

## 10.2. Истражни радови у тлу/стијени. Методе прибављања репрезентативних узорака тла/стијене. Поремећени и непоремећени узорци

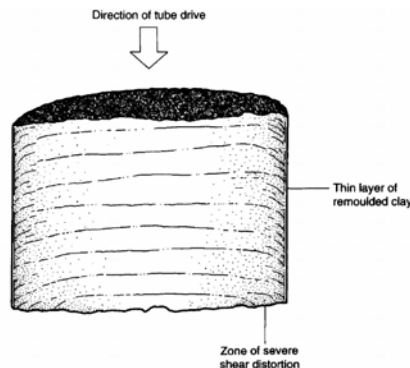
### 10.2.1. Увод

Генерално постоје три начина узимања узорака:

1. Узимање поремећених узорака за класификационе тестове (*disturbed sampling*)
2. Узимање узорака помоћу целичних цилиндара (*tube sampling*) који се утискују у тло ударима или континуалним притиском. Услед утискивања цилиндра долази до појаве смичућих деформација у узорку. Конструкција цилиндра има значајан утицај на степен поремећености узорка.
3. Узимање узорака облика кокце (*block sampling*) при чему се узорак исјеца са дна/страна сондажне јаме (традиционално) или пажљивом изведеним ротационим бушењем коришћењем посебног уређаја за узимање узорака (*Sherbrooke sampler*). Поремећај узорака је услед растерећења и бубрења али не и смичућих деформација.

### 10.2.2. Узимање узорака помоћу целичних цилиндара (*tube sampling*)

Узимање узорака помоћу цилиндра се спроводи рутински при истражним радовима на начин што се утискује цилиндар у тло без ротације цилиндра. Утискивање изазива смичуће напоне у тлу са последицом промјене ефективних напона у тлу и раскидања веза између честица тла. Ако цилиндар није правилно пројектован смичући напони постану довољно велики могу спријечити даљи улазак тла у цилиндар (тзв. *sample jamming*). Додатно, напони затезања могу бити унијети у бази узорка при извлачењу цилиндра из дна бушотине.



Слика 2.1: Смичуће деформације у глини изазване узимањем узорка помоћу цилиндра

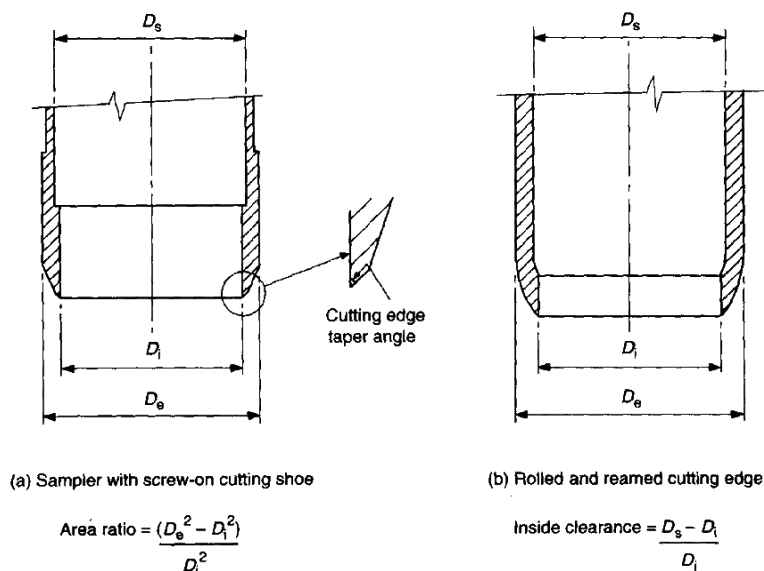
На основу практичног искуства, емпиријски, конструсиање цилиндра се заснива на следећим параметрима:

- Индекс површине (*Area ratio*)
- Угао оштрице ножа (*Cutting edge taper angle*)
- Однос дужине и пречника узорка (*L/D ratio*)
- Слободан простор у цилиндру (*inside clearance*)

Однос површина (*Area ratio*) је дефинисао Hvorslev(1949)

$$A_r = C_a = \frac{D_e^2 - D_i^2}{D_e^2}$$

гдје су  $D_e$  – спољни пречник ножа  
 $D_i$  – унутрашњи пречник ножа



Слика 2.2: Дефиниције индекса површине и слободног простора у цилиндру

### Угао оштрице ножа (*Cutting edge taper angle*)

Повећани индекс површине цилиндра (*area ratio, kerf ratio*) доводи до повећања поремећености узорка, отпорности на продирање цилиндра. Коришћење врло малих индекса површина могу се добити врло танки цилиндри који се савијају или избочавају приликом утискивања цилиндра у тло. Због овог практичног разлога морају се усвајати дебљи цилиндри али се то може компензовати мањим угловима оштрице ножа цилиндра као што је приказано у доњој табели за цилиндар пречника око 75мм.

**Табела 1** – Вриједности индекса површине и одговарајућег угла оштрице ножа за цилиндар пречника 75мм

Area ratio (%)	Cutting edge taper (deg.)
5	15
10	12
20	9
40	5
80	4

### Слободан простор у цилиндру и однос дужине према пречнику цилиндра

Чак и са умјереним дужинама цилиндара адхезија и трење тла унутар цилиндра могу бити довољни да спријече даљи улазак тла у цилиндар при чему долази до губитка носивости тла испод дна цилиндра. Ово доводи до потпуног поремећаја тј. прераде тла (*remoulding*). Постоје

три методе да се смањи или елиминише треће између гла и цилиндра: глаткост унутрашње површине цилиндра, слободан простор у цилиндру (*inside clearance*) и примјена клизајућих облога цилиндра. Слободан простор у цилиндру (*inside clearance*) се дефинише као:

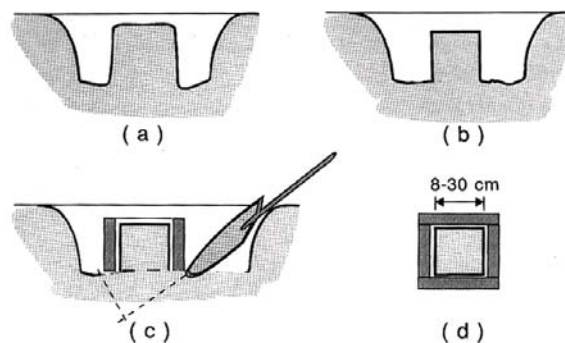
$$C_i = \frac{D_s - D_i}{D_i^2}$$

гдје су  $D_s$  – унутрашњи пречник цилиндра  
 $D_i$  – унутрашњи пречник ножа

Слободан простор у цилиндру је потребно обезбиједити да бисе омогућио одређен проценат ширења узорак услед растерећења. Иако ово није пожељно, повољније је од ефекта трећа између цилиндра и узорка. слободан простор обично треба да је мањи од 4% јер био већа вриједност одговарала претјераном бубрењу узорка и губитку истог при извлачењу цилиндра. Хворслев (1949) препоручује слободан простор од 0.75-1.5% за дуге цилиндрице односно до 1.5% за краће цилиндрице.

### 10.2.3. Ручно издвојени узорци из истражних јама (*block sampling*)

Узорак у облику коцке ( ређе у облику цилиндра) се вади ручно тако да је пажљивим радом могуће добити најквалитетније узорке. На слици су приказане фазе рад при узимању узорка облика коцке из сондажне јаме ( раскопа), шахта или галерије. Уколико је узорак довољно чврст и крут може се једноставно издвојити помоћу ашова, увити у пластичну фолију ради очувања влажности, ставити у круту кутију и транспортовати до лабораторије. Ако је узорак мале чврстоће или с етранспортује железницом или камионом онда га је потребно додатно заштити. Прије вађења узорак преко њега се на терену поставља дрвена кутија без дна и поклопца а затим се узорак и кутија заједно уклоне из ископа. Међупростор између узорка и кутије величине од 5-25мм се запуни топљеним парафином који се сипа на дно и врх кутије. Тако припремљени узорци се пакују у сандуке испуњене пиљевином или струготинном ради амортизовања удара у транспорту.



Слика 2.3: Начин ручног издвајања узорка узорци из истражних јама

### 10.2.4. Узимање непоремећених узорака из бушотина

Непоремећени узорци из бушотина се могу узимати коришћењем:

- отворених цилиндара (*open drive samplers*)
- цилиндара са клипом (*piston drive samplers*)
- ротационог бушења са језгровањем (*rotary samplers, core barells*)

### 10.2.5. Отворени цилиндар типа U100

Користи се за узимање узорака из глина и другог кохезивног тла. Дужина челичног или алуминијског цилиндра је 475мм а утискује се у тло ударцима чекића. Ударци се преносе преко капе (*drive head*) која садржи вентил за испуштање ваздуха. На доњем дијелу цилиндра се навртањем монтира нож (*Cutting Shoe*) са равном или назубљеном оштрицом. Између ножа и цилиндра је могуће монтирати хватач језгра (*core catcher*) са челичним клапнама које спречавају да узорак исклизне из цилиндра при његовом извлачењу на површину терена. Ово је стандардни U100 цилиндар а његове модификације су цилиндар са пластичном унутрашњом облогом (*plastic liner*) и танкозидни цилиндар. Стандардни и цилиндар са пластичном облогом не дају праве непоремећене узорке што је јасно и њихових параметара датих у табели. Цилиндар, нож и хватач језгра танкозидне варијанте цилиндра U100 имају зидове мање дебљине што доводи до мањег поремећаја узорка. С друге стране, ова цилиндар се може оштетити у материјалима који садрже комаде камена или ако се користи у збијеном шљунку.



- 3b. Цилиндар (стандардни тип U100)  
 3c. Цилиндар (U100 са пластичном облогом)  
 4b. Хватач језгра (стандардни тип U100)  
 4c. Хватач језгра (U100 са пластичном облогом)

- 5b. Нож (стандардни U100)  
 5c. Нож (U100 са пластичном облогом)  
 5d. Назубљени нож (U100 са пластичном облогом)

6. Прстен (U100 са пластичном облогом)  
 7. Пластична облога

Слика 2.4: Конструкција стандардног и цилиндра са пластичном облогом типа U100

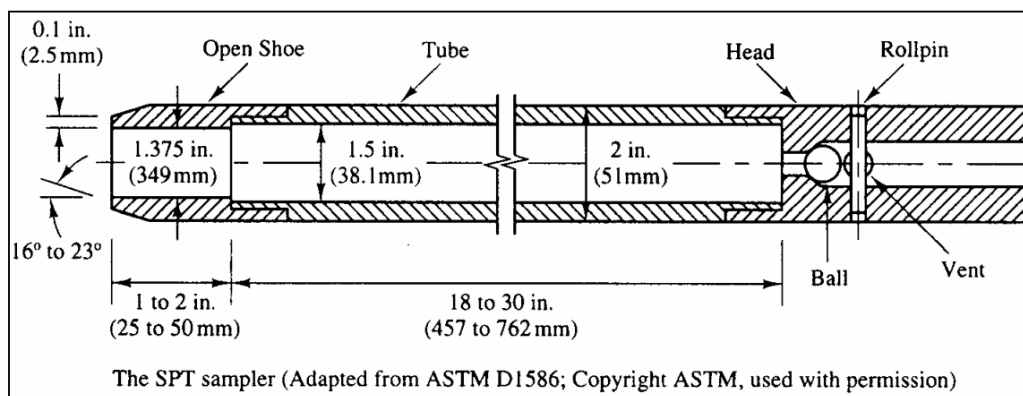
Слика 2.5:

Табела 2 – Типични параметри варијанти цилиндра U100

Параметар	Захтјевано стандардом BS EN 22475-1:2006	UT100 танкозидни	U100 стандардни	U100 са пластичном облогом
Угао нагиба ножа	$\leq 5^\circ$	$5^\circ$	$10^\circ$	$7^\circ$
Индекс површине Ca %	$\leq 15\%$	14.97%	29.4%	47.1%
Слободни простор цилиндру Ci %	$u < 0.5\%$	0.19%	1.34%	1.27%

### 10.2.6. Узимање узоракa “пенетрационом кашиком” (Split-Spoon Sampling, SPT sampler )

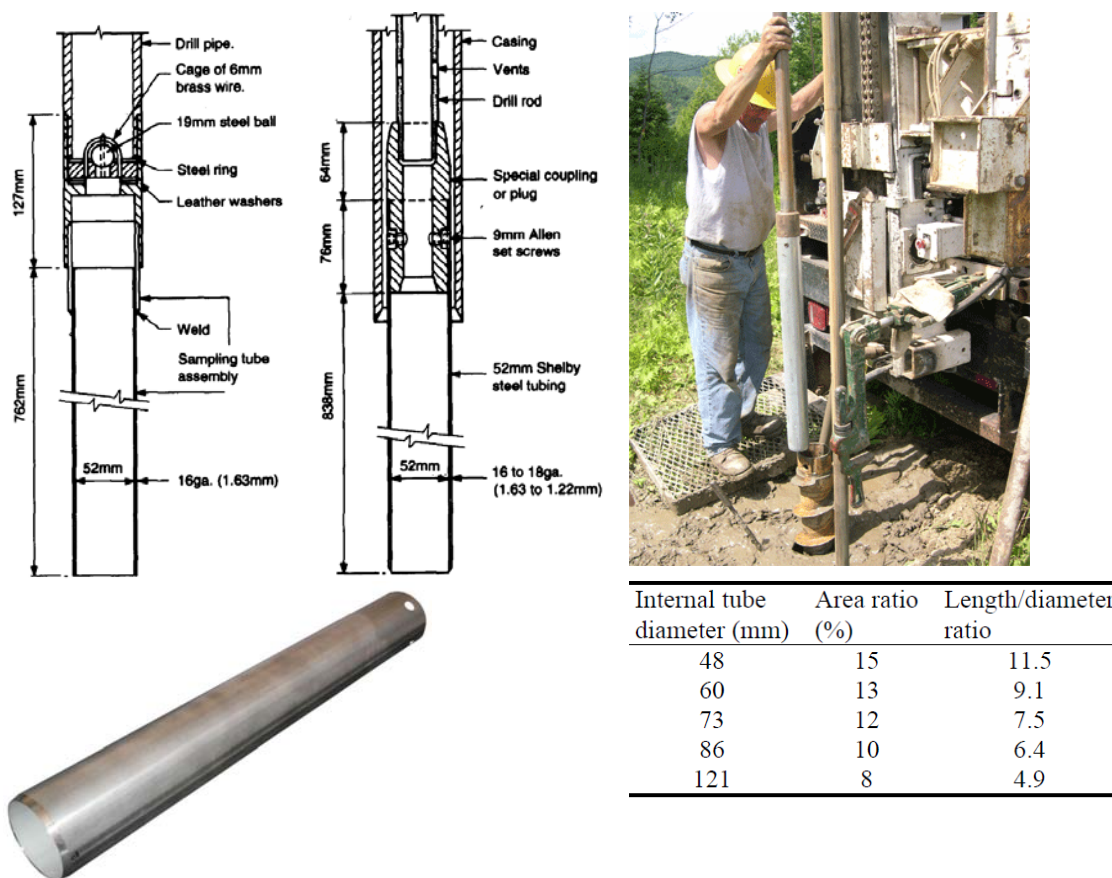
Пенетрациона кашика може бити коришћена за узимање узоракa који су у општем случају поремећени али репрезентативни. Пресјек кашике је приказан на слици 2.6. Кашика се састоји од челичне папуче-ножа и дводјелног челичног цилиндра који је преко челичне главе спојен са бушаћом шипком. Након бушења до одговарајуће дубине, бушаћа глава се уклања, монтира се пенетрациона кашика на бушаћу шипку и спушта на дно бушотине. Кашика се утискује ударцима маља који пада на врх бушаће шипке ( стандардни пенетрациони тест). Након завршетка теста кашика се извлачи, демонтира са шипке. Нож (папуча) се одврће а узорак тла се затим пребаца у стаклену боцу и транспортује до лабораторије.



Слика 2.6: Стандардне димензије пенетрационе кашике - SPT sampler ASTM D1589

### 10.2.7. Цилиндар за узорке типа Shelby (Shelby Tube Sampler)

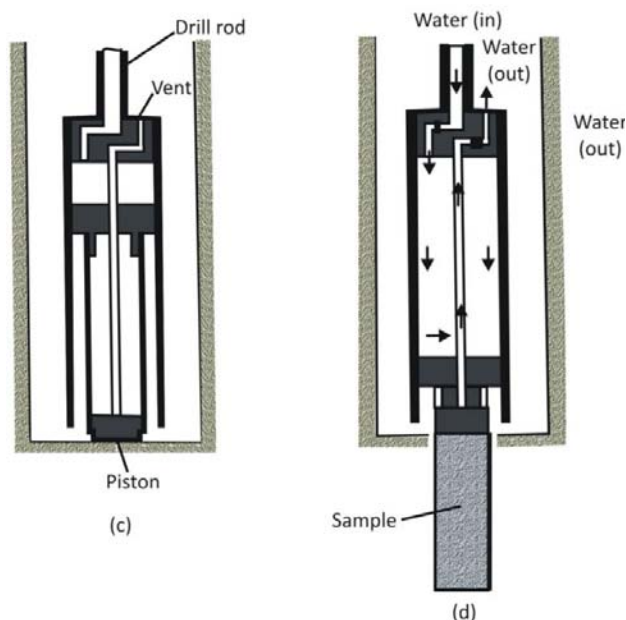
Узорак узет цилиндром се може сматрати непоремећеним ако је индекс површине цилиндра мањи или једнак од 10%. Цилиндар типа Shelby има унутрашњи пречник од 2.0 инча док је дужина узорка 84цм (33“). Индекс површине за стандардну пенетрациону кашикау је 110% а за танкозидни цилиндар је приближно 13.7%. Димензије типичног Shelby цилиндра су дате на слици 2.7.



Слика 2.7: Димензије типичног цилиндра за узорке типа Shelby и параметри танкозидних цилиндара у функцији од унутрашњег пречника

### 10.2.8. Танкозидни цилиндри са клипом

Када су непоремећени узорци веома меки или већи од 76.2мм у пречнику, имају тенденцију испадања из цилиндра. У тој ситуацији су цилиндри са клипом посебно корисни. Постоји више типова ових цилиндара ( са слободним клипом, са повлачећим клипом, са фиксним клипом). На слици је приказан Osterberg-ов тип (1952) који се састоји од танкозидног цилиндра са клипом. Почетна позиција клипа је таква да затвара крај танкозидног цилиндра. Цилиндар се спушта на дно бушотине и танкозидни цилиндар се утискује хидраулички, пролазећи клип. Онда се притисак флуида ослобађа кроз отвор на шипки која покреће клип. Присуство клипа не дозвољава брзо гњечење тла у цилиндру што смањује поремећај узорка.



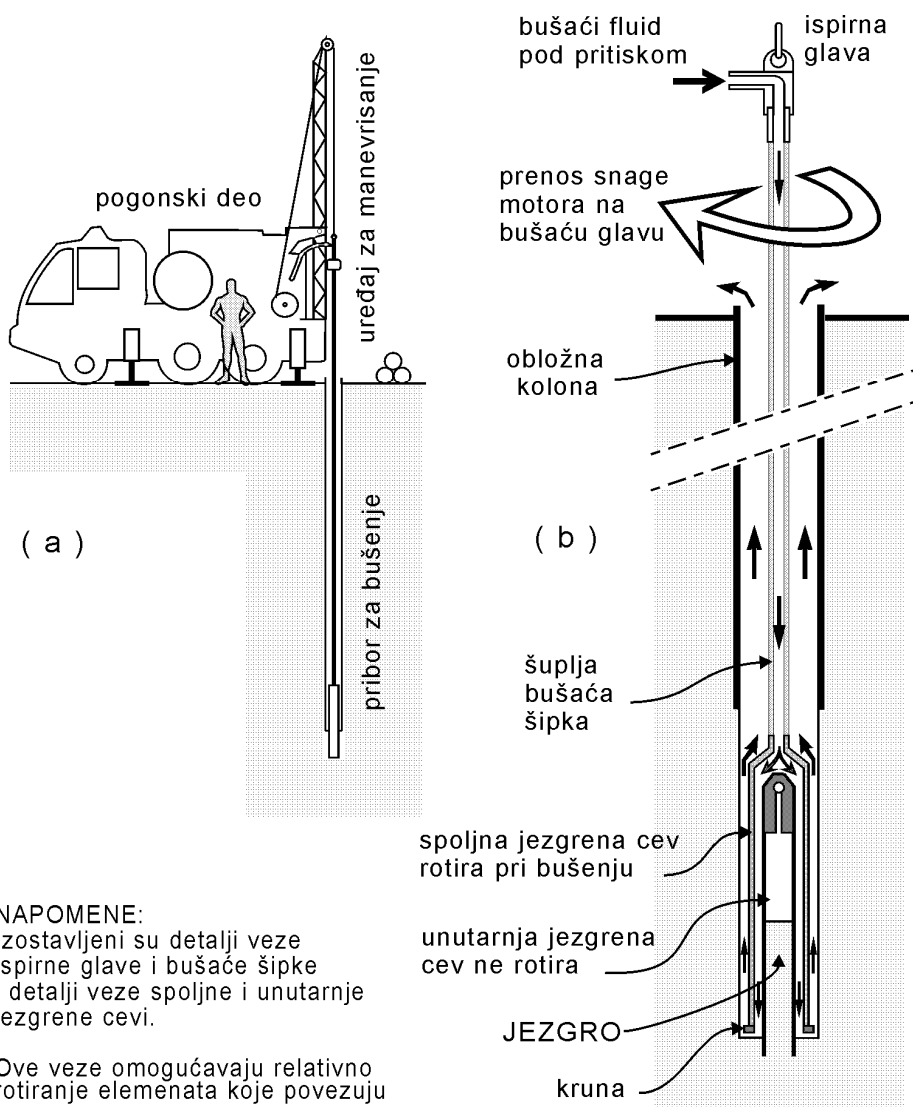
Слика 2.8: Принцип рада цилиндра са клипом

#### 10.2.9. Узимање узорака ротационим бушењем са језгровањем (*rotary samplers, core barrels*)

Бушење се остварује ротирањем спољашње језгрене цијеве-цилиндра који је на доњој контури ојачан круном за бушење која зупцима уклања тло односно стијену. Користе се различите челичне круне, круне од тврдих легура ( тунгстен-карбид) и дијамантске круне. Унутрашња језгрена ( сржна цијев) не ротира већ служи за издвајање узорка – језгра утискивањем у тло/стијену. Да би се олакшао улазак узорка у цилиндра и спријечило његово испадање при извлачењу прибора, по доњој контури језгрене цијеве се постављају „хватачи језгра“ – низ еластичних челичних пера. Једноструке језгрене цијеве се примјењују за бушење у стијени, док се двоструке и троструке могу користити за бушење у тлу. Бушаћи флуид циркулише кроз шупљу бушаћу шипку кроз простор између спољашње и унутрашње језгрене цијеве и даље износи на површину терена избушени материјал. Бушаћи флуид је обично вода или глиновита суспензија.



Слика 2.9: Круна за бушење - различити типови уметака од тунгстен-карбида



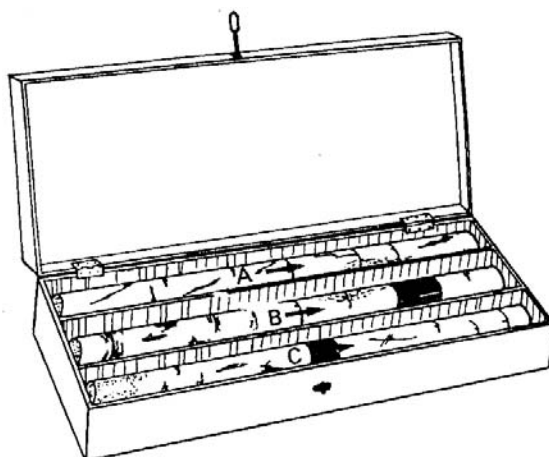
NAPOMENE:  
Izostavljeni su detalji veze  
ispirne glave i bušaće šipke  
i detalji veze spoljne i unutarnje  
jezgrene cevi.

Ove veze omogućavaju relativno  
rotiranje elemenata koje povezuju

Слика 2.10: Ротационо бушење са језгровањем

Из бушотина се узимају језгра и систематски слажу у сандуке дужине 1.0м од дрвета, алуминијума или челичног лима. На границама језгра се ставља дашчица, а на мјестима гдје није успјешно извађено тло оставља се простор одговарајуће дужине са податком да је језгро изгубљено. Сандук са узорцима се фотографише. Комади језгра се могу упаковати у парафин да би се смањила њихова природна влажност.





Слика 2.11: Слагање и чување узорака (језгара)

#### 10.2.10. Узимање узорака цилиндром типа *Pitcher*

Овај цилиндар служи за узимање узорака из меких стијена, трошних глинаца и проблематичних глина. Дизајниран је за прибављање узорака из формација које су сувише чврсте за цилиндар типа *Shelby* или сувише крте, меке и осјетљиве на дејство воде за узимање ротационим бушењем са језгровањем ( *core barrel type samplers*). Унутрашњи танкозидни цилиндар ослоњен на опругу се телескопски увлачи у спољашњи резни цилиндар са повећањем чврстоће формације.

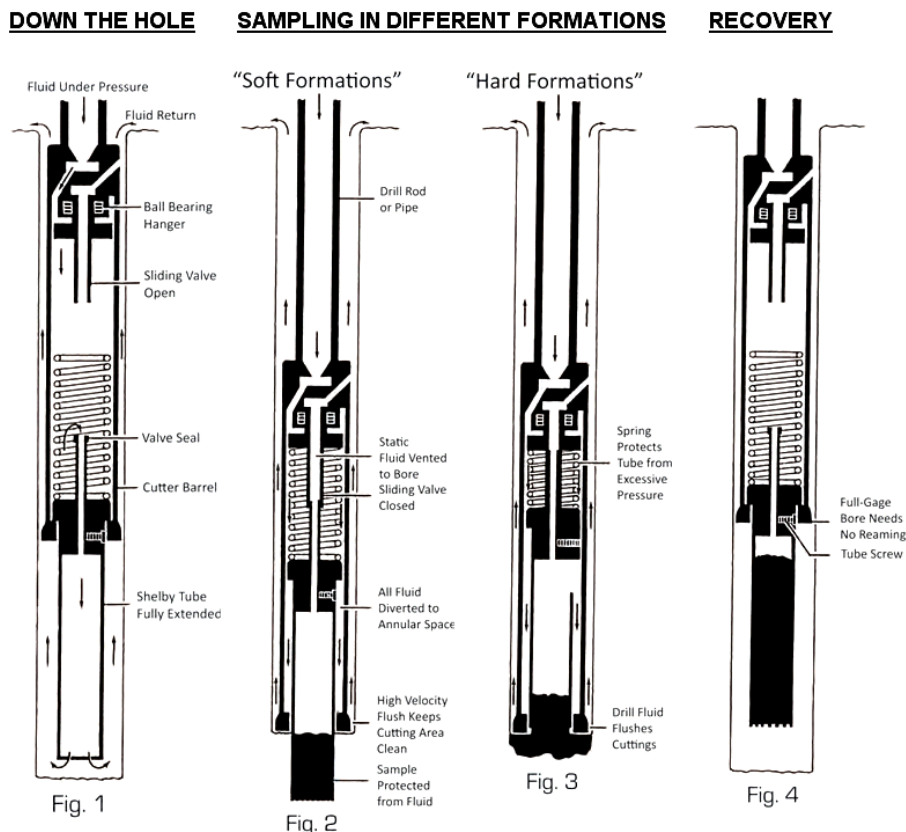


Слика 2.12: Цилиндар са клипом за узимање узорака, *Pitcher*

Принцип рада овог типа цилиндра је приказан на слици 2.13. Клизајући вентил (*Sliding valve*) усмјерава усмјерава бушаћи флуид кроз цилиндар типа *Shelby* према дну бушотине. Када *shelby* цилиндар дотакне дно, телескопски се увлачи у спољашњи цилиндар са ножем (*cutter barrel*) при чему затвара клизни вентил који аутоматски усмјерава флуид у простор између унутрашњег *Shelby* цилиндра и спољашњег цилиндра са ножем. На овај начин се избјегава контакт флуида и узорка уз одржавање високе брзине кретања флуида који чисти бушотина и омогућује брзу пенетрацију спољашњег цилиндра.

У мекшим материјалима (2.13-2), *Shelby* цилиндар излази и за 6" (15.24цм) преко спољашњег цилиндра да би се елиминисао контакт између флуида и узорка. Ако се наиђе на формацију веће чврстоће *Shelby* цилиндар се телескопски увлачи у спољашњи цилиндар и притиска

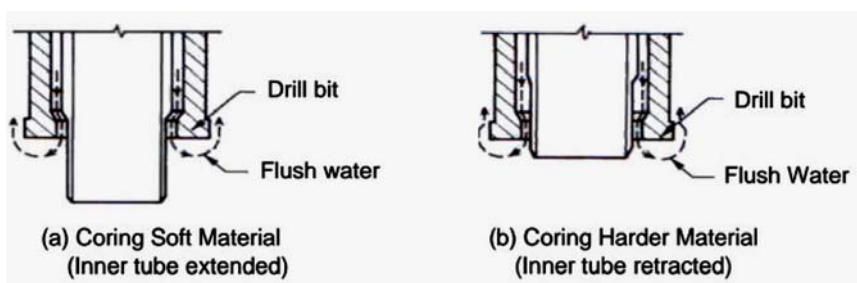
опругу која с друге стране задаје већу силу на цилиндар. У чвршћим формацијама (2.13-3), нож спољшњег цилиндра може ићи преко унутрашњег цилиндра и до 1.27цм ( 1/2”).



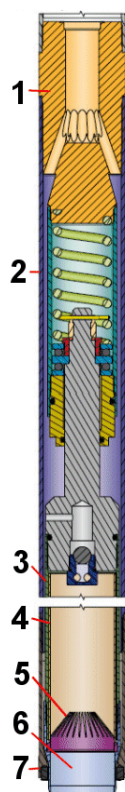
Слика 2.13: Цилиндар са клипом за узимање узорака, *Pitcher*

### 10.2.11. Узимање узорака цилиндром типа *Mazier*

Овај тип цилиндра се користи за узимање непоремећених узорака у врло меком тлу. Састоји се од спољашњег цилиндра са умецима од тунгстен карбида на врху и има унутрашње цијевцилиндар са опругом. Када се врши бушење у меком тлу, унутрашња цијев се утискује 50мм у односу на спољашњу и у ствари дјелује као нож. При томе је језгро заштићено од утицаја бушаћег флуида (воде). При узимању узорака из чвршћих материјала, под притиском опруге се унутрашња цијев повлачи и заузима стандардни положај као на слици 2.14. PVC облога се користи унутар унутрашњег цилиндра ради задржавања језгра, при чему се ради превенције испадања меког материјала користи хватач језгра типа „корпе“. Типичне димензије су пречник бушотине 101mm што одговара језгру од 74mm core што је пречник који одговара триаксијалним апаратима који се користе у пракси.



Слика 2.14: Шема узимања узорака са цилиндром типа Mazier



Дјелови цилиндра типа Mazier :

1. Глава цилиндра (*Core Barrel Head*)
2. Спољашњи цилиндар дужине 1м
3. Унутрашњи цилиндар 1.0м
4. PVC облога језгра (*Coreliner*)
5. Хватач језгра
6. Нож
7. Уметци од тунгстен карбида (*TC core bits*)

Слика 2.15: Конструкција цилиндра типа Mazier