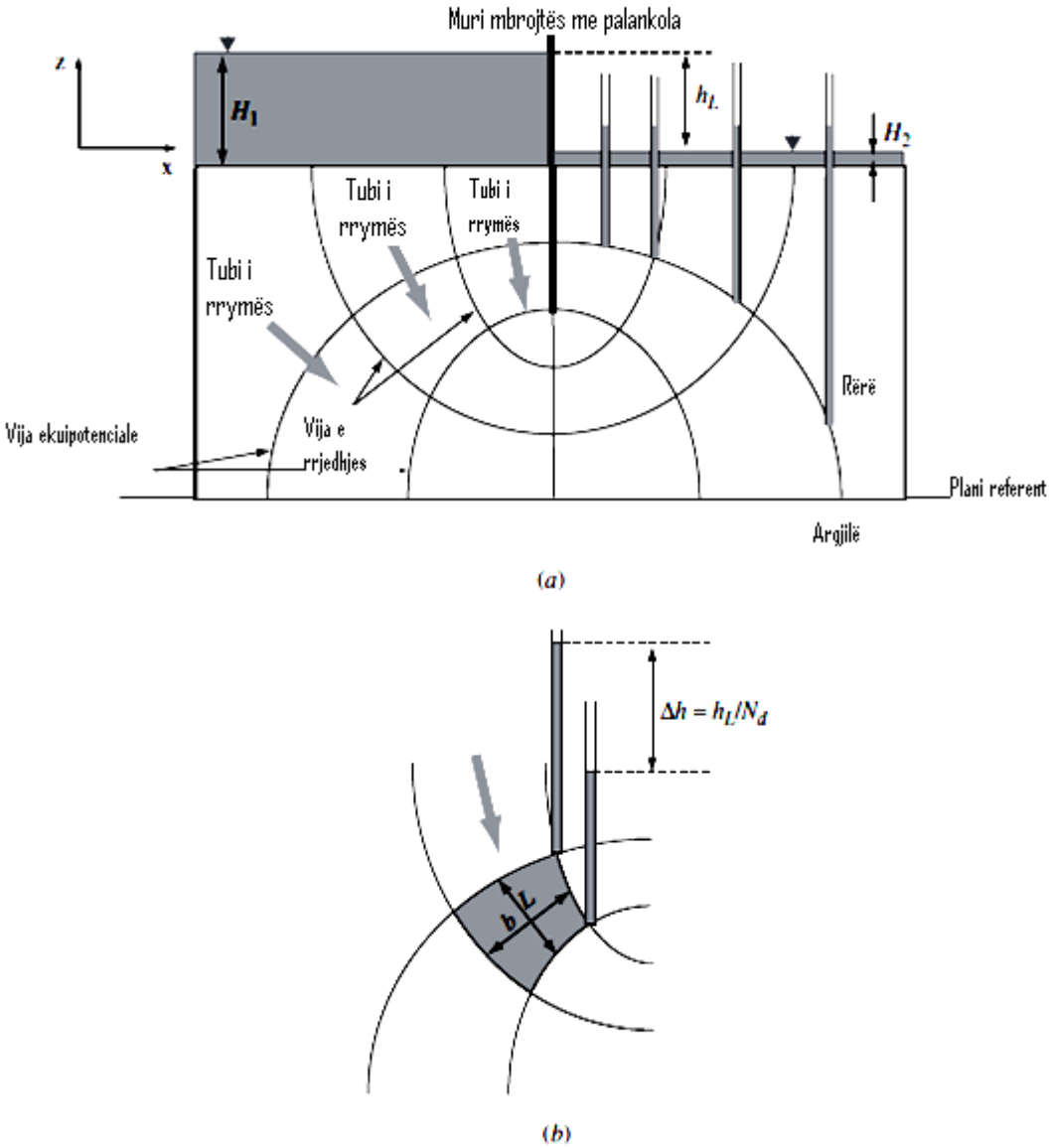

Figura 3.14 Zgjidhja Grafike e ekuacionit të Laplace-it(a) rrjeti hidrodinamik (b) elementi i rrjedhjes (rrymës)

Në tre përmasa,ekuacioni i Laplace –it mbetet (përshtatet):

$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$ (Ekuacioni i vazhdueshmërisë së lengut në 3D) (3.26)

Rrjedhja stacionare dy-përmasore e fluidit të pangjeshëm të poreve përcaktohet me anë të ekuacionit të Laplace-it (3.22),i cili tregon që çfarëdo pabarazie e rrjedhjes në hyrje dhe dalje të elementit të dheut në drejtim të x-it duhet të kompensohet me pabarazinë e kundërt korresponduese në drejtim të z (sipas boshtit OZ).Ekuacioni i Laplace-it mund të zgjidhet në mënyrë analitike,grafike dhe numerike.

Zgjidhja grafike e ekuacionit të Laplace-it për problemet e filtrimit dypërmasor paraqitet me një rrjet hidrodinamik (rrjeti i rrymimit apo filtrimit) i cili përbëhet nga dy familje të vijave: ***vijat ekuipotenciale*** dhe ***vijat e rrymimit***. Këto dy grupe(seri)të vijave janë ortogonale dhe duhet formuar elemente drejtkëndore të rrjedhjes sikurse tregohet në Figurën 3.14(a) . Një *vijë ekuipotenciale* i lidhë pikat me trysni totale të barabartë p, kurse një *vijë e rrymës* përfaqëson *trajektoren e cila përshkruhet nga rënia e ujit,* e cila tregon drejtimin e filtrimit poshtë gradientin (pjerrësinë)hidraulike.

Në qoftë së pozicioni i fundit i disa tubave vertikal (piezometrave)përgjatë një vije të vetme ekuipotenciale,uji do të ngritët deri në të njëjtin nivel në çdo (secilin) tub vertikal. Kjo do të thotë që trysnia totale është e njëjtë gjatë një vije ekuipotenciale meqenëse,lartësia e trysnisë totale (potenciali) është shuma e lartësisë se trysnisë dhe lartësisë se pozicionit e matur nga një plan referent i pranuar ndërmjet dy vijave ekuipotenciale të njëpasnjëshme (Figura 3. 14(b)).Kjo quhet rënie potenciale Δh, (apo diferencë potenciale) dhe llogaritet nga formula:

$$\Delta h = \frac{h_L}{N_d} \qquad (3.27)$$

ku:h_L - *është humbja e trysnisë së përgjithshme (diferenca e presioneve)* që pëson uji duke lëvizur nga lartë poshtë ($h_L=H_1-H_2$),dhe N_d *është numri i rënieve të potencialit (number of potencial drops)*

4.13.2 Ndërtimi i Rrjetit Hidrodinamik

Një prerje tërthore dy-përmasore e problemit të filtrimit duhet të paraqiten skematikisht në shkallë (përpjesë) në dy dretimet x dhe z. Figura 3.15(a) paraqet një mur palankolash të futura në shtresën e rërës me trashësi 19m të mbështetur mbi (poshtë të së cilës ndodhet shtresa argjilore pothuajse e papërshkueshme) një shtresë argjilore praktikisht të papërshkueshme. Gjatësia e nguljes se murit me palankola është 8m. Problemi është vizatuar në përpjesë, duke pasur parasysh që zgjidhja grafike është e vetmja relevante me zonën e rrjedhjes,e cila përfshinë shtresën e rërës me trashësi 19m dhe pjesën e nguljes së murit me palankola. Uji në të dy anët e murit (perdeve) me palankola përdoret për të vendosur kushtet kufitare në sipërfaqen e sipërme

të shtresës së rërës,siç shpjegohet pastaj(më vonë).Sipërfaqja e poshtme e shtresës se rërës ka një kusht kufitar të papërshkueshmërisë.

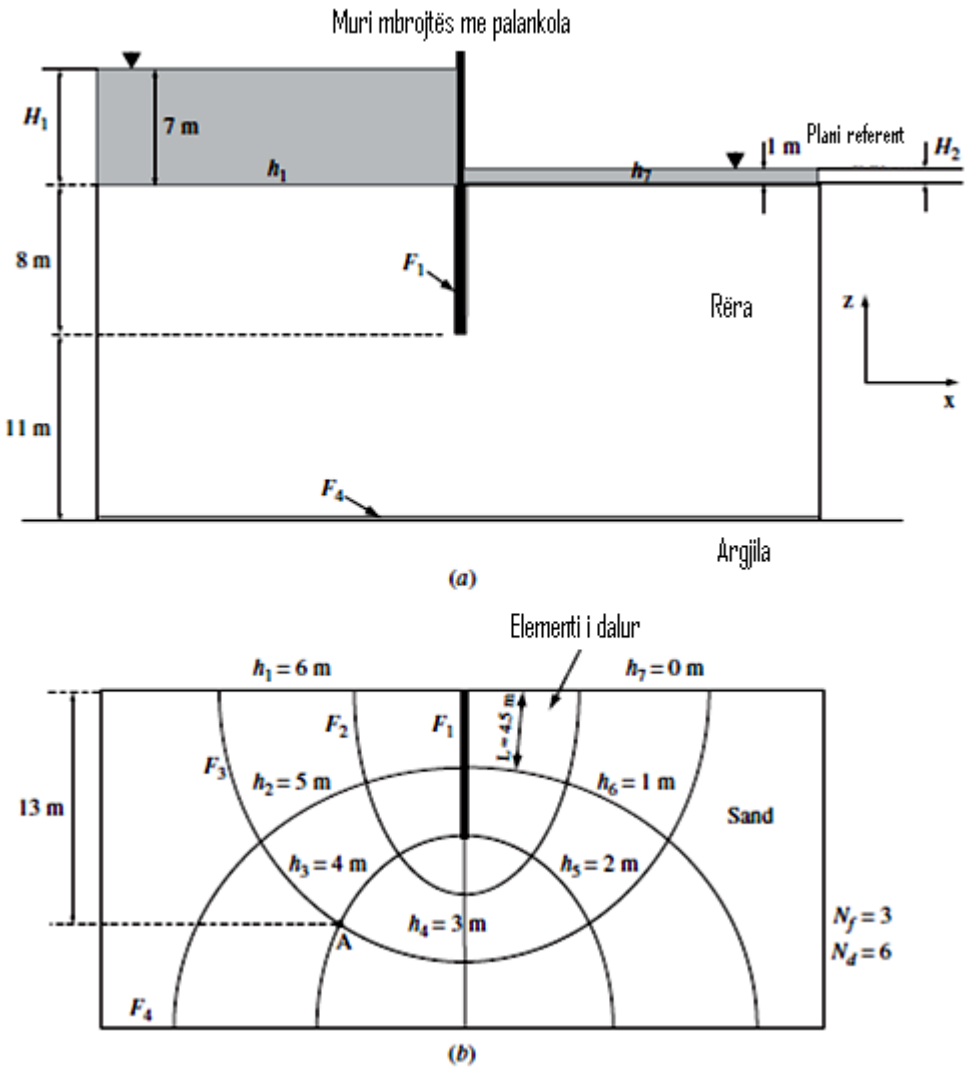

Figura 3.15 Ndërtimi i rrjetit hidrodinamik: (a) kufinjët e zonës së rrjedhjes; (b) rrjeti hidrodinamik

Do të fillojmë me paraqitjen grafike të rrjetit hidrodinamik për një problem filtrimi dy përmasor duke ndërtuar vijën e parë dhe të fundit të rrymës,të cilat zakonisht korrespondojnë me kushtet kufitare të pa përshkueshmërisë. Pastaj vizatohen disa vija rryme ,,paralele" midis vijës së parë dhe të fundit. Theksojmë se sipërfaqja nëpër të cilën ndalohet rrjedhja (psh. një shtresë dheu e pa përshkueshme apo një mur i papërshkueshëm)është një vijë rryme. Në figurën 3.15(a) perimetri i murit me palankola vija F_1(F për ,,rrymë") ose angl. *F for ,,flow*")gjithashtu është një vijë rryme. Konsiderojmë vijën F_1 si vijë të parë dhe vijën F_4 si një vijë të fundit të rrjedhjes.

Ndërmjet këtyre dy vijave,mund të hiqen dy vija të rrymës që shënohen F_2 dhe F_3, siç tregohet në Figurën 3.15(b).

Mandej,duhet të heqim vijën e parë dhe të fundit ekuipotenciale,të cilat zakonisht korrespondojnë me kushtet kufitare të ujëpërshkimit. Atëherë heqim disa vija „paralele" ndërmjet. Theksojmë që sipërfaqja mbi të cilën trysnia e përgjithshme është konstante(psh.niveli i lumit)është një vijë ekuipotenciale.Në Figurën 3.15(a), vija h_1(h për „trysninë e përgjithshme") është vija e parë ekuipotenciale që ka h=6m, dhe vija h_7 është vija ekuipotenciale e fundit me h=0, duke përvetësuar që plani referent të jetë i përputhshëm me nivelin e ujit në drejtim të rrymës së ujit sikurse tregohet në Figurë. Ndërmjet vijave h_1 dhe h_7 heqim disa vija ekuipotenciale: h_2,h_3,h_4,h_5 dhe h_6, siç tregohet në Figurën 3.15(b). Kurse duke hequr vijat e rrymës dhe vijat ekuipotenciale, duhet të kujtojmë dy rregulla(ligje):

Vijat e rrymës gjithmonë janë ortogonale me vijat ekuipotenciale, dhe të gjitha elementet rezultues të rrjetit të rrymës nevojiten që të jenë katrorë vijëpërkulur.

Mënyra që të gjykojmë që një element i rrjetit të rrymës të jetë katror vijëpërkulur është duke brenda shkruar një rreth brenda elementit i cili takon të katër anët e lakuara në të njëjtën kohë. Duhet theksuar se vizatimi (skicimi)i një rrjeti hidrodinamik është proces i provave të njëpasnjëshëm në të cilin paraprakisht nuk e dimë se sa vija të rrymës dhe vija ekuipotenciale kërkohen për të ndërtuar një rrjet hidrodinamik të saktë. Kështu që duhet për të përdorur një laps dhe shpesh përdoret edhe fshirësja(shpesh bëhet përdorimi i gomës)!Në qoftë se jemi në gjendje që me sukses të krijojmë dy familje të vijave të cilat iu binden dy rregullave të sipërpërmendura,rrjeti hidrodinamik i krijuar do të paraqes zgjidhjen grafike të ekuacionit të Laplace-it (3.25).

Shembulli 3.5 *Rrjeti hidrodinamik për rrjedhjen rreth një radhe të vetme të perdeve me palankola në një shtresë të pa përshkueshme dheu është treguar në Figurën 3.16. Duke ditur që* $k_x=k_z=k=5\cdot10^{-3}\ \frac{cm}{sec}$*, të përcaktohet:*

Sa lartë(mbi sipërfaqen e tokës) do të ngritët uji në qoftë se piezometrat janë vendosur në pikat a dhe b.

Prurja e përgjithshme e filtrimit nëpër shtresën e përshkueshme për njësi gjatësie.

Gradienti hidraulik mesatar i përafërt në c.

Zgjidhja:

Pjesa (a): Sipas Figurës 4.37, kemi N_d=6, H_1=5,6m dhe H_2=2,2m. Kështu humbja e trysnisë të çdo rënie potenciale është:

$$\Delta H=\frac{H_1-H_2}{N_d}=\frac{5{,}6-2{,}2}{6}=0{,}567\text{m}$$

Në pikën a, kemi kalim nëpër një rënie potenciale. Kështu një piezometër do të rritet deri në një pozicion (lartësi) prej:

(5,6-0,567)=5,033m mbi sipërfaqen e terrenit.

Në pikën b, kemi pesë rënie potenciale. Kështu uji në piezometër do të ngritët deri në lartësinë prej:

[5,6-(5)(0,567)]=2,765m mbi sipërfaqen e tokës.

Pjesa (b): Sipas ekuacionit

$q = \Delta q_1+\Delta q_2+\Delta q_3=2{,}38\,\frac{k\cdot H}{N_d}$

Kemi:

$$q = 2{,}8\frac{k\cdot(H_1-H_2)}{N_d} = \frac{(2{,}38)\cdot\left(5\cdot10^{-5}\frac{m}{sec}\right)\cdot(5{,}6-2{,}2)}{6} = 6{,}74\cdot10^{-5}\,\frac{m^3}{\frac{sec}{m}}$$

Pjesa (c): Gradienti hidraulik mesatar në c mund të jepet si:

$$i = \frac{humbja\ e\ trysnisë}{gjatësia\ mesatare\ e\ rrjedhjes\ ndërmjet\ d\ dhe\ c} = \frac{\Delta H}{\Delta L} = \frac{0{,}567m}{4{,}1m} = 0{,}138$$

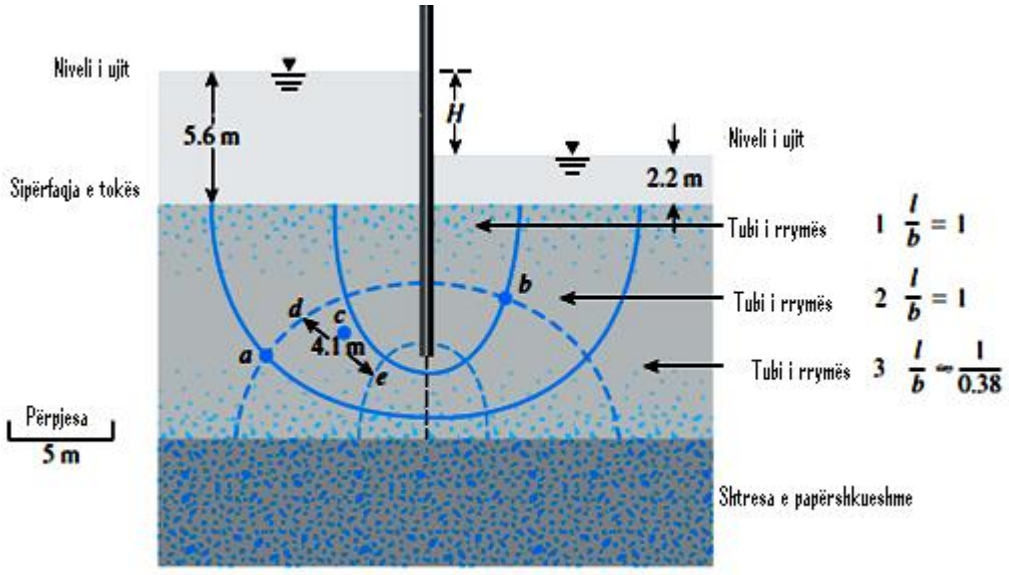

Figura 3.16 Rrjeti hidrodinamik për filtrim rreth një radhe të vetme të perdeve me palenkola.

Kapitulli i Pestë

PËRFUNDIMET

Depozitimet e dherave natyrale gjithnjë përmbajnë ujë. Nën kushtet e caktuara lagështia ose uji i dherave në tokë nuk është stacionar por është në gjendje të lëvizjes nëpër dhera .Lëvizja e ujit nëpër dhera ndikojnë në vetit dhe sjelljen e dherave,dhe atë në mënyrë të ndjeshme. Operacionet ndërtimore dhe përformanca e ndërtimit përfundimtar mund të influencohet nga uji që përmbahet në dhera. Uji nëntokësor haset shpesh gjatë operacioneve ndërtimore,prandaj,mënyra në të cilën mund të ndodhë lëvizja e ujit nëpër dhera dhe efektet e tij janë me interes të konsiderueshëm në praktikën e inxhinierisë gjeoteknike.

Dherat i kanë poret e ndërlidhura të cilat formojnë shumë tuba të vegjël gjarpërues (dredha-dredha) që mundësojnë ujin të rrjedhë. Madhësia mesatare e këtyre tubave varet nga vetitë e dherave,të cilat siç duket përcaktojnë sa lehtë është për ujin që të rrjedh nëpër dhera. Mundësia për të llogaritur sasinë e ujit që rrjedhë nëpër një lloj toke dhe forcat që shoqërohen me këtë rrjedhje është kruciale për projektimin e strukturave të ndryshme të inxhinierisë gjeoteknike,siç janë digat prej dheu,digat nga betoni dhe muret mbajtëse.

Parimi i sforcimit efektiv me gjase është koncepti me i rëndësishëm në gjeoteknikë. Ngjeshmëria dhe qëndresa ndaj prerjes e dherave varen në shkallë të gjerë nga sforcimi efektiv .Kështu koncepti i sforcimit efektiv është i rëndësishëm për zgjidhjen e problemeve gjeoteknike sikurse janë trysnia anësore e dherave në strukturat mbajtëse ,aftësia mbajtëse dhe ulja e themeleve si dhe qëndrueshmëria e shpateve te ndërtuara nga dherat .Modeli llogaritës apo ligji i sjelljes se dherave nxirret dhe formulohet mbi bazën e te dhënave eksperimentale dhe në kushte të ngarkimit dhe provuarjës i afrohen gjithnjë e me shume gjendjes natyrale të dherave. Kështu sforcimet e përgjithshme dhe neutrale përcaktohen nga provat e dherave me ngjeshje treaksiale kurse sforcimi efektiv është madhësi e nxjerr dhe nuk matet drejtpërdrejt gjate realizimit te provave por llogaritet si diference e dy te pareve ,$\sigma' = \sigma - u$.

Në bazë të të gjeturve nga analiza e përshkueshmërisë së dherave mund të konkludojmë :

- *Uji në tokë ndikon në sjelljen e tokës dhe në vetitë fizike dhe mekaniket tyre;*
- *Uji kapilar prodhon trysni negative dhe rritë qëndrueshmërinë e tokave ,por ky është vetëm përmirësim i përkohshëm në të cilin nuk mund të llogaritet ;*
- *Sipas ligjit të Darcy-it shpejtësia e rrjedhjes së ujit është proporcionale me gradientin dhe koeficienti e përshkueshmërisë ;*
- *Rrymimi i ujit nëpër toka mund të mund të përshkruhet matematikisht ,me anë të supozimeve të caktuara për tokat dhe kushtet e rrymimit ;*
- *Rrjedhja e ujit nëpër dhera shfaqet për shkak të ndryshimit të potencialit të përgjithshëm të dy pikave ;*
- *Në bazë të rrjetit hidrodinamik të njohur mund të llogaritet shpërndarja e trysnive të ujit në objekte të ndryshme gjeoteknike si dhe prurja e ujit .*

6. LITERATURA:

[1]. A.AYSEN.,,Soil Mechanics :Basic Concepts and Engineering Applications “ ;2002 .A.A .Bakema Publishers, Lisse /Abingdon /Exton/ Tokyo;

[2]. BRAJA M.DAS :,,Principles of Geotechnical Engineering ‘’;2010 ,Cengage Learning,USA;

[3] .BRAJA M.DAS :,,Advanced Soil Mechanics’’;2007,Taulor &Francis, New York ,USA;

[4]. SAM HELWANY :,,Applied Soil Mechanics with ABAQUS Aplications ‘’,2007,Jon Wiley&Sons New Yersey;

[5] .RUBIN CHOWDHURY ,FILIP FLETNJE ,GAUTAM BHATTACHARYA : ,,Geotechnical Slope Analysis ‘’ ,2010 London &Francis Group ,London UK;

[6]. C.VENKATRAMAIH: ,,Geotechnical Engineering ‘’,2009 ,NEW INTERNATIONAL PUBLISHERS ,New Delhi;

[6] . JON ATKINSON :,,The Mechanics of Soil and Fondations’’,2007,Taylor &Francis Group,London and New Yourk;

[7] . V.N.S.MURTHY :,,Geotechnical Enginering”, 2006 Marcel Dekker ,Inc.,New York

[8] . D .L.SHAH ,A.V. SHROFF :,,Soil Mechanics and Geotechnical Engineering ’’A.A.baclema, India

[9]. Haliti .R., “Bazat e Gjeoteknikës ; Liber elekronik”,2012, Fakulteti i Gjeoshkencave, Universiteti Publik,,Isa Boletini” , Mitrovicë.