

Наташа Христовска дипл. град. инж.
Иљаз Муџери дипл. град. инж.
Феми Јусуфи дипл. инж. геотех.

ОСНОВИ НА ГЕОТЕХНИКА И ХИДРОТЕХНИКА

**ГРАДЕЖЕН ТЕХНИЧАР
ВТОРА ГОДИНА**

Скопје, 2013

Автори:

Наташа Христовска дипл. град. инж.

Илџаз Муаџери дипл. град. инж.

Феми Јусуфи дипл. инж. геотех.

Рецензенти:

Проф. д-р Љупчо Петковски, д.и.г., Претседател, (Градежен факултет – Скопје)

Проф. Жанета Димитриевска, д.и.г., Член, (СГГУ З.Цветковски – Скопје)

Проф. Урим Мејзини, д.и.г., Член, (СГГУ З.Цветковски – Скопје)

Компјутерска обработка : Авторите

Фотографии и техничко уредување: Авторите

Лектор: Билјана Богданоска

Издавач:

Министерство за образование и наука за Република Македонија

Печати:

Графички центар дооел, Скопје

Тираж: 56

Со одлука бр.22-1392/1 од 14.06.2012 на Националната комисија за учебници, се одобрува употреба на учебникот

CIP- Каталогизација во публикација

Национална и универзитетска библиотека „Св. Климент Охридски“, Скопје

Основи на геотехника и хидротехника за 11 година градежно - геодетска струка : градежен техничар / Наташа Христовска, Илџаз Муаџери, Феми Јусуфи

Министерство за образование и наука на Република Македонија, 2012

Физички опис 227 стр. : илустр. ; 28 см

ISBN 978-608-226-339-7

СОДРЖИНА

Предговор.....	1
1.Земјина кора како основа за темелење на објектите.....	3
1.1.Видови подлоги за фундирање на објектите.....	3
1.2.Општи особини на пошвите и карпите од аспект на фундирање.	4
Запомни.....	8
Тест.....	8
2.Општи геолошки својства на земјата и земјината кора.....	9
2.1. Настанок на земјата.....	9
2.2.Форма и димензии на Земјата.....	10
2.3.Градба на Земјата.....	11
Запомни.....	16
Тест.....	16
3.Карпи и почви.....	17
3.1. Поим за карпеста маса, карпа, камен и почва	17
3.2 Хомогеност и хетерогеност на карпести маси.....	18
3.3 Поделба на карпите според настанокот.....	20
3.3.1.Видови карпи.....	21
3.4. Класификација на почвите.....	23
Запомни.....	26
Тест.....	26
4.Истражување и испитување на карпи и почви.....	27
4.1.Предходни истражувања.....	28
4.2.Испитувања на карпи и почви.....	29
4.2.1.Цел на теренските истражувања.....	29
4.2.2.Начини на истражување.....	30
4.2.2.1.Сондажни ископи.....	30
4.2.2.2.Сондажни дупчења.....	32
4.3.Испитување особини на почвата во теренски услови.....	35
4.4.Физичко-механички својства	35
4.4.1.Специфична тежина.....	36
4.4.2.Гранолометриски состав.....	36
4.4.3.Порозност.....	36
4.4.4.Влажност.....	36
4.4.5.Волуменска тежина.....	37
Запомни.....	38

Тест.....	38
5. Напрегање и деформации на почви.....	39
5.1. Видови товари и напрегања во почвата.....	39
5.1.1. Контактни напрегања.....	41
5.1.1.1. Контактни напрегања кај центрично и ексцентрично товарени темели.....	43
5.1.2. Напрегања во длабочина.....	46
5.2. Носивост и дозволена носивост на почви.....	48
5.3. Длабочина на фундарање.....	49
5.4. Најмала длабочина на фундарање.....	50
Запомни.....	52
Тест.....	52
6. Земјен притисок.....	53
6.1. Видови земјен притисок.....	54
6.2. Методи за определување на земјениот притисок.....	55
6.2.1. Кулонова теорија.....	55
6.2.2. Специјален Ранкинов случај.....	56
6.2.3. Понселетова метода.....	57
6.2.4. Кулманова теорија.....	58
Запомни.....	60
Тест.....	60
7. Подобрување на слабоносиви почви.....	61
7.1. Површинско набивање.....	61
7.2. Длабинско збивање.....	62
7.3. Нафрлан камен.....	63
7.4. Замена на слабоносивите почвени слоеви.....	64
7.5. Одводнување.....	64
7.6. Инјектирање.....	66
7.7. Хемиско зајакнување.....	66
7.8. Фундирање на колови.....	67
7.9. Фундирање на бунари.....	68
7.10. Фундирање на сандаци.....	70
7.11. Фундирање на кесони.....	71
Запомни.....	72
Тест.....	72
8. Темели и темелење.....	73
8.1. Плитки темели.....	73
8.2. Темели директно потпрени на почвена основа.....	75
8.3. Длабоки темели.....	76
8.4. Пресметување на плитски темели.....	77

8.5. Неармирани центрично товарени темели под сидови и столбови...	77
8.6. Задачи од пресметување на плитки темели.....	80
8.7. Задачи за повторување.....	82
9. Градежна јама.....	83
9.1. Градежна јама во суви и малку влажни почви.....	85
9.2. Градежна јама во почви со високо ниво на подземна вода.....	91
9.2.1. Дрвена шпундова ограда.....	92
9.2.2. Армирано-бетонска шпундова ограда.....	92
9.2.3. Челична шпундова ограда.....	93
9.3. Одводнување на градежна јама.....	93
9.4. Сnižување на нивото на подземната вода.....	94
Запомни.....	96
Тест.....	96
10. Вода потреба и средство.....	97
10.1. Закон за водите на Република Македонија и нивна заштита.....	97
10.2. Организација на Хидрометеоролошката служба.....	100
10.3. Воден биланс.....	103
Запомни.....	104
Одговори на прашањата.....	104
11. Атмосферски води.....	105
11.1. Постанок на врнежите.....	105
11.2. Кружно движење на водата.....	106
11.3. Мерење на врнежите.....	108
11.3.1. Дождомер.....	108
11.3.2. Плувиограф (омброграф).....	110
11.3.3. Тотализатор.....	111
11.3.4. Мерење на височината на снежната покривка.....	111
1.4. Распоред на врнежите.....	112
11.5. Просечни врнежи на сливна површина.....	112
11.5.1. Метода на средна аритметичка вредност.....	113
11.5.2. Метод на Тисен.....	113
11.5.3. Метод на изохиети.....	114
11.6. Статистичка обработка на мерените податоци.....	115
Запомни.....	118
Прашања.....	118
12. Површински води.....	119
12.1. Поделба на површинските води.....	119
12.2. Карактеристични елементи на водотеците.....	121
12.3. Мерење на водостојот.....	123
12.3.1. Водомерна летва.....	124

12.3.2. Лимниграф.....	125
12.4. Мерење на брзината на речните текови.....	126
12.4.1. Тела што пливаат или пливки.....	128
12.4.2. Хидрометриско крило.....	129
12.4.3. Хидрометриски цевки.....	130
12.5. Мерење на протекот.....	131
12.5.1. Хидрометриски методи за определување на протекот.....	132
12.5.2. Хидраулички методи за определување на протекот.....	134
Запомни.....	138
Прашања.....	138
13. Подземни води.....	139
13.1. Видови и потекло на подземни води.....	139
13.2. Карактеристични елементи на подземни води.....	142
13.3. Определување на количините на подземни води на одреден локалитет.....	144
13.3.1. Според количеството на инфилтрациони води.....	144
13.3.2. Според волуменот на водоносниот слој.....	144
13.3.3. Со податоци од хидрометриски мерења.....	145
13.3.4. Според штедроста на изворот.....	145
13.3.5. Според попречниот пресек на активниот водоносен слој.....	145
13.4. Потекло и видови извори.....	147
Запомни.....	150
Прашања.....	150
14. Физички својства на течностите.....	151
14.1 Општо.....	151
14.1. Густина.....	152
14.2. Специфична тежина.....	153
14.3. Стисливост еластичност на флуидите.....	153
14.4. Вискозитет.....	154
14.5. Површински напон, капиларност.....	155
Запомни.....	156
Прашања.....	156
15. Мирување на течностите.....	157
15.1. Хидростатички притисок и негови особини.....	157
15.2. Основна равенка на хидростатички притисок.....	161
15.3. Примена на равенката на хидростатиката.....	162
15.4. Дијаграм на хидростатички притисок.....	164
15.5. Сила на хидростатички притисок.....	168
15.5.1. Сила на хидростатички притисок врз не потопена површина.....	168
15.5.2. Сила на хидростатички притисок врз потопена површина.....	171
15.5.3. Сила на хидростатички притисок на дно.....	174

15.7.Примери.....	177
15.8.Задачи за повторување.....	182
16.Движење на водата.....	183
16.1.Основни движења на течностите.....	183
16.2.Елементи на водениот тек.....	186
16.3.Основни закони на динамиката на течностите.....	190
16.3.1.Бернулиева равенка за реална течност.....	190
16.3.2 Равенка на континуитет.....	193
16.3.3.Шезиева равенка.....	194
16.3.4.Видови отпори.....	196
16.4.Примери за стационарно движење на течностите.....	198
16.4.1. Стационарно движење на течности во отворени корита.....	189
16.4.2.основна равенка за стационарно движење на течности во цилиндрична цевка.....	199
Запомни.....	202
Прашања.....	202
17.Режим на движење на флуидите.....	203
17.1 Општо.....	203
17.2.Димензионирање на отворени и затворени текови со рамномерен режим на течење.....	204
17.2.1.Димензионирање на корита рамномерен режим на течење.....	204
17.2.Димензионирање на канали со затворен напречен пресек.....	209
17.3.Истекување низ отвори и насадоци.....	210
17.3.1.Истекување низ мал отвор.....	210
17.3.2. Истекување низ голем отвор.....	213
17.3.3. Истекување низ насадоци.....	213
17.4.Прелевници.....	214
Запомни.....	218
Прашања.....	218
Литература.....	219

ПРЕДГОВОР

Предметот Основи на геотехника и хидротехника, за образовниот профил градежен техничар во втора година, од градежно геодетката струка, е со наставен план и програма за механика на почви, фундурирање, хидрологија, хидростатика и хидраулика. Ова се всушност две различни научни дисциплини, но меѓусебно зависни и поврзани па така често се надополнуваат.

Основи на геотехника е наука која ја проучува механичките карактеристики на почвите, било тие почви да служат како подлога на кои ќе се потпираат, односно фундираат објектите, или пак почвите ќе служат како градежни материјали од кој ќе се градат некои видови објекти.

Учебникот ги опфаќа темите од геотехника за Земјата - настанок и градба; карпите и почвите - видови, физичко-механички особини и основа за темелење; состојбата на напрегање и деформации во почвите; градежна јама со плитки и длабоки темели.

Темелите на сите градежни објекти се наоѓаат во најразлични теренски услови, а притоа треба да се постигне стабилност и сигурност на објектот. Заради тоа фундирањето се занимава со проучување на проблемите при проектирање, градење и експлоатација на темелите потпрени во почвената основа.

Многу темели на објекти се градат во вода. Водата како појава се среќава насекаде па и во празнините на почвата. Но водата е и средство за работа, бидејќи е составен дел на многу градежни материјали.

Темите од хидротехника се основа за понатаможно изучување на хидротехничките објекти. Тоа се сите видови води во природата (атмосферски, површински и подземни), нивно мерење и пресметување. Сето тоа под заштита на Законот за води на Р Македонија. Атмосферските, површински и подземни води (појава, режим, количество и сл.) се интерес на хидрологијата. За појавата и следење во времето на овие води во нашата држава се грижи Управата за хидрометеоролошки работи – УХМР.

Законитостите кои владеат во водата кога мирува или се движи (тече) во објектите ги проучува хидрауликата. Поаѓајќи од основните равенки (енергетска и непрекинатост) се режаваат проблемите во хидротехниката.

Некои елементи од темите се во запомни, а утврдувањето на знаењето во тестото за самооценување.

Во учебникот покрај наставните содржини има задачи, за определување на напрегања во почвата под темелите и нивно димензионирање; задачи од хидростатика и хидродинамика.

Благодарност до рецензентите, лекторот и сите што допринесоа да се појави овој учебник.

Скопје, 2010

авторите



1. ЗЕМЈИНАТА КОРА КАКО ОСНОВА ЗА ТЕМЕЛЕЊЕ НА ОБЈЕКТИТЕ

Земјината кора како основа за темелење на објектите, претставена преку карпите и почвите, како и секое друго тело се деформира под влијание на надворешните товари. Деформациите на почвата се одразуваат на конструкцијата изградена врз неа. Тоа значи дека почвата како основа треба да се третира како составен дел на конструкцијата.

Почвата под објектот, која ги прима товарите од него, претставува темел врз кој се фундира објектот. Товарите од објектот предизвикуваат напрегање во почвата. Тие напрегања се поголеми во точките поблиски до темелите на објектот, а помали во подалечните точки. Јакосните и деформациските карактеристики на разни места од почвениот полупростор под објектот, најчесто се различни. Причина за оваа појава е хетерогената градба на почвата. Градбата на почвата зависи од геолошките услови и процеси при нејзиното долготрајно формирање.

Искористувањето на карпите како природен градежен материјал, односно карпестите маси како средство за изведување на градежните работи или како темел за најразновидните објекти се појавува уште во предисториско време.

Почвите се формираат со физичко и хемиско распаѓање на карпите. Физички фактори се: земјотресите, температурата, вегетацијата, влијанието на водата, ветрот и сл. Хемиско распаѓање на карпите предизвикува оксидацијата, карбонизацијата, хидратацијата и десиликатицијата.

1.1.ВИДОВИ ПОДЛОГИ ЗА ФУНДИРАЊЕ НА ОБЈЕКТИТЕ

Земјината подлога, од аспект на фундирање на објектите, може да се подели на две основни групи:

- А. природни;
- Б. вештачки или насипани подлоги.

А. Природни подлоги се:

- 1. карпите:
 - а. монолитни;
 - б. испукани;

в. трошни;

2. неврзани-некохерентни подлоги;

а. камени дробини;

б. чакал, кој може да биде:

- крупен, чии зрна се со големина од 20 до 60 *mm*;
- среден, чии зрна се со големина од 6 до 20 *mm*;
- ситен, чии зрна се со големина од 2 до 6 *mm*;

в. песок, кој може да биде:

- крупен, со зрна од 0,6 до 2 *mm*;
- среден, со зрна од 0,2 до 2 *mm*;
- ситен, со зрна од 0,06 до 0,2 *mm*;

3. врзани (кохерентни) подлоги во кои спаѓаат:

а. прав;

б. глина;

4. особени подлоги во кои спаѓаат:

а. лес;

б. тиња, тресет и хумус.

Б. Вештачките (насипани) подлоги можат да бидат:

1. хомогени;

2. нехомогени.

1.2. ОПШТИ ОСОБИНИ НА КАРПИТЕ И ПОЧВИТЕ ОД АСПЕКТ НА ФУНДИРАЊЕ

Сите видови почви не се соодветни за фундамирање во секој случај и за секаков објект. Секоја почва има свои различни карактеристики, кои ја ставаат во *поволна*, *помалку поволна* или *неповолна* средина за фундамирање, а со тоа и за градење градежни објекти.

Карпестата основа е најдобра основа за градење на објектите. Карпите претставуваат нестисливи основи (не се дефомираат), но ретко се сретнуваат многу здрави и монолитни. Тие најчесто се испукани и искршени. Носивоста на карпите со слој дебел над 3*m* е од 2000 до 3000*kPa*, па и повеќе.

Карпестата основа како област се изучува во посебна научна дисциплина – механика на карпи.

Неврзаните, некохерентни почви претставуваат добра основа за градење кога се во збиена состојба и кога не постои опасност од миене

(плакнење). Овие почви се изразито водопрпустни, па поради нивните физичко-механички особини, е отежнат ископот на подлабоки градежни јами. Бидејќи неврзаните почви се водозаситени, водата треба да се отстрани за непречено извршување на градежните работи:

- со директно црпење на водата од темелната јама;
- со помош на депресирани бунари (филтер цевки), кои се поставуваат околу јамата од каде се црпи водата сè до снижување на ниво под дното на јамата и така да се создадат услови за фундирање на суво.

Во однос на влажноста, неврзаните почви се од малку влажни до заситени со вода. Збиеноста на почвите се движи од растресити до збиени. Збиеноста на неврзаните почви се одредува со релативна збиеност, преку формулата:

$$D = \frac{e_0 - e}{e_0 - e_m}$$

Каде:

e_0 - коефициент на порозност во најрастресита состојба;

e - коефициент на порозност во природна состојба;

e_m - коефициент на порозност во најзбиена состојба.

Според релативната збиеност D , неврзаните почви се делат на четири групи и тоа:

- растресити, D е од 0 до 0,35
- средно збиени, D е од 0,35 до 0,65
- збиени, D е од 0,65 до 0,85
- многу збиени, D е од 0,85 до 1,1

Врзаните (кохерентни) почви се слабо водопрпустни и многу порозни. Товарот кој се нанесува над нив во почеток ја прима водата во празнините меѓу скелетот на почвата. Под дејство на притисокот, водата се филтрира надвор од зоната на делување на товарот, така што целиот товар го прима минералниот скелет на почвата. Овој процес се нарекува *консолидација*. Времето на консолидација е различно и зависи од филтрационите својства на почвата.

Една од карактеристиките на глините е осетливоста S , која претставува однос помеѓу јакоста на притисоките на непореметен и пореметен примерок. Според ова, извршена е следната поделба на глините:

- малку осетливи, со S од 1 до 2;
- средно осетливи, со S од 2 до 4;

- многу осетливи, со S од 4 до 8;
- преосетливи, со $S > 8$.

Носивоста на врзаните, кохерентните почви, зависи од конзистентната состојба. Ако овие почви се во тврда конзистентна состојба, тогаш имаат солидна носивост, а ако се во пластична или течна конзистентна состојба, тогаш тие имаат мала или сосема мала носивост. Заради тоа, таквите почви треба да се штитат од допир со вода. И кај овие почви, носивоста се пресметува врз основа на карактеристиките на почвата и видот на фундаментите.

Лесот се одликува со голема порозност и со големи сталожувања при неговото намокрување со вода, кое се јавува поради рушење на неговата ќелиска структура при влажнењето. Ова сталожување на лесот е познато како пропаѓање или седнување.

Со оглед на тоа, дека лесот при првиот контакт со водата пропаѓа, водозаситените лесовити почви практично не пропаѓаат, бидејќи тој процес е завршен.

При градење на лес, потребно е преземање на сите нужни мерки за отстранување на сите фактори кои можат да предизвикаат пропаѓање. Носивоста на лесот во слој дебел од 3 до 5m е од 300-500kPa.

Тињата (милот), тресетот и хумусот се почви во кои не се врши директно фундаирање на објекти. Ако треба да се гради на места со вакви почви, тогаш тие се отстрануваат и на нивно место се насипува некохерентен почвен материјал, врз кој се градат објектите.

Вештачки насипаните хомогени почви се изработени од еднороден земјен материјал и практично се однесуваат како природни хомогени почви, па може и уште подобро, бидејќи при насипувањето се набиваат.

Вештачки насипаните нехомогени почви се изработуваат од разни земјени материјали во поедини слоеви. Овие почви, исто така, се третираат како поволни за фундаирање.

При фундаирање на вештачки насипани почви треба да се внимава да не е создаден почвен отпад од депонирање на различни земјени материјали без набивање. Таквите почви (депонии) секогаш се со сомнителен квалитет, а најчесто неупотребливи за фундаирање на објекти во нив.

Основи на геотехника и хидротехника

За точно утврдување на поволноста на почвите за фундаирање, се спроведуваат одреден број и вид теренски и лабораториски испитувања, со кои точно се утврдуваат карактеристиките на почвените слоеви.

Запомни

Основна цел на геотехниката е да се дефинира интеракцијата на природната геолошка средина и инженерската дејност.

Поаѓајќи од основните равенки (енергетска и непрекинатост) се решаваат голем број проблеми во хидротехниката.

Почвата под објектот, која ги прима товарите од него, претставува темелна основа врз која се фундаира објектот. Товарите од објектот предизвикуваат напрегање во почвата. Тие напрегања се поголеми во точките поблиски до темелите на објектот, а помали во подалечните точки.

Тињата (милот), тресетот и хумусот се почви во кои не се врши директно фундаирање на објекти.

Со вештачки насипаните почви треба да се внимава, да не е создаден почвен отпад од депонирање на различни земјени материјали без набивање. Таквите почви (депонии) секогаш се со сомнителен квалитет, а најчесто неупотребливи за фундаирање на објекти во нив.

Тест за самооценување

1. Врзаните (кохерентни) почви се: 2
а) слабо водопрпусни;
б) многу порозни.

2. На колку групи се делат неврзаните почви според релативната збиеност D? 1
а) четири групи;
б) пет групи.

3. Која основа е најдобра основа за градење на објектите? 1
а) лес;
б) карпеста;
в) глина.

2. ОПШТИ ГЕОЛОШКИ СВОЈСТВА НА ЗЕМЈАТА И ЗЕМЈИНАТА КОРА

2.1. НАСТАНОК НА ЗЕМЈАТА

Прашањата поврзани со настанувањето на Земјата и на Сончевиот планетарен систем сè уште се во сферата на хипотезите (претпоставките). Меѓутоа, многубројните заеднички карактеристики на Сончевиот систем, пред сè заемните врски и елементарен состав на: Земјата, Сонцето, планетите и другите пратечки тела, укажуваат на нивно заедничко потекло.

Според досегашните сознанија, Сончевиот систем започнал да се оформува во вселената пред околу 4,8 - 5 милјарди години. Постојат повеќе хипотези за начинот на настанокот на Земјата и на Сончевиот систем. Покрај одредени факти кои можат да се аргументираат, овие хипотези се разработени и врз повеќе претпоставки. Претпоставките во различните хипотези значително се разликуваат, а може и дијаметрално да се спротивни. Сегашен изглед на Земјата, (слика 2.1).



Сл.2.1. Земјата снимена од вселенскиот брод Аполо 17

Сите постоечки хипотези можат грубо да се класифицираат во неколку групи, а за илустрација ќе спомнеме една од нив.

Првата група хипотези, настанокот на Сончевиот систем и Земјата го објаснуваат со појава на една огромна маглина (прамаглина), од која под дејство на ротација и на центрифугалната сила со одвојување на периферните делови се оформиле денешните планети.

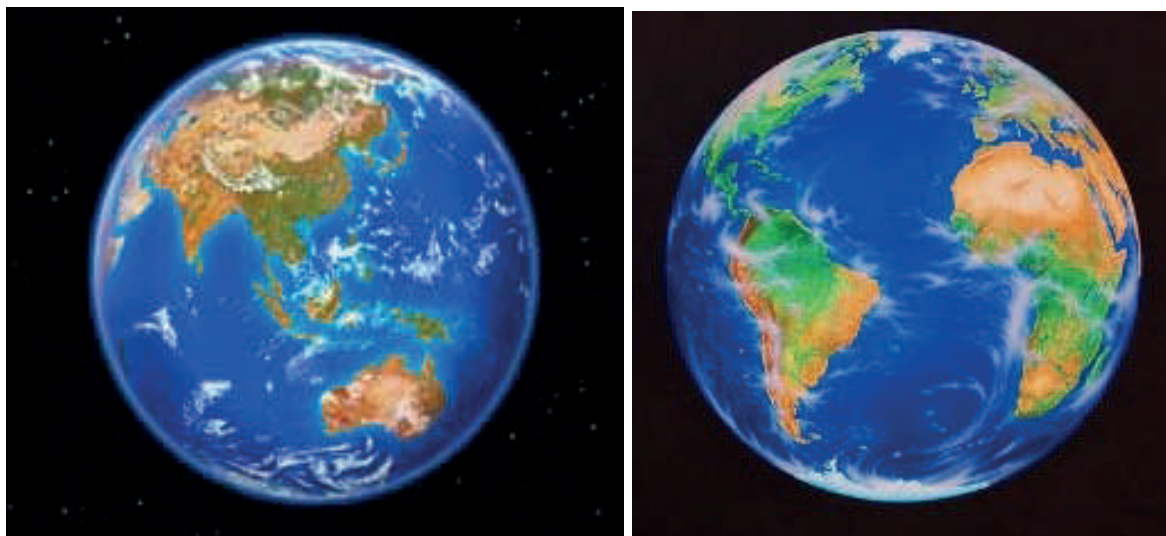
Некои автори сметаат дека маглината била во усвитена состојба, по што планетите се ладеле.

Други, пак, сметаат дека маглината била во ладна состојба, а планетите подоцна, поради внатрешните процеси, ја зголемиле својата топлина и во својата внатрешност оформиле дури и вжештени зони. Главни застапници на ваквиот приод за настанокот на Сончевиот систем и на Земјата се германскиот филозоф Е. Кант (174 -1804) и францускиот математичар П. Лаплас (1749 - 1827).

2.2.ФОРМА И ДИМЕНЗИИ НА ЗЕМЈАТА

По својата форма, Земјата е најблиска до малку сплесната топка која се нарекува ротационен елипсоид (слика 2.2). Кај ротациониот елипсоид заради ротацијата, радиусот на екваторот е за околу 21,5 km подолг од радиусот на половите. Според податоците на Меѓународната комисија задолжена за дефинирање на формата на Земјата од 1924 година, најкарактеристични се следните димензии :

- радиус на екваторот околу 6737,338 m;
- радиус на половите околу 6356,911 m
- површина на Земјиниот елипсоид 510100,937km²;
- волумен на Земјата 1 083 819 780,000 km³.



Сл.2.2 Планета Земја, источна и западна хемисфера

Земјата има доста нерамнини на површината (релјеф), поради што отстапува од идеалната форма на елипсоид. Највисоките возвишенија на континентите достигнуваат височини за околу 8,8 километри над морето, а најдлабоките океански вдлабнатини до околу 11 километри. Доколку идеално замисленото ниво на површините на сите мориња и океани се прошират и преку континентите, би се добила посебна форма, форма на елипсоидното тело на Земјата. Ова тело е наречено геоид (гео-земја, еидос-форма). На геоидот секое нишало, без разлика каде се наоѓа, би зазелo вертикална положба во однос на неговата површина.

Релјефот на Земјата низ долгата геолошка историја, па и во денешни дни постојано се менувал под влијание на внатрешните (ендогени) и надворешни (егзогени) сили. Овие сили потекнуваат од: космичките сили, магматските движења, вулканските ерупции, тектонските пореметувања, промени во однос на континенталните маси, влијание на атмосферските фактори (движење на водените и на воздушните маси, на температурните промени) и друго.

2.3. ГРАДБА НА ЗЕМЈАТА

Без оглед на начинот на настанок на Земјата како планетоидно тело, нејзината денешна градба е резултат на сложените процеси кои се одвивале во текот на неколкуте милјарди години. Овие процеси се одвивале во внатрешноста и на површината на Земјата. Важно е да се спомне дека градбата на Земјата во подлабоките делови не може директно да се набљудува.

Засега, *директни набљудувања* човекот може да врши во длабочина од 3250 m во рудникот на злато Ранбине во Јужна Африка. Со истражените и експлоатационските дупчења за нафта е достигната длабина од 7 до 8 km. Постојат податоци дека најдлабоката дупнатина е издупчена на полуостровот Кола во Русија со длабина од 12,26 km. Со природните геолошки процеси на одделни места се откриени профили на земја со длабини и од 10 до 15 km. Ваквите отворени профили се резултат на ерозија на теренот, тектонските движења и друго. Меѓутоа, сите овие длабини не претставуваат ниту 0,3 % од Земјиниот радиус. Затоа, податоците за составот, својствата и склопот за подлабоките делови на Земјата, се добиени на индиректен начин. За таа цел се применувани многу сложени геофизички, сеизмолошки, астрономски и геохемиски испитувања. Резултатите од ваквите испитувања укажуваат дека Земјата нема еднородна (хомогена), туку исклучително нееднородна (хетерогена) градба.

Вкупната маса на Земјата изнесува околу $5,98 \times 10^{22}$ тона. Познаваќи го волуменот на Земјата, може да се определи нејзината средна густина од околу $55,2 \text{ kN/m}^3$ ($5,52 \text{ g/cm}^3$). Густината на материјалите, кои најчесто се застапени во нејзините површински делови кои се достапни за непосредни изучувања, изнесува околу 27 kN/m^3 . Ова укажува дека карпите на површината имаат значително помала густина од средната вредност. Од ова следи дека внатрешните делови на Земјата се составени од материји чија густина (специфична маса) е значително поголема од $55,2 \text{ kN/m}^3$.

При проучувања на градбата на Земјата значителен придонес даваат посредните *геофизички сеизмички испитувања*. Со нив се дефинира брзината на простирање на сеизмичките бранови, кои се делат главно на т.н. надолжни (лонгитудинални) и напречни (трансверзални) бранови. Познато е дека сеизмичките бранови се движат со различни брзини низ различни материји. Нивната големина зависи од густината и еластичните карактеристики на средината низ која поминуваат. Со сеизмичките истражувања е докажано дека на поедини длабини доаѓа до остра скоковита промена (прекршување) во брзината на простирањето кај сеизмичките бранови. Зоните на остро прекршување се наречени дисконтинуитет или прекршни површини. Од површината на Земјата до нејзиниот центар се констатирани повеќе дисконтинуитети со различен степен на прекршувањето и на промената на брзината на брановите. Дисконтинуитетите се наречени според авторите кои ги откриле, а очигледно е дека надолжните бранови поминуваат низ сите делови на Земјата и се движат со поголема брзина од напречните за околу 1,7 пати. Напречните бранови скршнуваат на границата на јадрото и не проаѓаат низ него.

За првпат во светот од страна на хрватскиот геофизичар Андрија Мохоровичиќ (1909) во близина на Загреб е откриен значаен дисконтинуитет во длабина од околу 60 km. На оваа длабина, брзината на простирање на сеизмичките бранови прави скоковит преод од околу 8 km/s, на преку 9-10 km/s. Според авторот, овој се нарекува Мохоровичиќев дисконтинуитет, или скратено Мохо-дисконтинуитет. Во оваа зона е повлечена граница помеѓу Земјината кора и мантијата кои се во глобални геосфери.

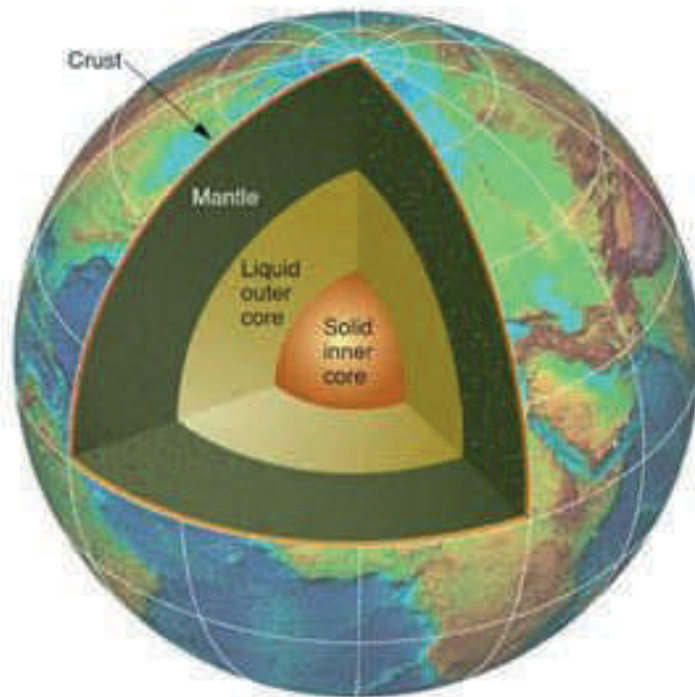
Значаен дисконтинуитет се јавува на длабина од 2900 km, кој е наречен Гутенбергов дисконтинуитет. Овде е повлечена граница меѓу мантијата и Земјиното јадро.

Со геофизичките истражувања подоцна се утврдени и други дисконтинуитети како Лемановиот дисконтинуитет. Ова е потврда дека Земјата во внатрешноста има нееднаков состав, својства и агрегатна состојба во поедини зони.

Со спојување на податоците од другите истражувања подоцна е утврдено зголемување на температурата, густината и притисокот со длабина, така што е извршена поделба на Земјата во таканаречени сфери, односно геосфери. Поради недостапноста за непосредни изучувања на внатрешноста на Земјата, разбирливо е што при издвојувањето се тргнува од одредени претпоставки.

Според современиот модел за градба на Земјата, таа е составена од три основни геосфери (слика 2.3), кои лежат непосредно една преку друга и тоа:

- надворешна геосфера (земјина кора - Crust);
- средишна геосфера (обвивка или мантија - Mantle);
- внатрешна геосфера (земјино јадро -Liquid outer core и Solid inner core).



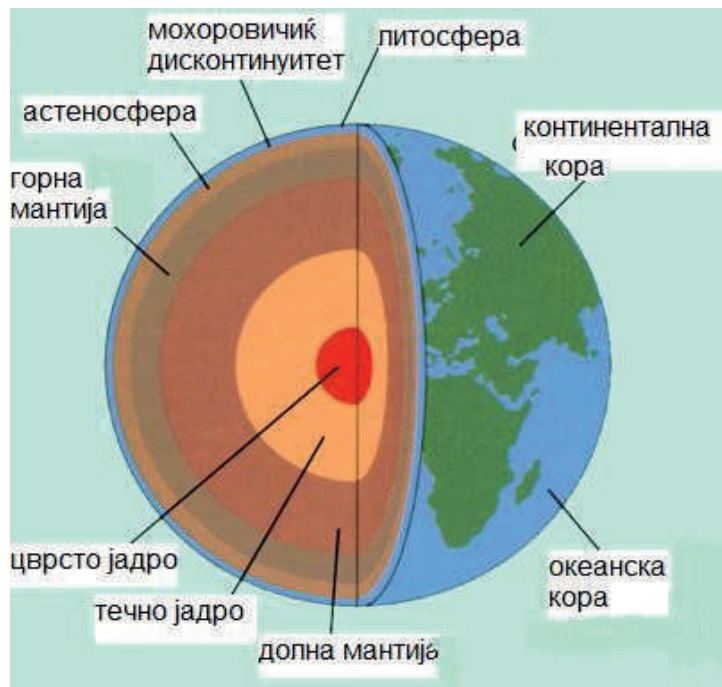
Сл. 2.3. Градба на Земјата – геосфери (надворешна, средишна и внатрешна)

Во науката се јавуваат различни мислења околу составот на одделните геосфери и во поглед на расчленувањето на средната геосфера (мантија), додека границите помеѓу нив се релативно јасно дефинирани.

Земјиното јадро (барисфера) го зафаќа централниот дел од Земјата во длабина од 2900 km до 6371 km. Се претпоставува дека е составено претежно од железо (Fe) и никел (Ni). Затоа скратено се нарекува и Ni Fe - зона. Застапени се и кобалт, хром и други тешки елементи. Густината на материјата

се движи околу 100 kN/m^3 кај надворешното јадро, па сè до 122 kN/m^3 во внатрешното јадро. Во оваа зона владеат и исклучително зголемени притисоци и високи температури. Притисоците се движат помеѓу $2 \times 10 \text{ MN/m}^2$ до $3 \times 10 \text{ MN/m}^2$. За материјата во надворешното јадро се претпоставува дека се наоѓа во специфична течна состојба. Внатрешното јадро заради високите притисоци и температури е во специфична цврста состојба. Брзината на движење на надолжните бранови во внатрешното јадро е блиско до она на цврсти тела.

Средната геосфера се нарекува мантија, (слика 2.4) и го зафаќа делот на Земјата од Мохо-дисконтинуитет сè до 2900 km. Надворешните граници на мантијата се релативно јасно дефинирани со споменатите дисконтинуитети, но нејзината внатрешност во поедини зони покажува видни разлики во: составот, густината, температурата, притисоците и физичката состојба на материјата.



Сл. 3.3. Средна геосфера: литосфера; мохо-дисконтинуитет; астеносфера; горна мантија; долна мантија

Најчесто мантијата се дели на три дела, односно: горна, средна и долна мантија. Материјата на обвивката во најголем дел се наоѓа во пивтиесто-течна состојба, а е составена од феро-магнезиски (Fe-Mg) силикати, кои ги градат ултрабазичните магматски карпи - перидотити. Затоа, горната обвивка некои автори ја нарекуваат и перидотитска обвивка. Кај средната обвивка се застапени оксиди на: железо, магнезиум, калциум, а во долната обвивка

оксиди, каде преовладува железото. Густината се зголемува од 33 kN/m^3 на Мохо-површината, до 60 kN/m^3 на границата со јадрото. Притисоците се движат од 5×10 до $1.5 \times 10 \text{ kN/m}^2$. Горната обвивка се дели на цврст дел кој влегува во градбата на литосферата и пластичен, слабо вискозен слој кој релативно лесно се деформира и кој се нарекува и астеносфера.

Земјината кора всушност ја претставува надворешната цврста карпеста геосфера. Сите геолошки, инженерско-геолошки процеси, појави, сета градежна и друга инженерска дејност, се поврзани за површинската зона на Земјината кора. Нејзината средна дебелина е 32 km , при што на континентите варира од 20 до 80 km , а во океаните од 5 до 15 km . Заедно со цврстиот дел од горната обвивка ја гради литосферата. Според составот и физичките својства во рамките на Земјината кора се издвојуваат три типа, и тоа: континентален, преоден и океански тип кора.

Континенталниот тип се состои од седиментни, гранитни и базалтни слоеви.

Седиментниот слој е составен од седиментни и нискометаморфни карпи со максимална дебелина од 10 до 15 km . Во гранитниот слој се застапени кристалести шкрилци и гранит. Неговата дебелина е главно од 30 до 40 km , при што најголеми дебелини се забележуваат во младите набрани планински масиви. Од хемиски аспект, главните состојки се алумосиликатите по кои и го добил името сиал (Si-Al).

Врз основа на многубројните податоци од геохемиските анализи поврзани со истражувањата на Земјината кора и на горниот дел од обвивката, можно е приближно да се даде хемискиот состав на литосферата и на Земјата во целина. За дефинирање на хемискиот состав се вршат и споредби на составот на Земјата со метеорите. Според рускиот геохемичар А. Е. Ферсман, во составот на горниот дел на Земјината кора со 97% влегуваат само осум елементи (кислород 47% ; силициум 28% ; алуминиум 8% ; железо $4,5\%$; калциум $3,5\%$; натриум $2,5\%$; калиум $2,5\%$; магнезиум $2,2\%$). Во целокупната Земјина маса само девет елементи учествуваат со 99% (железо $32,1\%$; кислород $30,1\%$; силициум $15,1\%$; магнезиум $13,9\%$; сулфур $2,9\%$; никел $1,8\%$; калциум $1,5\%$; алуминиум $1,4\%$).

Запомни:

*Првата група хипотези, настанокот на Сончевиот систем и Земјата го објаснуваат со појава на една огромна маглина (прамаглина), од која под дејство на ротација и на центрифугалната сила со одвојување на периферните делови се оформиле денешните планети.

*Според податоците на Меѓународната комисија задолжена за дефинирање на формата на Земјата од 1924 година, најкарактеристични се следните димензии: :

- радиус на екваторот околу 6737,338 m;
- радиус на половите околу 6356,911 m;
- површина на Земјиниот елипсоид 510100,937km²;
- волумен на Земјата 1 083 819 780,000 km³.

*Сите геолошки, инженерско-геолошки процеси, појави, сета градежна и друга инженерска дејност, се поврзани за површинската зона на Земјината кора.

Тест за самооценување

1. Како се нарекува централниот дел на Земјата? ┌

- а).....
- б).....

2. Дупнатината издупчена на полуостровот Кола во Русија е со длабина: ┌

- а) од 12,26 km;
- б) од 8,8 km;
- в) околу 11 km.

3. Како се нарекува откритието на хрватскиот геофизичар Андрија Мохоровичиќ? ┌

- а) *Мохо-дисконтинуитет*;
- б) *Мохо-континуитет*.

4. Континентлниот тип на Земјината кора се состои од слоевите: ┌

- а) *седиментни*;
- б) *гранитни*;
- в) *базалтни*.

3. КАРПИ И ПОЧВИ

3.1 ПОИМ ЗА КАРПЕСТА МАСА, КАРПА, КАМЕН И ПОЧВА

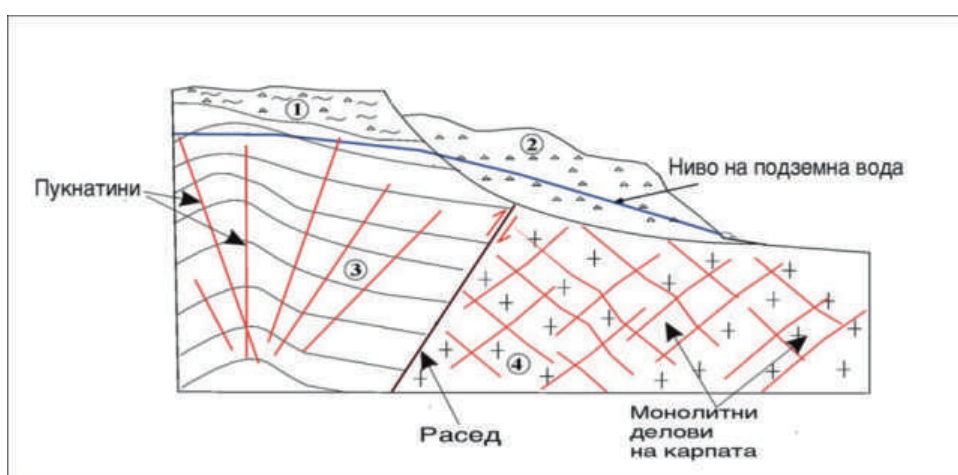
Во механиката на карпи, мошне е значајно да се има предвид реалната состојба на карпестите маси во склоп на теренот. За оваа цел е потребно јасно определување на поимите: терен, карпеста маса, карпест масив, карпа, камен и почва (градежна почва). Овие поими во практиката често се мешаат или се употребуваат како синоними, но кога природните геолошки материјали се третираат од физичко-механички аспект, треба да се прави јасна разлика меѓу нив.

Во општата геологија под поим карпа се подразбираат сите природни материјали кои ја сочинуваат Земјината кора. Со ова име се нарекуваат сите цврсто сврзани, слабоврзани и неврзани материјали.

Меѓутоа, во инженерството (градежништвото) е вообичаено под поимот карпа да се подразбираат само цврсто сврзаните карпи, додека слабоврзаните и неврзаните материјали се именуваат како почва (односно, градежна почва). Со терминот градежна почва се прави разлика од земјоделската обработлива почва. Исто така, јасна е разликата меѓу поимите карпа (примерок, монолит) и карпест масив.

Под поимот *карпа* или *монолит*, се подразбира изолирано парче на карпата кој уште се нарекува монолит (анг. Intact Rock). Монолит е петрографски најчесто хомогена маса составена од иста група минерали, без некои видни дефекти.

Под поимот *карпеста маса – масив* (анг. Rock Mass) се подразбира дел од теренот со сите својства и состојби во склоп на теренот (слика 3.1).



Сл. 3.1. Шема на карпест масив: 1 до 4 - различни петролошки видови карпи (1. делувииум; 2. свлечиште; 3. набрани шкрилци; 4. гранит во тектонски контакт со шкрилците).

Карпестиот масив може да се карактеризира со појава на раседи, подземна вода, пукнатини и сл. Тој се состои од повеќе петролошки видови карпи со различно потекло и налегнување, различен историски развиток, различни инженерско-геолошки својства во различни делови на карпестата маса и др. По правило карпестата маса е хетерогена, анизотропна, природно напрегната и испукана маса.

За карпестата маса генерално не можат да важат законите на механиката на континуум, туку законите кои се засноваат на претпоставки на дисконтинуум (прекинатост) на средината. Според тоа, законитостите кои важат за механичкото однесување на почвите, како и за карпата-монолит, не можат директно да се пренесуваат за цел карпест масив.

Кога се разгледува од аспект на интеракција со инженерските објекти, карпестата маса не мора да се поврзува за некоја географска или тектонска единица. Во ваков случај, под овој поим се подразбира одреден волумен на карпестата маса кој е мерлив со димензиите на објектот и ангажираната зона под и околу објектот. Под ангажирана зона или зона на интеракција се подразбира дел од карпестата маса во која се апсорбираат 80-90% од сите напони и деформации предизвикани со приложениот товар или инженерските интервенции (ископ, насипување и слично).

За однесувањето на теренот при оптоварување, ископ или друга инженерска интервенција, значајни се поголем број на т.н. физичко-структурни својства како хомогеноста, анизотропијата, испуканоста и природната напонска состојба. Од нив зависат речиси сите останати физички, механички и технолошки својства на карпите.

3.2. ХОМОГЕНОСТ И ХЕТЕРОГЕНОСТ НА КАРПЕСТИТЕ МАСИ

Хомогеноста, односно хетерогеноста на карпите е својство кое го дефинира начинот на нивната градба. По дефиниција хомогено е она техничко или геолошко тело, кое во сите свои делови е изградено на ист начин, односно сите негови физичко-механички својства се еднакви во секоја негова точка. Во спротивно, телото е нехомогено, односно хетерогено.

Речиси по правило карпестиот масив е хетероген. Неговата хетерогеност е условена од низа фактори, меѓу кои најчести се:

- хетерогеност на составот и физичката состојба која е условена од литолошките промени на карпите во масивот, карактерот на појавувањето

(масивност, слоевитост, шкрилавост, набраност и друго, различната испуканост во различните делови, зони на распаѓање, различна водопропустност и сл.);

- хетерогеност на напонската состојба, која е предизвикана со невоедначената распределба на природните напони во масивот на карпите, како и со промените на напрегањата како резултат на градежната активност (изградба на објекти, засечување на падините, подземни ископи, притисок од објектите, вештачките акумулации, промена на хидродинамичкиот режим и др.).

Поимот хомогеност или хетерогеност на карпестите маси е релативен и во основа зависи од волуменот кој се разгледува. Имено, карпестите маси се одликуваат со различни квалитативни и квантитативни својства со промена на разгледуваниот волумен. Затоа, во практиката, кај карпестите маси, од посебно значење е да се дефинира т.н. „статистичка хомогеност“ или „квазихомогеност“ (слика 3.2.).



Сл. 3.2. Карпест масив со ист петролошки состав (варовник), според испуканоста јасно се разликуваат многу испуканите и набрани квазихомогени зони I и III и послабо испуканата масивна зона II.

Под поимот квазихомогена зона се подразбира дел од карпестата маса, која во конкретен случај може да се третира како хомогена по одредено својство. Во таквите зони се очекуваат слични услови за изведба на објектот, ист начин на ископ, исто механичко однесување и др.

3.3. ПОДЕЛБА НА КАРПИТЕ СПОРЕД НАСТАНОКОТ

Првата Земјина кора била изградена само од зацврстени силикатни растопи (односно од *магматски карпи*), кои се создале со ладење и скаменување на течно -вжештените силикатни растопи и денес се наоѓаат во магма – зона, а преку некогашните и денешните вулкани избиваат на самата површина на Земјината кора. Во почеток на геолошката историја Земјината кора била многу тенка. Често била пробивана од магматските растопи. Во релјефот доминирале вулканските кратери, разновидните преломи, бразди и слично, какви што денес може денес да набљудуваат на другите планети од Сончевиот систем.

Подоцна со: пукањето, дробењето и дезинтеграцијата на првоформираните карпи, појавата на кружењето на водата во природата, формирањето на површинските текови и дејствување на другите надворешни сили, започнала да се формира и другата голема група карпи, кои се наречени *седиментни карпи*. Тие се депонират во езерата, во морињата и во другите депресији на Земјината кора. Денес, седиментните карпи на одредени места оформуваат наслаги чија дебелина изнесува десетина и повеќе километри.

Со зголемувањето на дебелината на Земјата кора и со активирањето на процесите на тектонските движења, магматските и седиментните карпи се спуштаат во подлабоки делови на Земјината кора, каде владеат зголемени притисоци и високи температури. Под дејство на зголемените притисоци и температури карпите се преобразуваат (метаморфираат), односно ги менуваат составот и структурно-текстурните својства. На овој начин е создадена третата голема група карпи, која е наречена *метаморфни карпи*.

При геотехничките истражувања за успешно дефинирање на карактеристиките на теренот и карпестите маси е неопходно познавање на голем број својства и состојби.

Состојбата на карпестата маса е објективен израз на севкупноста на сите геолошки процеси кои довеле до моменталниот изглед на теренот, но таа под одредени услови може да се промени при појава на нови термодинамички услови. Својствата на карпестите маси се запис од сите процеси во геолошката историја кои влијаеле врз нивниот состав и градба. Квантитативен израз на својствата на карпестите маси се параметрите на состојбата. Основните состојби и својства на карпестите маси се прикажани на слика 3.3:



Сл. 3.3. Приказ на основни својства и состојби на карпестите маси

3.3.1.ВИДОВИ КАРПИ

Карпите од кои се произведува градежен камен или пак се основа за темелење треба да се цврсти и неиспукани. Карпите се наоѓаат во планинските предели, често покриени со растресит земјен материјал. Експлоатирањето на карпите особено на магматските и метаморфните е од позајмишта - каменоломи (слика 3.4.) Кај нас вакви наоѓалишта има кај Гостивар, Прилеп, Кратово, со извонреден квалитет и чистота.



Сл. 3.4. Позајмиште (каменолом) за камен - мермер

Од магматските карпи се користат:

- гранитот, кој е длабинска цврста карпа составена од фелдспат, кварц и лискун. Структурата му е ситнозрна (поквалитетен) или крупнозрна (декоративен). Се применува за изградба на споменици, фасади на згради, рабници, призми и коцки за коловоз, кршен камен, толчаник и сл.;

- сиенитот, кој е длабинска цврста карпа со помалку кварц во однос на гранитот. Има структура како гранитот, но со помала цврстина. Се применува секаде како и гранитот;

- габрото, кој е длабинска карпа со малку кварц, но многу оксиди на железо, магнезиум и калциум. Добро се полира и се употребува за споменици и сите градежни работи;

- порфирите, кои се површински магматски карпи со изразена порфирна структура. Се користат во градежништвото за сообраќајници.

Од метаморфните карпи се користат:

- мермерите, кои настанале со прекристализација на седиментните карпи, и содржат главно калциум карбонат. Имаат кристално зрнеста структура и најразлични бои. Мермерот лесно се сече, мазни и полира. Во градежништвото може да се применува исто како варовникот, но има висока цена.



МЕРМЕР



ГРАНИТ



ТРАВЕРТИН



ОНИКС

Сл. 3.5. Обработен-полиран камен за обложување градежни објекти

Од седиментните карпи во градежништвото се користат:

- песочникот, кој се среќава во повеќе видови во зависност од материјалот кој ги врзува зрнцата на песочникот и составот на зрнцата (кварц и лискун). Примената му е во високоградбата;

- лапорците, кои се составени главно од варовник (50 до 80%) и глина (20 до 50%) и се основна суровина на цементот;

- варовниците, кои имаат најголем дел калциум карбонат во својот состав со разни примеси. Освен што се применуваат во високоградбата, како основа за фундирање треба добро да се испитаат и проверат.

3.4. КЛАСИФИКАЦИЈА НА ПОЧВИТЕ

Почвите ги има во разни видови и меѓу себе многу се разликуваат. Можно е исти или слични почви да имаат различни физичко-механички карактеристики, заради соодносот на зрнциата, нивната големина и форма, минеролошкото потекло и сл. Поради ова, потребна е класифиција на растреситите почви.

Најпознати системи на класификации се следните:

MIT- (Massachusetts Institute of Technology-USA);

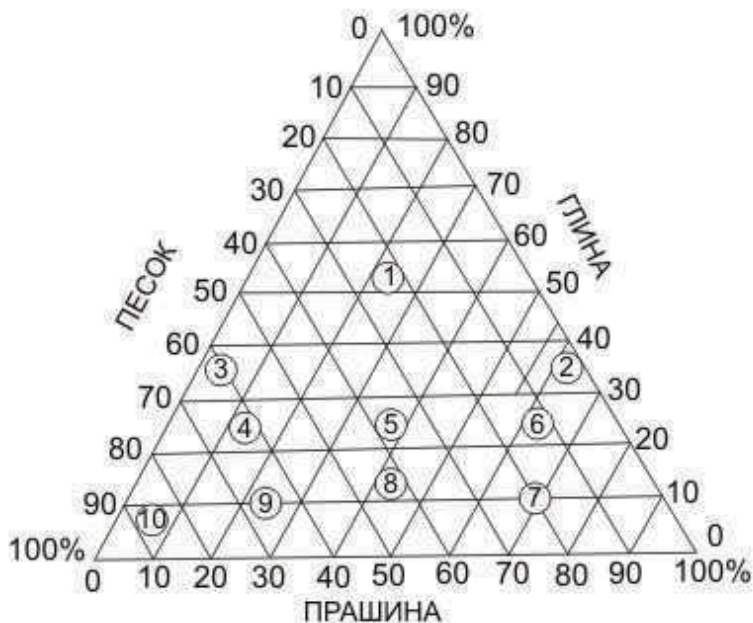
USBS-(United States Bureau of Soils);

AC-(garfield clasification Artur Cassagrande).

Класификацијата MIT е врз основа на гранолометрискиот состав. Таа почвите ги дели на пет групи:

1. дробина, со зрна поголеми од 60mm;
2. чакал, со зрна од 2 до 60mm;
3. песок, со зрна од 0,06 до 2mm;
4. прашина, со зрна од 0,002 до 0,06mm;
5. глина, со зрна помали од 0,002mm.

Класификацијата USBS , песокот, правот и глината ги класифицира во десет подгрупи, според нивното процентуално учество, прикажани во таканаречениот триаголен дијаграм, слика 3.6:



Сл.3.6 Триаголен дијаграм според *USBS* – класификацијата

1. глина;
2. правлива глина;
3. песоклива глина;
4. правлива глиновита иловица;
5. глиновита иловица;
6. песоклива глинена иловица;
7. правлива иловица;
8. иловица;
9. песоклива иловица;
10. песок.

Класификацијата AC, е општо прифатена и попозната како Единствена класификација. Според неа почвите се класифицирани во две главни групи:

1. крупнозрни (некохерентни - неврзани);
2. ситнозрни (кохерентни - врзани).

Растреситите почви се поделени на пет основни групи со соодветен симбол (првата буква од англискиот назив):

- чакал (Gravel) со симбол - G;
- песок (Sand) со симбол - S;
- прашина (Mo=Silt) со симбол - M;
- глина (Clay) со симбол - C;
- органски почви (Organic Soil) со симбол - O.

Чакалот и песокот уште се делат на шест подгрупи:

- добро гранулиран (Well) - W;
- добро гранулиран со глина (Clay) - C;
- слабо гранулиран (Poorly) - P;
- слабогранулиран со прашина (Fines, Silt) - F_s;
- слабо гранулиран со прашина (Fines, Clay) - F_c;
- еднолично гранулиран (Uniformly) – U.

Следуваат подгрупите за чакал и песок GW, GC, GP, GF_s, GF_c, SW, SC, SP, SF_s, SF_c.

Кохерентните материјали, прашина, глина и органска почва, се делат на подгрупи според пластичните карактеристики:

- ниско пластични (Low compressibility) - L;
- средно пластични (Intermediate compressibility) - I;
- високо пластични (High compressibility) - H.

Оттука и подгрупите: ML, MI, MH, CL, CI, CH, OL, OI, OH.

Тресетот (P_t) нема подгрупа.

Според погоре изложеното следува дека АС класификацијата има 22 подгрупи на почви. Бидејќи во природата почвите се мешавина од повеќе групи, тогаш во нивната класификација се пишуваат и двете (пример CL/SC ниско пластична глина со глиновит песок).

Запомни:

*Под дејство на зголемените притисоци и температури карпите се преобразуваат (метаморфираат), односно ги менуваат составот и структурно-текстурните својства. На овој начин е создадена третата голема група карпи, која е наречена метаморфни карпи.

*За карпестата маса генерално не можат да важат законите на механиката на континуум, туку законите кои се засноваат на претпоставки на дисконтинуум (прекинатост) на средината.

*Поимот хомогеност или хетерогеност на карпестите маси е релативен и во основа зависи од волуменот кој се разгледува.

*Класификацијата на почвите АС, е општо прифатена.

Тест за самооценување

1. Според настанокот карпите се: 3┐
 - а) *магматски*;
 - б) *седиментни*;
 - в) *метаморфни*.

2. Според АС класификацијата чакалот го има симболот: 1┐
 - а) *A*;
 - б) *B*;
 - в) *G*.

3. Магматски карпи се: 2┐
 - а) *гранит*;
 - б) *габро*;
 - в) *мермер*;
 - г) *варовник*.

4. ИСПИТУВАЊЕ И ИСТРАЖУВАЊЕ НА КАРПИ И ПОЧВИ

Пред да почне да се проектира еден објект, за да се добие увид во геомеханичкиот состав на теренот, се вршат испитувања на почвата. Тие испитувања (истражувања) во практиката се познати под името геомеханички истражни работи. Од истражувањата се прават извештаи, елаборати или студии, кои се користат при проектирањето и изведувањето на објектите.

Испитувањето на почвата се состои од:

- а) теренски истражувања;
- б) лабораториски испитувања.

Со *теренските истражувања* се добиваат сознанија за видот и дебелината на одделните почвени слоеви, присуство на подземни води, се земаат почвени примероци и др. Обемот и видот на теренските истражни работи зависат од видот на објектот за кој се прават, како и од карактеристиките на самиот терен.

Теренските истражувања можат да се поделат во три групи:

- претходни истражувања;
- геомеханичко сондирање на теренот;
- испитување на особините на почвата во теренски услови.

Општите услови под кои се вршат теренските истражувања се пропишани во правилник за технички нормативи за темелење на градежни објекти (службен весник бр.15 од 1990). Овој правилник е во важност кај нас и е популарно познат како Прописи за фундаирање.

Со *лабораториските испитувања* од прописите за фундаирање се определуваат следните карактеристики на почвата:

- содржина на вода на почвата МКС 012;
- специфична тежина МКС 014;
- волуменска тежина МКС 016;
- гранулометриски состав МКС 020;
- граници на пластичност МКС 024;
- стисливост (деформабилност) МКС 032;
- јакост на смолкнување МКС 028 и 029;
- содржина на органски материи МКС 024;
- содржина на карбонати МКС 026;
- оптимална влажност и збиеност МКС 038;

како и други особини предвидени со наши или странски прописи.

Условите и методологијата под кои се извршуваат испитувањата во лабора-торија, се пропишани со посебни стандарди за секој опит (испитување), познати под називот МКС, спомнати погоре за секој опит поодделно.

4.1. ПРЕТХОДНИ ИСТРАЖУВАЊА

Овие истражувања најчесто се користат за добивање општи сознанија за составот на теренот. Врз основа на нив, ќе може поточно да се предвидат деталните геомеханички истражувања, односно сондирање. Претходните истражувања може да се поделат во две групи и тоа:

- а. инженерско – геолошка проспекција;
- б. геофизички истражувања.

Инженерско – геолошка проспекција се состои во тоа што, стручни лица излегуваат на самиот терен и на геодетска ситуација ги нанесуваат сите воочени појави на теренот. Детално се разгледува теренот, се нанесуваат извори, пошуменост, падини, засечени делови и сл. Размерот на карта (ситуација) зависи од видот на објектот што треба да се гради, но подобро е да биде што покрупен.

Геофизичките истражувања служат да се добијат глобални сознанија за изграденоста на теренот по длабочина. Со овие истражувања можат да се добијат сознанија за дебелината на почвените слоеви со иста густина, присуство на подземни води, подземни денивелации на разни слоеви (раседи), длабочина на карпестиот слој и сл.

Во геофизичките истражувања најчесто се користат:

- геоелектричниот метод;
- сеизмичкиот метод;
- радиоактивниот метод.

Сите три методи се базираат на мерење на брзините на распростирање на соодветните бранови низ почвата. Брановите се емитираат од одредена точка и со апарат се примаат во други точки, при што се мери брзината на распростирањето.

Во геотехниката се развиени својствени методи на научно истражување на теренот (слика 4.1). Самиот термин „научен метод“ се однесува на соодветен воспоставен систем за запознавање на даден објект, со чија помош се овозможува собирање и анализа на потребните податоци (Е.М.Сергеев, 1984).



Сл. 4.1. Методи на истражување

4.2. ИСПИТУВАЊЕ НА КАРПИ И ПОЧВИ

4.2.1 Цел на теренските истражувања

Таму каде не постојат податоци за видот на почвата и геолошките слоеви, а со цел да се изврши правилно и рационално проектирање на темели, потребно е да се изврши сондирање. Со сондирање се одредува:

- слоевитоста на почвите;
- состојбата на подземната вода.

Почвените примероци кои се земаат при сондирање, а кои служат за добивање податоци за карактерот на почвата, можат да бидат во ненарушена и нарушена состојба.

Со оглед на тоа, дека фундирањето на објектот е многу важно прашање, прибирањето на сондажните податоци треба да го извршуваат стручни лица.

4.2.2 Начини (методи) на истражување

Постојат два начина (метода) на сондирање и тоа:

- сондажни ископи;
- сондажни дупчења.

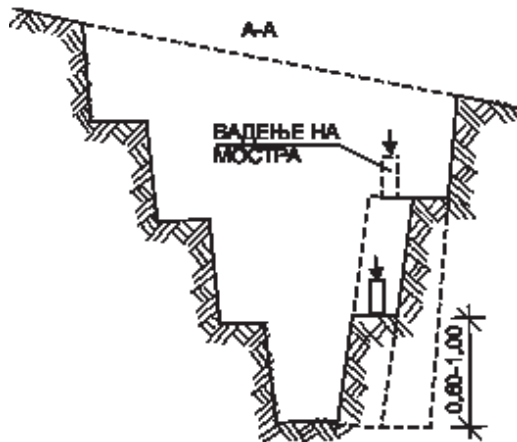
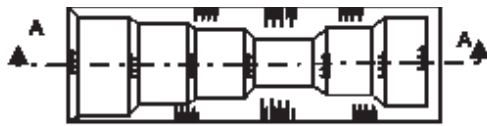
4.2.2.1 Сондажни ископи

Постојат повеќе видови сондажни ископи во зависност од видот на објектот, карактерот на теренот и за каква цел ќе се користат податоците што ќе се добијат. Според Правилникот за темелење, сондажните ископи можат да бидат :

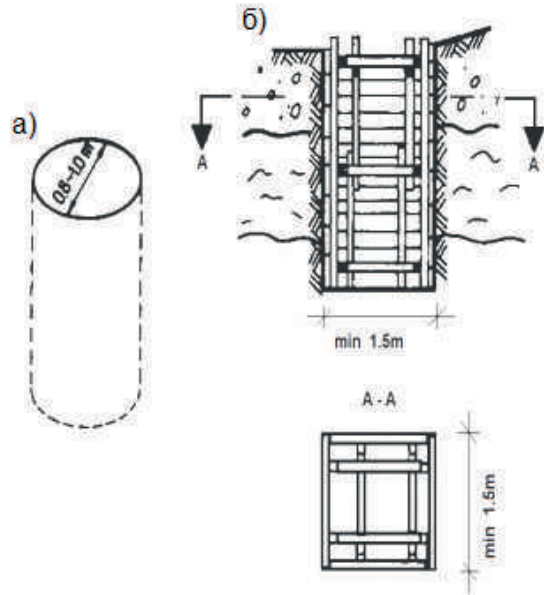
- а) сондажни истражни јами;
- б) сондажни истражни окна (бунари и галерии);
- в) сондажни истражни засеци;
- г) истражни ровови.

Сондажните јами (слика 4.2),се применуваат за објекти кои ќе пренесуваат помали товари т.е. полесни објекти. Се применуваат како за објекти од високоградбата, така и во нискоградбата. Димензиите на дното на јамата се со должина 2 m, а ширина до 1 m. Длабочината на копање на јамата е до 4 m, а тоа зависи од нивото на подземните води. Трите бочни страни на јамата се речиси вертикални, а четвртата е скалеста, за да може да се слезе и излезе во истата. Примероците од јамата се земаат ненарушени, со цилиндар, а од секој различен слој на почвата се земаат и нарушени примероци. Истражните јами најчесто се копаат машински (со багер) кога на локацијата може да се дојде со механзација.

Сондажните окна (бунари и галерии) се копаат кога треба да се испита составот и карактерот на почвата на длабочина поголема од 4 m. Формата на окната може да биде кружна со минимум дијаметар од 1m, или квадратна со минимум страна од 1m. Сондажните бунари (слика 4.3), најчесто се користат при истражување за градба на линиски објекти (патишта, канали) позајмишта на материјали за градење на насипи, брани и сл.



Сл.4.2.Јама:основа и пресек А-А



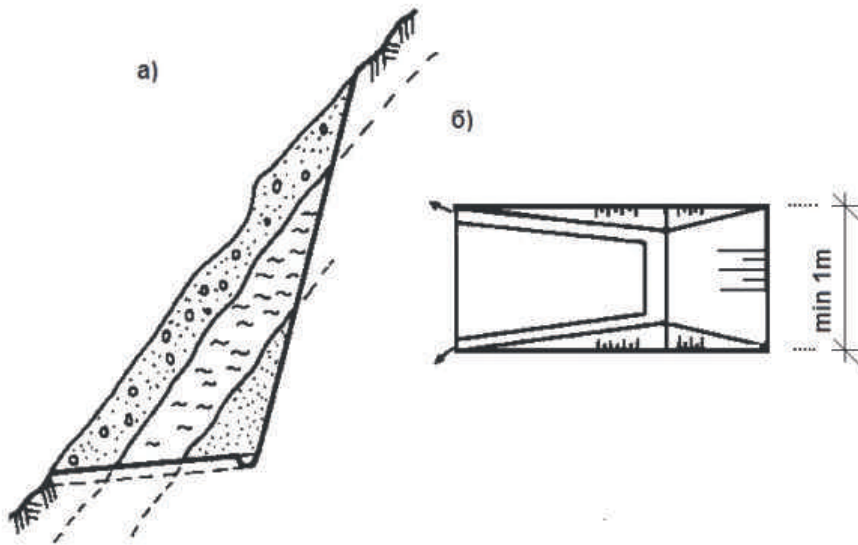
Сл.4.3.Бунар без/со подградување

Бидејќи галериите (слика4.4),најчесто навлегуваат во карпеста средина, од нив се добиваат карактеристики на камените – карпести материјали.



Сл.4.4.Истражна галерија, основа и пресек А-А

Сондажни засеци (слика 4.5), се копаат на стрмни терени. Засеците претставуваат пресеци нормални на изохипсите, со потребна длабочина Н и со ширина 1m. Засеците се користат кај сите видови објекти, кои се градат на стрмни терени. Можат да се користат и природни засеци, тогаш со минимално засечување може да се користат почвените слоеви.



Сл.4.5.Сондажен засек: а - попречен пресек; б – основа

Истражни ровови се користат на терен каде треба да се добијат поцелосни сознанија за составот на почвата, при изградба на некој објект или за самиот терен. Се копа рачно или машински со ширина од 1m и длабочина од 4 m и понапред беше кажано дека, при изведба на сондажните ископи се земаат сондажни примероци, кои можат да бидат во ненарушена состојба и нарушена состојба.

Ненарушени примероци од сондажните ископи се земаат со челичен цилиндар со дијаметар 125 mm и со висина 150 – 250 mm. Исто така, за време на ископот се земаат и нарушени примероци, од сите слоеви на земја, кои потоа се носат во лабораторија во прикладно пакување и се обработуваат во коцки или цилиндри и потоа се испитуваат.

4.2.2.2 Сондажно дупчење

Кога треба да се испитаат карактеристиките на почвата на поголема длабочина или под нивото на подземните, па и под површинските води, се применува сондажно дупчење. Дијаметарот на сондажните дупки е најмалку 89 mm. Дупчењто може да биде ударно и ротационо. Кој начин ќе се избере зависи од видот, големината и осетливоста на објектот, материјалот низ кој се дупчи и сл. Но, најчесто геомеханичките испитувања на терен се вршат исклучиво со ротационо дупчење (слика 4.6.).

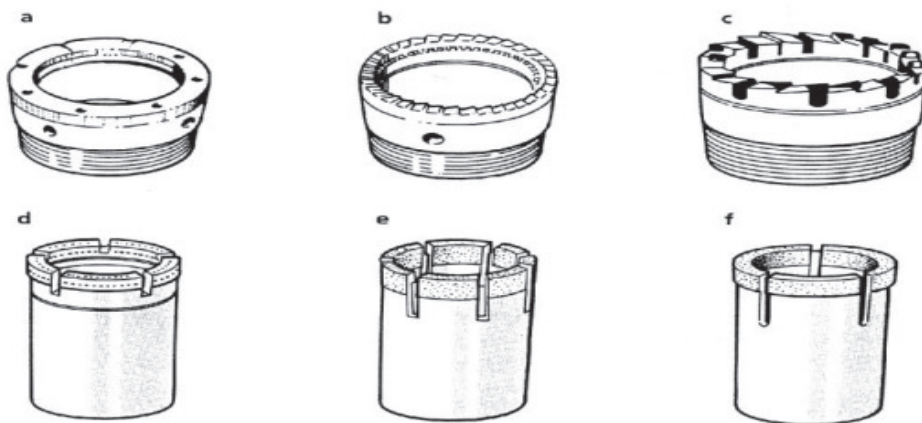


Сл.4.6. Подвижна машина за ротационо дупчење на гасеници при изведба на дупнатина за истражување на јаглен при П.К.Суводол-Битола

Ротационото дупчење може да се изведува на следните четири начина:

- а) дупчење со полна круна;
- б) дупчење со сврдел;
- в) дупчење со миење;
- г) дупчење со континуирано јадрење.

На слика 4.7. се дадени неколку видови круни.



Сл.4.7. Приказ на неколку видови круни за ротационо машинско дупчење
а-дијамантска круна, б-назабена круна, в-волфрам-карбитска круна, д-импрегнирана дијамантска круна, е- диадрил импрегнирана круна, ф-друг тип диадрил импрегнирана круна

Првите три начини на дупчење се применуваат помеѓу местата од каде се вадат ненарушени примероци. Денес, начесто се применува машинско сондажно дупчење.

Дупчалката е составена од: триножец или кула, погонски мотор и вртило со ротациона глава. Ова заедно се вика гарнитура за дупчење (слика 4.8.).



Сл. 4.8. а-Комплетен прибор за дупчење бунари, б-деталъ во зона на глава на машината и в- длето за дупчење

Вадењето на почвениот материјал се врши без претходно навлажнување, освен при дупчење на карпи, каде дупките треба да се навлажнуваат и да се чистат. Ако почвата не е цврста и при дупчење може да се одронува, се втиснуваат заштитни цевки, со дијаметар поголем за 5-10 mm од дијаметарот на сврдлото, односно круната. Во случај, во некои слоеви да има подземна вода, тогаш таа се изолира со заштитни цевки, за да не дојде во слоевите кои немаат вода.

4.3. ИСПИТУВАЊЕ НА ОСОБИНИТЕ НА ПОЧВАТА ВО ТЕРЕНСКИ УСЛОВИ

Некои особини на почвата можат да се испитуваат во теренски услови. Во практиката се применуваат следните теренски истражувања:

- а) динамичко пенетрационо сондирање;
- б) статичко пенетрационо сондирање;
- в) испитување со крилна сонда.

За *динамичко пенетрационо* сондирање не е потребна посебна опрема, бидејќи истото се прави при изведување на сондажните дупнатини.

За *статичко пенетрационо* сондирање и испитување со крилна сонда, потребна е посебна опрема – машини, апарати.

4.4. ФИЗИЧКО-МЕХАНИЧКИ СВОЈСТВА НА КАРПИТЕ И ПОЧВИТЕ

Дисперзираните почвени материјали претставуваат збир на здробени зрнца, во чии шуплини може да има вода и воздух. Овие почвени материјали битно се разликуваат од карпестите според големината на минералните зрнца, нивниот меѓусебен однос, нивното минерално потекло, евентуалните структурни врски меѓу нив, нивната форма и др. Имаат големо влијание врз физичко-механичките својства на карпите и почвите.

Поважни физичко-механички својства на карпите и почвите се:

- специфична тежина;
- гранулометриски состав;
- порозност;
- влажност;
- волуменска тежина;
- релативна тежина;
- конзистенција;
- водопропустливост;
- капиларност;
- јакост на смолкнување;
- деформабилност.

Лабораториското, па и теренското определување на физичко-механичките својства е стандардизирано т.е. пропишано со посебни стандарди, кај нас познати под името МКС. Овде ќе бидат изнесени дефиниции, значење, оценување на погодноста и квалитетот на почвите за одредени видови градежни потреби и слично.

4.4.1 Специфична тежина

Специфична тежина претставува тежина на цврстите честички на единица волумен без пори и шуплини. Се бележи со G_s и има димензии kN/m^3 .

Различните почви и различните карпи имаат различна специфична тежина. Тоа зависи од минеролошкото потекло на честичките.

4.4.2 Гранулометриски состав

Гранулометриски состав претставува процентуално учество на зрна со ист дијаметар во однос на вкупната почвена маса. Гранулометрискиот состав се претставува графички со гранулометриски криви на дијаграм, каде на апцисата се нанесува дијаметар на зрната во mm , а на ординатата процентот на зрна, чиј дијаметар е помал од одреден дијаметар, во тежински однос. Гранулометрискиот состав се јавува како основен показател при класификацијата на почвите.

4.4.3 Порозност

Порозност претставува однос меѓу волуменот на порите и вкупниот волумен на почвата. Ако волуменот на почвеното тело се бележи со V , волуменот на порите во истото со V_n , а волуменот на цврстата маса со V_m , тогаш по дефиниција порозноста ќе биде:

$$n = \frac{V_n}{V} = \frac{V_n}{V_n + V_m}$$

Порозноста влијае на слегнувањата на објектот. Заради тоа, порозноста е важна физичка карактеристика. Таа, при пресметување на слегнувањата не треба да се усвојува, туку треба лабораториски точно да се определи.

4.4.4. Влажност

Во природата почвите содржат извесно количество вода. Под влажност на почвата се подразбира содржина на вода во одредено количество почва, во однос на цврста маса. Влажноста на почвата се изразува во проценти %.

$$W = \frac{W_w}{W_s} 100$$

W_w - тежина на водата во почвата;

W_s - тежина на сувата почва.

4.4.5 Волуменска тежина

Волуменската тежина на карпата и почвата претставува тежина на почвата на единица волумен, со пори и шуплини. Порите можат да бидат исполнети со воздух или со вода (делумно или целосно). Во зависност од тоа волуменската тежина може да биде:

- во сува состојба, се означува со γ_d ;
- во природно влажна состојба, се означува со γ ;
- во заситена состојба, се означува со γ_{zw} ;
- во потопена со вода состојба, се означува со γ' .

Волуменската тежина ја покажува збиеноста (густината) на карпата и почвата. Густината зависи од големината и распоредот на честиците, од нивното минеролошко потекло, од геолошката историја и др.

Запомни:

*Теренските истражувања можат да се поделат во три групи:

- претходни истражувања;
- геомеханичко сондирање на теренот;
- испитување на особините на почвата во теренски услови.

*Сондажните јами се применуваат за објекти кои ќе пренесуваат помали товари.

*Поважни физичко – механички својства на карпите и почвите се:

- специфична тежина;
- гранулометриски состав;
- порозност;
- влажност;
- волуменска тежина;
- релативна тежина;
- конзистенција;
- водопропустливост;
- капиларност;
- јакост на смолкнување;
- деформабилност.

Тест за самооценување

1. Со сондирање се одредува: 2
 - а) слоевитоста на почвите;
 - б) состојбата на подземната вода.

2. Од што зависи специфичната тежина кај различните почви и карпи 1
 - а) минеролошкото потекло на честитките;
 - б) гранулометриски состав

3. Дупчалката е составена од: 3
 - а) триножец или кула;
 - б) погонски мотор;
 - в) вртило со ротациона глава.

5. НАПРЕГАЊЕ И ДЕФОРМАЦИИ НА ПОЧВИТЕ

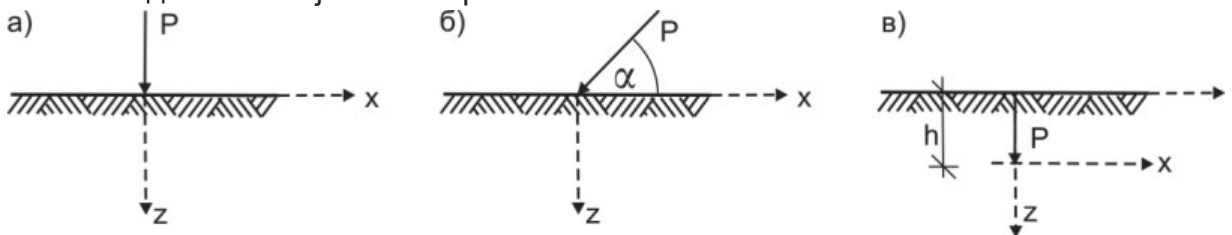
Темелите на градежните објекти предизвикуваат промена на напрегањето во почвата. Затоа, треба да се утврдат напрегањата во почвата од товарите на објектот и да се определи распоредувањето на товарите во длабочина. На сите промени во почвата се спротиставува кохезијата и триењето.

Така се донесува заклучок до која граница може да се товарат поедини земјени слоеви, без опасност од кршење, т.е се определува граничната носивост на почвата.

Кога се определува границата до која може да се товарат поедини слоеви, а да не се предизвикуваат несакани деформации, се откриваат кои се дозволените напрегања при дозволено слегнување.

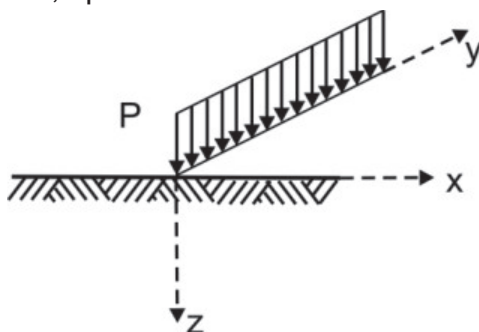
5.1.ВИДОВИ ТОВАРИ И НАПРЕГАЊА ВО ЗЕМЈИШТЕТО

Товарите на земјиштето може да се концентрирани, линиски и површински, потоа од сопствената тежина, корисни товари и од сообраќајот. Корисните товари, пак, може да се статички, динамички или вибрирачки. Товарите може да се постојани и повремени.



Сл.5.1.Товар од концентрирана сила; а) вертикална; б) коса; в) во длабочина

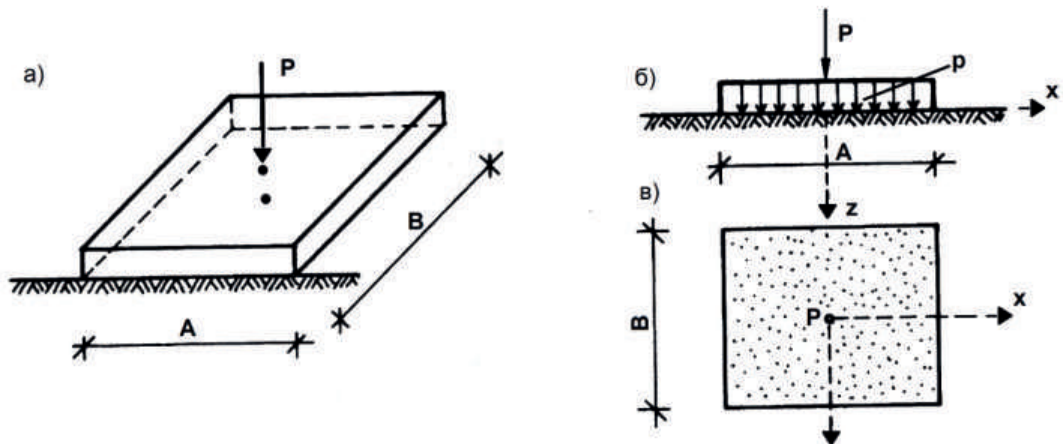
Концентрираниот товар (P) е сила која е насочена да делува во една точка ($kN;MN$). Вакви товари на земјиштето не се случуваат, но може да се замислат, прикажано на слика 5.1.



. Сл.5.2. Линиски товар на површината на теренот

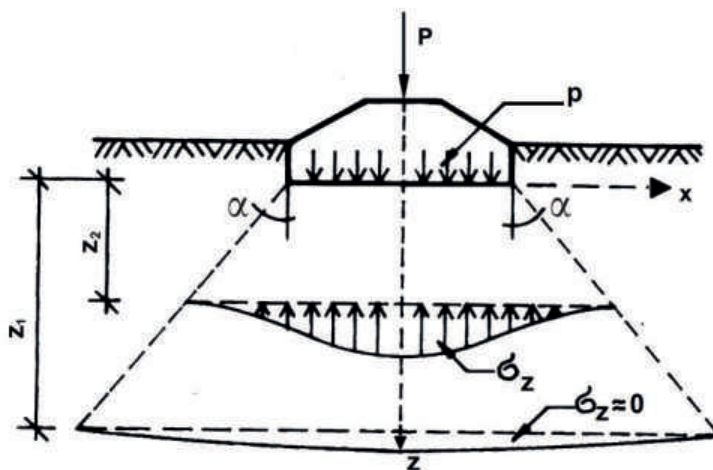
Линискиот товар (q) е рамномерно распределен по должина на една линија (kN/m ; MN/M). Ваков товар се јавува кај железничките шини (слика 5.2.).

Површинскиот товар (p) е рамномерно распределен товар на цела површина A , на која делува вкупната сила (F), а се мери во (kN/m^2 ; MN/m^2). Ова се товари кои најчесто се среќаваат, секоја концентрирана сила преку темелот ја прима почвата (слика 5.3.).



Сл. 5.3. Површински товар: а) сила во простор; б) пресек и в) основа

Допирната плоштина на темелите со почвата ги прима товарите од објектот и ги пренесува во длабочина. Од тука, напрегањата во почвата се *контактни* и *напрегања во длабочина*. Контактните напрегања се поголеми од напрегањата во длабочина. Колку повеќе се наголемува длабочината, толку напрегањата се помали, сè додека не се изгубат сосема. Длабочината до која се чувствуваат товарите од објектот е *активна зона* (слика 5.4.).



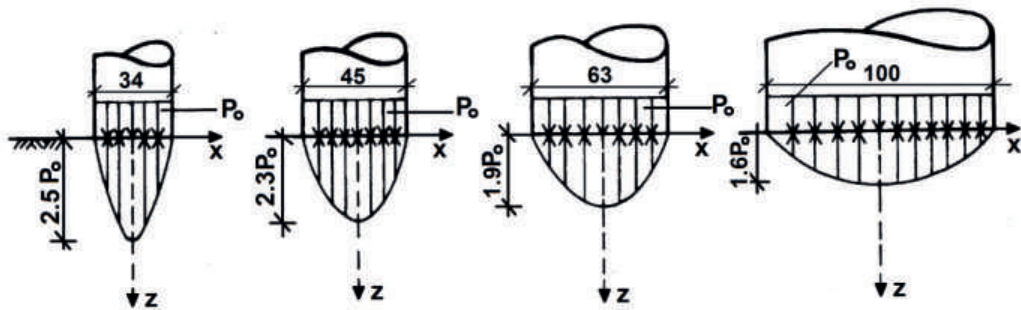
Сл.5.4. Распростирање на товарот низ почвата (активна зона)

5.1.1. Контактни напрегања

Напрегањата на допирната плоштина на темелите со почвата се контактни напрегања. На распределувањето на ова напрегање влијаат: големината и видот на товарот; големината на натоварената површина; физичко-механичките особини на почвата; крутоста на темелната конструкција и длабочината на темелењето.

Големината и видот на товарот има најголемо влијание на контактното напрегање. Колку товарот е поголем, толку и напрегањето е поголемо и обратно. На темелот може да делуваат концентрирани сили (вертикално, косо, центрично, ексцентрично), рамномерно/нерамномерно распределен товар и сл.

Односот на големината на натоварената површина и товарот се огледува во следното: колку површината е поголема, толку контактниот притисок е порамномерно распределен (слика 5.5.). До овие резултати дошле Кеглер и Шајдинг, кои извеле опит со кружни темели врз песочна почва и ист товар.



Сл.5.5.Контактни напрегања по Кеглер и Шајдинг

Физичко-механичките карактеристики на почвата (цврстина, збиеност, стисливост) влијаат на распределбата на контактното напрегање. Ако претпоставиме дека почвата е идеално еластична средина, тогаш напрегањата ќе се правопрпорционални со деформациите.

$$q = K \cdot s \text{ kN/m}^2$$

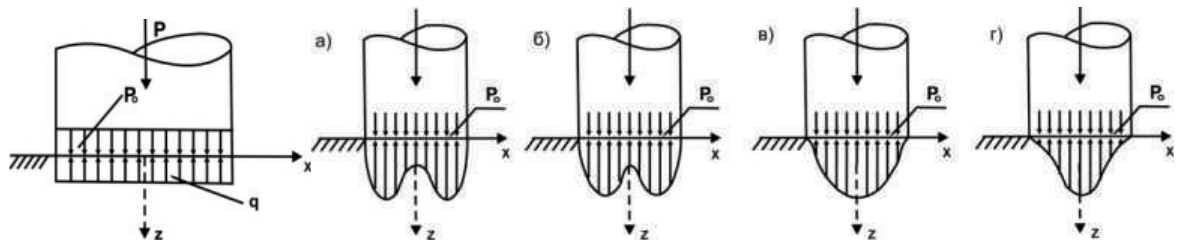
каде е:

q - контактен притисок;

K - почвена константа;

s - деформација.

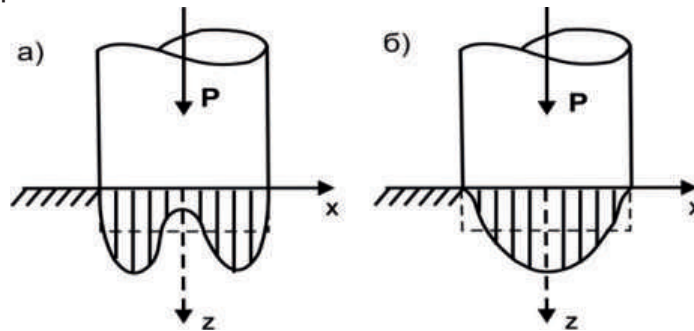
Во практиката, речиси нема почви за кои може да се каже дека се идеално еластично тело, а тоа ја одрекува правопрпорционалноста. На слика 5.6. се прикажани распределбите на контактниот притисок за: а) идеално еластична почва; б) карпеста почва; в) глинеата водозаситена почва со напрегната вода во порите; г) глинеата почва без напрегната вода во порите; д) песклива почва.



Сл.5.6.Распределба на контактниот притисок за идеално еластична и други почви

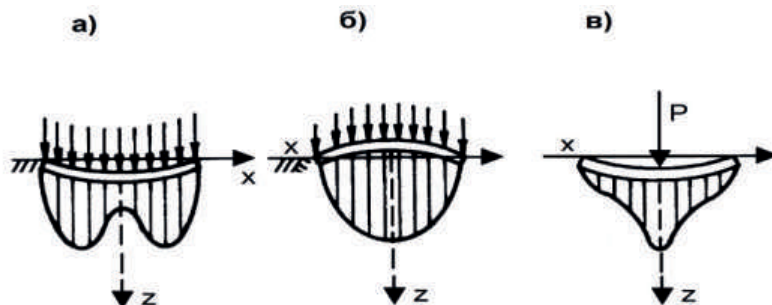
Според крутоста темелите може да се крути и еластични.

Крутите темели (темели на масивни потпорни ѕидови, армирано-бетонски темели под силоси) го пренесуваат товарот на почвата без да се деформираат. Според Правилникот за фундарање, крутите темели имаат коефициент на апсолутна крутост поголем од 0,4. На слика 5.7. се прикажани напрегањата за крути темели: а) кохерентна почва со напрегната вода во порите и б) некохерентна песочна почва.



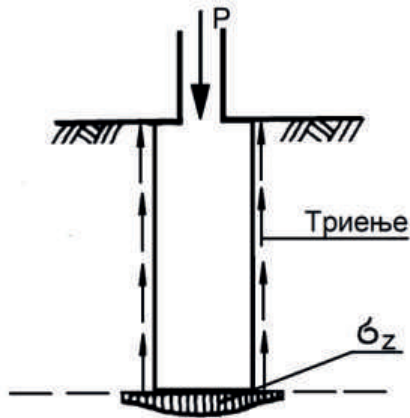
Сл.5.7.Напрегања кај крути темели; а) кохерентна почва;б) некохерентна почва

Еластичните темели (нафрлан камен под кејски ѕидови, средишни столбови на мостови), под влијание на товарите и реактивниот притисок од почвата се деформираат и ги пратат деформациите на почвената основа. На слика 5.8. се прикажани еластични темели на: а) кохерентна почва со напрегната вода во порите; б) некохерентна почва; в) центрично товарен темел фундиран на песок.



Сл.5.8.Напрегања кај еластични темели

Кај подлабоко фундираните темели има помала можност за странично истиснување на почвата под рабовите на темелот, бидејќи се спротивставува масата на страничните почвени слоеви, т.е. распределбата на напрегањата во контактот е порамномерна (слика 5.9).

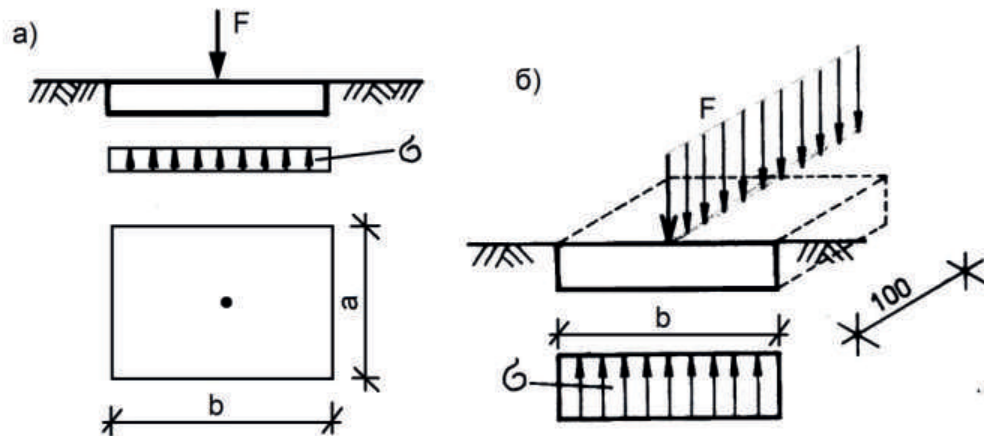


Сл.5.9. Контактно напрегање кај длабоки темели

5.1.1.1 Контактни напрегања кај центрично и ексцентрично товарен темел

Определувањето на контактниот притисок е сложена задача, затоа во практиката се усвојува праволиниска распределба на напрегањата (должина на темелот до 4 m). Товарите, центрични или ексцентрични, предизвикуваат разни форми на распределба на напрегањата во контактот почва-темел.

За центрично товарен темел (слика 5.10. а - темел семец; б - лентест темел), големината на контактното напрегање е:



Сл.5.10. Центрично товарен темел; а) темел семец; б) лентест
 $q = \sigma = F/A \text{ kN/m}^2$

каде е:

F – сила kN ;

A – контактна површина m^2 ;

*за темел самец $A = a * b$;

*за лентест темел $A = b * 1,0$.

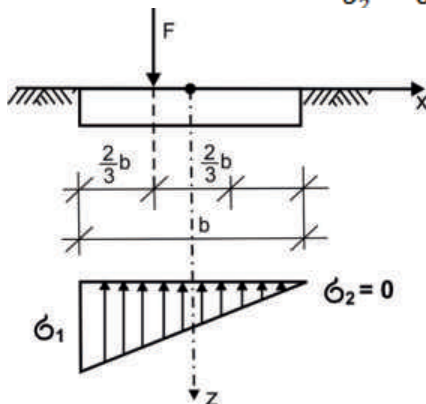
Кај некои темели силата F делува надвор од тежиштето на контактната површина т.е ексцентрично. Во зависност од големината на ексцентрицитетот се менува формата на дијаграмот на напрегањата. Кај лентест темел, напрегањето е на должен метар од лентата, со положби на нападната точка на резултанатата, како што следува подолу.

Силата делува на работ на јадрото (средна третина од основата b) на основата на темелот е $= b/6$ (слика 5.11), а напрегањето е:

$$\sigma_1 = \frac{2F}{b}$$

$$\sigma_1 = \sigma_{max}$$

$$\sigma_2 = 0$$

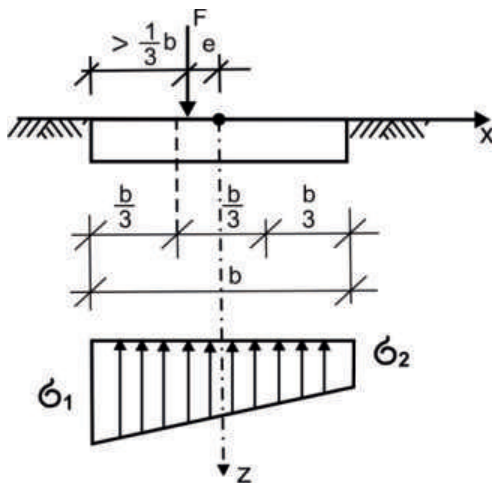


Сл.5.11. Контактно напрегање за сила на работ од јадрото

Силата делува во нападната точка во јадрото $e < b/6$ (слика 5.12) каде се добива распределбата на напрегањето:

$$\frac{2F}{b} > \sigma_1 > \frac{F}{b}$$

$$\frac{F}{b} > \sigma_2 > 0$$



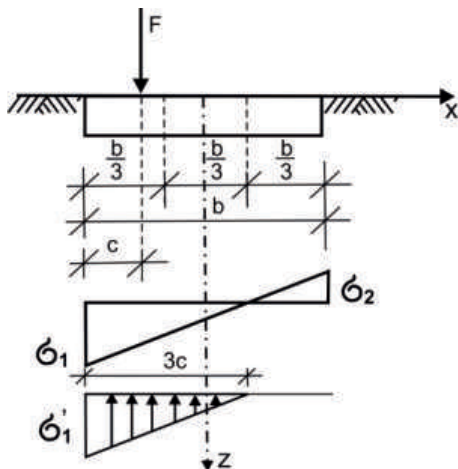
Сл.5.12. Контактно напрегање на сила во јадрото

Кога нападната точка на резултантата е надвор од јадрото $e > b/6$ (слика 5.13), распределбата на напрегањата е:

$$\sigma_1 > \frac{2F}{b}; \sigma_2 < 0$$

$$\sigma'_1 = \frac{2F}{b}; \sigma'_2 = 0$$

$$\sigma'_1 = \sigma_{max} \leq \sigma_{doz}$$



Сл.5.13. Контактно напрегање за сила надвор од јадрото

Следува дека напрегањата на контактната површина се на притисок и затегање. Бидејќи почвата прима напрегања само на притисок, а затегањето не смее да се занемари, така го наголемуваме напрегањето на притисок, а должината на делување се намалува на $b' = 3c$ (c е оддалеченост на силата од работ на темелот). Контактното напрегање се пресметува по формулата:

$$\sigma'_1 = \frac{2F}{3c}$$

Ако темелот е самец со правоаголна основа со страни a и b тогаш:

- за $e = b/6$ се добива:

$$\sigma_1 = \frac{2F}{ab}$$

$$\sigma_2 = 0$$

- за $e < b/6$ напрегањето е:

$$\frac{2F}{ab} > \sigma_1 > \frac{F}{ab}$$

- за $e > b/6$ ќе биде:

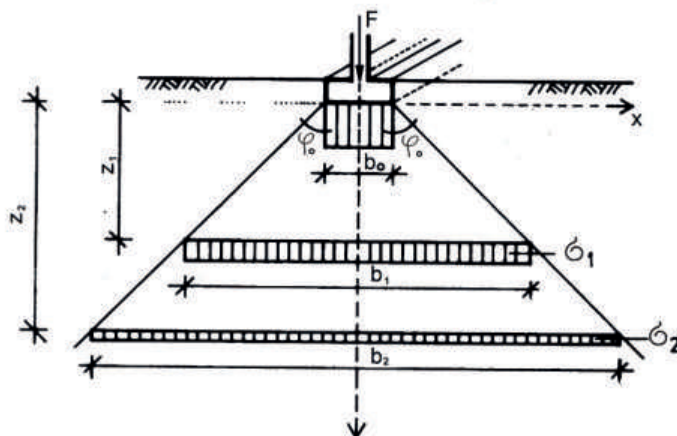
$$\sigma'_1 = \frac{2F}{3c a}$$

5.1.2 Напрегања во длабочина на почвата

Напрегањата под темелите со наголемување на длабочината се намалуваат. Големината на напрегањето и длабочината на распростирање зависи од товарот, големината и обликот на површината и видот на почвата. Распростирањето на напрегањето во длабочина се проучува по методите: стара упростена; врз основа на математичко решение и опитни истражувања.

Стариот упростен метод е приближен. По овој метод се претпоставува дека контактното напрегање под темелот се распределува под агол φ_0 , кој за песоци е 45° ; за глини 60° (за сите почви се усвојува 45°).

За темел со широчина и бесконечна должина, распределбата на напрегањата е како на слика 5.14., ако за должина се усвои $1m$:



Сл.5.14. Распределбата на напрегањата по стариот упростен метод

Контактното напрегање е:

$$p_0 = \frac{F}{1,0 * b_0}$$

На било која длабочина z напрегањето е:

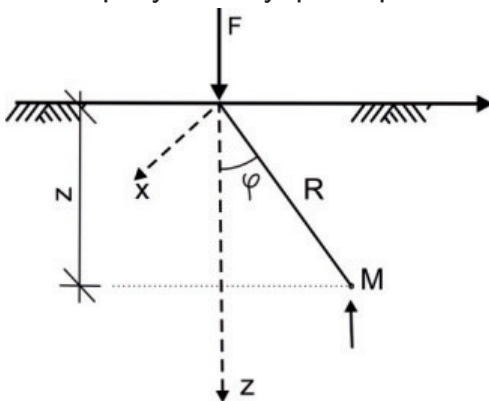
$$\sigma_z = \frac{F}{1,0 * (b_0 + 2z)}$$

Ваква рамномерна распределба не се совпаѓа со пренесувањето на товарите во хомогена средина. Вистинските напрегањата по оската на делување на товарите се поголеми од оние надвор од оваа зона, а особено во близина на аголот на распростирање каде речиси ги нема. И покрај негативностите, со овој метод грубо се проценува големината на напрегањата во длабочина, бидејќи е едноставен.

Математичкото решение има најголема примена за определување на напрегањата во длабочина. Се применуваат повеќе методи, како што се:

- метод на Бусинеск – кој за основа ги зема резултатите на теоријата на еластичност, за товар од концентрирана сила, во хомогена, еластична изотропна и полуограничена средина;
- Штајнбреновиот метод - кој се потпира на претходниот метод и се применува за товарење на површини (квадрат, правоаголник, лента) товарени со еднакво распределен товар p_0 ;
- Њумарков метод – кој дава решение за распределување на напрегањата во длабочина за било каква форма на товарена површина.

Методот на Бусинеск ги усвојува од теоријата на еластичност поимите: *хомоген*, целиот материјал е од ист состав; *еластичен*, материјалот се потчинува на Хуковиот закон; *изотропен*, материјалот во сите точки покажува исти физички особини (во сите насоки еластичните особини се исти); *полупростор*, кој е ограничен со рамнина (површината на теренот) и сè што е под неа се нарекува полупростор.



Сл.5.15. Распределување на напрегањата по Бусинеск

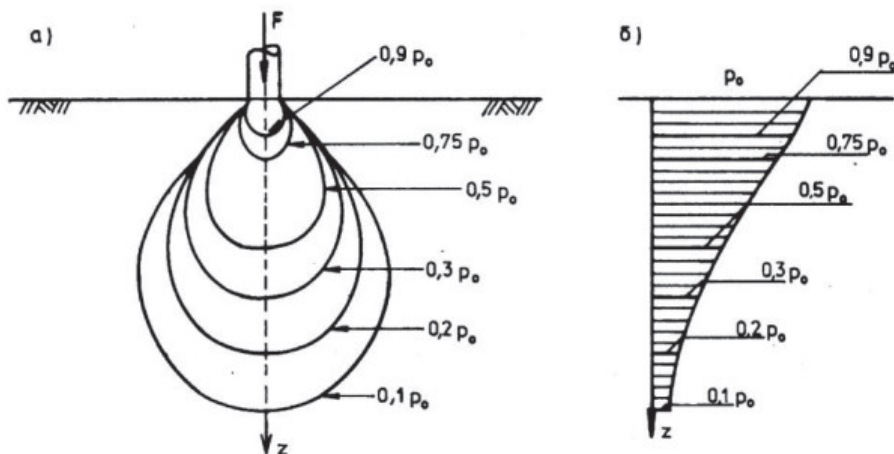
Ако на површината на полупросторот делува надворешна сила F (слика 5.15), тогаш напрегањето во точката M е:

$$\sigma_z = \frac{3F}{2\pi} * \frac{\cos^3 \varphi}{R^2}$$

Од равенката се гледа дека колку се помали φ и R , толку напрегањето е поголемо и обратно.

Останатите методи нема да се разгледуваат во оваа тема.

На сликата 5.16, се прикажани: а) изобари и б) промена на вертикалните напрегања по z -оската. Изобари се линии кои во полупросторот ги поврзуваат местата со исти вертикални напрегања.



Сл.5.16.Распределба на напрегањата во длабочина

5.2 НОСИВОСТ И ДОЗВОЛЕНА НОСИВОСТ НА ПОЧВЕНАТА ОСНОВА

Носивоста на почвената основа според Правилникот за фундаирање, ја претставува товарот кој почвената основа го носи, без опасност од кршење. За безбедност на објектите, почвената основа треба да прима товар помал од тој што предизвикува кршење на почвата.

Носивоста под која настанува кршење во почвата е *гранична носивост*.

Носивоста со која треба почвата да се оптоварува е *дозволена носивост*, се мери во kN/m^2

$$\sigma_{doz} = \frac{q}{n}$$

Каде:

q - гранична носивост на почвата;

n - коефициент на сигурност, има вредност поголема од 1 (2-3).

Дозволената носивост, освен со граничната носивост, може да се ограничи во зависност и од дозволеното сталожување на објектот. Вакви сталожувања настануваат уште пред да се достигне дозволената носивост (по

критериуми на кршење). За помали сталожувања се усвојува и помала дозволена носивост.

Граничната носивост зависи од карактеристиките на почвата, димензиите на темелот и длабочината на фундарањето. Постојат повеќе методи за пресметување на граничната носивост.

Во табела 5.1 дадени се дозволени оптоварувања на почвата, за мали објекти:

Среден и ситен песок	Релативна густина	За товар q од ефективна длабочина на фундарање			Релативна густина	Крупен песок и чакал
		10 kPa	20 kPa	30 kPa		
збиеност		Дозволена носивост на почвата во контактот σ_{doz} kPa				збиеност
растресит	0	/	/	/	/	/
средно збиен	0,35	100	140	180	0	растресит
	0,65	150	250	320	0,35	
збиен	0,85	210	360	600	0,65	средно збиен
многу збиен		330	590	800		
/	1	330	590	800	0,85 1,0	многу збиен

Таб.5.1 Дозволени оптоварувања на почвата за мали објекти

5.3. ДЛАБОЧИНА НА ФУНДИРАЊЕ

Длабочината на фундарање според Правилникот за темелење зависи од:

- почвените услови;
- карактеристиките на објектот;
- начинот на градење;
- дозволеното сталожување на објектот.

Почвените услови, што влијаат на длабочината на фундарање се:

- физичко-механичките карактеристики на материјалот од кој се составени почвените слоеви;
- геолошки услови;
- хидрогеолошките услови на теренот, особено состојбата на нивото на подземната вода;

- геолошкиот товар кој делува на котата на фундирање на идниот објект во текот на геолошката историја на тој терен;
- мрзнењето на почвата, да не досега до котата на фундирање.

Карактеристики на објектот што влијаат на длабочината на фундирање и дозволената носивост се:

- големина на објектот во основа и височина;
- димензии и форма на основата и заемната положба на темелите;
- осетливоста на објектот на сталожување на темелот;
- големина и карактер на натоварувањето.

Начинот на градење влијае на длабочината на фундирање и дозволената носивост со:

- времето што поминува меѓу довршување на ископот и почетокот на градење;
- брзината на градење;
- влијанието на црпењето на подземна вода и промена на нивото;
- начинот на градење на објектот, со оглед на расположивите технички средства.

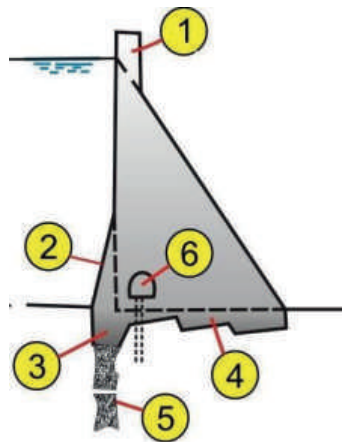
Дозволено сталожување на објектот влијае на изборот на длабочината на фундирање и дозволената носивост. Може да се смета дека колку е поголема длабочината на фундирање, толку сталожувањето е помало и обратно.

5.4. НАЈМАЛА ДЛАБОЧИНА НА ФУНДИРАЊЕ

Најмалата длабочина на фундирање зависи од факторите:

- вид и намена на објектите;
- топографски и геомеханички услови на локацијата на објектот;
- опасност од замрзнување на почвата;
- опасност од сушење на почвата.

Видот и намената на објектите ја диктира најмалата длабочина на фундирање. Кај мостовите треба да се внимава на поткопувањето и ерозијата во коритото на реката. Најмалата длабочина на фундирање кај брана покрај другото зависи од водопропустливоста под браната, прикажано на слика 5.17:



Сл.5.17. Длабочина на фундаирање кај бетонска брана: 1) круна; 2) спротиводно проширување за наголемување на контактната површина; 3) заб кој навлегува во здрава карпа; 4) назабување на темелот за наголемување на контактната површина со здравата карпа; 5) инјекциска завеса; 6) инјекциска (дренажна) галерија.

Топографските и геомеханичките услови на локацијата на објектот влијаат на длабочината на фундаирање. Пример кога површинскиот слој е релативно лош за фундаирање е запишан и претставен со слики во темата 7 од овој учебник.

Замрзнувањето на почвата зависи од видот и состојбата на почвата и постоењето на површински и подземни води:

- кај карпа нема ограничување на длабочината, но треба да се внимава на пукнатините во кои може да продре површинска вода;
- кај чакал и крупен хомоген песок длабочината на фундаирање е најмалку 50 см.

Длабочината на замрзнување се определува со метеоролошки мерења, кои покажуваат за нашето поднебје длабочина од 70 до 100 см, просечно 80 см. Под оваа длабочина и температура од 0° до -1° C, почвите не замрзнуваат.

Запомни

- * Концентрираниот товар (P) е сила која е насочена да делува во една точка.
- * Длабочината во почвата до која се чувствуваат товарите од објектот е активна зона.
- * Напрегањата на допирната плоштина на темелите со почвата се контактни напрегања.
- * Напрегањата под темелите со наголемување на длабочината се намалуваат.
- * Контактното напрегање под темелот се распределува под агол ϕ_0 , кој за песоци е 45° ; за глини 60° (за сите почви се усвојува 45°).
- * Еластичниот материјал се потчинува на Хуковиот закон.
- * Длабочината на замрзнување за наше поднебје е просечно 80 см.

Тест за самооценување

1. Според крутоста темелите може да се: 2
 - а) *крути*;
 - б) *еластични*.

2. Почвата прима напрегања од: 1
 - а) *притисок*;
 - б) *затеггање*.

3. Носивоста под која настанува кршење во почвата е: 1
 - а) *гранична носивост*;
 - б) *дозволена носивост*.

4. Какво е сталожувањето ако длабочината на фундаирање е поголема? 1
 - а) *помало*
 - б) *поголемо*

6. ЗЕМЈЕН ПРИТИСОК

Секое земјиште има природен наклон и така може да остане засекогаш. Ако од некои причини има потреба од пострм наклон на тоа земјиште, тогаш истото треба да се потпре со сид. Земјената маса притиска на сид за да го придвижи, да го преврти или да го сруши. Такви сидови се потпорните кај сообраќајниците и регулациите на реки (слика 6.1); темели; сите хидротехнички објекти вкопани во земја (каналы, резервоари, базени) и тунели (сообраќајни и хидротехнички).



Сл. 6.1. Потпорен сид од порозен материјал-габиони

Големината на притисокот зависи од физичките особини и влажноста на земјиштето; состојбата на подземната вода; висината, рапавоста на внатрешната површина и деформациските карактеристики на сидот и дополнителните товари. Пресметувањето на притисокот е по *класична теорија* (влијае само триењето во земјата) и по *современа теорија* (освен триењето влијае и кохезијата на земјиштето).

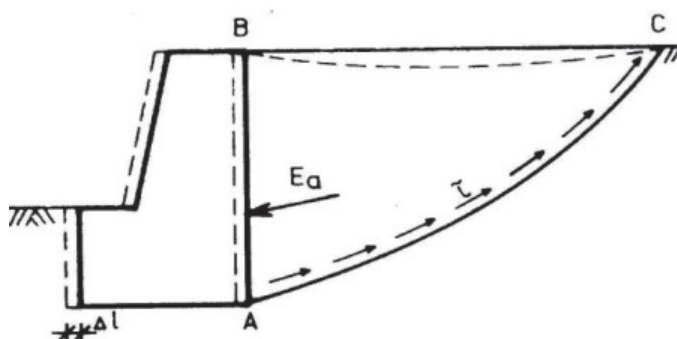
6.1. ВИДОВИ ЗЕМЈЕН ПРИТИСОК

Кај крутите потпорни ѕидови (на пристаниште, бродска преводница и сл.) (слика 6.2) и кај хидротехничките тунели, фундирани на здрава карпа има земјен притисок кој не предизвикува промени. Овој притисок се нарекува *земјен притисок во состојба на мирување* (E_0). Одредувањето е по пат на обиди.



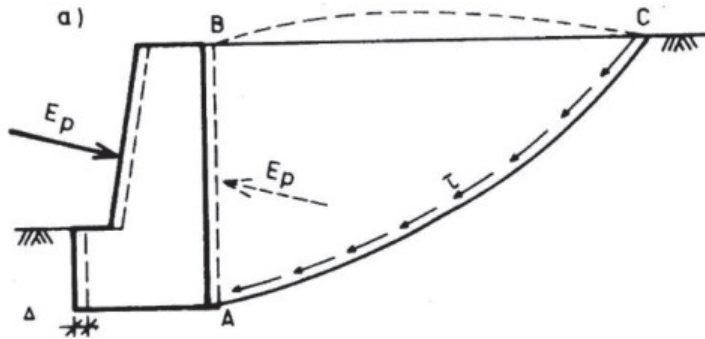
Сл.6.2. Бродска преводница, каде земјениот притисок на потпорните ѕидови е во состојба на мирување

Ако потпорниот ѕид се поместува напред и завртува околу точката А, тогаш земјената маса зад ѕидот се шири. Доколку ова поместување е доволно големо, позади ѕидот се отцепува дел од земјиштето (призма) и се лизга надолу по некоја површина на лизгање. Притисокот од оваа призма на потпорниот ѕид се нарекува *активен земјен притисок* (E_a), (слика 6.3). Притоа, по површината на лизгање се појавуваат напрегања на смолкнување τ , кои се спротивставуваат на лизгањето и го намалуваат земјениот притисок.



Сл.6.3. Активен земјен притисок

Ако на ѕидот дејствува притисок од надворешната страна кон внатрешноста на земјиштето, ѕидот ќе се поместува наназад и замјштето ќе се збива. Отпорот што се јавува во земјиштето во моментот на одвојување на призмата е *пасивен земјен притисок* (E_p), (слика 6.4.).



Сл.6.4. Пасивен земјен притисок

Пресметувањето на активниот и пасивниот притисок е со пресметување со аналитички и графички методи, врз основа на лабораториски определени физички особини на земјиштето.

6.2. МЕТОДИ ЗА ОПРЕДЕЛУВАЊЕ НА ЗЕМЈЕНИОТ ПРИТИСОК

Определување на земјениот притисок е врз основа на:

- теренски испитувања, претпоставки и пресметки (теорија на Кулон);
- графички методи (Понселетова, Кулманова).

6.2.1. Кулонова теорија

Кулоновата теорија е заснована на опит на потпорен ѕид позади кој има неврзано земјиште. Во моментот на отстранување на потпорниот ѕид, земјаната маса ќе се лизне по рамнина AC, која со хоризонталата зафаќа агол α . За да се определи големината на активниот земјен притисок се претпоставува:

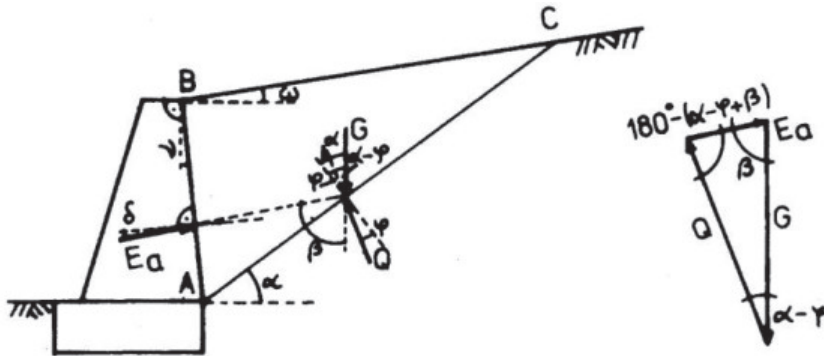
- површината на лизгање е права;
- трите дејствувачки сили:

*тежината на призмата ABC на 1m е G;

*отпорот на потпорниот ѕид E_a (дејствува под агол φ со нормалата на внатрешната страна на ѕидот);

*отпорот на триење по должина на површината на лизгање AC, Q (зафаќа агол δ со нормалата на површината на лизгање).

Силите се сечат во една точка, т.е. планот на сили е затворен (слика 6.5.).



Сл.6.5. Кулонова теорија

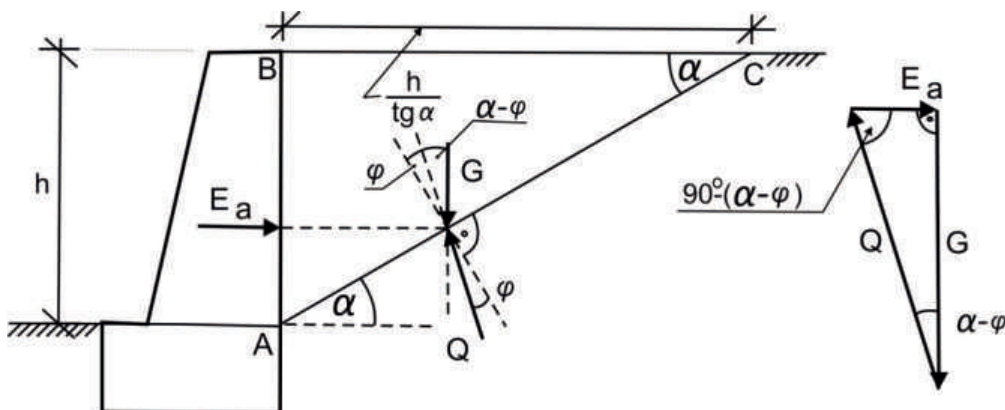
Овие претпоставки се нереални бидејќи ниту површината на лизгање е права (таа е крива), ниту силите се сечат во една точка. И покрај тоа, теоријата дава задоволителни резултати за определување на земјениот притисок:

$$E_a = \frac{G * \sin(\alpha - \varphi)}{\sin[180^\circ - (\alpha - \varphi + \beta)]}$$

6.2.2. Специјален Ранкинов случај

Врз основа на Кулоновата теорија и нејзината одржливост само при условите:

- $\omega = 0$, површината на теренот позади ѕидот е хоризонтална;
- $v = 0$, внатрешната страна на потпорниот ѕид е вертикална;
- $\delta = 0$, правецот на активниот земјен притисок е хоризонтален.

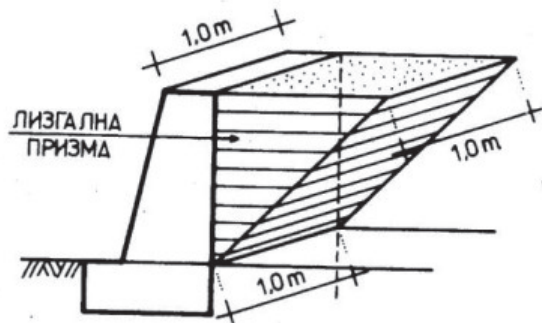


Сл.6.6.Специјален Ранкинов случај

Според условите прикажани на слика 6.6, примената на синусната теорема и повеќе математички операции, го добиваме најголемиот активен земјен притисок за специјалниот Ракинов случај:

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma * h^2 * \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

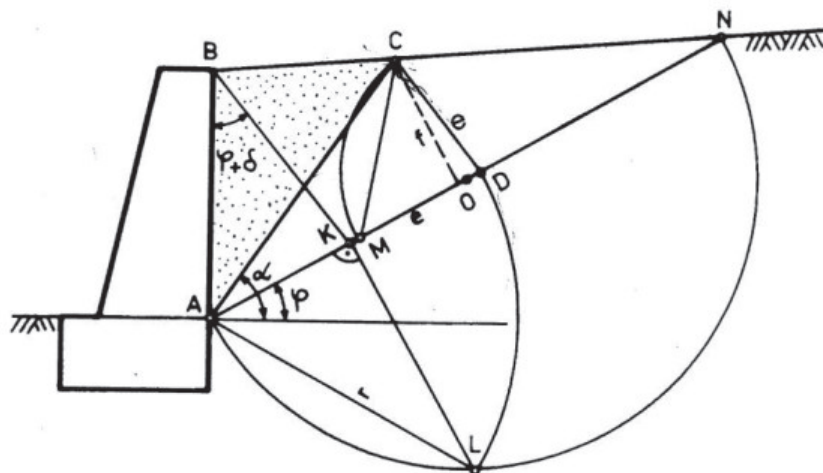
Додека призмата на лизгање на позади потпорниот ѕид од кој се разгледува 1,0 m' го има обликот, слика 6.7:



Сл.6.7.Лизгална призма за 1,0 m' од ѕидот

6.2.3. Понселетов метод

Понселетовиот метод сложеното аналитичко решение на Кулоновата теорија го поедноставува (слика 6.8.). Се применува за коса внатрешна површина на ѕидот, теренската линија е коса итн.



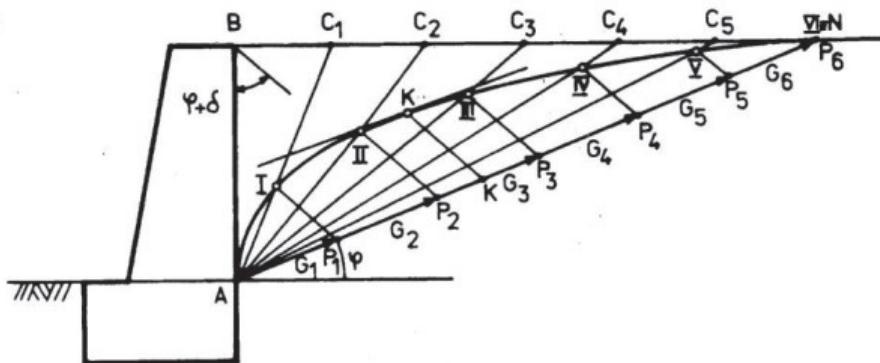
Сл.6.8.Понселетов метод

Се црта во размер. Од точката А се повлекува правец под агол φ со хоризонталата и се добива точка N во пресек со теренската линија. Отсечката AN се дели на половина и се добива точката O. Со шестар со центар во точка O повлекуваме полукруг со радиус AO. Од точката B се повлекува линија под агол $\varphi + \delta$ со внатрешната страна на сидот и се добива точката K. Од оваа точка се повлекува права нормална на AN до пресек со полукругот (пресечна точка L). Во центар во точка A и радиус AL се опишува лак до пресек со површината на лизгање AN, се добива точка D. Од точката D се повлекува паралелна на правецот BK која со пресекот на теренската линија добива точка C. Со центар во D и радиус CD се опишува лак до пресек со AN, каде се добива точка M. Точките C и M се поврзуваат со права линија. Триаголникот MCD е триаголник на активниот земјен притисок E_a . Страните CD и MD се одбележуваат со е бидејќи се еднакви. Од точката C се спушта висина на триаголникот f , која е висина на ΔCDM . Рамнината на лизгање е AC и зафаќа агол α со хоризонталата. Земјениот притисок е површината на триаголникот CDM:

$$E_a = 0,5 e f \gamma$$

6.2.4. Кулманова теорија

Кулмановата теорија е графичка, а за основа ја зема Кулоновата теорија за пресметување на активниот земјен притисок, прикажано на слика 6.9:



Сл.6.9. Кулманов метод

Од точката А се повлекува правец под агол φ со хоризонталата и се добива точка N во пресек со теренската линија. На отсечката BN, се избираат произволни точки $C_1; C_2; C_3 \dots$, кои се поврзуваат со А и соодветни призми. Потоа се пресметуваат тежините G на секоја призма, на пр.:

$$G_1 = A_{ABC_1} * \gamma * 1,0$$

Каде е:

γ - волуменска тежина на почвата;

1,0 - должен метар од сидот.

Бидејќи се црта во размер, тогаш и тежините $G_1; G_2 \dots$ се нанесуваат во размер како сили на отсечката AN, со надоврзување и се добиваат точките $P_1; P_2 \dots$. Од точката B се повлекува линија под агол $\phi + \delta$ со внатрешната страна на сидот (линија на положбата). Паралелно на овој правец од точките $P_1; P_2 \dots$ се повлекуваат правци до пресекот на соодветните површини на лизгање $AC_1; AC_2; AC_3 \dots$. Во пресеците на овие правци се точките I, II, III..... Ако се поврзат овие точки се добива кулмановата линија на активниот земјен притисок. На оваа крива линија се повлекува тангента паралелна на отсечката AN и се добива точка K. Од неа се повлекува паралелна на линијата на положбата до AN и се добива точка K'. Отсечката KK' е максималната големина на активниот земјен притисок.



Сл.6.10.Потпорен (кејски) сид од регулацијата на река Вардар во Скопје

Запомни

*Земјената маса притисока на сид за да го придвижи, да го преврти или да го сруши. Такви сидови се потпорните кај сообраќајниците и регулациите на реки; темели; сите хидротехнички објекти вкопани во земја (канални, резервоари, базени) и тунели (сообраќајни и хидротехнички).

*Активниот земјен притисок кај специјален Ранкинов случај се пресметува по формулата:

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma * h^2 * tg^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Кај Кулманова теорија отсечката КК е максималната големина на активниот земјен притисок.

Тест за самооценување

1. Кои графички методи се користат за определување на земјениот притисок: 2

 - а)
 - б);
 - в)

2. Специјален Ранкинов случај е одржлив само при условите: 3

 - а) површината на теренот позади сидот е хоризонтална;
 - б) внатрешната страна на потпорниот сид е вертикална;
 - в) правецот на еktivниот земјан притисок е хоризонтален.

3. Земјен притисок во состојба на мирување има кај крутите потпорни сидови на: 3

 - а)
 - б)
 - в)
 - г)

7. ПОДОБРУВАЊЕ НА СЛАБОНОСИВИТЕ ПОЧВИ

Често почвата не е доволно носива бидејќи е составена од распаднати и распукани карпи, слоевити косо поставени карпи, хумус, тресет, насипни земјишта и сл., па таму длабоки темели не се економични и затоа применуваме подобрување на почвата.

Слабоносивите почви се подобруваат со следните активности:

- површинско набивање;
- длабинско збивање;
- нафрлан камен;
- заменување на слабоносивите почвени слоеви;
- одводнување (дренирање);
- инјектирање;
- хемиско зајакнување.

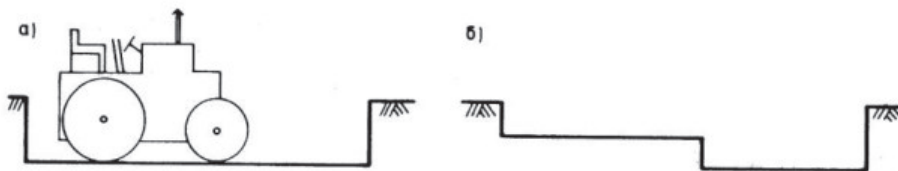
Ако теренските истражувања откријат дека доброносивиот слој е на поголема длабочина (5 и повеќе метри), а подобрувањето не е можно, тогаш објектите се темелат на:

- колови;
- бунари;
- сандаци;
- кесони.

Овие, таканаречени длабоки темели, се применуваат во зависност од: геомеханичкиот профил на теренот, намената на објектот, големината на објектот, искуството за одреден вид фундаирање, техничко-економската пресметка и сл.

7.1. ПОВРШИНСКО НАБИВАЊЕ

Подобрувањето на почвата со површинско набивање е кај почви со слаба збиеност и таму каде што можат да се користат соодветни средства за набивање. Такви се широките градежни јами (хоризонтални или со мал пад) во кои може да се движи механизацијата, како на сликата 7.1:



Сл.7.1.Градежна јама; а) рамна и пространа; б) со скали

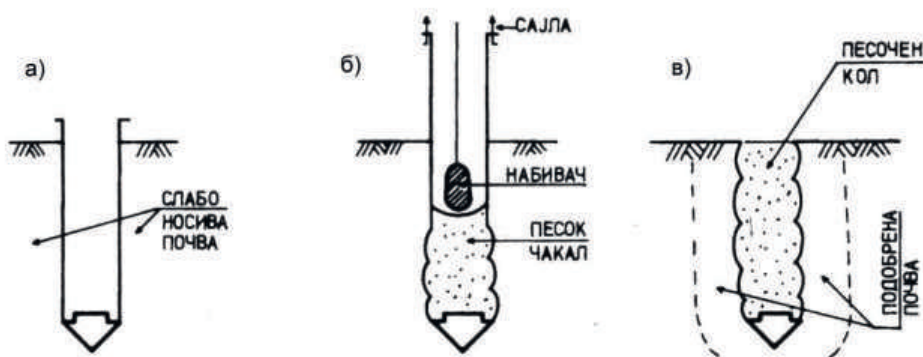
Површинското збивање се простира на поголем простор од површината на која налегнува темелот, заради аголот на распростирање на напрегањата од темелот. Проширувањето (слика 7.2.) е од сите страни на објектот до длабочина на очекуваното подобрување. За кохерентни почви со оптимална влажност, збивање се постигнува од 10 до 40 см. Кај некохерентните почви длабочината на подобрување е од 30 до 60 см, а и повеќе.



Сл.7.2. Проширување на површината на збивање

7.2. ДЛАБИНСКО ЗБИВАЊЕ

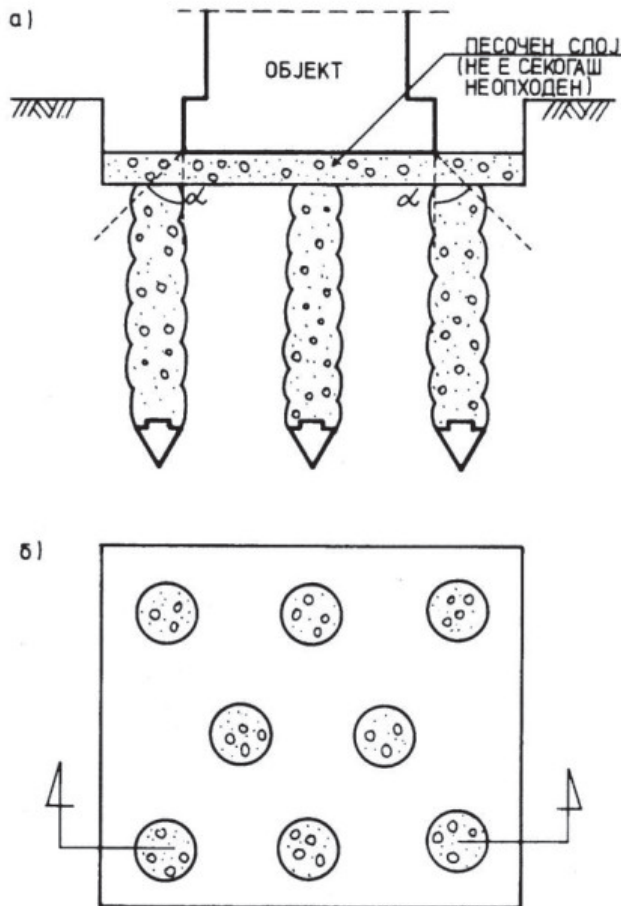
Примената на длабинското збивање е поради потребата за зголемување на носивоста на почвата на поголема длабочина. Ова збивање е со земјани колови. Постапката на изведување е следна: во почвата се набиваат челични цевки со дијаметар од 30 до 50 см, на одредено растојание, потоа цевките постепено се извлекуваат (со сајла), при тоа се истура песок и чакал во слоеви и добро се набива, сè до горната граница на полупросторот (слика 7.3.).



Сл.7.3. Длабинско подобрување на носивоста на почвата: а) набивање челични цевки; б) постепено извлекување; в) истурање песок и чакал

Песочните колови се поставуваат во форма на шаховски полиња, на растојание што го условува дијаметарот на цевките и карактеристиките на

природната почва и исполната (песок, чакал), (слика 7.4.). Површината на подобрување е поголема од површината на темелите заради аголот на распостилање на напрегањата во длабочина.



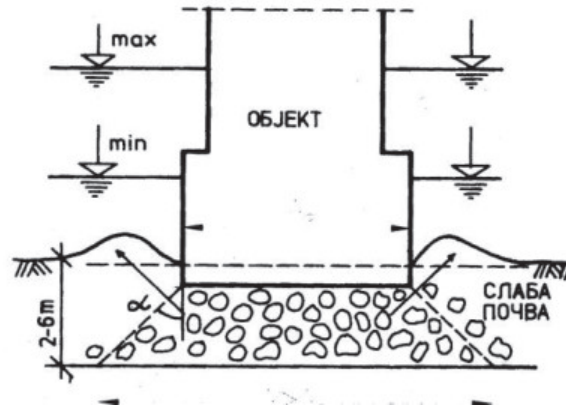
Сл.7.4. Длабинско збивање со песочни колови: а) пресек; б) основа

7.3. НАФРЛАН КАМЕН

Нафрланиот камен ја наголемува површината на налегнување на темелот врз почвата со слаба носивост. На ваков начин се темелат во вода крајбрежните објекти (кејски ѕидови, пристанишни потпори и насипи).

Малата височина на слабоносивата почва се заменува со нафрлан крупен камен. Поедините камења пропаѓаат во слабоносивата почва и ја истиснуваат (слика 7.5.).

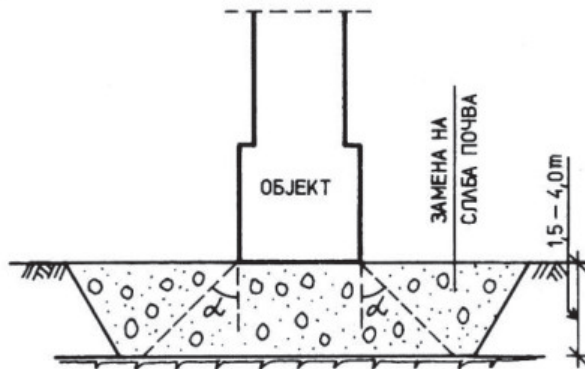
Кај почвите со слаба носивост со голема длабочина, подобрувањето е со поставување песочен слој над кој се нафрлаат ситни, а над нив покрупни камења. Ваквиот редослед на слоевите спречува крупните камења да пропаднат во слабоносивата почва.



Сл.7.5. Нафрлан камен

7.4. ЗАМЕНА НА СЛАБОНОСИВИТЕ ПОЧВЕНИ СЛОЕВИ

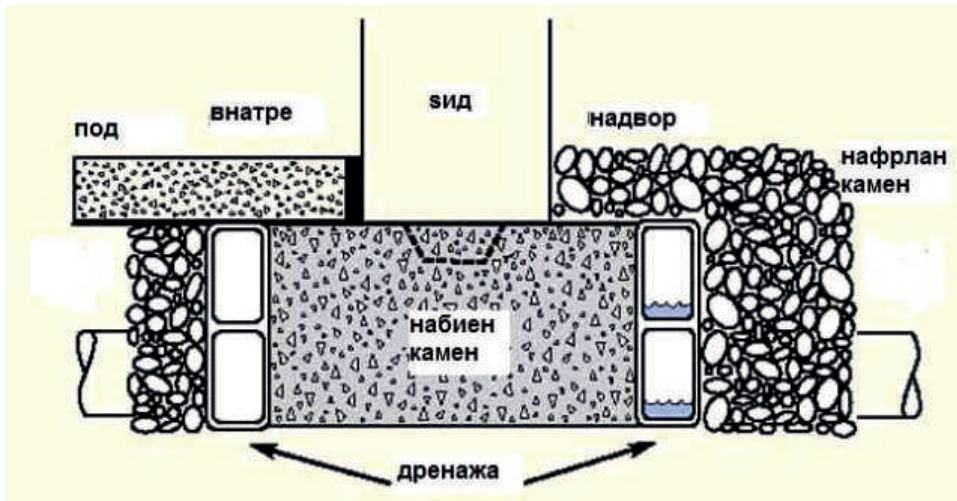
Замената на почвените слоеви е на терени со плитка вода и мала дебелина на слабоносивото земјиште. Сулото земјиште или она над кое има плитка вода се копа со багер, потоа се истура доброносив материјал, на кој се потпира темелот (слика 7.6.). Доброносивиот материјал е неврзана почва со гранулација на зрната која добро се набива и во присуство на вода. Површината на која се заменува слабоносивиот слој секогаш е поголема од површината на темелот, од добро познати причини.



Сл.7.6. Замена на слаби почви

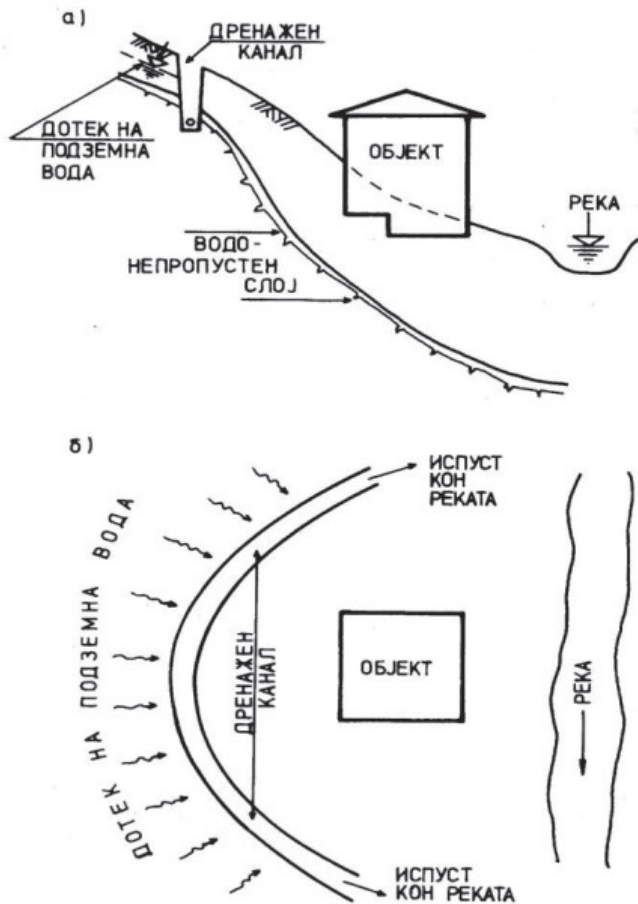
7.5. ОДВОДНУВАЊЕ

Одводнувањето на почвата ја зголемува нејзината носивост (врзаните почви) и општата стабилност на теренот. Дренарањето на подземните води ги подобрува својствата на почвата (слика 7.7.).



Сл.7.7. Дренажа под темелен објект

Кај стрмите терени, висока подземна вода и водонепропусен слој со мала длабочина (добиени од теренски истражувања), со дренажен канал се заштитува просторот на објектот (слика 7.8.).



Сл.7.8. Дренаирање на кос терен со канал: а) пресек, б) ситуација

Дренажниот канал, лоциран околу објектот, допира до водонепропусниот слој, со што ја собира водата која дотекува и ја испушта во реката. Кај сите терени во пад со подземна вода треба да се исушат почвените слоеви, а потоа да се гради објектот.

7.6. ИНЈЕКТИРАЊЕ

Инјектирање е подобрување на носивоста на почвата со втиснување на цементен раствор под притисок во почвата. Растворениот цемент ги исполнува празнините (порите) на почвата и ги врзува земјините зрна. Со цементацијата се зголемува носивоста на почвата, а се намалува водопропусливоста. Цементниот раствор, се подготвува со различен состав, во зависност од празнините во почвата:

- во крупнозрнест чакал се инјектира цементен малтер (цемент, вода и ситен песок);
- среден и ситнозрнест чакал, исто и крупно и сренозрнест песок, се инјектира со цементно млеко (цемент и вода).

Во инјекционата смеса се додава од 3 до 5% бентонит. Инјектирањето во почвата е под притисок од 2 до 10 Ва, низ метални цевки. Инјекционата маса во почвата навлегува до еден метар.

7.7. ХЕМИСКО ЗАЈАКНУВАЊЕ

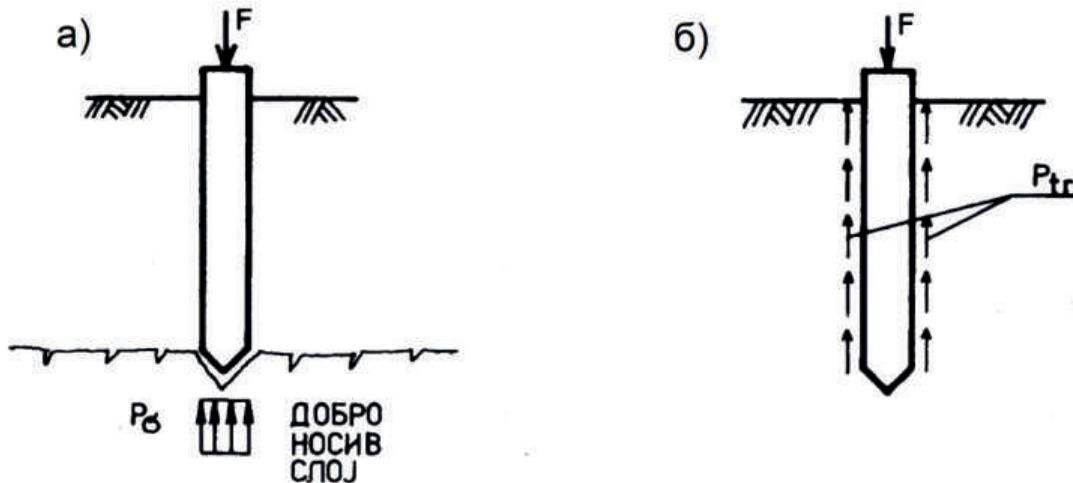
Хемиското зајакнување на почвата е со втиснување на разни раствори кои ја стврдуваат земјата како камен. Се применува кај песоци, прашиности песоци и лес. Радиусот на влијание во почвата е од 0,3 до 1,0 m, со притисок до 10 Ва. Хемиско средство кое најчесто се применува е натриумовиот силикат, од тука и подобрувањето се нарекува силикатизација. Калциум хлорид или фосфорна киселина се применува за некои почви со/без подземни води. Кај водозаситените глини и прашини, се применува хемиско-физичка постапка електроосмоза (користи електрична енергија).

7.8. ФУНДИРАЊЕ НА КОЛОВИ

Темелењето на колови се применува отсекогаш, особено кога доброносивиот слој е на поголема длабочина, притоа не се копа темелна јама, а подземните води на пречат.

Според начинот на пренесување на товарите (слика 7.9.), има:

- стоечки колови (а) кои допираат до носивиот слој и директно го пренесуваат товарот;
- лебдечки колови (б), не допираат до носивиот слој, а товарот се пренесува со триење на обвивката со слоевите на почвата низ која влегуваат.



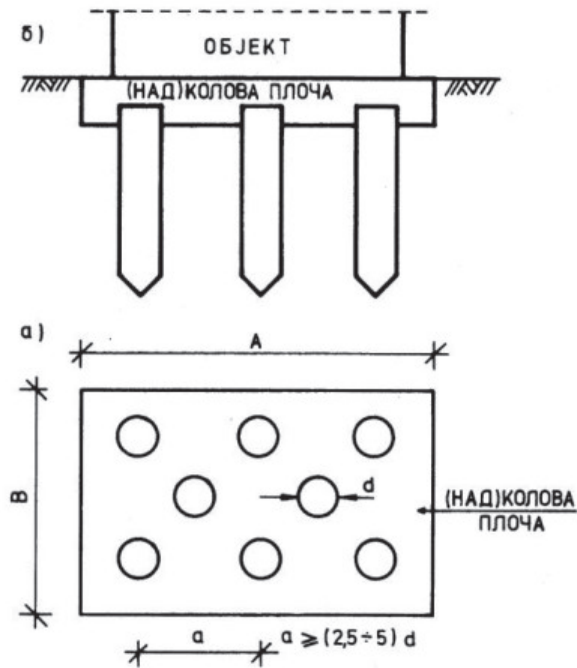
Сл.7.9. Колови: а) стоечки; б) лебдечки

Според начинот на градење, коловите може да бидат побивни и леани.

Побивните колови се изработуваат од дрво, челик и армиран бетон. Денес се применуваат армирано-бетонските колови. Се изработуваат во фабрика или на самото градилиште, а се побиваат со побивни средства - сонетки. Напречниот пресек на коловите е кружен, поретко квадратен, правоаголен, елиптичен или сложена форма. Дијаметарот/страната на коловите е околу 30 см, а должината околу 8 м. Со армирано-бетонски колови (кружни, квадратни) кај нас се фундирани објектите театар на народностите - Скопје, хотел Белви - Билимбегово, многу патни мостови на локалните патишта.

Леаните колови се изработуваат во самата почва од бетон и армиран бетон. Дијаметарот и длабочината до која досегаат коловите е во зависност од видот: кај Симплекс е до 40 см со должина 15 м; кај Франки од 50 до 60 см и должина 30 м, а кај Беното пречникот е 150 (200) см, а должината до 50 м.

Товарот од објектот се предава преку група колови кои заедно се поврзуваат со натколова плоча и сите заедно го чинат коловиот темел (слика 7.10.).

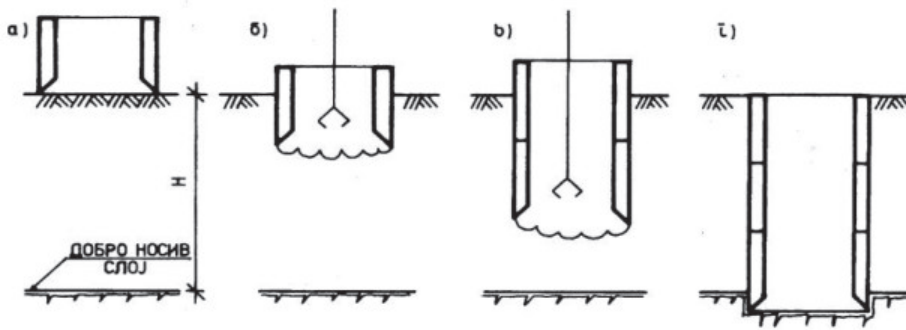


Сл.7.10. Колов темел: а) основа; б) пресек

7.9. ФУНДИРАЊЕ БУНАРИ

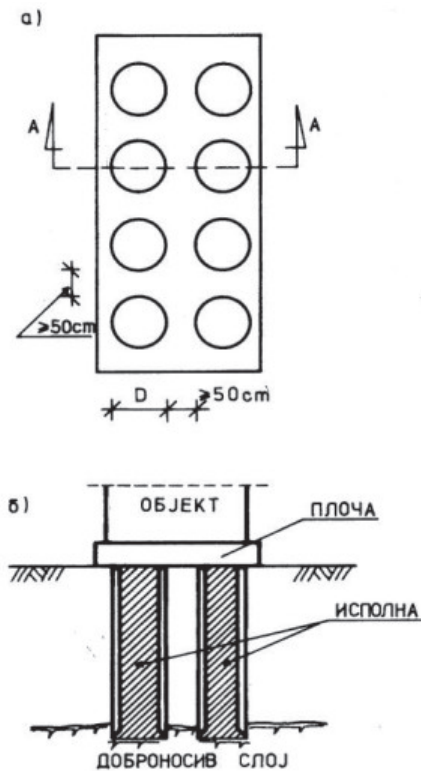
Бунарите ги пренесуваат товарите од објектот на почвата. Објектите се со голема маса, како крајни и средни столбови кај мостови, водени кули, фабрички оџаци и сл. Почвата покрај слабата носивост има високо ниво на подземна вода, а неретко и површинска вода. Иако бунарите се граделе од сите градежни материјали, денес се армирано-бетонски. Основата на бунарите е кружна, квадратна и правоаголна, а во подолжен пресек се цилиндрични, конусни и скалести.

Бунарите се изработуваат на следниот начин (слика 7.11): а) на површината на теренот се постави првиот прстен кој најдолу има бунарски нож, потоа со багер (ретко рачно) се копа земјата од внатрешноста, а бунарскиот прстен се спушта надолу (б). Вториот прстен се поврзува преку анкери со првиот прстен, а ископот продолжува во внатрешноста (в). Копањето продолжува сè до проектираната длабочина (добро носивиот слој) (г). Ако има подземна вода, може, но и не мора да се црпи.



Сл.7.11. Спуштање на прстени за бунар .

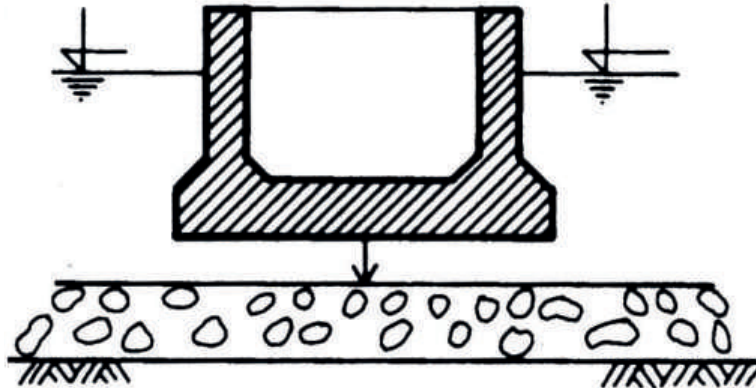
Спуштениот бунар делумно или целосно се исполнува со бетон. Најчесто, тоа се група бунари на минимално растојание од 50 см, над кои има надбунарска плоча, прикажано на слика 7.12.



Сл.7.12. Распоред на бунари под објектот: а) основа; б) пресек

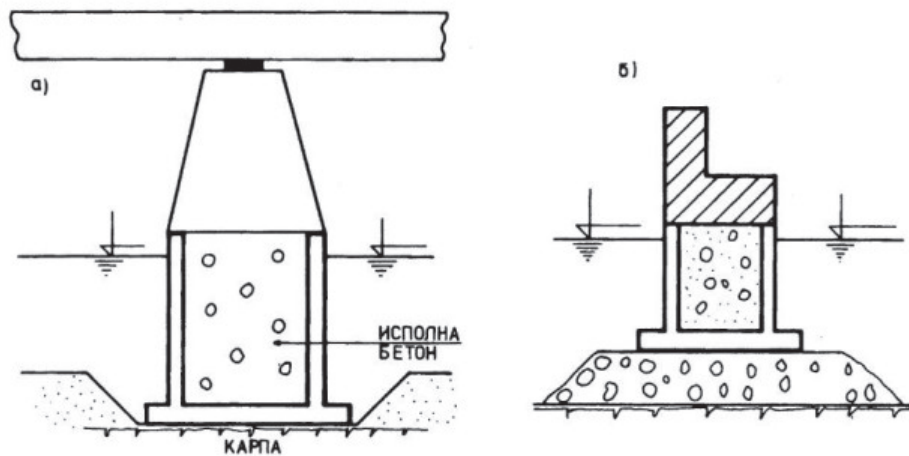
7.10. ФУНДИРАЊЕ САНДАЦИ

Фундирањето сандаци е за објекти во подлабока вода, столбови на мостови, пристанишни објекти и сл. Ако подлогата е добро носива, само се израмнува со багер, а ако е слабоносива се заменува со насип од чакал и кршен камен и потоа се поставува армирано-бетонскиот сандак. На карпеста подлога сандаци се поставуваат ако е рамна или претходно израмнета со бетонирање под вода (слика 7.13.).



Сл.7.13 . Фундирање сандаци

До постојаното место сандаци се може да пловат во канал и отворена вода, да се лизгаат по коса рампа и сл. На местото на фундамирање сандакот се потопува со исполна од чакал и кршен камен. По оваа активност сандакот може да ги прими товарите од објектот што ќе се гради над него. На сликата 7.14 прикажани се: а) сандак за фундамент на мост и б) сандак подготвен за потпора на пристаниште.

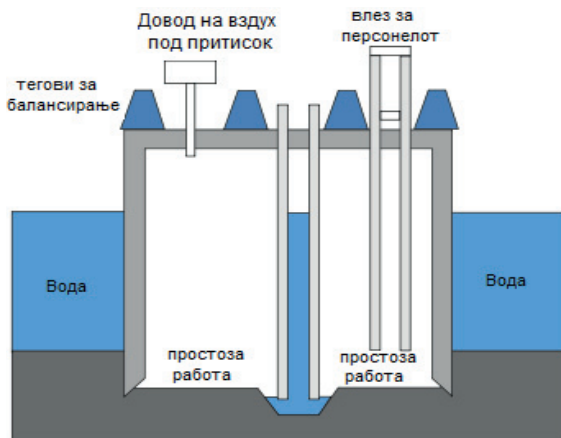


Сл.7.14.Фундирање со сандаци: а) мост; б) пристаниште

7.11. ФУНДИРАЊЕ КЕСОНИ

При фундаирање во површински води или почви со високо ниво подземни води, носивиот слој е на поголема длабочина и може да се примени пневматско фундаирање или фундаирање кесони(слика 7.15.). Примената им е на места каде поради некои пречки (остатоци од стари објекти, темели самци, камења и сл.) во поплитките слоеви не може да се пробијат колови или спуштат бунари. Кесоните на контактот може да примат големи товари, бидејќи имаат голема површина на налегнување (неколку стотини квадратни метри). Следува, дека ги примаат товарите од столбовите на мостовите со големи распони.

Кесоните овозможуваат увид во почвената средина при ископот и фундаирањето. Фундаирањето кесони се применува само во исклучителни случаи бидејќи е скапо (опрема, транспорт, сложено изведување) и се изведува во тешки услови за работа (зголемен притисок, кесонска болест).



Сл.7.15.Фундирање кесони

Запомни:

*Подобрувањето на почвата со површинско набивање е кај почви со слаба збиеност и таму каде можат да се користат соодветни средства за набивање.

*Песочните колови се поставуваат во форма на шаховски полиња, на растојание што го условува дијаметарот на цевките и карактеристиките на природната почва и исполна.

*Дренажниот канал, лоциран околу објектот, допира до водонепропусниот слој, со што ја собира водата која дотекува и ја испушта во реката.

*Бунарите се изработуваат на следниот начин: на површината на теренот се става прстен кој најдолу има бунарски нож, потоа со багер (ретко рачно) се копа земјата од внатрешноста, а бунарските прстени се спуштаат надолу.

Тест за самооценување

1. Наброи ги почвите со слаба носивост

6

- a)
- б)
- в)
- г)
- д)
- е)

2. Во крупнозрнест чакал се инјектира:

1

- a) *цементен малтер (цемент, вода и ситен песок);*
- б) *цементно млеко (цемент и вода).*

3. Кај кои објекти бунарите ги пренесуваат товарите на почвата?

3

- a)
- б)
- в)

4. Според начинот на пренесување на товарите коловите може да бидат:

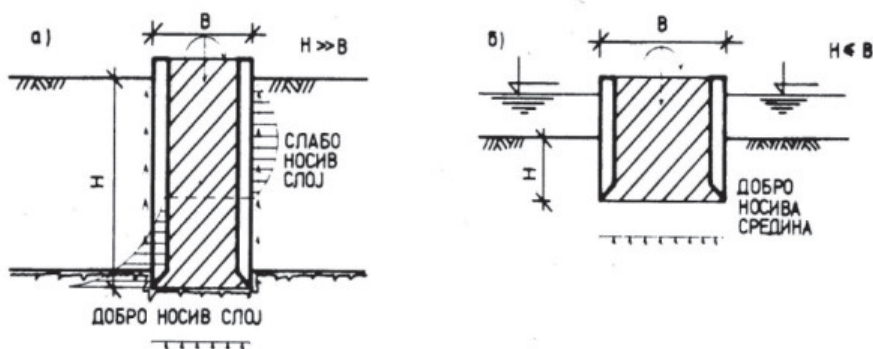
2

- a) *стоечки;*
- б) *лебдечки;*
- в) *пливачки.*

8. ТЕМЕЛИ И ТЕМЕЛЕЊЕ

Темелите како конструктивни елементи на еден објект имаат задача да го примат товарот и да го пренесат на почвената основа. За да се добие рационално решение при проектирање на темелите, се врши економско - техничка анализа. Во зависност од длабочината на темелењето и начинот на пренесување на товарите, фундирањето се дели на плитко и длабоко, па според тоа и темелите се делат на:

- плитски темели;
- длабоки темели.



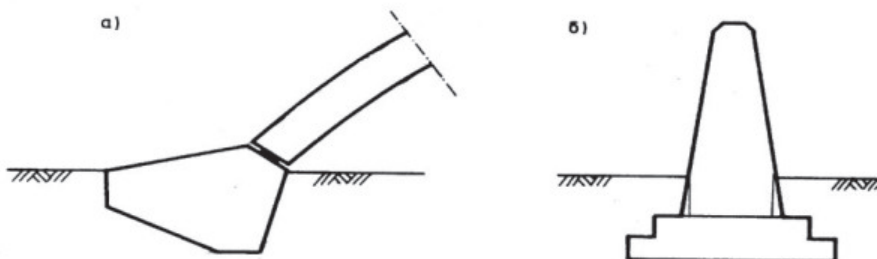
Сл. 8.1. Фундирање со помош на бунари: а) длабок темел; б) плиток темел

8.1. ПЛИТКИ ТЕМЕЛИ

Во зависност од формата, се разликуваат повеќе видови плитски темели и тоа:

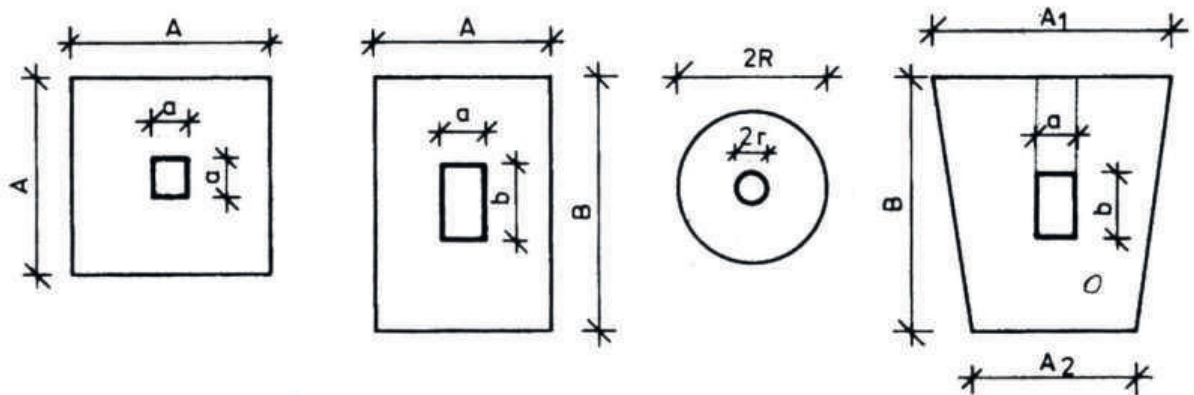
а) *масивни бетонски темели* – се градат при фундирање објекти, кои на почвата пренесуваат големи товари, па поради тоа почвата треба да биде со голема носивост, како што се карпестите основи или добро збиените чакали.

Масивни темели се градат кај: мостови (сл. 8.2), индустриски оџаци и сл.;



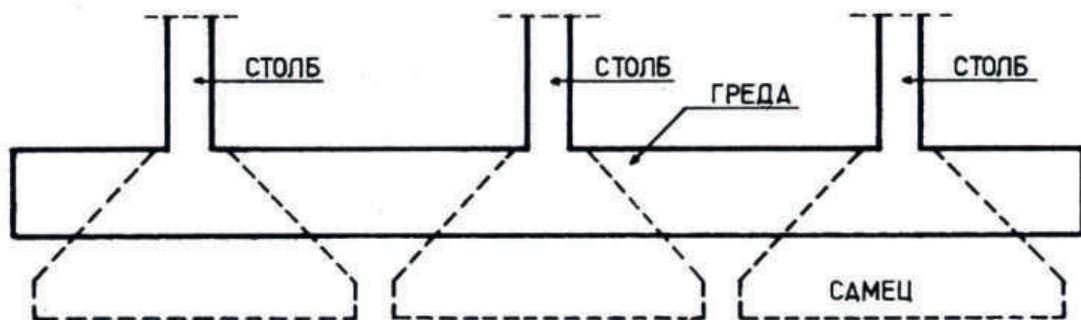
Сл. 8.2 Масивни темели кај мост: а) темел под главен лачен носач; б) темел под среден столб.

б) *темелите самци* од бетон, армиран-бетон, имаат голема примена во практиката кај високоградбените објекти и најчесто се градат под столбови;



Сл. 8.3 Форми на темели самци во основа

в) *лентовидни темели* (бетон, армиран-бетон) – се градат при фундаирање на помалку носиви почвени основи, односно таму, каде евентуалната примена на темели самци би предизвикало нивно доближување, па дури и преклопување (сл.8.4). Лентовидните темели можат да бидат под сидови и под редица од столбови;



Сл. 8.4. Доближување на темелите самци и примена на темелна греда

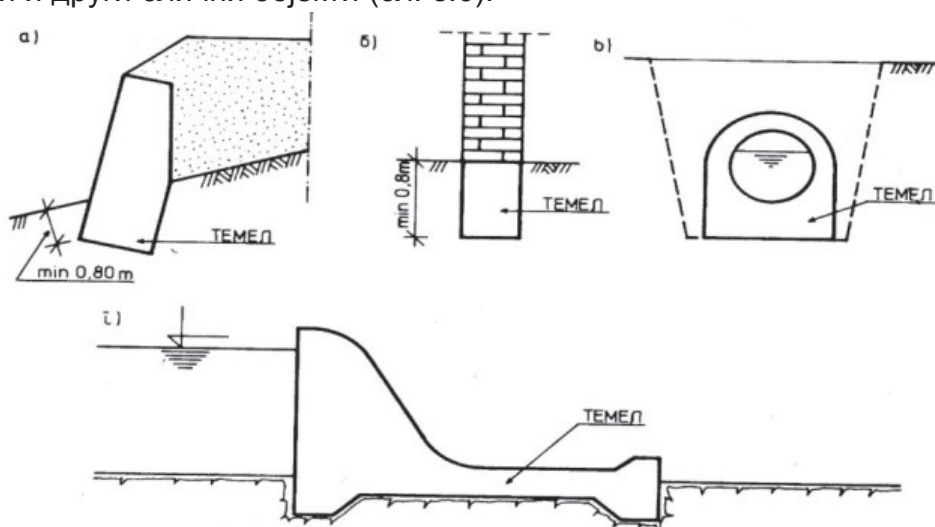
г) *темелни плочи* (бетон, армиран-бетон) – се градат под одделни конструктивни елементи или под цела конструкција (сл. 8.5). Овие темели се градат кај темелни подлоги со релативно мала носивост, а на кои има концентрација на товари на помали површини.



Сл.8.5. Темелна плоча со константна дебелина

8.2. ТЕМЕЛИ ДИРЕКТНО ПОТПРЕНИ НА ПОЧВЕНА ОСНОВА

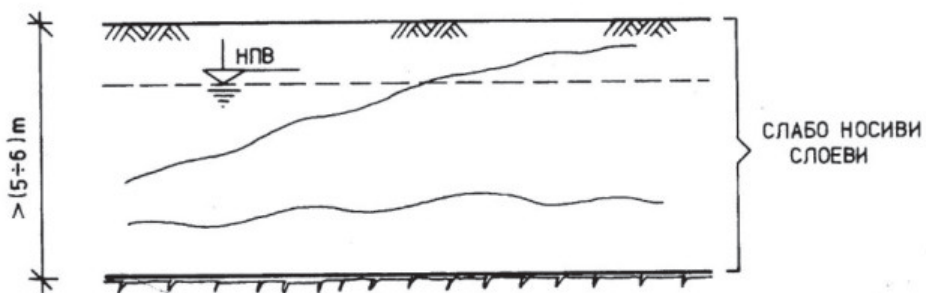
Во градби, каде не се врши специјално проширување, спаѓаат: потпорни и обложни ѕидови, водопроводи, брани, ѕидови на згради товарени со мали товари и други слични објекти (сл. 8.6).



Сл.8.6. Темели без проширување: а) потпорен ѕид; б) темел од ѕид од зграда в) канализационен колектор; г) брана.

8.3. ДЛАБОКИ ТЕМЕЛИ

Често се случува да се градат објекти на терен чии горни слоеви се доста слаби и кои не можат соодветно да се подобрат (сл.8.7) или пак евентуалното подобрување е нерационално. Во такви случаи ќе се тежи фундаирањето да се изврши во подлабоките почвени слоеви.



Сл. 8.7. Терен за длабоко фундаирање

Ако со теренските истражувања е откриено дека добро носивиот слој е на поголема длабочина (од 5 до 6 м и повеќе), тогаш објектот се фундаира на длабоки темели (види теми: 7.8; 7.9; 7.10 и 7.11.). Тие можат да бидат:

1. колови;
2. бунари;
3. сандаци;
4. косени.

Кој вид длабоки темели ќе се примени, зависи од:

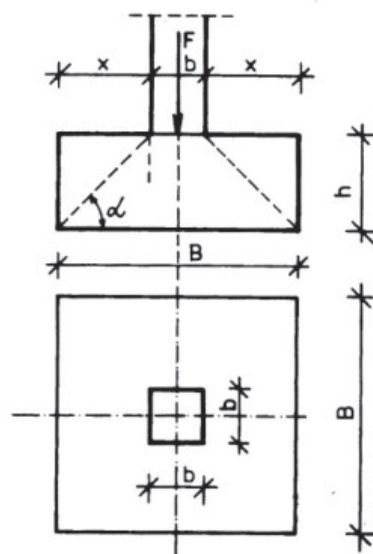
- геомеханичкиот профил на теренот;
- видот на објектот (зграда, мост и сл.);
- големината на објектот;
- стекнатото искуство за одреден вид фундаирање;
- техничко – економската анализа;
- други помалку важни чинители - естетски критериуми, хуманост во работата и сл.

8.4 . ПРЕСМЕТУВАЊЕ ТЕМЕЛИ

Пресметувањето на плитките темели се сведува на што поточно определување на напрегањето на почвата во контактот, темел - почва. Во чл. 140 од Правилникот за технички нормативи за проектирање и изведување на работи врз темелење на градежни објекти се вели: „Темелите конструкции по правило се пресметуваат спрема нивната совитливост (деформибилност).....“ , а потоа во чл. 142, 145, 146 и 147 се додаваат услови под коишто за определени видови темели може да се прифати линеарна распределба на контактното напрегање. Такви темели се: темели под сидови (лентовидни), единечни темели под столбови и темелни греди до 4 м, т.е. оние греди кои имаат крутост поголема од 0.4.

8.5. НЕАРМИРАНИ ЦЕНТРИЧНО ТОВАРЕНИ ТЕМЕЛИ ПОД СИДОВИ И СТОЛБОВИ

Ако сидот или столбот пренесува на темелот само вертикална сила, тогаш напрегањето што се јавува во контактната површина помеѓу темелот и почвата (дното на темелот) е :



Сл. 8.8 Квадратен темел

Каде е : $\sigma = \frac{N}{A}$

N - вкупен вертикален товар на дното на темелот, т. е. во точката O ;
 A - површина на налегање (допирна површина).

Вкупниот товар е: $N = F + G_T$

F – сила од столбот (сид);

G_T - тежина на темелот и почвата над него.

Бидејќи во почетокот на пресметувањето не се познати димензиите на темелот, за G_T се зема 10% од F .

Потребната површина на налегнување на темелот се добива:

$$A = \frac{N}{\sigma_d}$$

$$A = \frac{F + 0.1F}{\sigma_d} = \frac{1.1F}{\sigma_d}$$

Каде е :

σ_d - дозволена носивост на почвата.

Спрема ова, потребните димензии на темелот во основа се добиваат од равенката за темел под сид, бидејќи се зема 1m од сидот, а ширината на темелот ќе биде:

$$A = B \cdot 1.0$$

$$B = \frac{A}{1.0}$$

За темел под столб димензиите во основа ќе зависат и од тоа, каква форма на темел ќе се усвои во основа.

За централно товарење не е битно дали ќе се усвои квадратен или правоаголен темел во основа. Усвојувањето на формата (квadratна или правоаголна) ќе зависи од формата на столбот. Обично се усвојува квадратен темел под квадратен столб, а правоаголен темел под правоаголен столб.

За правоаголен темел се усвојува односот на страните на темелот да биде како односот на страните на столбот:

$$b : c = B : C$$

Или, обично се усвојува:

$$C = 0.8 \cdot B$$

Каде се:

b и c – страни на столбот;

- за квадратен темел : $A = B \cdot B$;

$$B = \sqrt{A}$$

- за правоаголен темел: $A = B \cdot C$.

За да се пресмета плоштината на основата A , треба да се искористи една од погоре предложените можности за соодносот на страните на темелот, тогаш е:

$$B = \frac{b}{c} C$$

Со замена се добива:

$$A = \frac{b}{c} \cdot C \cdot C = \frac{b}{c} C^2$$

A , височината на темелот е:

$$h = \frac{B-b}{2} \cdot \operatorname{tg} \alpha$$

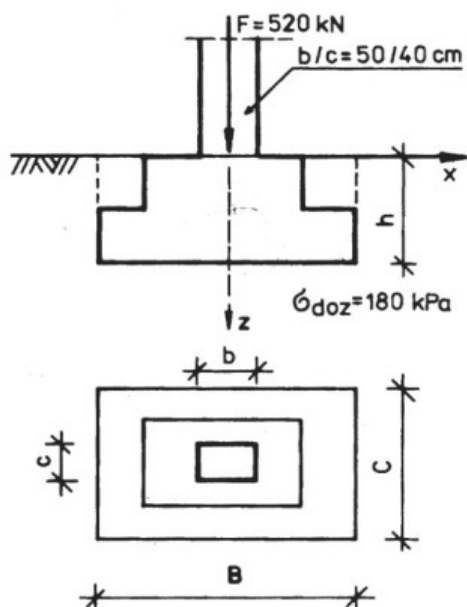
Каде $\operatorname{tg} \alpha$ зависи од МБ и просечното контактено напрегање дадено во табелата 8.1:

Марка на бетон	10	15	20	30
σ_0 (MP _a)	$\operatorname{tg} \alpha$			
0,100	0,950	0,895	0,775	0,632
0,200	1,550	1,255	1,095	0,895
0,300		1,550	1,340	1,095
0,400			1,550	1,265
0,500			1,730	1,414

Таб.8.1. Зависност меѓу марката на бетонот и просечното контактено напрегање

8.6. ЗАДАЧА ЗА ПРЕСМЕТУВАЊЕ ТЕМЕЛИ

Да се пресмета крут темел со МБ 20 под правоаголен столб со страни $c=40\text{cm}$ и $b=50\text{cm}$; кој пренесува вертикална сила $F=520\text{ kN}$. Фундирањето се врши врз почва чија дозволена носивост $\sigma_d = 180\text{ kPa}$.



Сл.8.9

Решение:

Потребната површина на потпирање се добива со користење на равенката:

$$A = \frac{1.1F}{\sigma_d}$$

$$A = \frac{1.1 \cdot 520}{180} = 3.18\text{ m}^2$$

Страните на темелот се добиваат со користење на равенките :

$$C = \sqrt{\frac{c}{b} \cdot A}$$

$$C = \sqrt{\frac{0.40}{0.50} \cdot 3.18} = 1.59\text{ m}$$

Усвоено $C = 1.60\text{ m}$

$$B = \frac{b}{c} C$$

$$B = \frac{0.50}{0.40} 1.60 = 2.00m$$

Висината на темелот се добива со користење на равенката:

$$h = \frac{B-b}{2} \cdot \operatorname{tg}\alpha$$

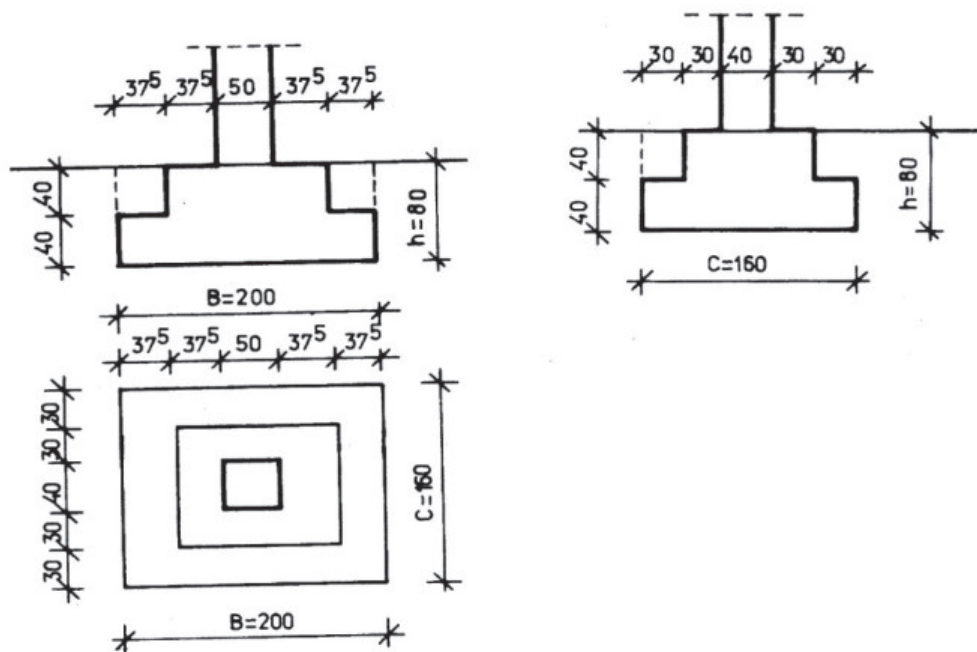
Од табелата 8, за МБ 20 и $\sigma_d = 180kPa$ со интерполација помеѓу 0,775 и 1,095 се добива за $\operatorname{tg}\alpha$:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{1.095 - 0.775}{100} \cdot 80 + 0.775 = 1.031$$

Следува, височината на темелот:

$$h = \frac{2.00 - 0.50}{2} \cdot 1.031 = 0.77m$$

усвоено $h = 0.80m$.



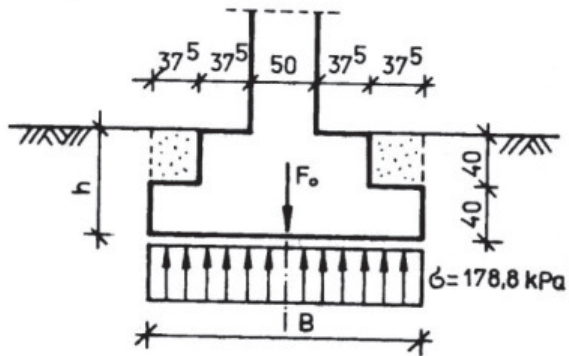
Сл. 8.10. Темелот во основа и пресек со усвоените димензии.

Контрола на напрегањата во контактната површина е според равенките:

$$\sigma = \frac{F + G_{st}}{A_{usv}} \leq \sigma_{doz}$$

$$G_{st} = A_{st} H \gamma_b \beta = 1,6 * 2,0 * 0,8 * 24 * 0,85 = 52,2 \text{ kN}$$

$$\sigma = \frac{520 + 52,2}{1,6 * 2,0} = 178,8 \text{ kN} < \sigma_{doz}$$



Сл . 8.11

8.7. ЗАДАЧА ЗА ПОВТОРУВАЊЕ

Да се пресмета крут лентест темел со МБ 20 под сид $c = 100\text{см}$ и $b = 50\text{см}$; кој пренесува вертикална сила $F = 520 \text{ kN}$. Фундирањето се врши врз почва чија дозволена носивост $\sigma_d = 180 \text{ kPa}$.

9. ГРАДЕЖНА ЈАМА

Под поимот градежна јама се подразбира потребниот волумен од ископ на земја за сместување, односно изградба на темелите на објекти. Големината и формата на градежната јама зависат од техничкото решение на темелната конструкција на објектот. Техничкото решение на темелната конструкција зависи од:

- видот и карактерот на објектот;
- геомеханичките, хидрогеолошките, сеизмичките и топографските услови на теренот;
- расположивиот простор (близина на соседни објекти);
- присуство на површински води;
- други фактори.

Според ова, не постои утврдена методологија за проектирање на темелни-те конструкции. За ист објект, на еден терен може да е најприфатливо еден вид фундирање (на пр. плитко), а на друг терен во други услови може да е најприфатливо сосем друг вид фундирање (на пр. длабоко). Со тоа и изведбата на градежната јама, како и нејзината заштита при градење на темелите од разни фактори (разрушување, надворешни води, подземни води и сл.) бара сеопфатно анализирање на сите фактори, кои на еден или друг начин влијаат на успешното (безбедно, економично и технички исправно) фундирање на објектот.

При градење на секој објект, како почетна работа се јавува изведбата на градежната јама.

За извршување на работите за градење на темелите на објектот, треба да се обележи објектот. Обележувањето треба точно да се изврши, како во основа така и по длабочина, исклучиво со геодетски инструменти. Во проектениот елаборат треба да се содржани сите геодетски елементи (координати на тригонометриски точки и коти на репери – нивелмански точки), за да може обележувањето на објектот да се поверзе со државната геодетска мрежа. Како ќе се обележи објектот, зависи од решението на темелната конструкција во проектот. На пр. за објект од тип на згради, обележувањето е следно:

- ако темелната конструкција е плоча, тогаш се обележуваат аглите на таа плоча (слика 9.1);
- ако темелната конструкција е од темели самци или греди, се обележуваат оските (центрите) на столбовите (слика 9.1).



Сл.9.1. Обележување градежна јама кај темелна плоча, темели самци и греди

При ископ на јамата, често доаѓа до оштетување на колците, па затоа се врши осигурување и тоа :

- кај плочата се поставуваат колци и летви (надвор од зоната на копањето), на кои во два заемно нормални правци се пренесува аголната точка;

- кај темелите самци се обележуваат страните на темелот и се врши осигурување за секој темел, или може за сите темели заедно, надвор од габаритот, а во зависност од меѓупросторот на темелите.

Откако е обележана јамата во основа и висински, т.е. се поставени и висински (нивелмански) точки, од кои е пресметана и длабината на копањето, може да се започне со ископот.

При изведување на работите на градежната јама, особено треба да се внимава на условите:

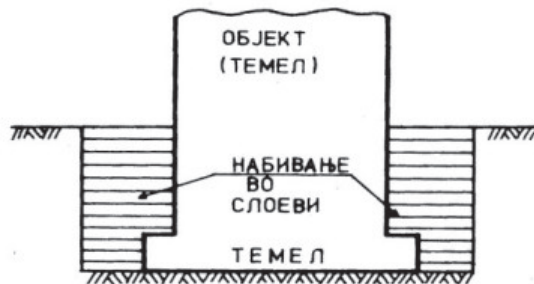
а) да се спречи навлегување атмосферски или површински води во јамата. Од атмосферски води јамата се заштитува со каналчиња од повисоките нејзини страни;

б) кај машински ископ на јамата (а најчесто се копаат машински, освен мали градежни јами кои можат да се копаат и рачно) не се копаат последните 20 - 30 см од дното. Тие се копаат рачно, бидејќи со машински ископ не може да се постигне проектираната рамнина;

в) при фундаирање во глинени почвени средини, последните 20 – 30 см се копаат непосредно пред да се започне со бетонирањето на темелите, затоа што, ако јамата се ископа до проектираната кота и ако остане отворена подолго време, под дејство на атмосферски влијанија, како што се: дожд, мраз, суша и сл., ќе дојде до разрушување на структурата на глината. Неископаниот слој од 20 - 30 см служи како заштита.

г) не треба да се врши директно црпење на водата од јамата, бидејќи постои опасност од црпење и на почвени честички заедно со водата, а тоа го ослабнува тлото. Црпењето треба да биде од собирни шахти, кои се заштитени со филтерски материјал, во слоеви песок, чакал, па и кршен материјал;

д) по завршувањето на темелната конструкција, јамата треба да се насипува во слоеви со набивање (слика 9.2.).

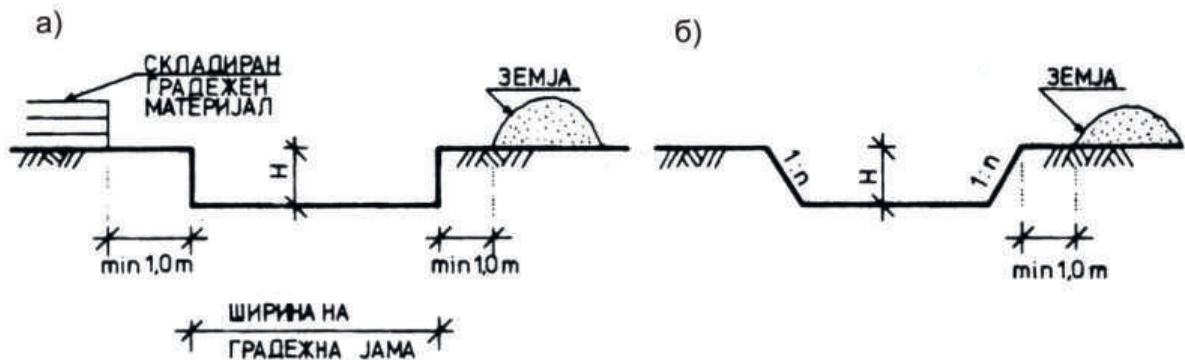


Сл. 9.2. Насипување на градежната јама по завршување на темелите .

9.1. ГРАДЕЖНА ЈАМА ВО СУВИ И МАЛКУ ВЛАЖНИ ПОЧВИ

Во зависност од геотехничките карактеристики на почвата и длабочината на ископот, темелните јами можат да бидат без подградување и со подградување.

Градежната јама се прави без подградување кога е плитка, или кога има доволно слободен простор околу неа. Овој вид градежна јама, најчесто се сретнува во градежната практика кај нас, во зависност од видот на почвата и длабочината, а градежната јама без подградување, може да биде со вертикални или коси страни (сидови), (слика 9.3.).



Сл. 9.3. Градежна јама: а) со вертикални ѕидови; б) со коси ѕидови.

Градежните јами со вертикални страни се изведуваат во глинести почви, т.е. во почви кои имаат кохезија. Но, и кај таквите почви не може секогаш да има вертикални неподградени страни, туку само кај плитки градежни јами.

Кај почви кои не поседуваат кохезија т.е. нокохерентните почви, како што се песоци, чакали и слично, градежните јами се изведуваат со коси ѕидови.

Наклонот на косините на јамата зависи од:

- видот на материјалот, поточно од аголот на внатрешното триење на почвата;
- длабочината на јамата.

Наклонот на косината треба да се пресмета по некој метод за стабилност на косини, а ориентационо, за плитки градежни јами со длабочина до 3m може да се користи следната табела 9.1:

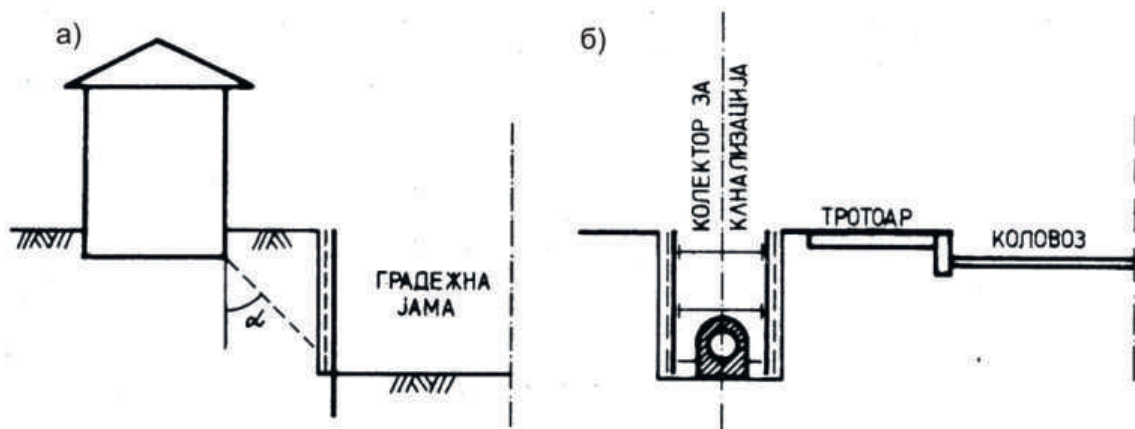
Вид на материјалот	наклон
Глиновит песок или чакал	2 : 1
Крупен чакал	1,3 : 1
Песоклив чакал	1 : 1,25
Глиновито-песоклив чакал	1 : 1,25
Крупен песок	1 : 1,5
Ситен песок	1 : 1,75
Песок во вода која тече	1 : 3
*најдобро е да се пресмета стабилноста	1 : n

Табела 9.1. Наклон на косините за плитки градежни јами

При копање на јамата, треба да се внимава, да не се оштетат некои инфраструктурни инсталации (електрични, водоводни и сл.). Дел од ископаниот материјал се транспортира во депонија, а дел се остава за насипување врз темелите. Материјалот што се остава, мора да се депонира мин. 1.0 m од рабовите на јамата. Подалеку од работ на јамата треба да се складираат и материјалите кои ќе служат за изведување на темелите, како што се кранови, машини и слични товари (кои не треба да се движат близу јамата).

Кај градежните јами без подградување, фундаирањето треба да се извршува брзо, бидејќи атмосферските прилики негативно влијаат на стабилноста на косините.

Ако условите на теренот не дозволуваат изведување на градежна јама без подградување, тогаш мора да се врши подградување на јамата. Тие услови можат да бидат различни. Најчест случај е ограничениот простор за градба, поради близината на веќе изградени соседни објекти (слика 9.4.).



Сл.9.4. Ограничен простор за изведба на градежна јама: а) покрај постоечка зграда: б) покрај улица

Понекогаш, поради потребниот благ наклон на косините поевтино е да се копа и транспортира земјата (слика 9.5).



Сл. 9.5. Потпрена градежна јама, наместо градежна јама со големи косини

При копање на градежна јама во суво, за да се заштитат страните на јамата од одронување и разрушување, се врши потпирање со заштитна дрвена подграда.

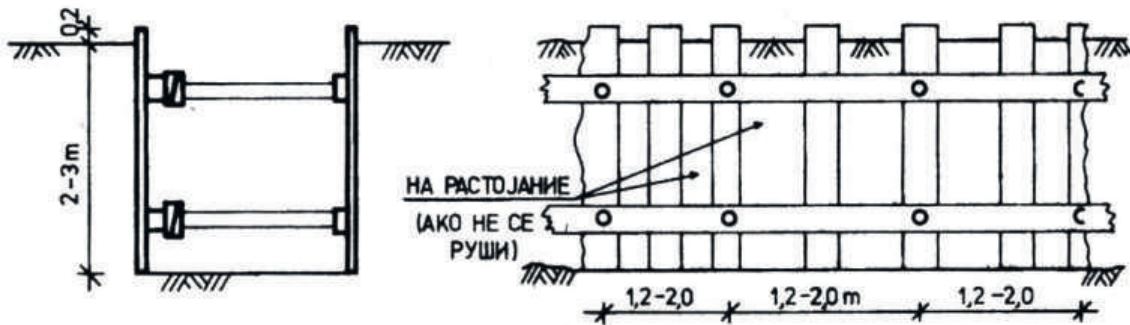
Како заштитна подграда може да се применат:

- хоризонтални талпи (слика 9.6), за некохерентни почви длабоки до 30 m;
- вертикално поставени талпи (слика 9.7);
- рударска оплата (слика 9.8), подлабоки од 4,0 m во слабо врзани и неврзани почви.



Сл.9.6. Заштита на градежната јама со хоризонтални талпи: а) попречен пресек; б) подолжен пресек

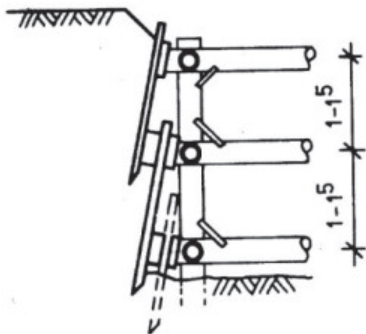
Заштита на јами со вертикални талпи се врши при ровко замјиште за длабочина до 4,0 m.



Сл. 9.7 Заштита на градежната јама со вертикални талпи: а) попречен пресек; б) подолжен пресек.

Во двата случаи, и кај хоризонталните и кај вертикалните талпи, во зависност од компактноста и кохерентноста на почвата, заштитните талпи се поставуваат една до друга, или на извесно меѓусебно растојание.

Заштита на темелите на јама со рударска оплата се врши со јами (слика 9.8.).



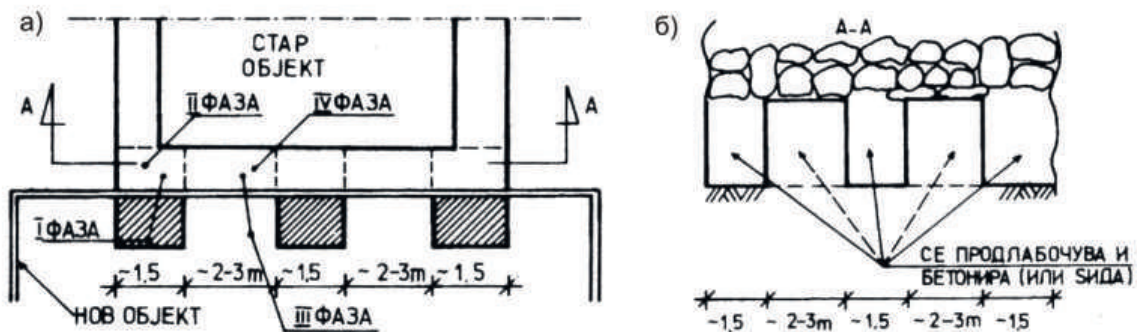
Сл.9.8. Ископ на градежна јама, под заштита на рударска оплата

Како посебен случај на изведување градежна јама може да се јави ако треба јамата да се копа веднаш до соседен објект. Во таков случај директно е загрознена стабилноста на соседниот, веќе изграден објект (слика 9.9.).



Сл.9.9. Загрозување на соседниот објект од градежната јама на нов објект

Ако се копа градежна јама до веќе изграден објект, чии темели се поплатки, најпрво треба да се обезбеди целиот ѕид на постојната зграда со потпирање. Потоа, како I фаза се врши постепено копање покрај ѕидот во ламели со должина мах.1,5 m, а со ширина доволна за работење. Во II фаза се продлабочува со зидање на темелот. Во III фаза - се копа втората ламела (неископан дел), која е долга 2 - 3m и на крај, во IV фаза се досидува темелот (слика 9.10.).

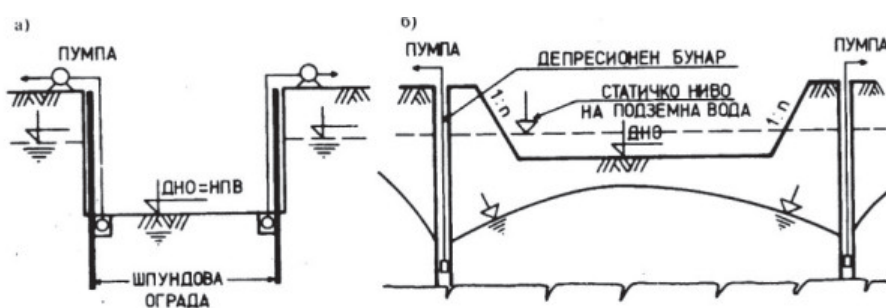


Сл.9.10.Обезбедување соседни објекти: а) основа; б) пресек

9.2 ГРАДЕЖНА ЈАМА ВО ПОЧВА СО ВИСОКО НИВО НА ПОДЗЕМНА ВОДА

Ако градежната јама навлегува во почви со високо ниво на подземна вода, тогаш јамата од одронување и од навлегување на вода може да се заштити на два начина, и тоа:

- со шпундова ограда (сл. 9.11-а);
- со снижување на нивото на водата со депресиони бунари (сл.9.11-б);



Сл. 9.11. Градежна јама на почви со високо ниво на подземна вода.

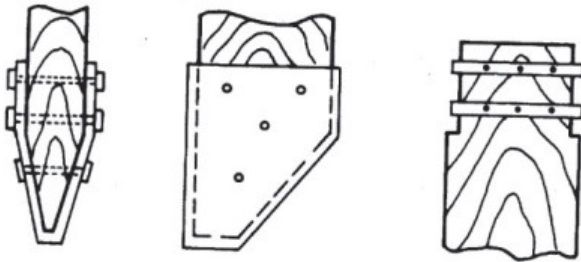
Шпундова ограда претставува заштитен ѕид составен од талпи поврзени меѓусебе и набиени во земја. Таа има задача да го спречи одронувањето на вертикалните страни на градежните јами и да го намали големото и брзо навлегување вода за време на копањето на јамата и изработка на темелите. Шпундовата ограда се применува, освен за заштита од подземните води, и за заштита од површински води (слика 9.12.).



Сл. 9.12 Заштита на градежна јама од површинска вода со шпундова ограда

9.2.1. Дрвена шпундова ограда

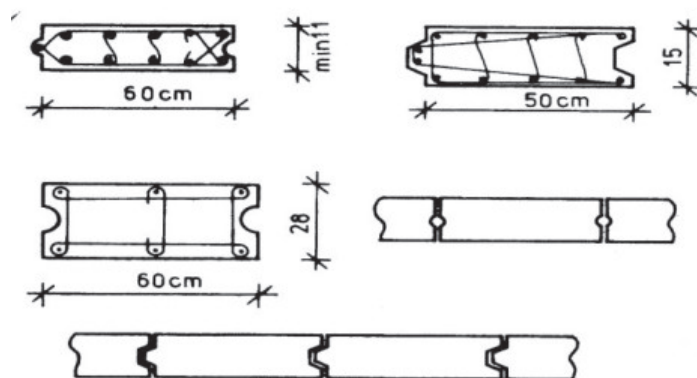
Дрвена шпундова ограда се применува кај градежни јами со длабочина од 4 до 5м. Дрвена шпундова ограда се прави од: талпи со должина 6,5 до 8,5м и со дебелина 2,5 до 8см, од колци со песок 12/20 до 20/24см. Дрвена шпундова ограда се изработува од суров боров градежен материјал кој се потопува во вода во тек од 10 до 15 деноноќија. Со употреба на суров градежен материјал се спречува витоперење на талпите под влијание на водата. Дрвената шпундова ограда се применува кај помело земјиште и тогаш врвот се обложува со челична облога, а на горниот дел се става челичен оков (сл.9.13).



Сл. 9.13 Обложување со челичен оков

9.2.2. Армирано – бетонска шпундова ограда

Оваа ограда се применува за јами со поголема длабочина од 4 до 5 m и само во случај кога оградата останува како составен дел на темелната конструкција (слика 9.14.).

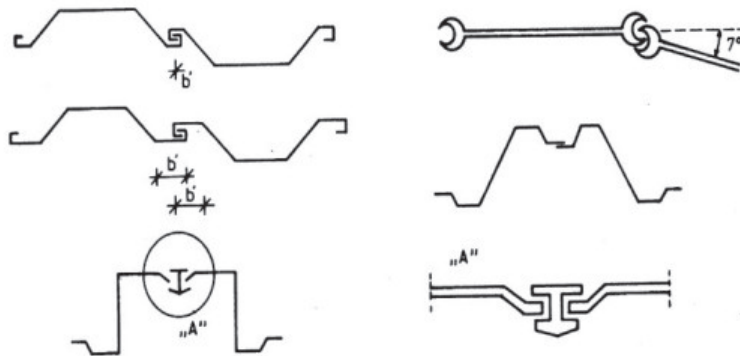


Сл. 9.14. Попречен пресек на армирано-бетонски талпи за шпундова ограда

Димензиите на талпите во попречен пресек се различни и тоа: дебелината е во граници од 18 до 40 см, а ширината е од 50 до 60 см. Талпите се обработува-ат така што при нивното поврзување мора да се обезбеди водонепропустливост.

9.2.3 Челична шпундова ограда

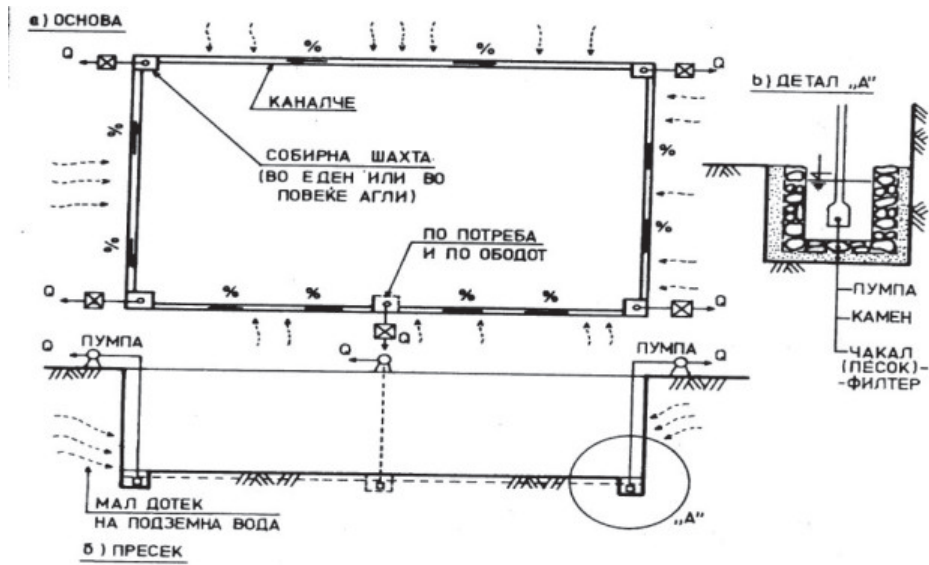
Челичната шпундова ограда се применува при длабоко поставување на темелите и при тешки геолошки и хидрогеолошки услови. Таа се применува за длабочини на јами од 5 до 10m и значително подлабоко, под дното на градежната јама. Оваа ограда се прави од челични талпи, кои ги има неколку типа, како што се: Ларсен, Рамбос, Лакавана, Хеш, Круп и др. (слика 9.15.).



Сл. 9.15 Типови челична шпундова ограда

9.3. ОДВОДНУВАЊЕ ГРАДЕЖНА ЈАМА

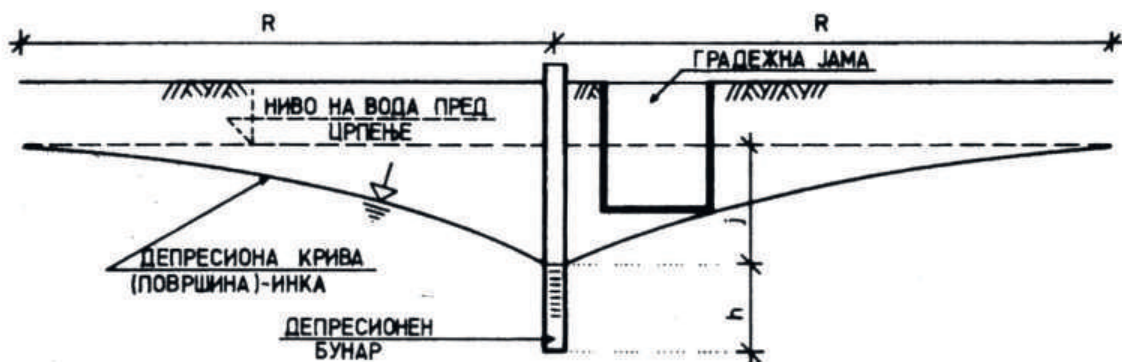
Површинското одводнување на градежната јама се врши, кога при црпење нема опасност заедно со водата да се црпат и ситни почвени честички. Ако градежната јама се изведува во почвени средини со мал доток на подземни води, а такви се кохерентните средни, тогаш црпењето на водата од јамата се врши директно, без заштита со шпундова ограда (слика 9.16.).



Сл.9.16 Површинско одводнување на градежна јама без заштита

9.4 СНИЖУВАЊЕ НА НИВОТО НА ПОДЗЕМНАТА ВОДА

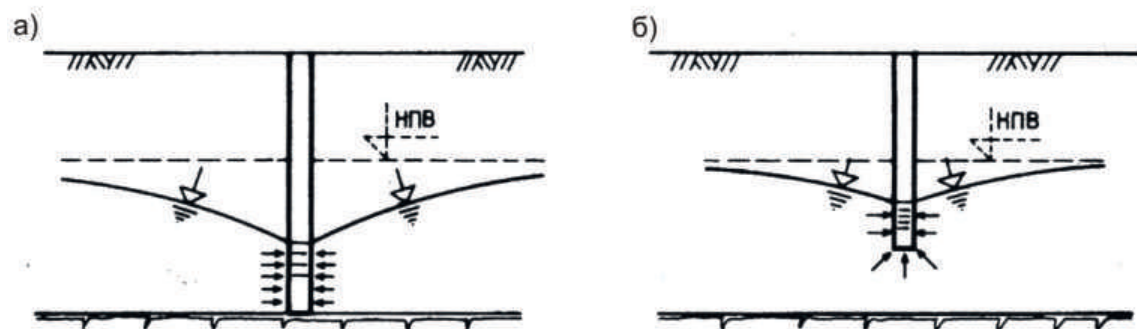
При копање на градежна јама, за да не навлезе подземната вода во неа, истата се штити со снижување на нивото на водата со помош на депресионен бунар (или повеќе депресиони бунари). Од бунарот се црпи вода, при што се снижува нивото на водата околу бунарот и се формира депресиона инка (слика 9.17.).



Сл. 9.17. Формирање депресиона инка

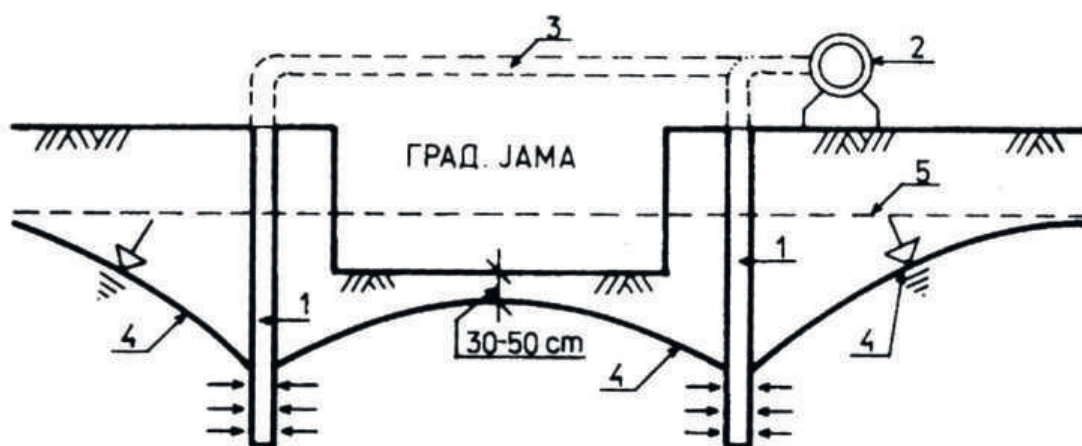
Депресионите бунари може да бидат:

- совршени - со дното достигнуваат до водонепропустливиот слој (слика 9.18а);
- несовршени - завршуваат во водопрпустливиот слој (слика 9.18б).



Сл.9.18 Депресиони бунари: а) совршен; б) несовршен

Тие се соединуваат со пумпата преку заеднички цицачки вод, па со постојано црпење се спушта нивото на подземната вода сè до 30 – 50 см под дното на темелната јама (слика 9.19.).



Сл. 9.19 Шема на снижување на подземната вода

Снижувањето на нивото на подземната вода во темелната јама на големи површини и длабочини, се врши на два начина, и тоа: скалесто - повеќеетажно или со поставување специјални длабински пумпи.

Запомни

*Челична шпундова ограда се применува при длабоко поставување на темелите и при тешки геолошки и хидрогеолошки услови.

*Од бунарот во близина на градежната јама се црпи вода, при што се снижува нивото на водата околу бунарот и се формира депресиона инка.

*Градежни јами со вертикални страни се изведуваат во глинести почви, т.е. во почви кои имаат кохезија.

*Обележувањето на објектот, зависи од решението на темелната конструкција во проектот. Ако темелната конструкција е плоча, тогаш се обележуваат аглите на таа плоча. Ако темелната конструкција е од темели самци или греди, се обележуваат оските (центрите) на столбовите.

Тест за самооценување

1. Како заштитна подграда на темелна јама може да се применат: 3
 - а) хоризонтални талпи;
 - б) вертикално поставени талпи;
 - в) рударска оплата.

2. Во колку фази се заштитува веќе изграден објект со поплитки темели до 3м, кога се копа градежна јама до него? 1
 - а) две;
 - б) три;
 - в) четири.

3. Од што зависи наклонот на косините на јамата: 2
 - а)
 - б)

10. ВОДА ПОТРЕБА И СРЕДСТВО

10.1. ЗАКОНОТ ЗА ВОДИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА И НИВНА ЗАШТИТА

Член 1

Со овој закон се уредуваат условите и начинот на употреба и користење на водите, заштита на водите од исцрпување и загадување, управување на водите, изворите и начин на финансирање на водостопанските дејности, давање на водата на користење со одобрение (концесија), меѓудржавните води и други прашања од значење за обезбедување на единствен режим на водите во Република Македонија.

Член 2

Водите, водотеците и езерата, како добра од општ интерес на Република Македонија уживаат посебна заштита утврдена со закон и се во **државна сопственост**.

Член 3

Одредбите на овој закон се однесуваат на изворските, протечните, стоечките и подземните води, зафатите на атмосферски води, водите за пиење и отпадните води, на коритата и бреговите на водотеците и пороите, езерата и акумулациите, како и на термалните минерални води, доколку со посебен закон поинаку не е определено.

Член 10

Водостопанските согласности и водостопански дозволи се евидентираат (запишуваат) во **книгата за водите**.

Член 11

Изворските, протечните, неистечните и подземните води **се користат по следниот преоритет**:

- за водоснабдување на населението, за здравствените установи и правните лица од областа на ветеринарството, за потребите на одбраната, за индустријата за производство и преработка на прехранбени производи и за напојување на добитокот;
- за наводнување на земјиште;
- за водоснабдување на индустријата (стопански потреби);
- за наводнување на паркови и други јавни површини

Член 13

Заштитата од штетно дејство на водите се состои од преземање на работи и мерки за заштита од поплави, заштита од ерозија и уредување на порои.

Член 14

Водите се заштитуваат од загадување заради оневозможување на штетно и непречено користење на водите, заштита на здравјето на луѓето, на животната средина и животинскиот и растителниот свет.

Член 18

Водостопанските објекти, постројки во смисла на законот, се објекти со кои се врши:

1. уредување на режимот на водите и тоа: брани со нивните акумулациони простори, ретензиони и инундациони базени, регулирани речни корита, одбрана од насипи, уредени порои и ерозивни површини, ободни латерални канали, црпни станици и слично (во понатамошен текст: **заштитни објекти**);
2. обезбедување, зафаќање, доведување и подготовки на вода за водоснабдување на населението, индустриските и други стопански и комунални потреби (во понатамошен текст: **водоснабдителни објекти**);
3. обезбедување и доведување на вода за наводнување на земјоделското земјиште и за прифаќање и одведување на површински и подземни води (во понатамошен текст: **хидромелиоративни системи**);
4. зафаќање, доведување и искористување на водата за прозводство на електрична енергија и за движење на друг вид постројки (во понатамошен текст: **хидроенергетски објекти**);
5. зафаќање, доведување и пречистување на загадени отпадни води и нивно одведување до реципиентот и за спречување на нагло експлозивно испуштање на опасни и штетни материји (во понатамошен текст: **објекти заштита на водите**);
6. задоволување на посебни намени за одбраната, посебни еколошки потреби и слично (во понатамошен текст: **посебни објекти**).

Член 31

Водостопанска дозвола се издава на барање на инвеститорот.

Кон барањето за водостопанска согласност се приложува решение за услови на градба и техничка документација најмалку на ниво на **идеен проект** која особено содржи: хидролошки подлоги, хидраулички пресметки, намена, количество и начин на зафаќање на водата, начинот и ефектот од прочистувањето на отпадните води и нивното одведување до реципиентот и влијанието на објектите врз режимот на водите. Техничката документација мора да биде **оценета – редивентирана од стручна установа** или друго правно лице регистрирано за вршење на таков вид работи.

Член 55

Во пошироките заштитни зони на извориштата се забранува обработка на земјиштето, изградба и користење на објекти и вршење на работи спротивно на пропишаните услови.

Доколку настанат штети од ограничувањата на правото на користење на земјиштето, сопствениците на земјиштето во пошироката заштитна зона имаат право на надоместок, согласно со прописите на експропријација.

Член 87

За да се спречиво водите да се внесуваат материи што можат да предизвикаат промени на хемиските, физичките, биолошките и бактеролошките состави и својства или радиолошки особини на водата што ќе ја ограничат или оневозможат нејзина употреба или користење за соодветна намена, правните и физичките лица кои испуштаат отпадни води, се должни да градат објекти и постројки за прочистување на загадените отпадни води.

Член 89

На правните у физичките лица им се забранува:

1. испуштање на материи во водотеци, езера, акумулации и подземни води кои можат да предизвикаат заразни и паразитски болести;
2. користење на напуштени бунари како септички јами;
3. испуштање и исфрлање на минерални масла, маслени смеси и други отпадоци од бреговите и пловните објекти во водотеците, езерата, акумулациите и подземните води;
4. испуштање во јавна канализација отпадни води и други материи кои штетно делуваат на прочистувањето на водите од канализацијата или кои можат да ја оштетат канализацијата;
5. под земја да се внесуваат индустриски, рударски, искористени геотермални и други загадени отпадни води кои претходно не се прочистуваат до потребниот степен, кој се утврдува со водостопанска согласност, односно водостопанска дозвола.
6. во водотеците, езерата и акумулациите да не се испушта вода со температура над 27 степени целзусови.

Член 92

Републичкиот хидрометеоролошки завод ја следи состојбата со загаденоста на водите и рано откривање на евентуално хавариско загадување на водите и врши систематско испитување на квалитетот на водата во водотеците, природните езера и акумулациите, подземните води и водите кои се употребуваат во системите за наводнување

Член 161

Работите на водостопанскиот инспектор ги врши дипломиран градежен инженер – хидро насока со најмалку три години работно искуство во структурата.

Член 153

Водата како природно богатство се дава на користење со концесија за вршење на следните дејности:

- производство на електрична енергија;
- одгледување на риби во рибници и кафези;
- езерски сообраќај;
- туристички услуги.

10.2 ОРГАНИЗАЦИЈА НА ХИДРОЛОШКАТА СЛУЖБА

Сите хидрометриски станици во едно сливно подрачје или на одредена територија ја сочинуваат хидрометриската мрежа. Хидрометриската мрежа од станици служи целосно да се изучуваат водните богатства на одреден слив или на целата земја.

Хидрометриската мрежа може да биде:

- основна,
- дополнителна и
- посебна.

Станиците од основната хидрометриска мрежа се постојани и се менуваат или укинуваат само во случаи кога резултатите од нивните набљудувања немаат практична корист. Хидрометриските станици од основната мрежа треба да бидат избрани и поставени така да се опфати горниот, средниот и долниот дел од сливот и да даваат можност за праволиниска интерполација на хидролошките големини меѓу две соседни станици. Ова значи климатските и физичко-географските карактеристики меѓу соседни станици да се менуваат постепено.

Мрежата на дополнителни станици служи за специјални хидролошки истражувања, најчесто од времен карактер се додека не се реши некој проблем. Често пати на станиците од дополнителната мрежа може да се набљудуваат елементи кои не се предмет на станиците од основната мрежа.

Посебната мрежа од станици се воспоставува за истражување на одреден број на параметри кои во нормални услови не се мерат во основната мрежа на станици.

Поставувањето на хидрометриската мрежа е одговорна и тешка задача, бидејќи од нејзиното правилно поставување изразено преку број, густина и местоположба на станиците, зависи и степенот на успешно решавање на водостопанските проблеми на една земја.

На територијата на Република Македонија има воспоставено хидрометриски станици на секои 400km² сливна површина.

За поставување, одржување и мерење на хидрометриските станици се грижат специјални служби, хидро-метеоролошки заводи (кај нас тоа е Управата за хидрометеоролошки работи – УХМР).

Во зависност од видот и обемот на работите станиците се делат на:

- хидрометриски станици,
- водомерни пунктови и
- информативни станици кои се користат при прогноза на водите.

На хидрометриските станици се вршат набљудувања на водостоите, се мерат протеците, наносите, температурите на водата, мразот, надолжен пад и др.

По бројот на елементите кои се регистрираат на станицата и нејзината репрезентативност за територијата станиците се поделени на три реда (станица од I, II и III ред).

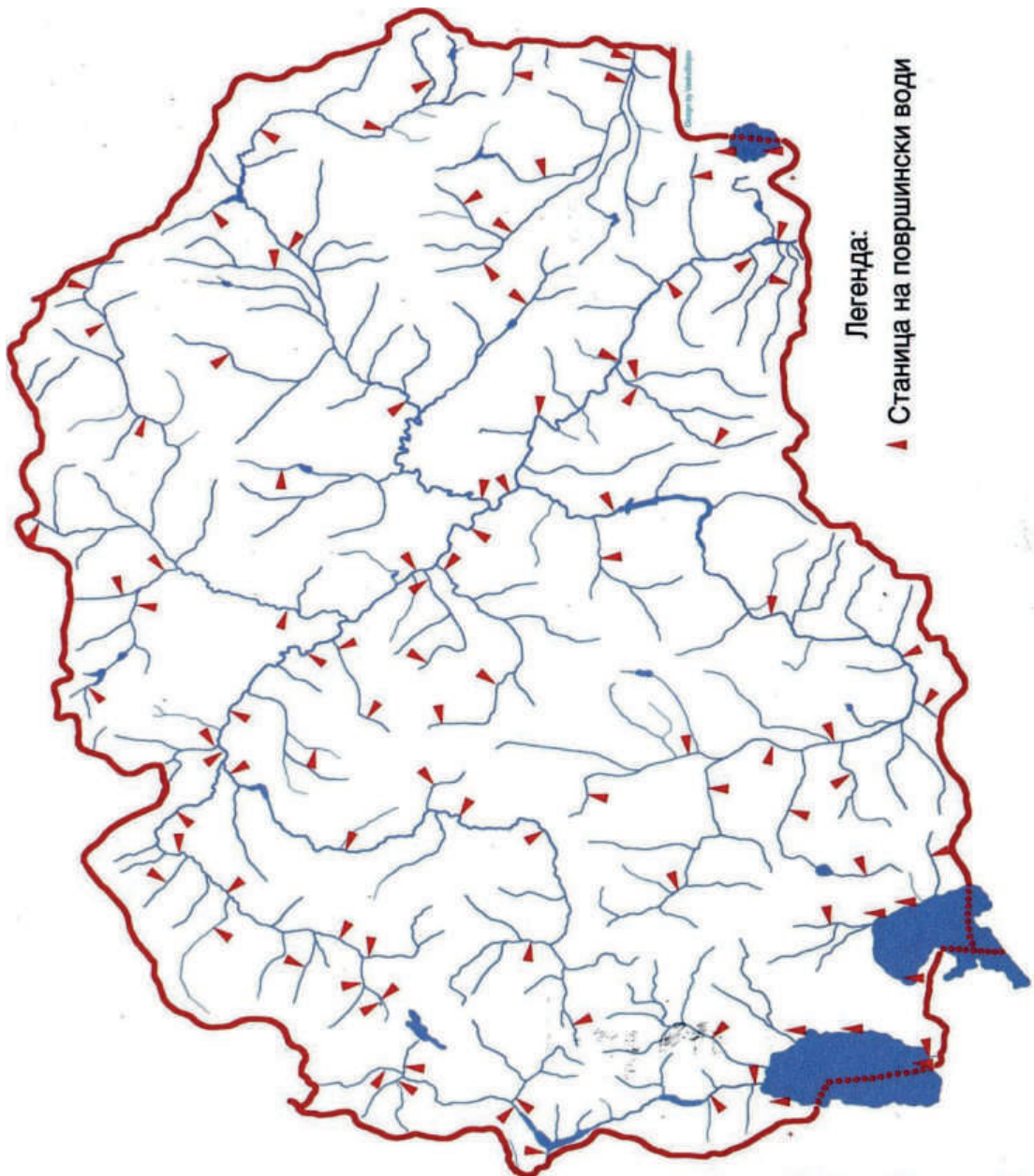
Водомерните пунктови може да постојат во состав на хидрометриските станици или независно од нив. На овие пунктови најчесто се мерат определен број на елементи.

За поставување, одржување и набљудување на хидрометриската мрежа во нашата земја се грижат специјални служби кои работат во состав на Републичките хидрометеролошки заводи.

Основни принципи при избор на место за поставување на хидрометриска станица се:

- потезот на реката да е прав, на должина еднаква на пет ширини од коритото при големи води и на овој дел дел да не се вливаат притоки;
- попречниот и подолжниот профил да немаат нагли промени, бреговите да се еднакви по должина и накло и да нема стеснување и проширување на коритото;
- бреговите и дното да не се обраснати со густа ибујна вегетација;
- на потегот на реката да нема испусти на канализациони води или индустриски отпадни води кои ќе го пореметуваат режимот на течење и по квалитет и по квантитет;
- мерното место да не е под влијание на успорубање од хидротехнички објекти или притоки;
- профилот да не е на каскада и крупни камењана речното дно;
- профилот на станицата да е лесно пристапен и по можност да е во близина на населено место.

**КАРТА НА ХИДРОМЕТРИСКИ СТАНИЦИ НА ВОДОТЕЦИТЕ ВО
МАКЕДОНИЈА**



10.3 Воден биланс

Под воден биланс се подразбира метода во хидрологијата во која се пресметуваат масите на вода што излегуваат, влегуваат или се задржуваат на некоја површина, за даден временски период.

Методата на водениот биланс се базира на премерените средни многугодишни вредности за поедини компоненти, за одреден простор ограничен со дадена површина и набљудуван во одреден временски период.

Равенката за воден биланс за дел од копното, односно за еден речен слив, може да се напише:

$$V - I = + \Delta V$$

Во оваа равенка (V) се влезни води, а (I) се излезни води, кои се определуваат:

$$V = (P + K) + (D_1 + D_2 + D_3) + R$$

$$I = (E_1 + E_2) + (S_1 + S_2 + S_3) + (N_1 + N_2)$$

- P - врнежи;
- K - кондензирана вода;
- D₁ - површински дотек;
- D₂ - подземен доток низ порозна средина;
- D₃ - подземен доток низ карсни средини;
- R - вештачки доведена вода;
- E₁ - испарување од водена површина;
- E₂ - испарување од копно;
- S - површински истек;
- S₂ - подземен истек низ порозна средина;
- S₃ - подземен истек низ карст;
- N₁ - вештачки одведена вода;
- N₂ - неповратно потрошена вода.

Оваа равенка се користи за глобални отценки на водениот потенцијал и има едноставна форма, но многу е тежок процесот на одредување на сите компоненти.

Сите членови во оваа равенка може да се изразат во висина на врнежи (mm), во интензитет (mm/s), во волумен (m³) или во проток (m³/s).

Најважен дел од хидролошкиот циклус е циклусот на истекување. Во него се опишува врска помеѓу врнежите и истекувањето. Овој циклус го разгледува временскиот распоред на водата од моментот кога врнежите паднале на почвата до моментот кога водата стигнала до речното корито или по пад на испарување се вратила во атмосферата.

Запомни:

1. Член 2

Водите, водотеците и езерата како добра од општ интерес на Република Македонија уживаат посебна заштита утврдена со закон и се во државна сопственост.

2. Член 10

Водостопанските согласности и водостопански дозволи се евидентираат (запишуваат) во книгата за водите.

3. Сите хидрометриски станици во едно сливно подрачје или на одредена територија ја сочинуваат хидрометриската мрежа. Хидрометриската мрежа од станици служи целосно да се изучуваат водните богатства на одреден слив или на целата земја.

4. За поставување, одржување и набљудување на хидрометриската мрежа во нашата земја се грижат специјални служби кои работат во состав на Републичките хидрометролошки заводи.

5. Под воден биланс се подразбира метода во хидрологијата во која се пресметуваат масите на вода што излегуваат, влегуваат или се задржуваат на некоја површина, за даден временски период.

Одговори на следните прашања:

1. Со кој член е точно кажано кој ја следи загаденоста на водите?
2. Каква може да биде хидрометриската мрежа?
3. Кога избираме место за поставување на хидрометриска станица каков треба да биде потегот на реката?
4. Во равенката за воден биланс кои води се земаат во предвид?
5. Кој е најважен дел од хидролошкиот циклус кај водениот биланс?

11. АТМОСВЕРСКИ ВОДИ

Под врнежи се подразбира сета вода што паѓа на земјината површина во форма на течна или цврста состојба, во вид на дожд, снег, иње или град. Врнежите се јавуваат како резултат на кондензација (преминување на водената пареа во течна состојба) на водената пареа во амосферата. Одредена количина на влажност на земјината површина настанува и како резултат на директната површинска кондензација во форма на роса или мраз. Влагата во оваа форма брзо се враќа во атмосферата по пат на испарување и обично се занемарува како ефективен извор на влажност на земјата.

Врнежите кои уште се викаат и талози се катактеризираат со количина, јачина (интензитет), траење и зачесталост.

11.1. Постанок на врнежите

Водената пареа од која настануваат врнежите во атмосферата се наоѓа како гас во различни количини. За образување на врнежите, покрај влажноста на воздухот, треба да постојат и атмосферски пореметувања, кои што настануваат со конвергенција (мешање) на воздушните маси, односно со издигнување на големи воздушни маси од топол и влажен воздух на поголеми височини каде воздушната маса се разладува до под точката на росењето. Хоризонталниот ветер претставува атмосферско пореметување, но нема врнежи се додека ветерот не ги издигне воздушните маси на падините од планините или на ладен воздушен фронт.

Дождот се формира кога водените капки во облакот со коагулација (згрутчување или соидинување) се зголемуваат и кога пречникот ќе им стане поголим од 0,12 mm, тие почнуваат да паѓаат на земјата. Најголемите капки дожд можат да имаат пречник и до 7 mm, а најголема брзина со која паѓаат е 8 m/s.

Снегот се формира кога воздухот ќе се засити со водена пареа на температура под 0°C, односно на температура под -12°C. Тогаш водата сублимира (поминува од понизок во повисок степен), односно преоѓа во цврста состојба. Ако е сублимацијата постепена и бавна, замрзнатите честички имаат правилни кристални форми. На температура под -20°C, снегот паѓа како замрзнати иглички со призматична форма.

Градот претставува замрзнати топчиња со пречник (5-50) mm. Тој се појавува исклучиво при силно и долготрајно невреме проследено со грмотевици, но никогаш при температура на земјината површина под 0°C.

Според причината за создавање, врнежите се делат на :

- циклонски,
- конвективни и
- орографски.

Основни причини за создавање на овие врнежи се: компримирање (збивање или згуснување) на воздухот обогатен со влага, издигање на тој воздух на поголеми височини и негово ладење и ладење со кондензација.

Циклонски врнежи се појавуваат од следните атмосферски вртлози: торпедо ураган или тајфун. Циклонските врнежи се поврзани за области со низок притисок. Обично овие врнежи се фронтални (челни или дејствување од напред), бидејќи при пресекот со земјината површина и навалената разделна граница помеѓу масите на ладниот и топлиот воздух се создава Фронт.

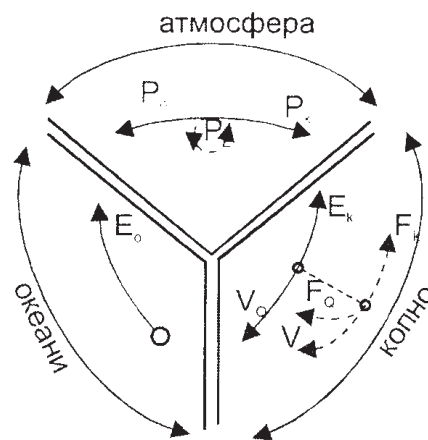
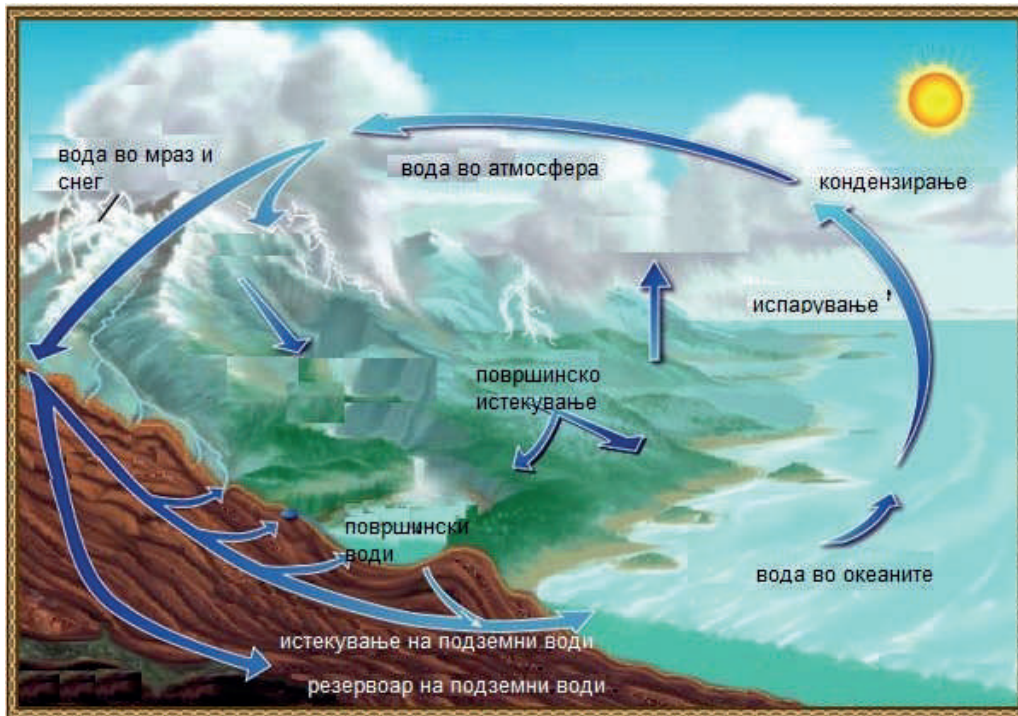
Конвективните врнежи настануваат како резултат од издигањето на влажниот воздух од земјината површина, каде истиот се загрева од сонцето. Издигнатиот загреан воздух се шири и лади, при тоа водената пареа се кондензира и паѓа во вид на врнежи. Сончевата радиација е главен и единствен причинител за конвергентно движење на воздухот. Овие врнежи се последица на топлото време и можат да бидат проследени со грмотевици, молњи и локални ветрови. Овие врнежи паѓаат како дожд, а локално и како град.

Орографските врнежи се предизвикани од издигањето на воздухот на одредена висина на воздухот на одредена висина во планинските предели. Кога издигнатиот воздух доаѓа во контакт со косините на теренот, настанува ладење и кондензација. Овие врнежи обично се изразени на страните низ кои дуваат постојани ветрови и кои доаѓаат од релативно топли подрачја, како што се Алпите, Кораб, Шар Планина, приморската страна на Динарските Планини и други.

11.2 Кругно движење на водата

Под влијание на сончевата енергија, од површините на океаните и воопшто од водените површини и од копното настанува испарување во атмосферата. Водената пареа се издига во атмосферата и носена од воздушните струи се кондензира и под поволни околности во вид на врнежи се враќа на копното.

Еден дел повторно испарува, а другиот дел што паднал на копното преку површинско и подземно истекување се враќаат во океанот. Тој процес се вика **кружно движење на водата**. Вкупната количина на вода во овој процес на движење практично не се менува. На слика 11.1 е прикажан тој процес на кружно движење на водата.



сл.11.1 Кружно движење на водата

P – врнежи, E – испарување и V – површински отек

Ознаки: к – копно, о – океан

Кружниот процес на водата се извршува преку: два мали круга (копно-атмосфера-копно и океан-атмосфера-океан) и голем круг (копно- океан-атмосфера- копно).

11.3. Мерење на врнежите

Врнежите што паѓаат на земјината површина било во течна или цврста состојба, се мерат на тој начин што се определува колку е висината на слојот од вода во **mm**, што паѓа врз хоризонтална површина во текот на одреден временски период. Количината, односно височината на цврстите врнежи (снег, град) се мери на ист начин како и дождот, со тоа што предходно цврстите врнежите се истопуваат.

За мерење на врнежите служат:

1. дождемер,
2. полувиограф (омброграф) и
3. тотализатор.

11.3.1. Дождемер

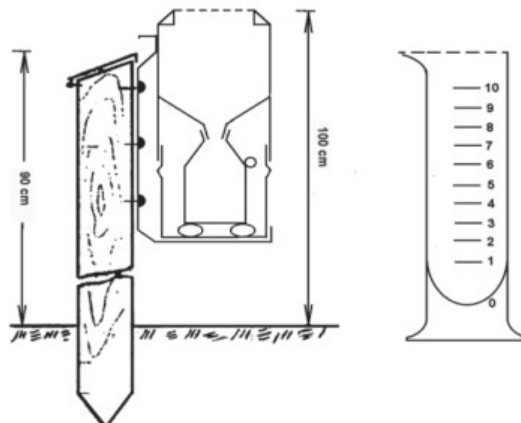
Дождемерот претставува обичен цилиндричен сад (сл.11.2), кој има три дела: горен, долен и кантичка.

Горниот отвор на овој сад е 200cm^2 , а дијаметар 160mm и на него паѓаат капките дожд. Горен дел на дождемерот при дното е стеснет во вид на инка и дождот низ него се слива во кантичката, која е поставена во долниот дел на дождемерот.

Дождемерот се поставува на отворен терен и горниот отвор треба да биде на височина $1,0\text{ m}$ над земјината површина. При мерењето на височината на врнежите водата од кантичката се излева во стаклената мензура (чаша), која што е нумерирана на мерења од 0 до 10. Тие нумерирани броеви претставуваат цели милиметри височина на врнежите на хоризонталната површина.

Кога треба да се измери височината на врнежите од паднатиот снег, тогаш дождемерот со паднатиот снег се внесува во загреана просторија и се остава додека снегот не се истопи. Отворот на дождемерот одозгора треба да се покрие со капак за да не испарува снегот при топењето. Кога ќе се истопи снегот тогаш истопената вода од кантичката се остава во мензурата и се мери височината на врнежите на ист начин како и кога паѓа дожд. На секоја станица треба да има два дождемери .

Височината на врнежи од 1mm вода одговара на 1 lit на m² површина. Сепак, кога се зборува за количина на врнежите, секогаш се мисли на височината на соодветен слој од вода.



Сл.11.2 Обичен дождемер

11.3.2. Плувиограф (омброграф)

Друг инструмент за мерење на талозите е плувиографот (омброграф), односно регистратор на врнежите (сл.11.3). Неговите основни димензии се исти како при дождомерите, само е снабден со механизам за регистрирање на талозите.

Има различни типови, а најчесто се употребуваат оние со саатен механизам, со уред за континуирано регистрирање, со пливка и натега за повремено празнење на наполнетиот сад во кои се влеваат талозите. Плувиографот се употребува само на температура поголема од 0°C. Плувиографот може да се употребува и за мерење на снег но затоа треба вештачки да се загрева (со електрична енергија, плин и сл.). Плувиографите особено се употребуваат да се следи непрекинатиот од на дождот, кој е важен кога дождовите се интензивни.



сл.11.3.плувиограф-регистратор на врнежи

11.3.3. Тотализатор

Тотализаторот се употребува за да се определи количината на паднатите талози (во тврда и течна форма) во понедостапни места (високи планински области). Тотализаторите го даваат количеството на паднатите врнежи во сумарен вид за подолг период од времето.

Овој инструмент (сл.11.4) овозможува да се стопат тврдите врнежи и да не дозволува испарување од собраната вода во него. Непрекинатото истопување на тврдите врнежи станува со поставување на калциев хлорид (антифриз) во садот кој дејствува до -30°C . Испарувањето се спречува со хидроскопното дејство на натриев хлорид или со додавање на вазелинско масло.



сл. 11.4. Тотализатор

11.3.4. Мерење на височината на снежната покривка

Висината на снежната покривка се мери во сантиметри и се мери секој ден додека постои снежната покривка. Мерењето се врши со помош на снегомерна летва (снегомер, сл. 11.5.), по можност на две избрани места при метеоролошките станици. Снегомерната летва се прави од дрво во должина од 180 cm, широчина 6 cm и дебелина од 2.5 cm. Летвата е обоена со масна бела боја со сантиметарска поделба.

На одредените места за мерење на височината на снегот треба да се постават најмалку три летви кои меѓу себе сочинуваат приближно рамностран триаголник од стани по 10 m. Читањето се врши секое утро, а како височина се зема средната височина од сите снегомери што се поставени на избраните места.



сл. 11.5. Снегомерна летва (снегомер)

1.4 Распоред на врнежите

Во Македонија најмногу врнежи се регистрирани на станицата во Лазарополе (околу 1000 мм), а најмалку во Тиквешијата, Овче Поле и Струмичко (под 500 мм). Од планинските предели, нај богати се Кораб и Шар Планина. За практично користење на податоците за врнежите се изработуваат изохиетски карти за одреден временски период. Од изохиетските карти лесно може да се види распоредот на врнежите на површината и по времето. За практични потреби во хидрологијата се проучуваат врнежите што паднале на даден слив со одредена површина.

11.5. Просечни врнежи на сливна површина

Определувањето на просечните врнежи во даден речен слив е потребно за да може да се пресметува водениот биланс и да се дефинира односот помеѓу врнежите, истекувањето и испарувањето.

Најчесто применувани методи за определување просечни врнежи на сливна површина е по следните методи:

1. метода на средна аритметичка вредност;
2. метода на Тисен;
3. метода на изохиети.

11.5.1. Метода на средна аритметичка вредност

По оваа метода просечната височина на врнежите во даден слив се пресметува со изразот:

$$P_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n}$$

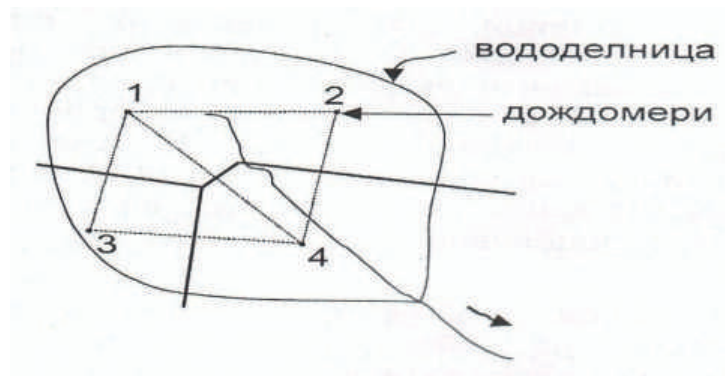
- $\sum_{i=1}^n P_i$ – сума на висина на врнежите на сите дождемерни станици;
- n - број на дождемерни станици во сливот.

Овој израз дава добри резултати кога во сливот нема поголеми промени во рељефот, кога разликата помеѓу мерените врнежи е мала и распоредот на станиците во сливот е правилен.

11.5.2 Метод на Тисен

Со овој метод за секоја дождемерна станица се определува соодветна површина од сливот.

Овие повшини се определуваат на следниот начин: на карта со прави линии се поврзуваат дождемерните станици во сливот, со што се формира мрежа на триаголници (сл.11.6). Потоа, на секоја страна на триаголниците се повлекуваат нормални прави-симетрали, кои ќе се пресечат во секоја симетрала од соседната страна од ист или соседен триаголник, ќе се добијат полигони чии повшини ги носат вредностите од врнежите од таа дождемерна станица.



Сл. 11.6 Определување на припадни површини со методот на Тисен

Просечните врнежи по методот на Тисен се определува на следниот начин:

$$P_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} A_i \cdot P_i}{\sum_{i=1}^{i=n} A_i} = \sum_{i=1}^{i=n} a_i \cdot P_i$$

A_i - припадна површина на дождемерна станица;

P_i - висина на врнежите на таа станица;

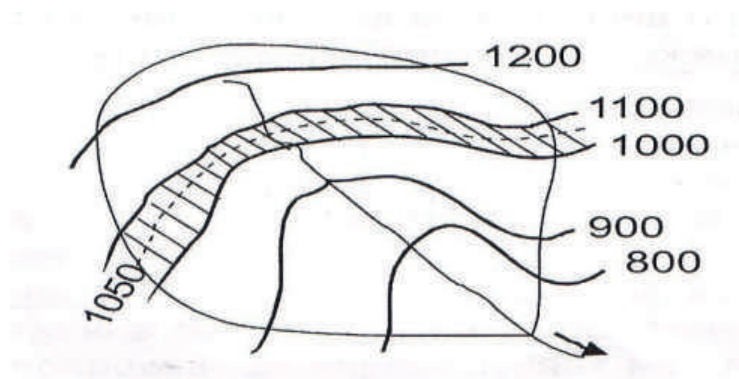
a_i - однос на поединичната припадна површина на дождемерната станица и вкупната површина на сливот.

Овој метод се употребува за рамничарски терени. За ридско-планинските терени дава грешка (5-8)% во споредба со методот на изохиетни карти.

11.5.3 Метод на изохиети

За овој метод се потребни карти во погоден размер на кои постои висинска претстава на теренот со изохипси. Во картите се внесуваат местата од дождемерните станиците и височината на врнежите (сл. 11.7). Потоа се врши интерполација на вредностите, така што се добиваат точки со иста височина на врнежите. На картите се повлекуваат линии кои ги поврзуваат овие точки со еднакви висини на врнежи и се викат **ИЗОХИЕТИ**.

За да може да изврши линеарна интерполација, треба дождемерните станици да се соседни и да се распоредени на иста падина, теренот да има рамномерна промена и да има сличност во врнежите.



Сл.11.7 Определување на припадни површини со метод на изохиети

Просечните врнежи по метод на изохиети се определуваат со изразот:

$$P_{sr} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \Delta A_i \cdot P_i}{A}$$

- ΔA_i – површина помеѓу две соседни изохиети;
- P_i – висина на врнежите на таа дождомерна станица;
- A – вкупна површина на тој слив.

Овој метод е најточен и може да се применува за секакви временски услови и секакви физичко-географски карактеристики на сливот.

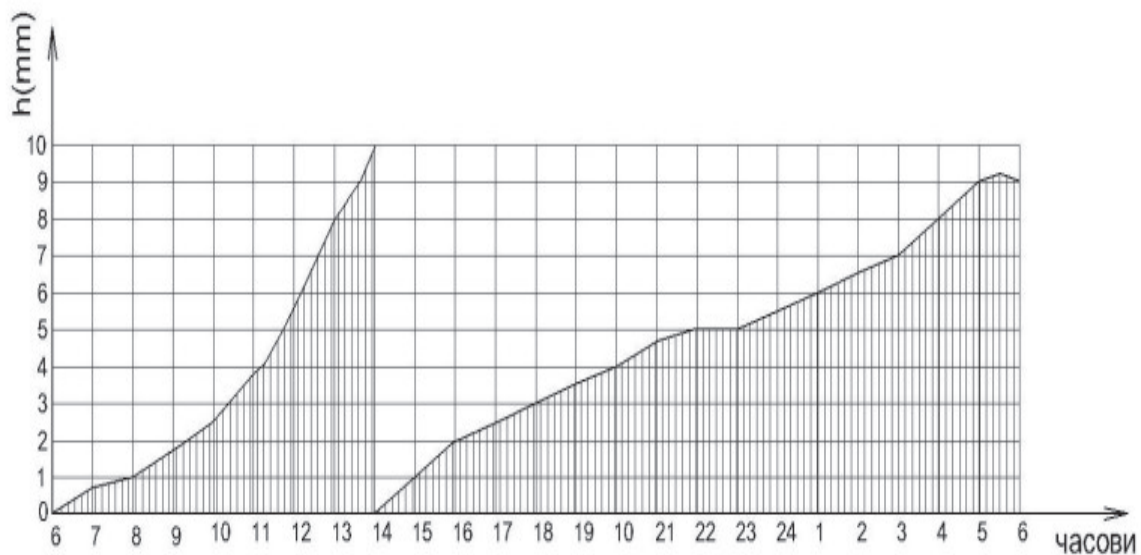
11.6 Статистичка обработка на мерените податоци

За практично користење на податоците за врнежите истите се преставуваат во погодна форма од кој може лесно да се види распоредот на врнежите било по површина или со времето или распоредот се прикажува по површина и по време.

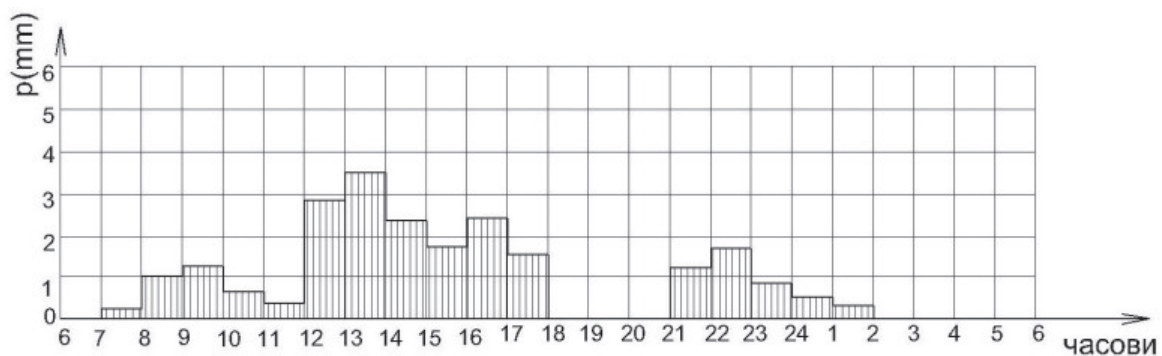
Со изработувањето на изохиетски карти заразлични временски интервали: еден одреден дожд, ден, декада, месец, сезона, година и повеќе години се добива преглед за површинскиот распоред на врнежите.

Распоредот на врнежите во текот на денот може да се види кога регистрирањето на врнежите се врши со плувиограф. На слика 11.6 е претставен дијаграм од плувиограф за временски интревал од 24 часа кога врнело дожд. На слика 11.7 е се представени средните врнежи на час, а на слика.11.8 е интензитетот на истиот дожд (mm/min).

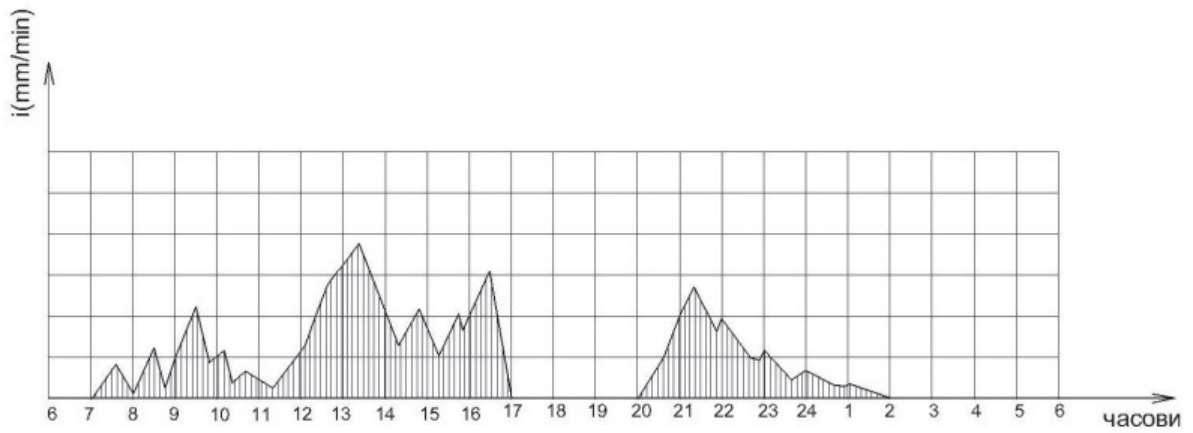
За обработка на податоците многу е по едноставен дијаграмот за средните вредности за подолг временски период (слика.11.9).



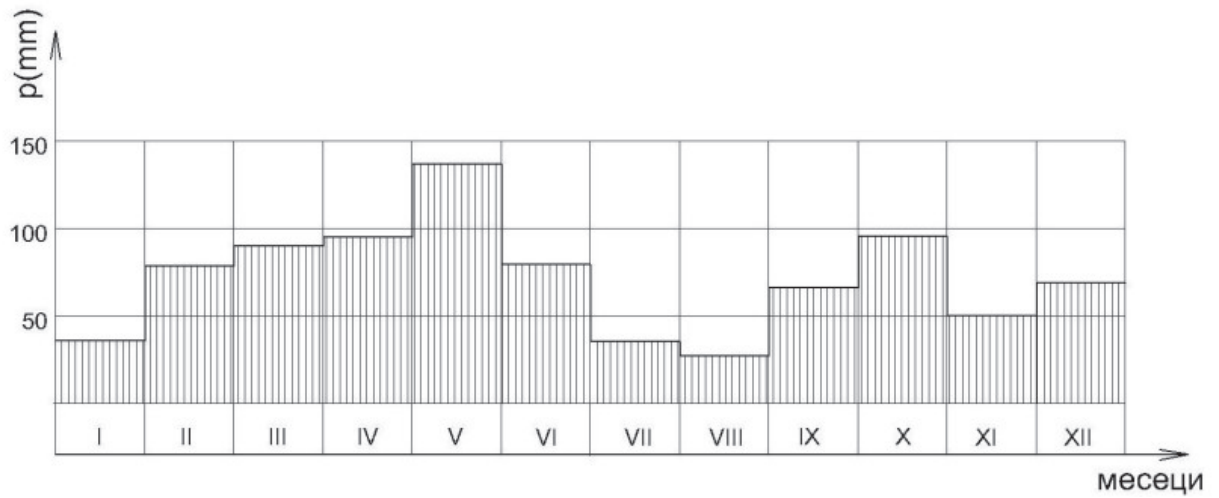
Сл.11.6. Дијаграм од плувиограф за 24 часа



сл. 11.7. Дијаграм за средно часови врнежи



сл. 11.8. Интензитет на дожд



сл. 11.9. Просечни месечни врнежи

Запомни:

1. Под врнежи се подразбира сета вода што паѓа на земјината површина во форма на течна или цврста состојба, во вид на дожд, снег, иње или град.
2. Височината на врнежи од 1mm вода одговара на 1 lit на m² површина.
3. Со тотализаторот се определува количината на паднатите талози (во тврда и течна форма) во понедостапни места.
4. За мерење на височината на снегот треба да се постават најмалку три летви кои меѓу себе сочинуваат приближно рамностран триаголник од стани по 10 m.
5. Со изработувањето на изохиетски карти заразлични временски интервали: еден одреден дожд, ден, декада, месец, сезона, година и повеќе години се добива преглед за површинскиот распоред на врнежите

Одговори на следните прашања:

1. Што треба да се случи во атмосферата за да настанат врнежите?
2. Каде ќе поставиме обичен дождемер?
3. Што подразбираш под врнежи?
4. Во која мерна единица се мерат врнежите?
5. Што се разликува плувиографот од обичниот дождемер?

12. ПОВРШИНСКИ ВОДИ

12.1. Поделба на површинските води

Површинските води може да бидат:

- а. реки;
- б. природните и вештачките езера;
- в. блата.



Сл.12.1 Површински води: река, езеро и блато

Реките најчесто се формираат кога водата излегува од подземјето на површината на земјата или како резултат на водата која паѓа на површината на земјата и под дејство на гравитацијата течат во речното корито до најниските точки на теренот. Поретки се реките кои излегуваат од езера (Црни Дрим од Охридско езеро) или со топење на ледници.

Карактеристики на реките се сливната површина која претставува површина заградена со вододелница. Вододелница претставува замислена линија која ги поврзува највисоките точки на теренот.

Кога реките и подземните води ќе наполнат некоја котлина, се создава езеро. Полнењето продолжува се додека не се создаде некој релативно стабилен биланс на водите што дотекуваат и водите што истекуваат и испаруваат. Вештачките езера ги имаат истите хидролошки карактеристики како и природните езера.

Од хидролошка гледна точка блатата настануваат во пониските делови на котлините, со релативна водонепропусност на почвите, во кои водата дотекува, и повеќе или помалку се задржува заради малиот пад на теренот.

Основни хидрометриски активности кои треба да се направат на реките, природните езера и вештачките акумулации се:

- избор на мерно место;
- поставување и опремување на мерна станица;
- мерење на водостоите;
- мерење на длабочините на течење;
- мерење на попречниот пресек и дното на речното корито;
- мерење на надолжниот наклон на слободната водна површина;
- мерење на температурата на водата и следење на појавата на мраз;
- мерење на физичко-хемиските својства на водата;
- мерење на брзините и насоките на токот;
- мерење на суспендираниот и влечниот нанос и определување на неговиот гранулометриски состав.

За проучување на поделни појави и карактеристики кај реките и езерата, може да се спроведуваат и специјални мерења.

12.2. Карактеристични елементи на водотеците

Карактеристични елементи на еден водотек се:

1. **Извор** – (почеток, сл.12.2) на водотекот е место каде подземната вода излегува на површината. Почетокот може да биде: поединечен извор, група извори, од блата или од езера. Од изворот водата понатаму се движи по пат на гравитација до најниската точка на теренот се до местото на влевање.



Сл. 12.2 Извори на реки

2. **Устие** – (влив, сл. 12.3) на водотекот е место каде тој се влева во поголема река, езеро или море. Честопати, некои водотеци во сушни периоди не достигнуваат до своите устија.



Сл. 12.3 Влив на река

Основни карактеристики на реките се: должина, густина на речната мрежа и искривеност на речното корито.

- **Должина на реката** е растојание од устието до изворот (почетокот) на водотекот мерена како што е нацртана во топографска карта.



Сл.12.4 Должина на река

Најчесто при мерењето на должината на водотеците тие се одвива од устието према изворот. Ако се измерат и стационараат и притоците на главниот водотек, може да се нацрта хидрографската шема од која се гледаат, покрај должините на главниот водотек и притоците, и растојанијата на кои се влеваат притоците.

- **Густина на речната мрежа** претставува однос меѓу сумарната должина на сите водотеци и површината на сливот. Густината на речната мрежа, карактеризира некои физичко-географски карактеристики на сливот кои влијаат на процесот на формирање на оттекот.

Земајќи го во предвид надолжниот пад на реката таа може да се подели на три карактеристични области:

- **горен тек на реката** - се карактеризира со голем пад, големи брзини и влечење на покрупен нанаос;
- **среден тек на реката** - се карактеризира со мал пад на теренот, поситен нанос, помали брзини. Во таа област спаѓаат рамничарските делови од реките;
- **долен тек на реката** - спаѓаат деловите што се блиску до вливот на реката во друга река, езеро или море. Се карактеризираат со мал пад на теренот, мали брзини и таложење на наносот.

12.3. Мерење на водостојот

Под водостои се подразбира висинска положба на нивото на водата на даден водотек (езеро, подземна вода) кој е мерен во дадено време и на дадено место, во однос на точка со постојана височина.

Постојаната точка на водомерот, уште се вика и нула (0) на водомерот. Водостојот претставува висинска разлика меѓу површината на водното огледало и нулата на водомерот.

Најчесто, водостоите се набљудуваат со цел да се определат протечните количини, што се врши преку кривата на протокот $Q = f(H)$, која што се добива кога повремено се мерат протечните количини.

Податоците за водостоите и протекувањата се добиваат преку мрежа на постојани водомерни станици, поставени на одредени места на водотеците. Под водомерна станица се подразбира избран речен профил каде што се врши мерење на водостоите.

Основни принципи за избор на хидрометриски профил за поставување на хидрометарска станица се:

- профилот да е стабилен со постојано дно и брегови;
- потезот на реката да е прав, на должина еднаква на пет ширини од коритото при големи води;
- на овој дел дел да не се вливаат притоки;
- на местото на водомерната станица не смее да има вртлози и бранување на водата;
- да не се испуштаат канализациони води, отпадни води и др.;
- да е во непосредна близина на населено место и да е лесно пристапен;
- да се избегнуваат места каде водотекот при мали води се дели на ракавци.

Мерењето на водостиите се врши со специјални инструменти наречени водомери.

Има неколку **вида на водомери** и тоа:

1. **обични водомери** - водостоите се читуваат непосредно на водомерните летви;
2. **преносни водомер** - каде водостојот се пренесува на блиско растојание со помош на преносни механизми;

3. **автоматски водомери** - кои континуирано на трака ги регистрираат водостоите;

4. **далечински водомери** - пренесуваат на растојание (неколку десетици km) непрекинато или моментално, големините на водостоите. Кај овие водомери во последно време се употребуваат радиоелектрични системи за пренесување.

12.3.1. ВОДОМЕРНИ ЛЕТВИ

Водомерните летви се наједноставниот и најупотребуваниот инструмент за мерење на водостоите.

Водомерните летви се изработуваат од лиено железо (дрво, пластика или челик) со должина од 1,0 m, а со двосантиметарска поделба. Кај водомерните летви поделците се наизменично обоени со црно-бела (кај лиено железо) или црвено-бела (кај пластичнит) боја (сл.12.6).

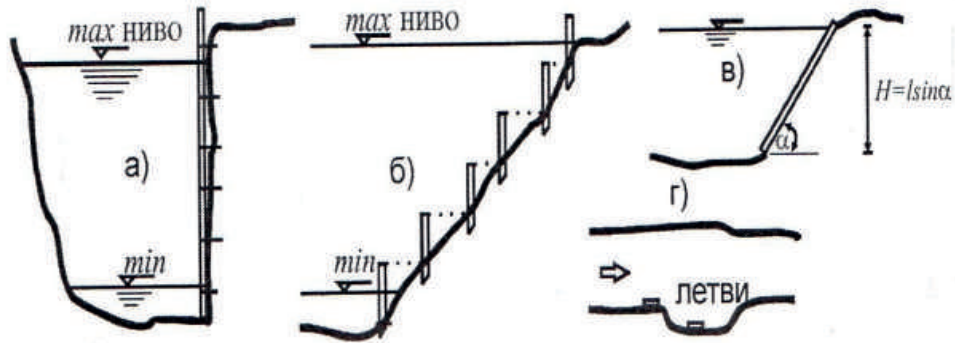


Сл. 12.6. Водомерна летва

На хидрометриските профили каде водостоите се колебаат со амплитуда поголема од 1,0 m се поставуваат повеќе летви. Летвите се прицврстуваат на претходно поставени колови од дрво или железо. Може да бидат прицврстени и на мостовски столбови, брани, кејски ѕидови и сл.

Водомерните летви може да се поставуваат: вертикално или косо, може да бидат на една вертикала или степенасто поставени (сл.12.7).

Читањето на водостоите се врши со точност на 1cm. На водомерите со посебна намена читањето може да биде со поголема точност.



Сл. 12.7 Начин на поставување на водомерни летви

- а) вертикално поставена летва, б) степенасто поставени летви, в) косо поставени летви, г) летви во основа

12.3.2. ЛИМНИГРАФ

Инструментите кои непрекидно, автоматски ги регистрираат водостоите, се викаат лимнографи. Се користат на сите водотеци, особено на оние кои имаат дневни промени на водостоите и за мерење на подземните води.

Во **конструктивен смисол** се градат два типа на лимнографи и тоа:

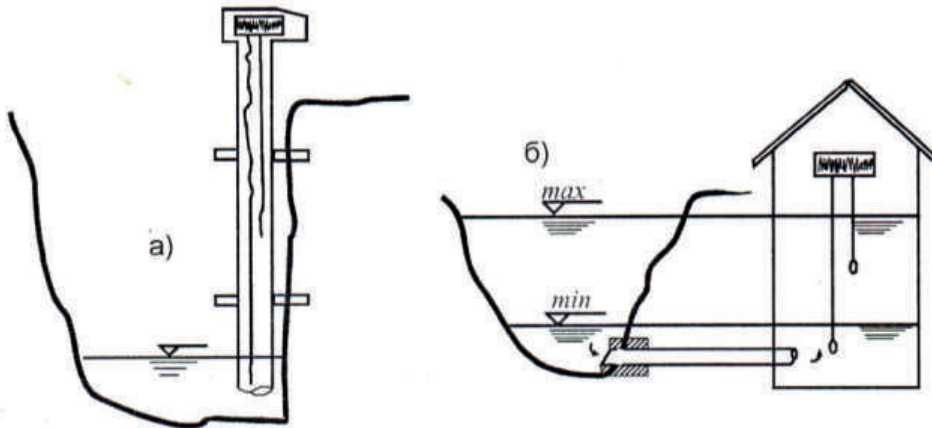
- **островскиот тип** (сл. 12.8 а) на лимнограф се користи на водотеците со мала амплитуда на водостоите и кога не постојат услови за бунарски тип (карпе-сти брегови и сл.). Островскиот тип на лимнограф може да се вгради и во мостовски столбови.

- **бунарскиот тип** (12.8 б), лимнографот се поставува над претходно изграден бунар кој е поврзан со цевка со речното корито. Овој тип се користи при водотеци со поголеми амплитуди на водостоите и каде има појава на мраз на водотеците.

Составни делови на лимнографот се:

- пливка,
- градуирано јаже,

- преносен механизам и
- регистатор.



Слика 12.8 Лимнигравски станица : а) островски и б) бунарски

Со помена на нивото на пливката се движи (се спушта или се качува), а преку преносниот механизам тие промени се забележуваат (се цртаат) со регистарот на лентовидна хартија. Оваа хартија се вика лимногравска лента и нејзината должина може да биде за 8, 15, 32, 93, или 365 дена. Посовремените инструменти овозможуваат и записи на дискети кои покасно се обработуваат компјутерски.

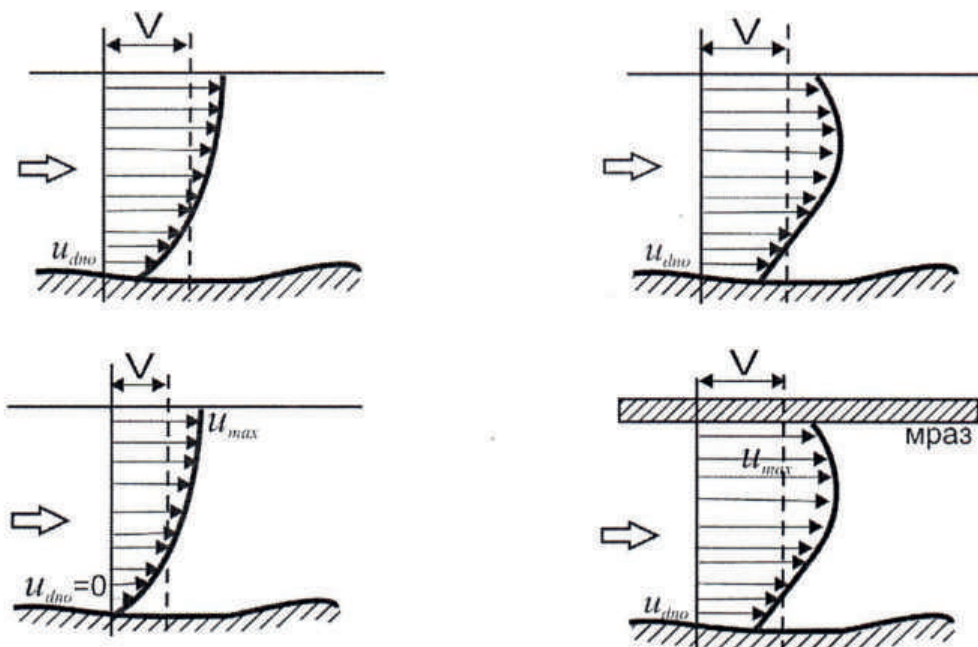
12.4.Мерење на брзините на речните токови

Движењето на водата во природните водотеци е сложен физички феномен кој е особено важен за хидрологијата и хидрауликата. Поради компликованоста на појавата до денес не се пронајдени егзактни (точни) форми на закономерноста на распределбата на брзините во попречните пресеци на токот. Пресметувањето на брзините е важно за определување на проточните количини, кои се од многу важен интерес при проучувањето на режимот на водата.

Врз основа на извршени мерења констатирано е дека брзината на водата зависи од: рапавоста на коритото, обликот на попречниот пресек,

падот на нивото на водата, брзината и правецот на ветерот, постоењето на мраз, положбата на вертикалата и др.

Мерењето на брзините во даден попречен пресек се врши со мерна опрема и инструменти. Се избираат поделените точки во кои се вршат мерењата, за да се добие јасна слика на распоредот на брзините во попречниот пресек. За таа цел се избираат вертикали на даден попречен пресек во кој се мерат брзините во одредени точки, за да се добие вертикален распоред на брзините за тој попречен пресек (сл.12.9).



Сл. 12.9 Распоред на брзините во вертикала кај отворени корита

Постојат многубројни методи и прибори за мерење на брзините на течењето на водата и тие се засновани на различни физички принципи и тоа:

- кинематски (тела што пливаат, хидрометриски крила и хидрометриски цевки);
- термоелектрични;
- електро магнетни и
- трасери (методи на основа на растворливост на хемиски елементи).

12.4.1 Тела што пливаат или пливки

Пливките, најчесто се направени од дрво, пластика и слични материјали, кои се видливо обележани со силни бои и знаменца.

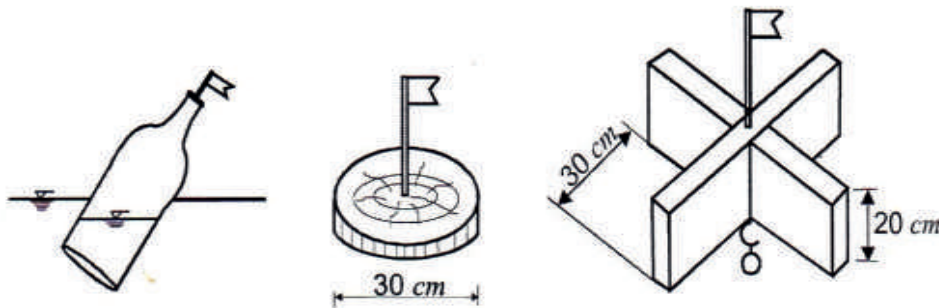
Пливките се пуштаат во површинскиот тек на одредено растојание и се мери времето за кое се поминува тоа растојание. Пливките најчесто се користат за определување на правецот на течењето. Тие се користат кога не располагаме со други прибори и инструменти или кога не е можно користење на други инструменти. За добивање на површинската струјна слика на одреден потег од реката најчесто се употребуваат површински пливки. Пливките се многу ефикасни кај мерење на брзини кога имаме високи бранови кои брзо поминуваат. Пливките се користат во исто време кога се користи и хидрометриското крило, за да се одреди коефициентот на површинската брзина и средната брзина во целиот профил.

Пливките може да бидат:

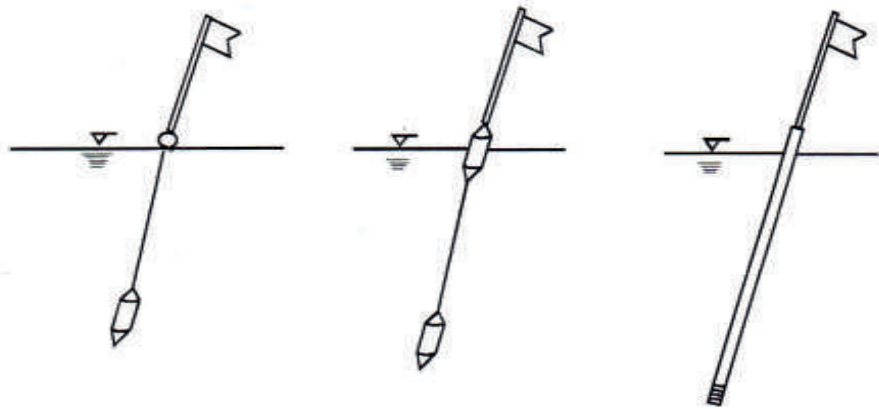
а) **површински** (сл.12.10)- ја мерат површинската брзина;

б) **длабочински** (сл.12.11) - ја мерат брзината на одредена длабочина;

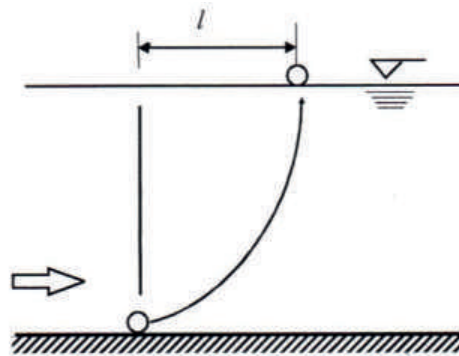
в) **интегратори** (сл.12.12) - ја мерат средната брзина во една вертикала, може да е обична гумена топка која се поставува на дното и се пушта слободно да исплива на површината и на тој начин се мери брзината по вертикала.



Сл.12.10 Површински пливки



Сл.12.11 Длабински пливки



Сл.12.12 Пливка интегратор

12.4.2 Хидрометриско крило

Литературата му препишува на германскиот хидротехничар Влотман дека прв конструирал и применил хидротехничко мерило за мерење на брзини.

Хидротехничкото крило до денеска е најраспространето и најточен инструмент со чија помош се мерат брзините на течење на водата. При правилна употреба на хидрометриско крило се смета дека брзините може да се мерат со точност до 1-2%.

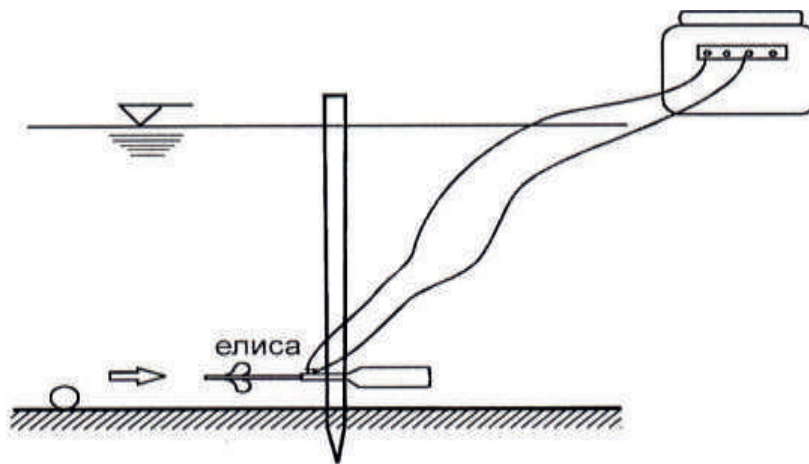
Основниот принцип, искористен при мерењето на брзините на токот со хидрометриско крило е што кинетичката енергија на водата ја завртува

елисата на крилото. Производителот на инструменти ја дава функционалната зависност за пресметување на брзината, која најчесто е во следната форма:

$$V=a + bn$$

a и b – параметри на крилото кои се пресметуваат по пат на баждирање на производителот;

(n) - е број на вртења на елипсата во одреден интервал, на пример 30, 50, 60 секунди.



Сл.12.13 Хидрометриско крило

Основни делови на хидрометриското крило се:

- подвижен дел или елиса,
- преносен дел и
- регистратор

12.4.3. Хидрометриски цевки

Хидрометриските цевки или пито-цевки, се стаклени цевчиња извиткани во (L) форма кои работат на принципот на трансформација на хидродинамички притисок во хидростатички.

Се поставуваат нормално на текот (струјната линија) и се мери разликта помеѓу нивото во текот и нивото во цевчето. Таа разлика е помеѓу хидродинамичкиот и хидростатичкиот притисок во точката каде е поставена цевката.

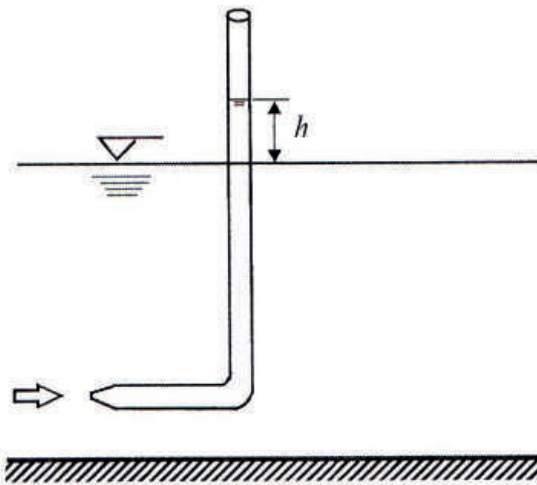
Брзината во таа точка се определува:

$$V = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \text{ или } V = C_v \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

C_v - е коефициент на брзината и ги изразува губитоците во хидрометриската цевка, ($C_v < 1$);

g – земјино забрзување;

h – висинска разлика помеѓу нивото во текот и нивото во цевчето.



Сл.12.14 Хидрометриска цевка- Пито цевка

12.5 Мерење на протокот

Волуменот на вода што поминува низ даден попречен пресек во единица време се вика проток и се изразува во (m^3/s) или $(dm^3/s)=(l/s)$.

Протокот и волуменот на водата се основни параметри при проектирање, изградба и експлоатација на водостопанските системи. Сите останати мерења на хидролошките метеоролошки параметри (длабочина, брзини, температури, врнежи, ветер, нанос и други елементи), само помагаат во определување на протокот.

Методи за определувањена протокот се следните:

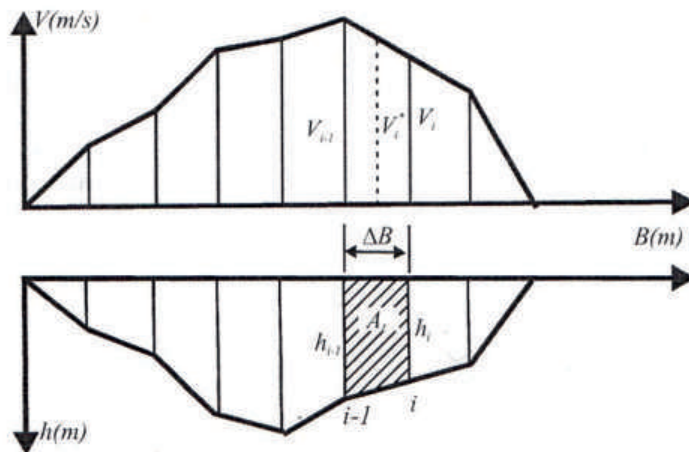
- хидролошки;

- хидраулички;
- хемиски;
- физички.

12.5.1 Хидролошки методи за определување на протокот

Аналитички метод

Хидролошките методи се приближни и се базираат на принципот на расчленување на попречниот профил на лесно пресметливи волумени. Попречниот профил, поточно “живиот” пресек, се делина на помали делови со вертикални рамнини каде се мерени длабочините и брзините, слика 12.15.



Слика 12.15 Хидролошко определување на протекот

Најнапред се определуваат средните брзини помеѓу две вертикали:

$$V = 0.5 (V_{i-1} + V_i)$$

Потоа се определуваат проточните пресеци помеѓу две вертикали :

$$V = 0.5 (h_{i-1} + h_i)$$

Каде (ΔB) е растојанието помеѓу вертикалите. Протокот низ овие поодделни пресеци се определува со равенката на континуитет ($Q = A_i \cdot V_i$), а вкупниот проток се определува како збир на овие елементарни протоци ($Q = \sum Q_i$).

Аналитичката равенка на овие пресметувања се пишува:

$$Q = k \cdot V_1 A_0 + 0.5(V_1 + V_2)A_1 + \dots + 0.5(V_{i-1} + V_i)A_{i-1} + k \cdot V_i A_i$$

V_i - средни брзини по вертикали;

A_i - површини помеѓу вертикалите определени со мерните длабочини (h_i);

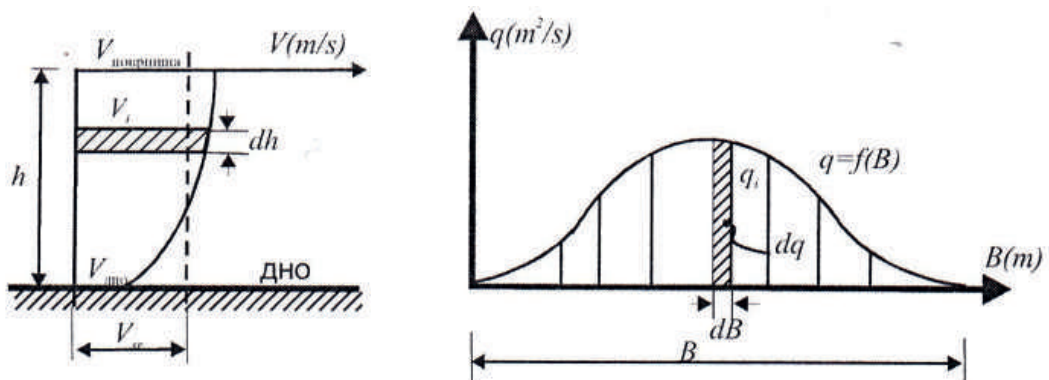
K - кофициент кои зависи од рапавината на бреговите ($k= 0,5$ до $0,9$).

- графоаналитика метода

Пресметувањет со графоаналитика метода е по следниот ред:

1. се исцртува попречниот пресек на водотекот (живиот пресек);
2. од предходно пресметаните средни брзини по вертикали се нанесуваат V - B и се добива крва линија $V=f(B)$;
3. елементарниот проток на вертикала се определува со планиметрирање на дијаграмот за вертикален распоред на брзините или со производот $q=V_{sr}.h.b$;
4. се нанесуваат вредностите за сите елементарни протоци на соодветните места по ширината B ;
5. сврзувајќи ги со балага крива линија на таквите точки, на ординатите се добива линијата на елементарен протек $q=f(B)$;
6. со планиметрирање на површината меѓу линијата $q=f(B)$ и линијат B се добива протокот во водотекот.

Вкупниот проток се определува како нивен збир, слика 12.16.



Сл. 12.16 Графоаналитичко определување на протокот

$$Q = \sum 0.5 (q_{i-1} + q_i) \Delta B$$

каде $i=1$ $i=n$

12.5.2 Хидраулички методи за орделување на протокот

Хидрауличките методи за орделување на протокот ги користат основните принципи во механиката на флуидите за одржување на масата (равенката на континуитет) и енергијата (динамичка равенка).

За да можеме да го пресметаме протокот претходно се земаат мерењата на длабочината, брзините и подолжниот наклон меѓу два пресека. Со овие податоци добиени од мерењата може да се пресмета губитокот на енергија помеѓу два пресека (h_f) и хидрауличкиот пад (J) во изразите:

$$h_f = \lambda \cdot \frac{L}{4R} \cdot \frac{V^2}{2g}$$

$$J = \frac{h_f}{L}$$

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \rightarrow \lambda = \frac{8g}{C^2}$$

$$Q = A \cdot \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \cdot \sqrt{R \cdot \frac{h_f}{L}} = A \cdot C \sqrt{R \cdot J} \quad m^3/s$$

R - хидраулички радиус (m);

C - шезиев коефициент или коефициент на отпор;

A - проточен пресек (m²);

Q - проток (m³/s);

λ - коефициент на рапавина или Darcy-ев коефициент.

Многу често, за орделување на протокот со хидраулички методи, на површинските текови се градат и соодветни објекти со постојан карактер (преливи) или протокот се пресметува со зафатнински методи.

Преливен праг

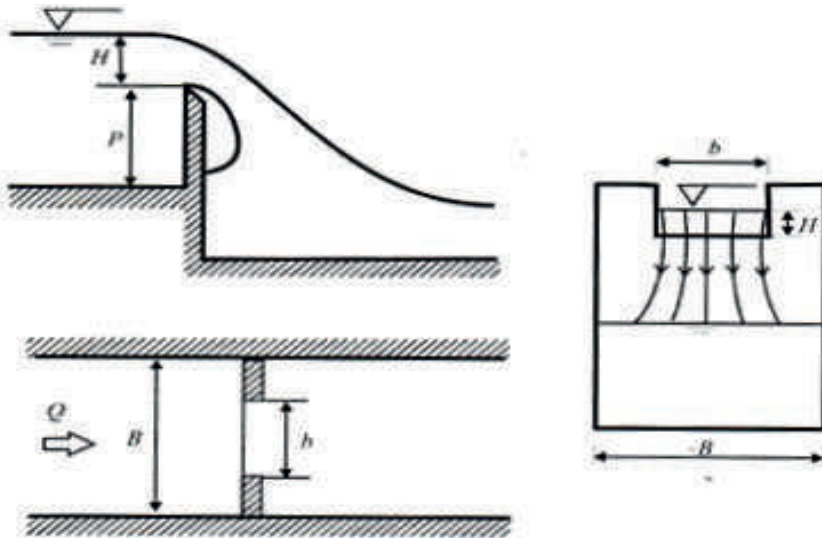
Прелвите се објекти преку кои може со задоволителна точност да се мерат количините на вода кај мали водотеци, мелиоративни канали, лабораториски канали и сл. Грешките кај овие преливи се многу мали 0.5÷1.5% , а се користат за проток 1÷10000 l/sek.

$$Q = m \cdot B \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2} \quad m^3/s$$

m – коефициент кој зависи од преливниот праг $m < 0,6$;

H - преливна височина;

B - ширина на преливање или должина на преливен праг.



Сл.12.17 Преливен праг на површински тек

Зафатнински методи

Зафатнински методи за мерење на протокот се користат за мали проточни количини кај извори, бразди, чешми и слично. Со овие методи всушност се мери времето за кое се полнат садовите со познат волумен, а потоа се пресметува протокот:

$$Q = \frac{V}{t} \quad m^3/s$$

V - волумен на сад за мерење [m^3]

t - време потребно за полнење на садот [s]

Во лабораториски испитувања или за експириментални делници на терен, многу често се употребува садот на Милне (сл. 12.18).

Садот има две комори со познат волумен поставени на подвижна осовина кои наизменично се полнат и празнат. Водата тече во комората и кога таа се наполни до одредена висина за која волуменот е познат, комората од тежината се наведнува и ја доведува под млазот втората комора, наизменично се повторува циклусот.

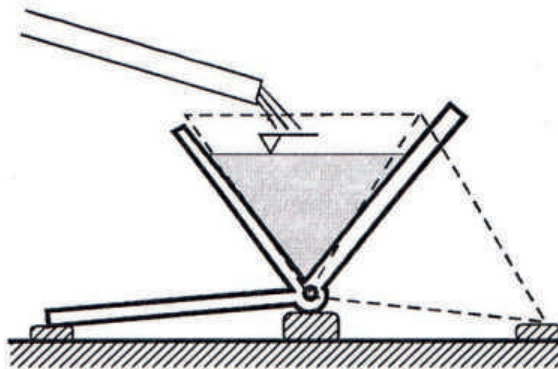
Протокот се определува:

$$Q = n \cdot \frac{V}{t} \quad m^3/s$$

N - број на празнења во коморите;

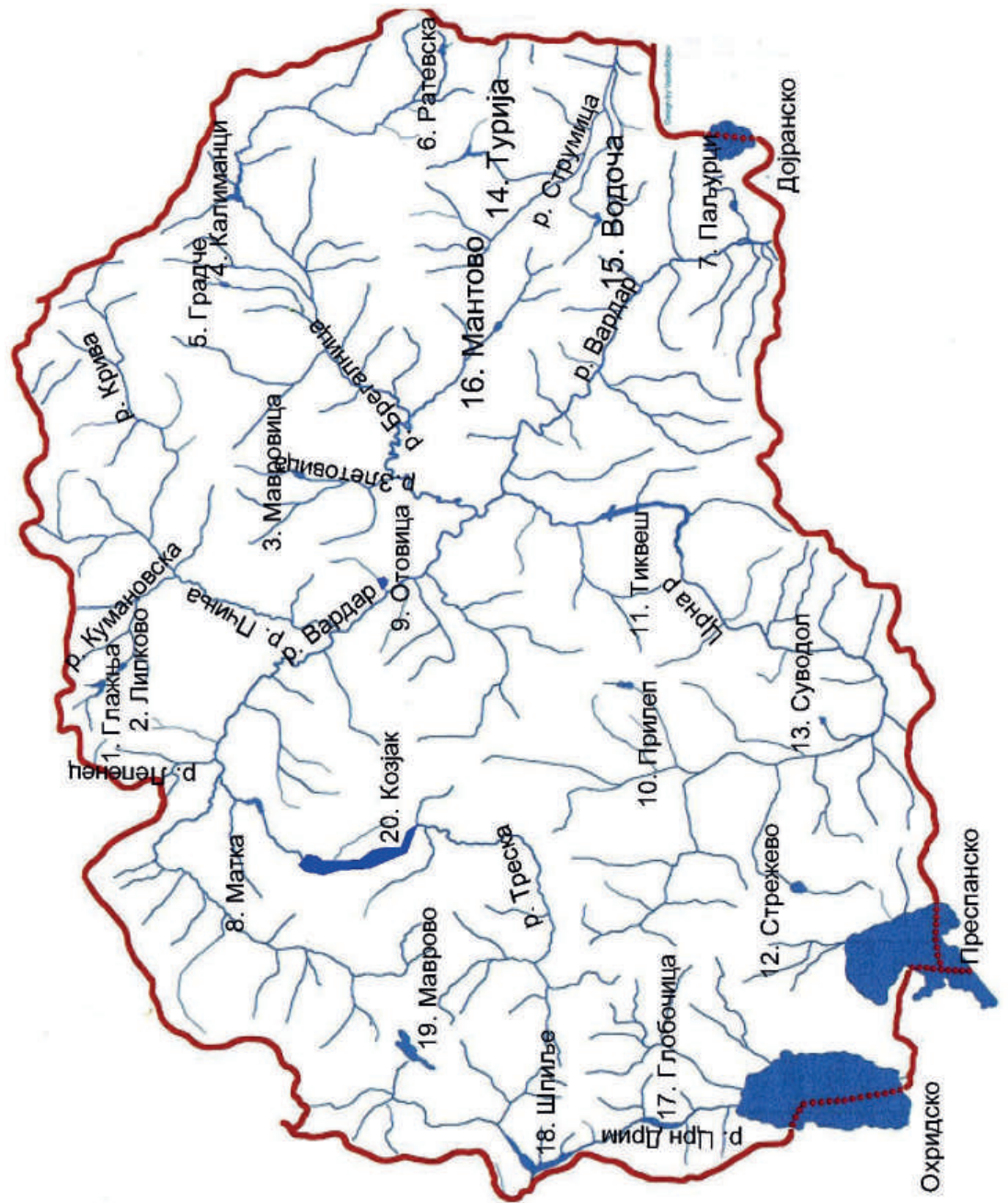
V - волумен на коморит;

t - време на траење на мерењето.



Слика 12.18 Садот на Милне

Сите спомнати методи за мерење на протокот многу зависат од собраните информации на терен. Речните корита се изложени на геометриски и морфолошки промени во текот на времето. Ваквите промени имаат големо влијание врз кривата на проток, односно врз функционалната зависност $Q=f(h)$.



Запомни:

1. Под водостои се подразбира висинска положба на нивото на водата на даден водотек, (езеро, подземна вода), во дадено време, на дадено место, во однос на точка со постојана височина.
2. Инструментите кои непрекидно, автоматски, ги регистрираат водостоите се викаат лимнографи. Се користат на сите водотеци особено на оние кои имаат дневни промени на водостоите и за мерење на подземните води.
3. Мерењето на брзините во даден попречен пресек се врши со мерна опрема и инструменти, при што поделените точки во кои се вршат мерењата, се избираат така, да се добие јасна слика на распоредот на брзините во попречниот пресек.
4. Волуменот на вода што поминува низ даден попречен пресек во единица време се вика проток и се изразува во (m^3/s) или $(dm^3/s)=(l/s)$.
5. За определување на протокот со хидраулички методи, на површинските текови се градат и соодветни објекти со постојан карактер (преливи) или протокот се пресметува со зафатнински методи.

Одговори на дадените прашања:

1. Кои се карактеристични елементи на еден водотек?
2. Со што се врши мерењето на водостојот?
3. Кои се основните делови на хидрометриското крило?
4. Со кои методи може да се определи протокот?
5. Каде се користи зафатнинската метода за мерење на протокот?

13. ПОДЗЕМНИ ВОДИ

13.1. Видови и потекло на подземна вода

Водата што се наоѓа под површината на земјата и во самата земја се вика подземна вода.

Според потеклото подземната вода може да биде следната:

1. инфилтрација на атмосферските води од дожд и снег;
2. инфилтрација на површински води од реки, езера, мориња и др;
3. кондензирање на водена пара од воздухот во порите од почвата;
4. кондензација на водена пара и вода која доаѓа од длабочината на земјата, таканаречена јувенилна вода.

Најголем процент на подземна вода се добива преку инфилтрација на атмосферските и површинските води преку површината на теренот низ порите од растреситите водопрпусни слоеви (кохерентни почви) и низ пукнатините на карпестите маси (некохерентни почви). Водата понира се додека не најде на водонепропусен слој. Ако тој е со наклон, таа се движи по него со слободно водно огледало и излегува на површината на теренот во вид на извор.



Сл.13.1 Извори на вода

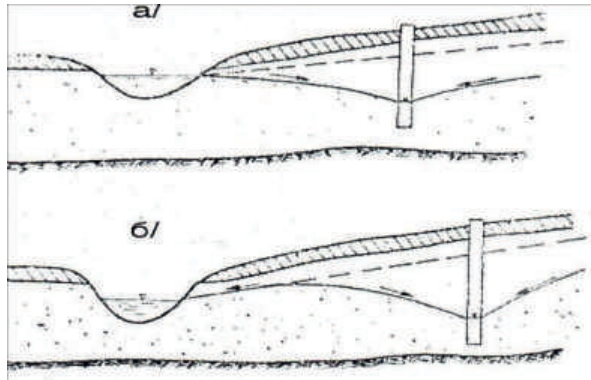
Според положбата на водоносните слоеви и хидродинамичките услови за движење, подземните води може да се поделат на:

- подземна вода со слободно ниво;
- подземна вода под притисок.

Подземната вода под притисок може да бидат:

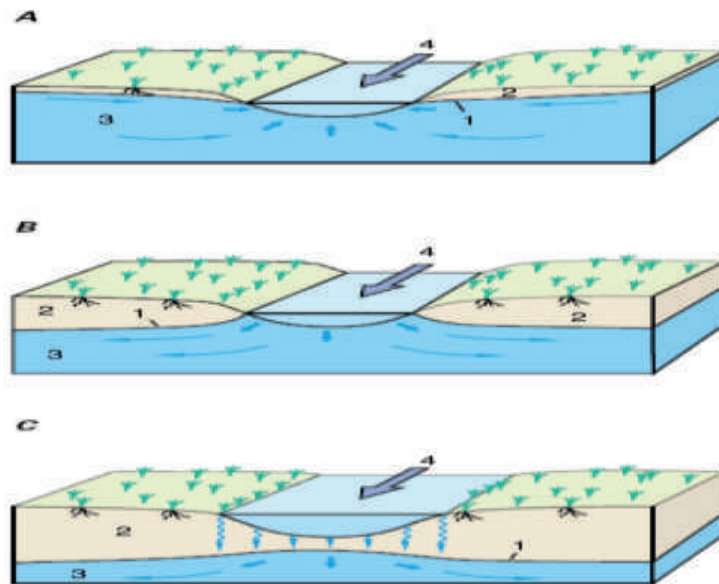
- артериска;
- субартериска.

Подземни води со слободно ниво, најчесто се наоѓа во низините, во речните тераси, односно покај реките.

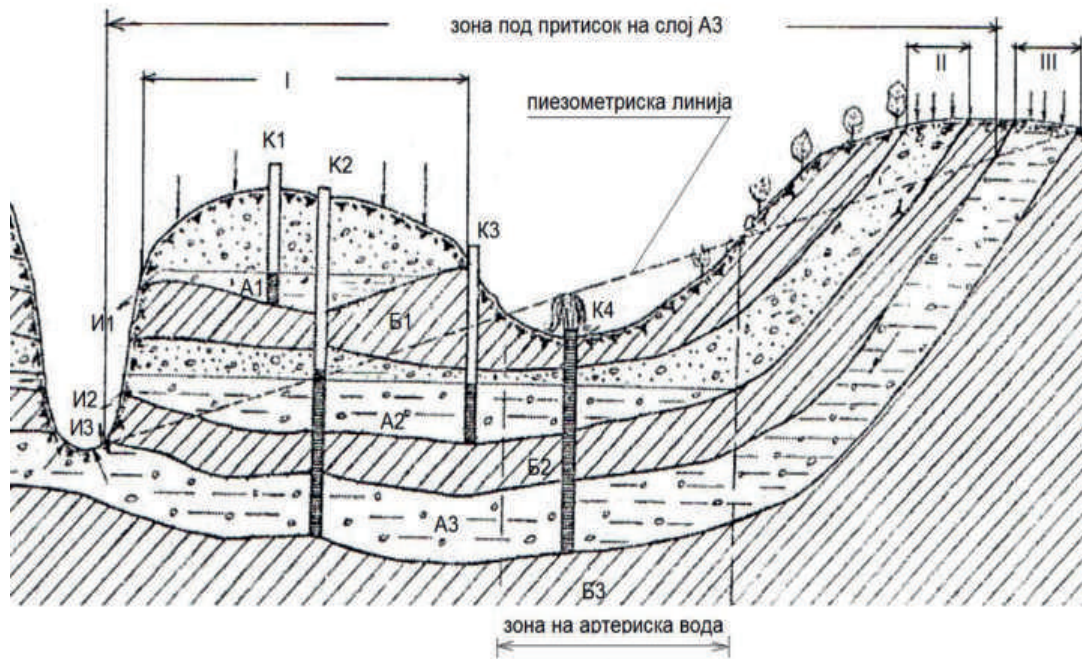


Сл.13.2. Подземна вода во речна тераса а) бунар кој црпе подземна и речна вода, б) бунар кој црпе подземна вода

На слики13.2 и 13.3 подземната вода може да се влева во реката или пак да се храни од реката. Ако се изведат бунари покрај реката, тие може да имаат или да немаат хидрауличка врска со реката, во зависност од хидрогеолошките услови на локалитетот, режимот на течење и црпење на водата од бунарите. Во услови кога речната вода е загадена, не смее да има дотекување на вода во бунарот при негова експлоатација.



Сл.13.3 Примери за хранење на водоносниот слој или во реката во зависност од местоположбата на водонепропусниот слој
1-хидродинамичка линија -НПВ; 2-водонепропусен слој; 3- водоносен слој;
4-река



Сл. 13.4. Видови на подземни води

Подземните води најдобро можат да се согледаат на следната слика 13.4 каде се набљудува карактеристичен хидрогеолошки вертикален пресек на еден терен.

Геолошкиот профил го прават:

- A₁, A₂ и A₃ - водопрпусни слоеви;
- B₁, B₂ и B₃ - водонепрпусни слоеви;
- I, II, III - зони на хранење.

Хидролошки профил го прават:

- I₁ - извор на вода кој и со квалитет и капацитет е непостојан;
- I₂ - извор на вода кој во текот на целата година континуирано тече;
- I₃ - извор на вода кој се појавува над водоносен слој A₃;
- K₁ - бунар изведен до водоносен слој A₁, со слаб капацитет, пресушува кога водата ќе се исцрпи;
- K₂ - бунар на вода со субартериска вода, котата на водата во бунарот е до хидродинамичката линија која е под површината на теренот;
- K₃ - бунар на вода кој има исто ниво како и нивото на водоносниот слој A₂;
- K₄ - бунар на вода со артериска вода, водата излегува на површината на теренот под влијание на притисок

13. 2. Карактеристични елементи на подземните води

Карактеристични елементи на подземна вода се:

- А. линии на течење на подземната вода;
- Б. екипотенцијални линии;
- В. пизометарски притисок;
- Г. пад на потенцијалниот притисок на единечно растојание.

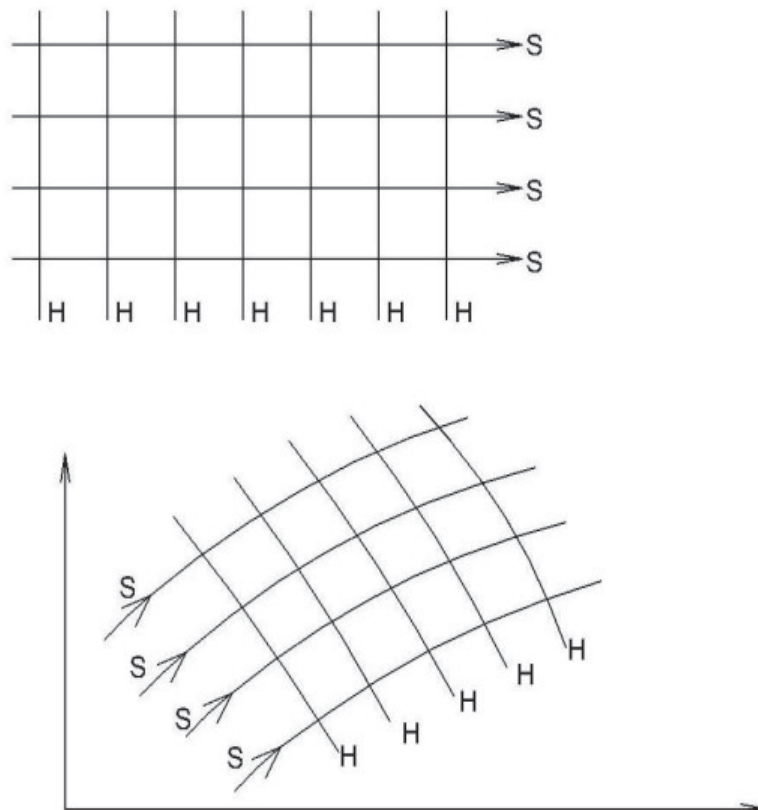
А и Б. Линии на течење и екипотенцијални линии на подземната вода

Линиите на течење на подземната вода се нарекуваат **струјни линии**.

Екипотенцијални линии се линии кои поврзуваат точки со ист потенцијален (вкупен или пизометарски) притисок.

Екипотенцијалните линии и струјните линии се взаимно ортогонални, односно се пресекуваат под прав агол (90°)- за хомогена и изотропна средина.

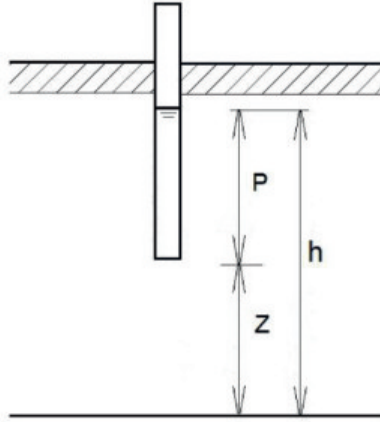
Мрежата на струјни и екипотенцијални линиите се нарекува **хидродинамичка мрежа** (сл.14.5).



Сл. 13.5. Хидродинамичка мрежа

В. Пиезометарски притисок

Пиезометарскиот притисок во дадена точка е дефиниран (сл.13.6):



Сл. 13.6 Мерење пиезометарски притисок

$$h = z + \frac{p}{\gamma}$$

Z - висина на точка над произволно одберена споредбена рамнина;

P - притисок на флуидот во таа точка;

γ - волуменска тежина на флуидот;

0-0 - споредбена рамнина.

Г. Пад на потенцијалниот притисок на единечно растојание

При движењето на подземните води има триење и затоа се јавува губиток на потенцијалниот притисок. Затоа, површината на подземната вода има пад на потенцијалниот притисок кој се изразува на единечно растојание:

$$i = \frac{H_1 - H_2}{L} = \frac{h}{L} = \frac{dh}{ds}$$

i – пад на потенцијалниот притисок;

H_1 и H_2 – мерено ниво на подземна вода;

h – висинска разлика на подземна вода меѓу две места;

L – растојание меѓу две мерни места.

13.3. Определување на количините на подземни води на одреден локалитет

Количината на подземна вода во одреден локалитет многу тешко може прецизно да се определи, бидејќи не може директно да се мери.

Приближна проценка може да се направи по следните методи:

1. според количината на инфилтрирани атмосферски води,
2. според волуменот на водоносниот слој;
3. според податоци од хидрометриските мерења;
4. според дарежливоста, штедроста на изворите;
5. според попречен пресек на активниот подземен водоносен слој.

Со втората метода се определуваат статичките резерви, а со другите четири методи се определуваат динамичките резерви на подземна вода. Имајќи го големиот број на податоци кои влегуваат во формулите, резервите на подземна вода треба да се пресметува по неколку методи. При големи разлики меѓу добиените резултати, треба да се направи критички осврт пред да се усвои со која количина ќе се влезе во понатамошни пресметки, но најсигурна е најмалата вредност.

13.3.1. Според количеството на инфилтрирани води

Количината на подземна вода по оваа метода може да се определи со следната формула:

$$Q = 10 \cdot a \cdot h \cdot F \quad [m^3/god]$$

Q - динамичка резерва на подземна вода која постојано се обновува со инфилтрирање на атмосферски води;
a - коефициент на впивање во проценти од висината на врнежите;
h - висина на годишни врнежи во mm;
F - сливна површина на подземна вода во ha.

13.3.2. Според волуменот на водоносниот слој

Според ова метода се користим формулата :

$$Q = \beta \cdot V \quad (m^3)$$

Q - статичка резерва на подземна вода во m^3 ;
 β - коефициент на издашност на водоносниот слој и седвижи од 10%-30% во зависност од структурата на почвата;
V - волумен на заситениот слој со вода во m^3 .

13.3.3. Според податоците од хидрометриските мерења

Со оваа метода се определува модулот на површинското истекнување од сливната повшина изразен, во $l/sec/km^2$. Површината која го храни водоносниот слој не мора секогаш да се совпадне со топографската сливна површина. Динамичките резерви на водоносниот слој се определуваат со следната формула :

$$Q = 31,563 \cdot \gamma \cdot F \quad [m^3 / god]$$

$\gamma = 1,0 \div 2,6 \quad l/cm/km^2$ - модул на површинско оттекување кој зависи од годишните врнежи и карактеристиките на почвата (големина, пошуменост, структура поризност и др.);

F - сливна површина изразена во km^2 .

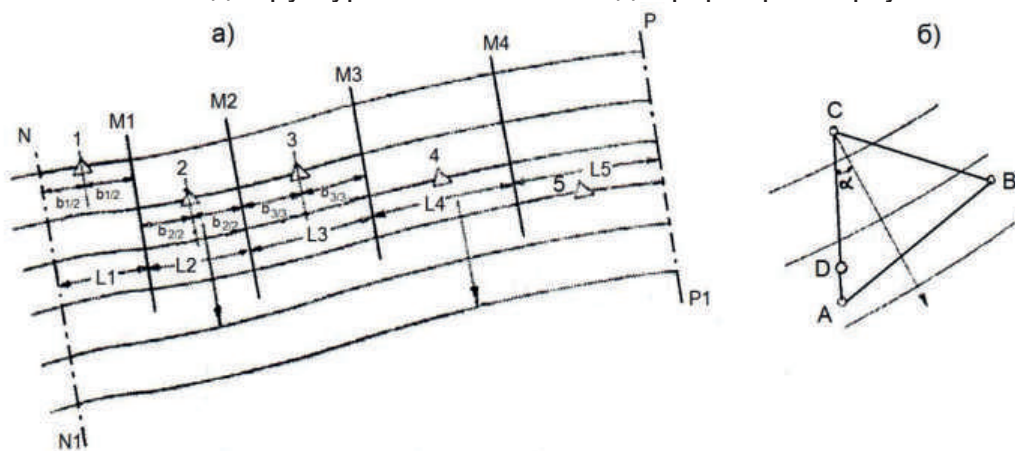
13.3.4. Според дарежливоста, штедроста на изворите

Ако се означени со $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$, штедроста на изворите кои се наоѓаат во одреден фронт со ширина l_n , подземното истекување на широчина B ќе изнесува :

$$Q = \frac{q_1 + q_2 + \dots + q_n}{l_n} \cdot B \quad [l/s]$$

13.3.5. Според попречниот пресек на активниот подземен водоносен слој

По методот на Тим во испитуваниот локалитет се пробиваат неколку групи од по три бунара (сл.13.7). Бунарите се поставуваат на растојание од 50-200 m што зависи од структурата на почвата за да формираат триаголник.



Сл.13.7. Положба на бунари а) испитуваниот реон, б) група од три бунари

Еден од бунарите во триаголникот служи како пробен бунар (А) од кои се црпи и мери водата, а останатите бунари В, С и D се пиезометри и служат да се добие кривата на депресија на подземната вода. Црпенето на вода трае се додека не се стабилизира нивото на вода во бунарот. Потоа, со пумпање се вади толку вода колку што и дотекува и тоа количество и се мери на секои 15-20 min. Мерењето е со водомер или со соодветен преливник.

За определување на водното количество во делницата N-N₁ и P-P₁ се дефинираат пресеците M₁, M₂, M₃ итн., помеѓу соседни групи на бунари, каде растојанието меѓу нив е L₁, L₂ итн. Ширината на делницата меѓу пресеците и соседните групи на бунари е означена со b_{1/2}, b_{2/2} итн.

$$L_1 = \frac{b_1}{2} + \frac{b_2}{2}; \quad L_2 = \frac{b_2}{2} + \frac{b_3}{2} \dots \dots \dots \text{ИТН.}$$

Количеството на вода на должина L₁ ќе биде:

$$q = k_1 \cdot A_1 \cdot J_1; \quad A_1 = L_1 \cdot h_1$$

A₁ -површина на подземен водоносен слој;

K₁ - коефициент на филтрација;

J₁ - пад на нивото на подземна вода;

h₁ -дебелина на подземниот водоносен слој;

Падот на нивото на подземна вода ќе се определи од котите на нивото на вода во два бунара од триаголникот во правец на движење на подземната вода (пример бунарите С и А).

$$J_1 = \frac{f_1 - f_2}{\lambda_1}$$

f₁ -кота на нивото во бунарот С;

f₂ - кота на ниво на вода во бунарот А;

λ₁ - растојание помеѓу бунарите А и С.

Ако правецот на течење на подземната вода прави агол α со страната АС од триаголникот од бунари, тогаш падот J ќе се определи со следниот израз:

$$J = \frac{J_1}{\cos \alpha}$$

Вкупната издашност помеѓу пресеците N-N₁ и P-P₁ е еднаква на збирот од издашноста од оделни делници:

$$Q = \sum k \cdot A \cdot J = k_1 \cdot A_1 \cdot J_1 + k_2 \cdot A_2 \cdot J_2 + \dots \dots \dots + k_n \cdot A_n \cdot J_n$$

$$Q = \sum k \cdot L \cdot h \cdot J = k_1 \cdot L_1 \cdot h_1 \cdot J_1 + k_2 \cdot L_2 \cdot h_2 \cdot J_2 + \dots \dots \dots + k_i \cdot L_i \cdot h_i$$

13.4.Потекло и видови на извори

Кога водонепропусниот слој има вдлабнатина, се формира подземна акумулација од која водата прелива и формира еден, два или повеќе извори. До колку водата наиде помеѓу водонепропусни слоеви, може да се движи под притисок или со слободно водно огледало, се додека не излезе на површината на теренот. Отука може да се заклучи дека нема разлика помеѓу потеклото и квалитетот на изворските и подземните води. Додека водата се наоѓа во подземните слоеви се вика подземна вода, а штом излезе на површината на теренот по природен пат се вика изворска вода(сл.13.8).

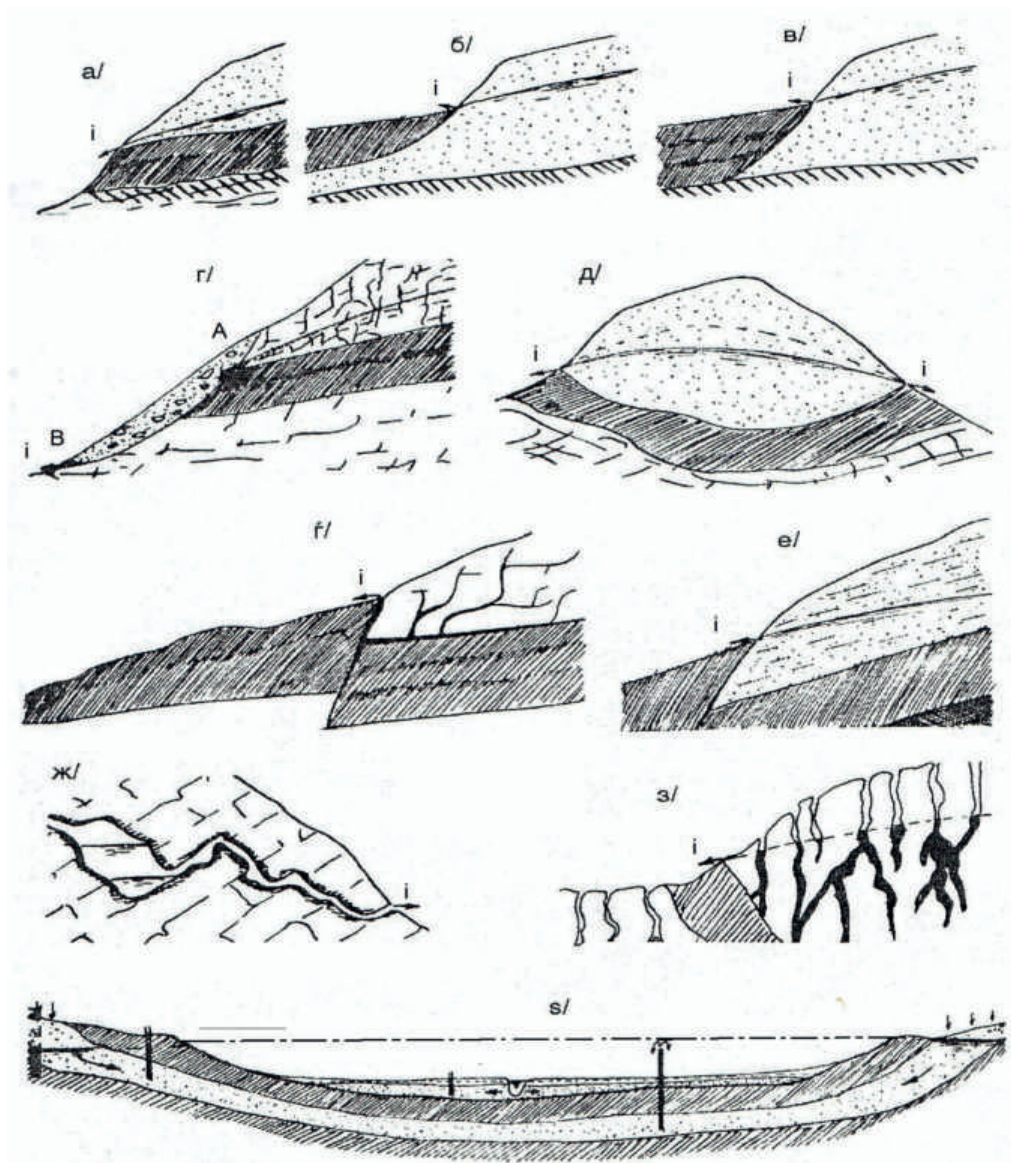
Во Македонија се регистрирани 4414 извори со вкупна штедрост од 991,9 милјони m^3/god .

Позначајни извори се:

- во сливот на река Вардар има 19 извори но најголем е Рашче (штедрост над $6 m^3/s$);
- во сливот на реката Треска: Извор (штедрост над $3 m^3/s$), Студенчица (штедрост $0,4-4,3 m^3/s$), Питран, Пешица и Белца (штедрост над $6 m^3/s$);
- во сливот на Црни Дрим со Охритското Езеро: Свети Наум (штедрост над $10 m^3/s$), Билјана, Дувло, Вевчани (штедрост над $1,5 m^3/s$) и Росоки (штедрост над $2,5 m^3/s$).

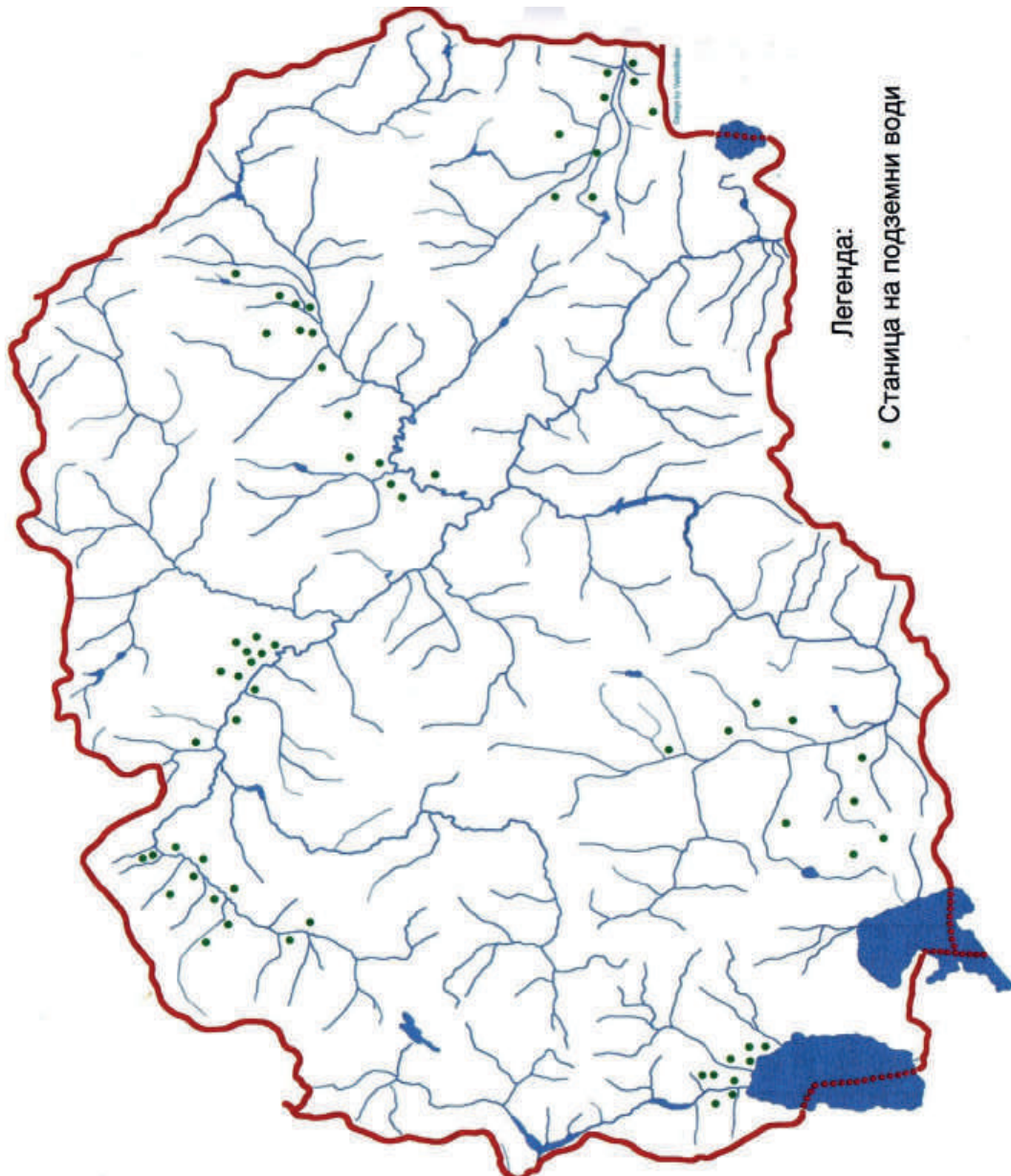


Сл. 13.8. Различни видови на извори



Сл. 13.9. Шематско прикажување на појавување на изворите
 а-сливен извор, б-делумно успорен извор, в-успорен извор, г-сливен извор (во
 точка А вистински, а во точка Б привиден), д- преливни извори, ё-пукнатински
 извор, е-дислокациски извор, ж-карсен пресушен извор, з- карсен извор, с-
 артериска и субартериска вода

На сл. 13.9 се претставени неколку можни начини на формирање на извори со претпоставени геолошки форми. Но трба да се напомене дека положбата и формата на подземните слоеви и начинот на хранење на водоносните слоеви тешко може да се шематизираат.



Сл.13.9. Карта на мерени подземни води во Република Македонија

Запомни:

1. Според потеклото подземната вода може да биде следната:
 - инфилтрација на атмосферските води од дожд и снег;
 - инфилтрација на површински води од реки, езера, мориња и др.;
 - кондензирање на водена пареа од воздухот во порите од почвата;
 - кондензација на водена пареа и вода која доаѓа од длабочината на земјата, таканаречена јувенилна вода.
2. Карактеристични елементи на подземна вода се:
 - правец на движење на подземната вода;
 - линии со еднакви притисоци;
 - пизометарски притисок;
 - пад на површината на подземната вода.
3. Подземната вода под притисок може да бидат:
 - артериски;
 - субартериски.
4. Мрежата од лините на течење и еквипотенцијалите линии се вика хидродинамичка мрежа.
5. Количината на подземна вода во одреден локалитет многу тешко може прецизно да се определи, бидејќи не може директно да се мери. Приближна проценка може да се направи по следните методи:
 - според количината на инфилтрирани атмосферски води;
 - според волуменот на водоносниот слој;
 - според податоци од хидрометриските мерења;
 - според издашноста на изворите;
 - според попречен пресек на активниот подземен водоносен слој.

Одговори на дадените прашања:

1. Која вода ја викаме подземна вода?
2. Кои линии ги викаме евипотенцијални?
3. Под кој агол се сечаат еквипотенцијалните линии и лините на течење?
4. Методот на Тим за пресметување на количините на подземна вода, во која метода спаѓа?
5. Дали има разлики во потеклото на подземните и изворските води?

14. ФИЗИЧКИ СВОЈСТВА НА ТЕЧНОСТИТЕ

14.1 Општо

Материјата се појавува во две состојби: цврста и флуидна.

Под поимот **флуиди се подразбира општ назив за течностите и гасовите**. Флуидите се карактеризираат со голема подвижност на своите честички и способност да се деформира како материја кога се изложени на тангенцијални напрегања т.е. почнуваат да течат или струјат.

Механиката на флуидите (хидрауликата) е наука која го изучува однесувањето на флуидите во состојба на мирување и движење.

За соодветно разгледување на основните физички својства на флуидите, неопходно е дефинирањето на основните мери (SI-систем) и тоа:

M – маса - kg

L – должина - m

T – време - s

Изведени мери:

1. P - површина - m^2
2. V – волумен - m^3
3. V – брзина - m/s
4. Q - проточно количество - m^3/s
5. ρ - Густина - kg/m^3
6. P – притисок – $kPa=kN/m^2$
7. E – енергија – J
8. γ – волуменска тежина – kN/m^3

Физичките својства на течностите имаат различна улога при проучувањето на различни аспекти во однесувањето на флуидите. Некои својства на течностите играат важна улога, а во други случаи воопшто немаат влијание.

На пример:

- во мирувањето на флуидите важна улога игра специфичната тежина;
- при движењето на течностите доминантни се густината и вискозитетот;

- во случаи кога се очекува значителна компресија, мора да се смета со стисливоста на флуидот;
- притисокот на водена пара станува важен, кога постои негативен притисок;
- ефектот на површинскиот напон има улога во услови на мирување и во услови на течрње со мали брзини.

14.2 Густина

Густината (ρ) е содржината на маса (M) од некоја материја во единица волумен (V).

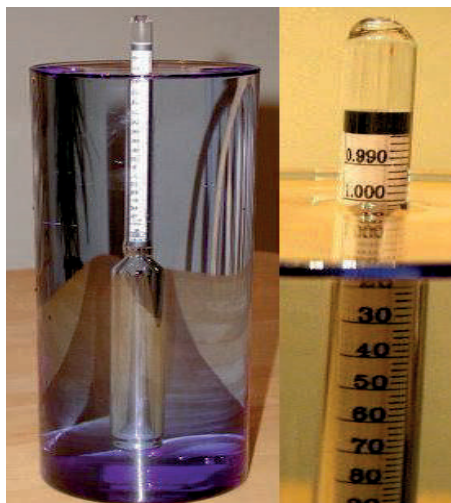
$$\rho = \frac{M}{V} \text{ kg/m}^3$$

(14.1)

Густината како физичка големина го карактеризира распоредот на маса флуид по волумен. Флуидот може да се смета за еднороден ако густината е иста во сите точки. За даден материјал, густината зависи од бројот на молекулите во единица волумен.

На пример, ако се зголеми температурата на флуидот, тогаш се намалува бројот на молекули во единица волумен, а со тоа се намалува и густината. Со зголемување на притисокот, може да има поголем број на молекули во даден волумен, а со тоа густината да е поголема.

Густината на водата е: $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ при температура од 4°C .



Сл.14.1 Апарат за мерење на густина кај течности

14.3 Специфична тежина

Под специфична тежина или волуменска тежина (γ), на еден хомоген флуид се подразбира тежина ($M \cdot g$) на единица волумен (V), односно односот на тежината (сила), спрема волуменот.

$$\gamma = \frac{M \cdot g}{V} = \frac{V \cdot \rho \cdot g}{V} = \rho \cdot g \quad N/m^3$$

(14.2)

g - забрзување од земјината гравитацијата

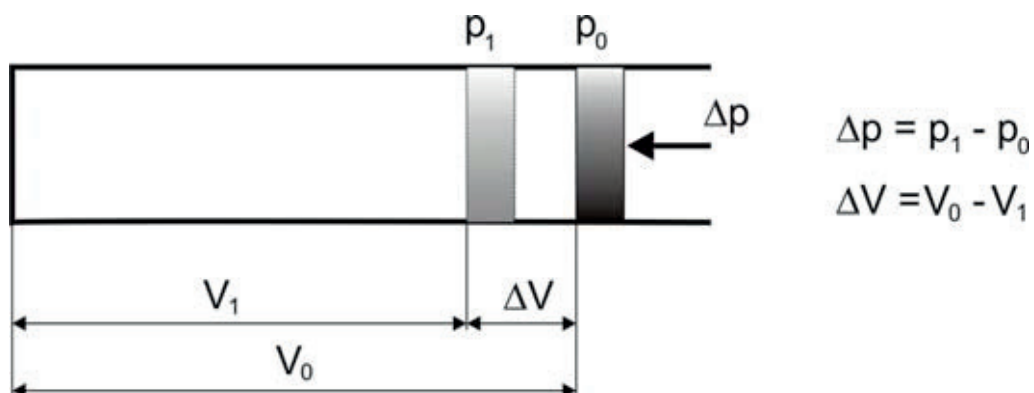
Специфичната тежина (γ) за водата при температура од 4°C изнесува:

$$1000 \cdot 9,81 = 9\,810 \text{ (N/m}^3\text{)}$$

Значи специфичната тежина како и густината (ρ) зависат од температурата и од притисокот на течноста, бидејќи забрзувањето од земјината гравитација е константна големина.

14.4 Стисливост, еластичност на флуидите

Флуидите под дејство на силите од притисокот го менуваат волуменот, или со други зборови се однесуваат стисливо - еластично (сл.14.2). Стисливоста кај флуидите се изразува со модулот на стисливост-еластичност. Течностите покажуваат извонредно голем отпор на силите на притисок што сакаат да го променат нивниот волумен. Затоа течностите се третираат како стисливи само во исклучителни случаи, на пример, при појавување на хидраулички удар.



Сл.14.2 Стисливост кај течност изложен на притисок

14.5 Вискозитет

Под поимот вискозитет се подразбира лепливост.

Вискозитетот или внатрешното триење е отпорот при движењето на флуидот и цврстите граници на средината каде се извршува движењето. Флуидните честички лепејки се за цврстите површини ја губат сопствената брзина. Флуидите кои немаат вискозитет се совршени и такви во природата не постојат. Претпоставаката за невискозитет само помага при решавање на одредени теоретски проблеми при движењето на реалните течности. При движењето на реалните течности се создава отпор заради тангенцијалните напрегања помеѓу течностите и средината каде што се движи и во внатрешноста на самото струјно поле .

Вискозитетот зависи од видот на флуидот (сл.14.3), неговата топлотна состојба и притисокот на кој е изложен. Кај течностите вискозноста незначително се менува се додека се притисоците мали, меѓутоа над одредена граница со зголемување на притисокот и вискозитетот се зголемува. Вискозитетот на течностите се намалува со зголемување на температурата и обратно.



Сл.14.3 Вискозитет кај разни видови на течности

14.6 Површински напон, капиларност

Флуидите кои имаат слободна површина во контакт со друг флуид или цврста материја се изложени на деформации заради површинскиот напон. Внатрешните меѓумолекуларни сили се во рамнотежа се до слоевите блиску до контактот со друг флуид или цврста материја.

Напонските ефекти настануваат на површината на течноста кога површината е во допир со друг флуид или цврсто тело. Во практика (сл.14.4), овие површински напрегања најчесто се занемарливи, освен при движењето во мали простори (капиларни качувања), механиката на формирање меури, прекин на течниот млаз и др.

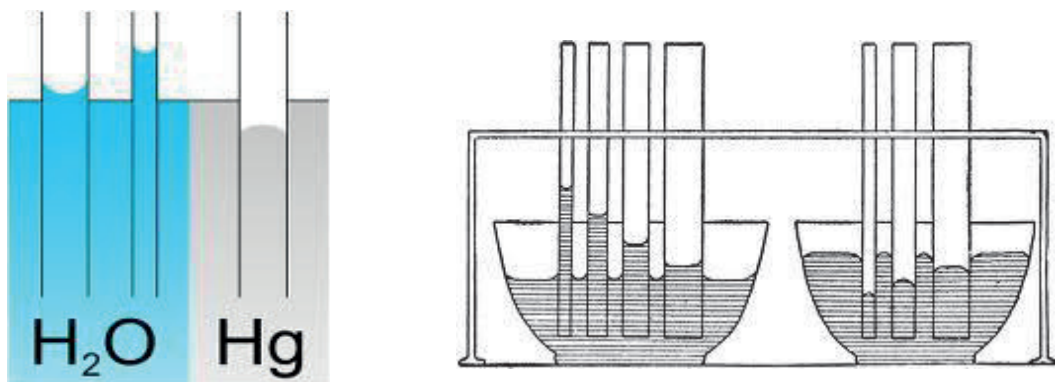
Површинскиот напон и капиларниот простор зависат од внарешните меѓумолекуларни сили, од површината на контактот и од температурата.

Во цевки, течностите капиларно се издигаат кога се атхезионите сили поголеми од кохезионите, а се спуштаат кога силите на кохезијата се поголеми од оние на атхезијата.

На пример (сл.14.5), молекулите на живата имаат поголема способност да се привлекуваат меѓу себе (кохезија) отколку да се привлекуваат со честичките на стаклената површина (атхезија). Додека за водата е обратно, меѓумолекуларните сили на кохезија се совладани од оние на атхезијата.



Сл.14.4 Површински напон во зависност од дијаметарот на цевката



Сл.14.5 Површински напон кај жива (Hg) и вода (H₂O) во два примера

Запомни:

1. Механиката на флуидите (хидрауликата) е наука која го изучува однесувањето на флуидите во состојба на мирување и движење.
2. Густината е маса, тоа е количество на материја што го содржи единица волумен.
3. Специфичната тежина (γ) за водата при температура од 4°C изнесува:
 $1000 \cdot 9,81 = 9\ 810 \text{ (N/m}^3\text{)}$
4. Напонските ефекти настануваат на површината на течноста кога површината е во допир со друг флуид или цврто тело.
5. Вискозитетот зависи од видот на флуидот, неговата топлотна состојба и притисокот на кој е изложен.

Прашања:

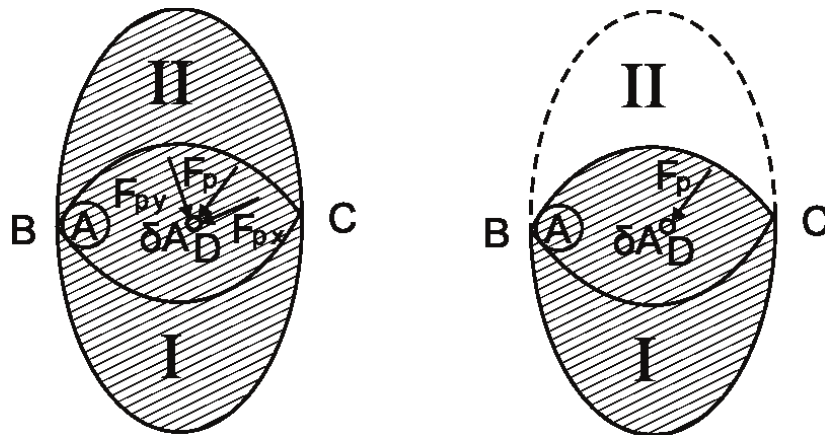
1. Што подразбираш под поимот флуид?
2. Кога се течностите во мирување, које физичко својство има значење?
3. Во кои исклучителни случаи течностите са третираат како стисливи?
4. Што се подразбира под поимот вискозитет?
5. Од што зависат површинскиот напон и капиларниот простор?

15. МИРУВАЊЕ НА ТЕЧНОСТИТЕ - ХИДРОСТАТИКА

Хидростатиката е дел од хидрауликата каде се изучуваат законите за мирување на флуидите и методите за практична примена на истите.

15.1 ХИДРОСТАТИЧКИ ПРИТИСОК И НЕГОВИ ОСОБИНИ

За да го објасниме поимот хидростатички притисок, ќе разгледаме даден волумен од хомогено флуидно тело, кое се наоѓа во релативен мир (слика 15.1.). Во овој волумен избираме една точка D за да ги разјасниме силите што дејствуваат на неа. Низ точката D провлекуваме рамнината BC која го дели волуменот на два дела: I и II.



Сл. 15.1. Хомогено флуидно тело

Да претпоставиме дека сме го отстраниле делот II. Тогаш во рамнината BCD кон делот I дејствува силата F_p којашто го заменува дејството на делот II. И покрај отстранувањето на делот II, делот I се наоѓа во мир или рамнотежа.

Ќе претпоставиме дека на еден мал елемент δA од таа површина дејствува многу мала сила δF_p која го заменува елементот од отфрлениот дел II. Оваа сила што дејствува на површината δA , ја разложуваме на две компоненти: хоризонтална δF_{px} (дејствува во рамнината) и силата δF_{py} (нормална на неа). Бидејќи флуидот се наоѓа во мир и не може да прими никакви сили на растегнување, значи дека хоризонталната сила $\delta F_{px} = 0$. Според тоа, на елементот δA дејствува силата δF_{py} .

Односот $\frac{F_{py}}{\delta A}$ претставува среден интензитет на притисокот на површината δA .

Ако елементарната површина δA тежи кон нула, се добива:

$$P = \frac{F_p}{\delta A} \text{ N/m}^2 ; \text{ N/cm}^2$$

каде што е :

P - хидростатички притисок во точка што се наоѓа во состојба на мирување или рамнотежа.

Според тоа,
хидростатички притисок во дадена точка е притисок на флуид на единица површина

Притисокот се мери во: N/m^2 ; Pa

$$1\text{Pa} = 1 \text{ N/m}^2 ; \quad 1\text{MPa} = 1\text{N/mm}^2$$

Делејќи ја силата на хидростатичкиот притисок со големината на површината A го добиевме средниот хидростатички притисок:

$$P = \frac{F_p}{A} \quad \text{N/m}^2; \text{ N/cm}^2$$

Хидростатичкиот притисок има две особини:

1. силата на хидростатичкиот притисок секогаш дејствува нормално на површината што го прима тој притисок;
2. хидростатичкиот притисок во дадена точка дејствува во сите правци со еднаков интензитет.

За да ја докажеме првата особина на хидростатичкиот притисок, ќе земеме сад со течност кој се наоѓа во релативен мир (слика 15.2.). На ѕидот од садот во точката B, влијае силата F_p која е елементарна сила на хидростатички притисок. Силата на притисокот F_p ќе ја разложиме на компонентите :

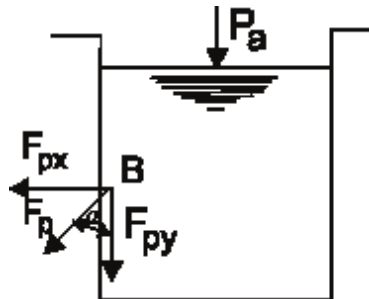
F_{px} – која дејствува нормално на ѕидот на садот;

F_{py} – која дејствува паралелно на ѕидот на садот.

Нивната големина ќе биде:

$$F_{px} = F_p \cdot \sin \alpha$$

$$F_{py} = F_p \cdot \cos \alpha$$



Сл. 15.2. Сад со течност во релативен мир

Бидејќи разгледуваме идеална течност, без вискозност (лепливост), нема движење во садот, тангенцијални напони не постојат, па имаме:

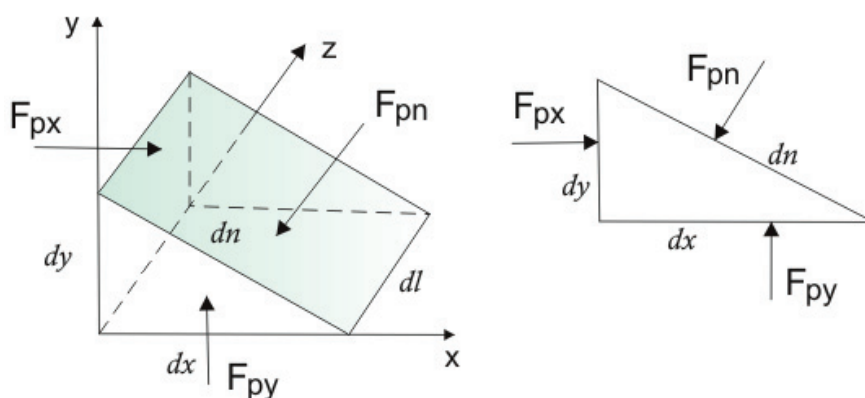
$$F_{py} = 0$$

$$F_p \cdot \cos \alpha = 0.$$

$$\alpha = 90^\circ$$

Докажуваме дека силата на хидростатичкиот притисок дејствува нормално на ѕидот.

Втората особина - хидростатичкиот притисок во дадена точка дејствува во сите правци со иста големина, ќе ја докажеме на следниот начин: ќе издвоиме елементарен флуиден волумен со состојба на мирување во форма на тристрана призма со димензи на страните dx , dy , dn и должина dl . Нормално на површините на призмите според првата особина дејствуваат сили од хидростатичкиот притисок F_{px} , F_{py} , F_{pn} и сила од гравитацијата F_g , (слика 15.3.).



Сл. 15.3 Елементарен волумен со форма на тристрана призма

Големината на силите е:

$$F_{px} = P_x \cdot dy \cdot dl$$

$$F_{py} = P_y \cdot dx \cdot dl$$

$$F_{pn} = P_n \cdot dn \cdot dl$$

$$F_g = 0,5 \delta \cdot g \cdot dx \cdot dl$$

Од условите за рамнотежа на силите што дејствуваат на призмата :

во правец на оската $\Sigma x = 0$

$$F_{px} - F_{pn} \cos \alpha = 0$$

$$P_x \cdot dy \cdot dl - \cos \alpha \cdot P_n \cdot dn \cdot dl = 0$$

$$dy = dn \cdot \cos \alpha$$

$$P_x = P_n$$

во правец на оската $\Sigma y = 0$

$$F_{py} - F_{pn} \sin \alpha - F_g = 0$$

$$P_y \cdot dx \cdot dl - P_n \cdot dn \cdot dl \sin \alpha - 0,5 \delta \cdot g \cdot dx \cdot dy \cdot dl = 0$$

$$dx = dn \sin \alpha$$

Третиот член на левата страна од равенката е силата од гравитацијата, тој е бескрајно мал во однос на првите два члена, па може да се занемари, тогаш добиваме :

$$P_y = P_n$$

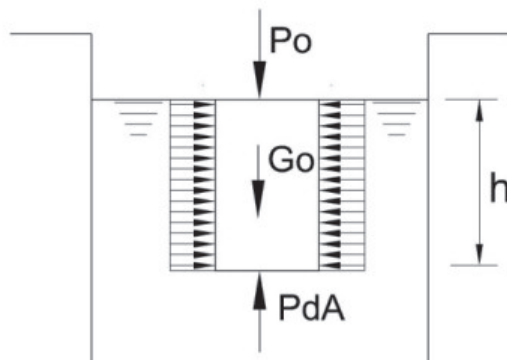
Според тоа, притисокот на сите страни од бескрајно мала призма издвоена околу точка В има иста големина , т.е.:

$$P_x = P_y = P_n$$

Од ова може да се заклучи дека хидростатичкиот притисок во некоја точка не зависи од правецот на површината на која дејствува, туку од положбата на дадената точка во однос на слободната површина и видот на течноста.

15.2. ОСНОВНА РАВЕНКА ВО ХИДРОСТАТИКАТА

Определувањето на хидростатичкиот притисок на некоја длабочина под површината на течноста во мирување е многу честа потреба која треба да се решава во практика (резервоари, базени, бунари). Во садот полн со течност која се наоѓа во рамнотежа (мирување) издвојуваме призма со површина dA на длабочина h под површината на течноста (слика 15.4.).



Сл. 15.4 Сад со течност во релативен мир, во кој е издвоена призма

На површината на течноста дејствува атмосферскиот притисок P_o . Во внатрешноста на вертикалните страни од замислената призма дејствува хидростатички притисок од сите страни подеднакво, но бидејќи течноста е во мирување хоризонталните сили се поништуваат. За да остане во рамнотежа, на призмата издвоена од течноста, на основата на длабочина h влијае силата на притисокот $P \cdot dA$. Тежината на замислената призма е $\gamma \cdot dA \cdot h$. Од условот, збирот на сите сили да е нула, заради мирувањето ќе имаме:

$$P_o \cdot dA + \gamma \cdot h \cdot dA - P \cdot dA = 0 / dA$$

$$P_o + \gamma \cdot h - P = 0$$

Од оваа равенка ја добивме основната равенка за хидростатика :

$$P = P_o + \gamma \cdot h \quad (\text{N/m}^2 ; \text{N/cm}^2)$$

Од тука, може да ја изведеме дефиницијата за хидростатичкиот притисок за течноста која се наоѓа во полето на гравитацијата, која е во исто време и основна равенка на хидростатиката која гласи:

Хидростатичкиот притисок во некоја точка е рамен на притисокот на површината на течноста, плус производот од волуменската тежина на течноста и длабочината каде се наоѓа точката, на која го бараме притисокот под површината на течноста.

Во хидротехничката практика, најчесто надворешниот притисок се јавува како атмосферски притисок $P_o = P_a$. За отворени површини врз кои дејствува атмосферскиот притисок од сите страни $P_o = P_a = 0$, основната равенка гласи:

$$P = \gamma \cdot h \text{ N/cm}^2$$

15.3. ПРИМЕНА НА РАВЕНКАТА НА ХИДРОСТАТИКАТА

Определувањето на притисокот на флуидите е основен проблем во хидростатиката. Практично, притисокот се споредува со некој апсолутен нулти притисок; вакуум или локален атмосферски притисок, како и секоја друга произволна рамнина со која може да се спореди.

Апсолутниот притисок се изразува како разлика помеѓу неговата вредност и апсолутниот нулти притисок:

$$P_{ap} = P - 0 = P$$

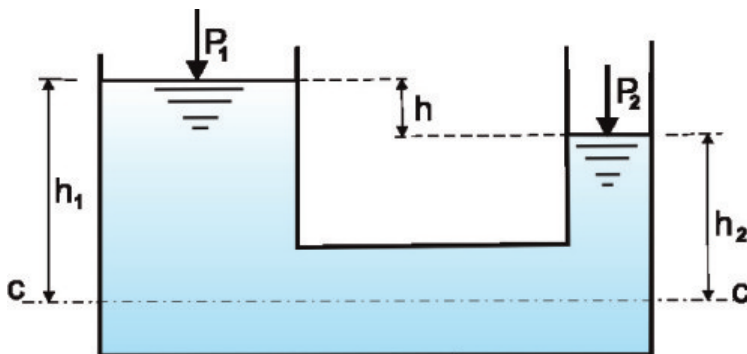
Мерен притисок е кога притисокот е изразен со разликата помеѓу неговата вредност и локалниот атмосферски притисок:

$$P_{мер} = P - P_a$$

Ако притисокот е помал од атмосферскиот, мерениот притисок има негативна вредност и се нарекува вакуум. Иако притисокот во оваа зона е помал од атмосферскиот (негативен), неговата апсолутна вредност е секогаш позитивна. Најмал вредност на притисокот $p = 0$.

$$P_{vak} = P_a - P$$

Сврзани садови (најчесто два) се оние помеѓу кои течноста што се налева поминува слободно, (слика 15.5).



Сл.15.5.Сврзани садови

Ако течноста во садовите е во рамнотежа, а на слободните површини дејствува надворешен притисок p_1 и p_2 , тогаш во хоризонталната споредбената рамнина $C - C$ дејствува притисок p_c :

$$P_c = p_1 + \gamma \cdot h_1$$

$$P_c = p_2 + \gamma \cdot h_2$$

Со изедначување на горните равенки се добива:

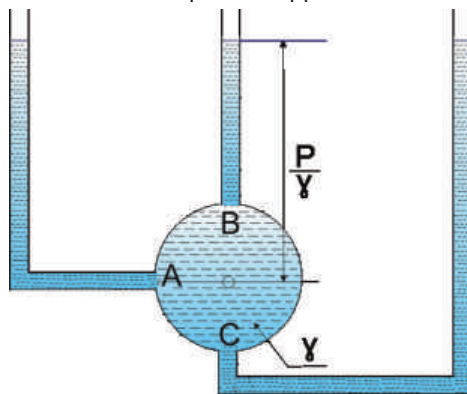
$$\Delta p = p_1 - p_2 = \gamma \cdot (h_1 - h_2) = \gamma \cdot h$$

Големината h , е висинска разлика помеѓу слободните површини на течноста во двата сада. Од тука ако се мери h , може да се определи разликата Δp помеѓу надворешните притисоци на двата сада.

На овој принцип работат манометрите.

Постојат разни манометри за мерење на хидростатичкиот притисок.

Најпрост манометар е пиезометарот - цевче во допир со течноста од садот преку отвор во ѕидот (на дно, од страна или од горе). Пиезометарските цевчиња го покажуваат притисокот и во цевки каде течноста се движи, (слика 15.6).



Сл.15.6.Пиезометарски цевки

Големината p / γ претставува притисок изразен во височина на столб од течност или височина на притисокот. Бидејќи во сите поставени пиезометарски цевчиња течноста завзема иста положба, може да се напише за пиезометарската височина:

$$\frac{P}{\gamma} = H = const$$

Барометарот е направа за мерење на локалниот атмосферски притисок P_a .

15.4. ДИЈАГРАМ НА ХИДРОСТАТИЧКИ ПРИТИСОК

При димензирање на хидростатичките објекти потребно е да се определат правецот, големината и распоредот на хидростатичкиот притисок. За пресметување и графичко претставување на хидростатичкиот притисок потребно е да се почитуваат следните правила:

- а) *хидростатичкиот притисок секогаш е нормален на површината што го прима притисокот;*
- б) *хидростатичкиот притисок се зголемува право пропорционално со длабочината;*
- в) *кога површината е криволиниска, хидростатичкиот притисок дејствува нормално на тангентата (радијално), нормален е неа.*

А) Вертикална површина

Во точката А – на површината на водата хидростатичкиот притисок е:

$$P_A = 0$$

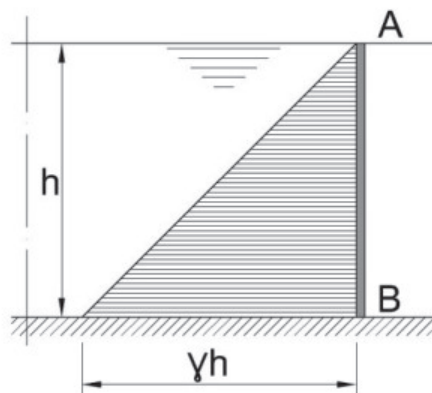
Во точката В – на длабочина h на вертикалната површина притисокот е:

$$P_A = 0$$

Во точката В – на длабочина h на вертикалната површина притисокот е:

$$P_B = \gamma h$$

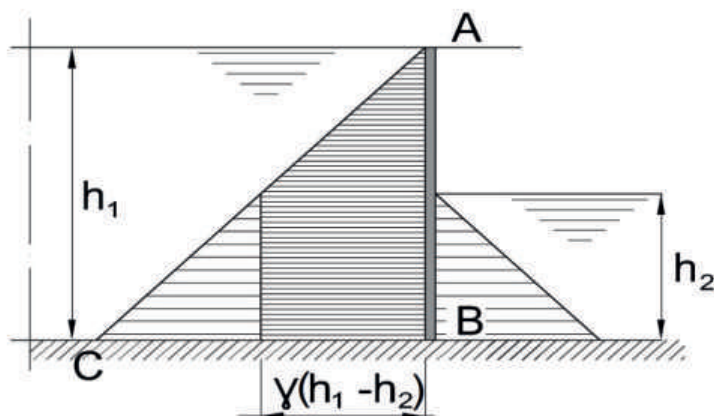
Следува дека дијаграмот на хидростатички притисок за вертикална површина е правоаголен триаголник, со височина h и основа γh , како на слика 15.5:



Сл.15.5. Дијаграм на хидростатички притисок

Б) Вертикална површина со вода од две страни

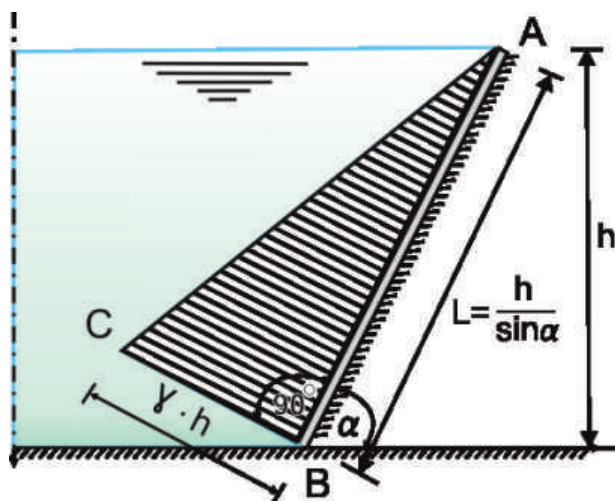
Бидејќи на вертикалната површина дејствува хидростатички притисок од двете страни со обратна насока, т.е. за длабочините h_1 и h_2 дијаграмите се правоаголни триаголници, тие се одземаат. Следува, дијаграмот е трапез со височини h_1 и h_2 и основа $\gamma (h_1 - h_2)$, (слика 15.6.).



Сл.15.6. Дијаграм на хидростатички притисок

В) Коса површина

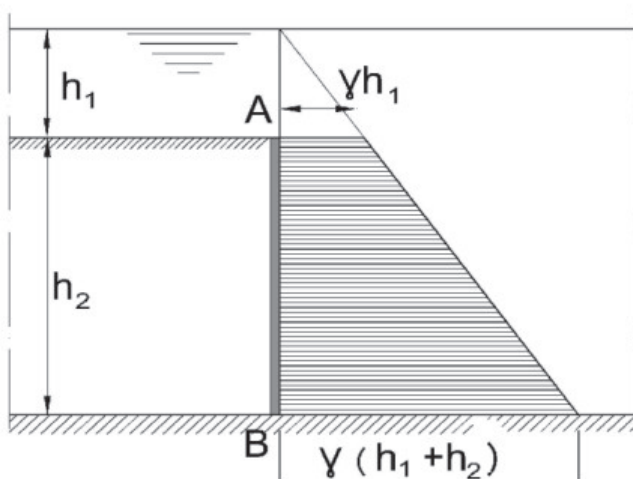
Дијаграмот е правоаголен триаголник (слика 15.7.), со основа γh и катета L:



Сл.15.7. Дијаграм на хидростатички притисок

Г) Потопена вертикална рамна површина

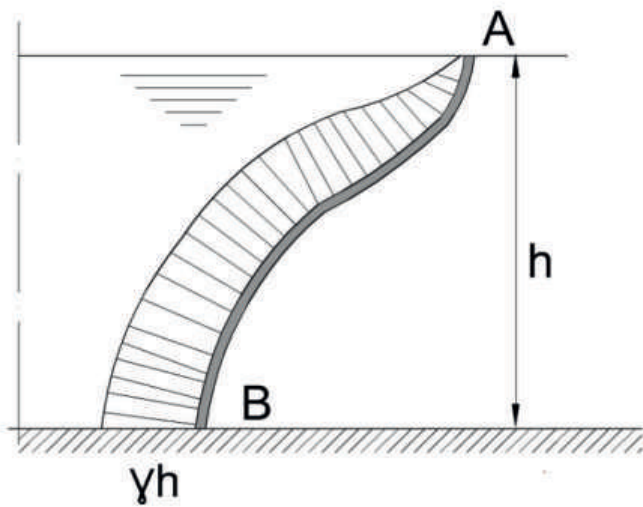
Дијаграм на хидростатички притисок врз потопена вертикална рамнина и вода со длабочина h_1 и h_2 е трапез, со висина h_2 и основи γh_1 и $\gamma (h_1+h_2)$ (слика 15.8.).



Сл.15.8. Дијаграм на хидростатички притисок

Д) Крива површина

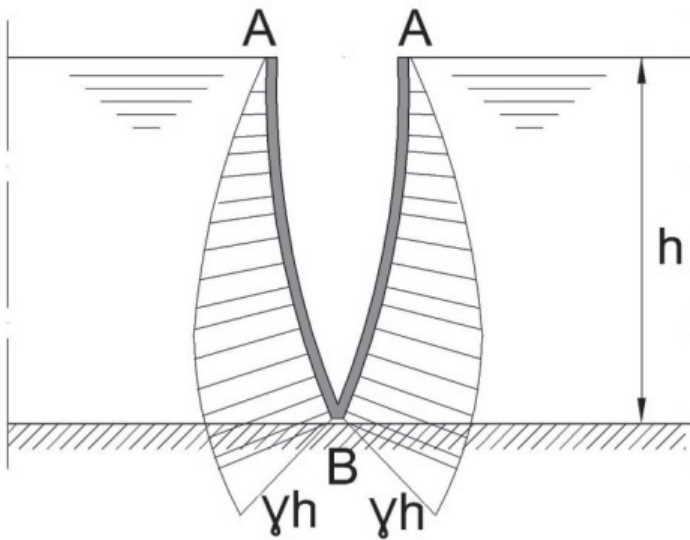
Дијаграмот е криволиниски со основа γh , како на слика 15.9:



Сл. 15.9. Дијаграм на хидростатички притисок

Г) Крива површина - брод

Дијаграмот е криволиниски со основа γh , како на слика 15.10:



Сл. 15.10. Дијаграм на хидростатички притисок

15.5 СИЛА НА ХИДРОСТАТИЧКИ ПРИТИСОК

Силата на хидростатичкиот притисок го изразува дејството на течностите врз различни површини на хидротехнички објекти и конструкции, а притоа и определување на нивните димензии.

а) силата на хидростатичкиот притисок е еднаква на единечниот хидростатички притисок и површината на која дејствува течноста;

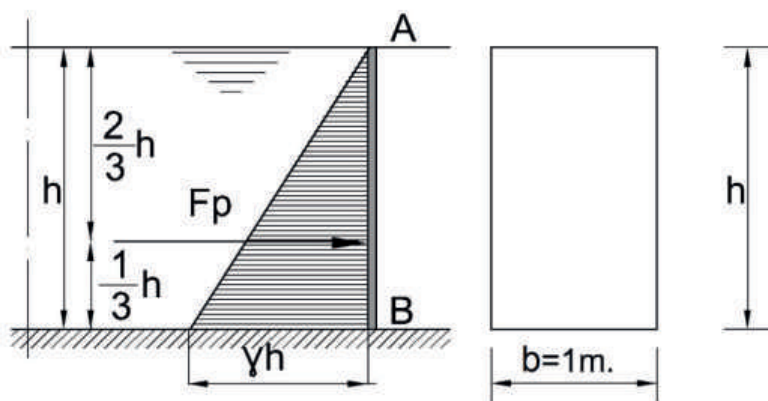
б) силата на хидростатичкиот притисок секогаш дејствува нормално на површината;

в) нападната точка на силата на хидростатичкиот притисок се наоѓа во тежиштето на дијаграмот на површината на хидростатичкиот притисок.

15.5.1. Сила на хидростатички притисок врз непотопена површина

Непотопените површини кои ја примаат силата на хидростатички притисок се резервоари, базени, брани и сите останати објекти во кои водата мирува. Сидовите на овие објекти може да се изработени од бетон, армиран-бетон, преднапрегнат бетон, челик, камен, земјан насип и сл. димензионирани според силата на хидростатички притисок.

Вертикална површина



Сл.15.11. Сила на хидростатички притисок

Површината што ја прима силата на хидростатички притисок е:

$$A = b \cdot h \text{ (} m^2, cm^2 \text{)}$$

разгледуваме должен метар од површината $b = 1,0\text{m}$,

$$A = h \text{ (} m^2, cm^2 \text{)}$$

притисокот на површината на течноста:

$$P_A = 0$$

притисокот на длабочина во течноста:

$$P_B = \gamma \cdot h \quad \text{N/cm}^2$$

среден притисок:

$$P_{CP} = \frac{P_A + P_B}{2} = \frac{0 + \gamma \cdot h}{2} = \frac{\gamma \cdot h}{2} \quad (\text{N/cm}^2)$$

силата на хидростатички притисок:

$$F_p = AP_{sr} = bh \frac{h}{2} \gamma \quad N$$

$$\left(\frac{N}{m^3} \cdot m^2 \cdot m \right)$$

силата на хидростатички притисок за $b = 1,0$ е:

$$F_p = \frac{\gamma \cdot h^2}{2} (N)$$

нападна точка:

$$e = \frac{h}{3}$$

Коса површина

плоштина на косата површина :

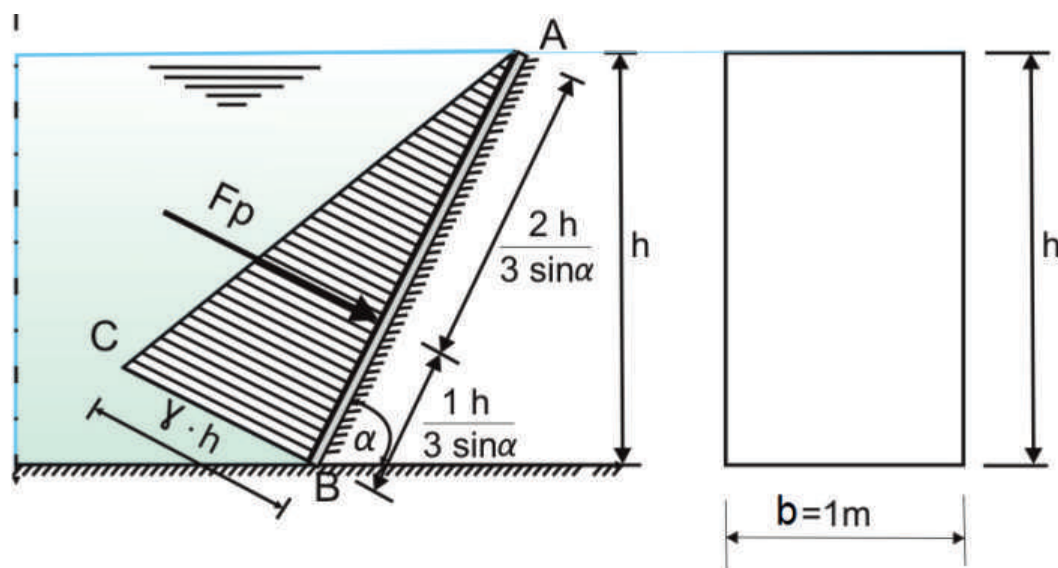
$$A = b \frac{h}{\sin \alpha} \text{ (} m^2, cm^2 \text{)}$$

Притисокот на површина на течноста е:

$$P_A = 0$$

притисокот на длабочина h е:

$$P_B = \gamma \cdot h \text{ (N/m}^2 \text{)}$$



Сл.15.12. Сила на хидростатички притисок

среден притисок:

$$P_{cp} = \frac{P_A + P_B}{2} = \frac{0 + \gamma \cdot h}{2} = \frac{\gamma \cdot h}{2} \text{ (N/cm}^2\text{)}$$

силата на хидростатички притисок е: $b=1,0\text{m}$

$$F_p = P_{cp} \cdot A = b \frac{\gamma \cdot h}{2} \frac{h}{\sin \alpha}$$

силата на хидростатички притисок за $b = 1,0$ е:

$$F_p = \frac{\gamma \cdot h^2}{2 \sin \alpha} \text{ (N)}$$

нападна точка :

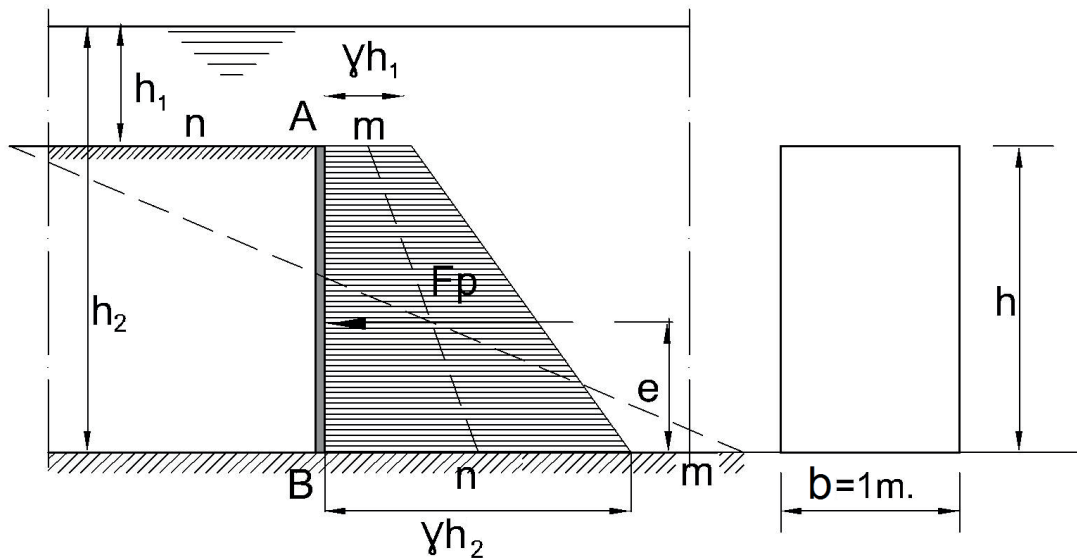
$$e = \frac{h}{3 \sin \alpha}$$

15.5.2. Сила на хидростатички притисок врз потопена површина

Преградните сидови во резервоарите и останатите објекти на водоснабдителните и канализациски системи; праговите на каскадите, длабинските затварачи и сл., се посматраат како потопените површини.

Силата на хидростатичкиот притисок дејствува нормално на површината во која се наоѓа течноста, во тежиштето на дијаграмот на хидростатичкиот притисок на растојание е од дното на садот.

Вертикална потопена површина



Сл.15.13. Сила на хидростатички притисок

Плоштината на потопената површина е:

$$A = b \cdot (h_2 - h_1) \quad (m^2) \quad b = 1,0 \text{ (m)}$$

притисокот на потопената површина во точката А е:

$$P_A = \gamma \cdot h_1 \quad (N/m^2)$$

притисокот на длабочина h_2 е:

$$P_B = \gamma \cdot h_2 \quad (N/m^2)$$

средниот притисок е:

$$P_{CP} = \frac{P_A + P_B}{2} = \frac{\gamma \cdot h_1 + \gamma \cdot h_2}{2} = \frac{\gamma(h_1 + h_2)}{2} \quad (N/m^2)$$

силата на хидростатичкиот притисок е:

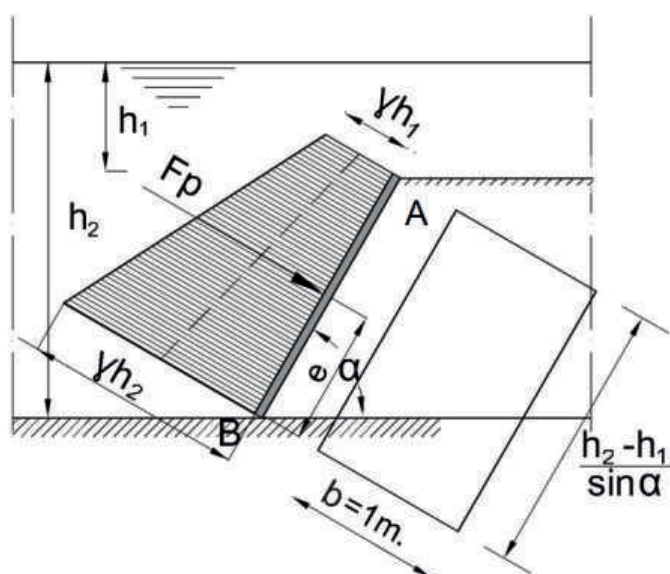
$$F_p = F_p = P_{CP} \cdot A = \frac{\gamma(h_1 + h_2)}{2} b(h_2 - h_1) = \frac{\gamma \cdot b(h_2^2 - h_1^2)}{2} \quad (\text{N})$$

$$F_p = \frac{\gamma(h_2^2 - h_1^2)}{2} \quad (\text{N})$$

нападна точка:

$$e = \frac{(2m + n)}{m + n} \frac{(h_2 - h_1)}{3} \quad (\text{m; cm})$$

Коса потопена површина



Сл. 15.14 Сила на хидростатички притисок

Притисокот на коса потопена површина во точката А е:

$$P_A = \gamma \cdot h_1 \quad (\text{N/m}^2)$$

притисокот на длабочина h_2 е:

$$P_A = \gamma \cdot h_2 \quad (\text{N/m}^2)$$

средниот притисок е:

$$P_{CP} = \frac{P_A + P_B}{2} = \frac{\gamma \cdot h_1 + \gamma \cdot h_2}{2} = \frac{\gamma(h_1 + h_2)}{2} \text{ (N/m}^2 \text{ ; N/cm}^2 \text{)}$$

површината што го прима притисокот е:

$$A = \frac{b(h_2 - h_1)}{\sin \alpha} \text{ (m}^2 \text{, cm}^2 \text{)}$$

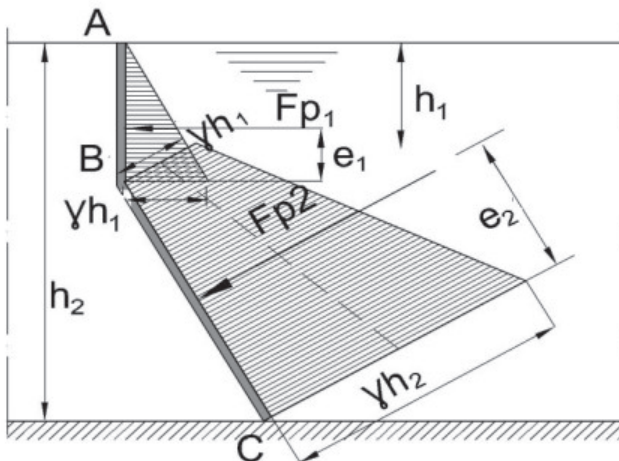
силата на хидростатичкиот притисок е:

$$F_p = P_{CP} \cdot A = \frac{\gamma(h_1 + h_2)}{2} b \frac{(h_2 - h_1)}{\sin \alpha} \text{ (N) } b=1,0\text{m}$$

нападна точка:

$$e = \frac{2m + n}{m + n} \cdot \frac{(h_2 + h_1)}{3 \sin \alpha}$$

Сложена површина



Сл.15.15. Сила на хидростатички притисок

Притисокот на сложената површина на разни длабочини од течноста е:

$$P_A = \gamma \cdot h = 0$$

$$P_B = \gamma \cdot h_1 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$P_C = \gamma \cdot h_2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

површината која го прима притисокот е:

$$A_1 = b \cdot h_1 \text{ (m}^2\text{, cm}^2\text{)}$$

$$A_2 = \frac{b(h_2 - h_1)}{\sin \alpha} \text{ (m}^2\text{, cm}^2\text{)}$$

силата на хидростатичкиот притисок е: $b=1,0\text{m}$

$$F_{P1} = P_{CP} \cdot A_1 = \frac{\gamma \cdot h_1}{2} \cdot b \cdot h_1 = \frac{\gamma \cdot h_1^2}{2} \text{ (N)}$$

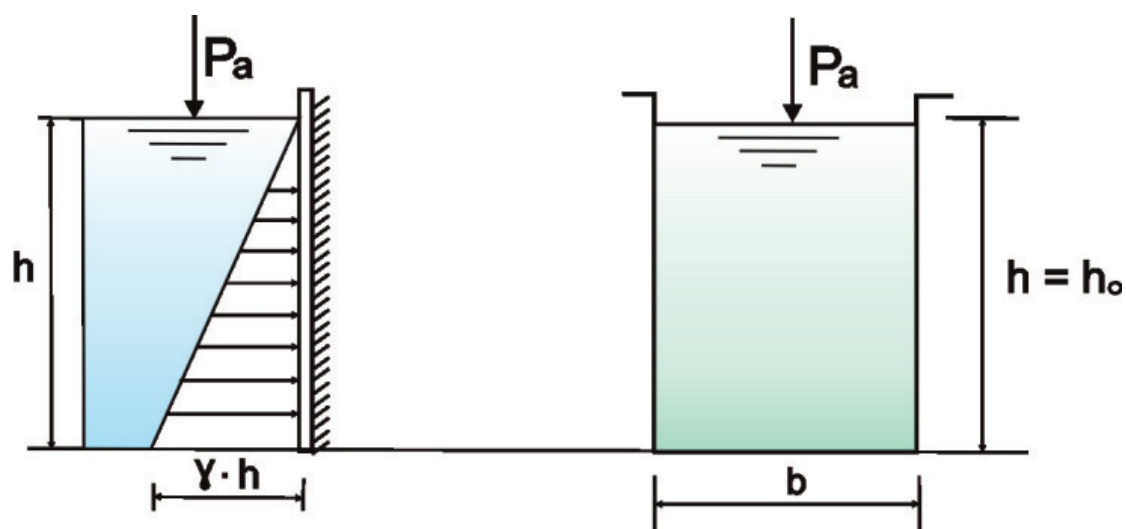
$$F_{P2} = P_{CP} \cdot A_2 = \frac{\gamma \cdot (h_1 + h_2)}{\sin \alpha} \cdot b \cdot \frac{(h_2 - h_1)}{\sin \alpha} = \frac{\gamma (h_2^2 - h_1^2)}{\sin \alpha} \text{ (N)}$$

15.5.3. Сила на хидростатички притисок на дно

Хидростатички притисок се пресметува според формулата која ја нарековме основна равенка на хидротехниката:

$$P = P_0 + \gamma \cdot h \text{ N/cm}^2$$

Овој притисок дејствува на единица површина. За да ја добиеме вкупната големина на силата која дејствува на дното на некој сад, ќе извршиме собирање на силите што делуваат на единица површина за целото дно (слика 15.16.), односно ќе имаме :



Сл. 15.16.

$$F_p = \int \rho \cdot dA$$

$$F_p = (P_0 + \gamma \cdot h) d_A$$

$$P_0 = P_a = 0$$

$$F_p = \gamma \cdot h_0 A \text{ (N)}$$

Каде е :

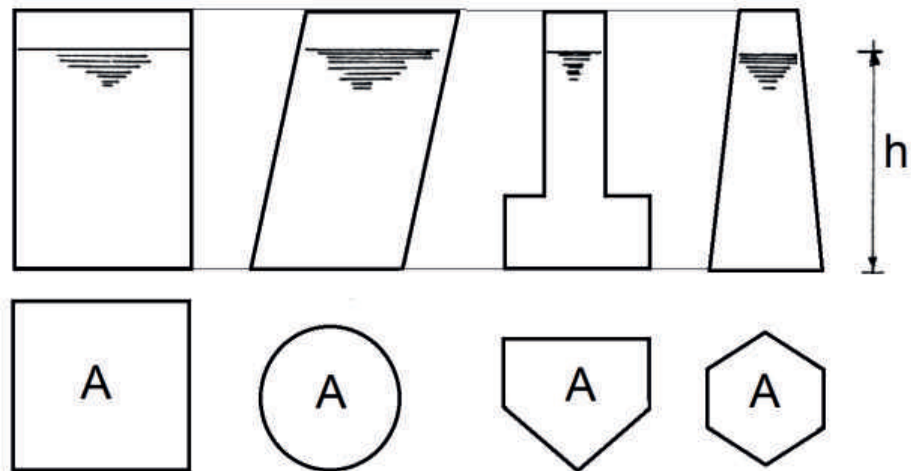
F_p - сила на хидростатички притисок;

h_0 - длабочина на течноста (растојание од слободната површина до дното на садот;

A - произволна рамна површина на дното.

Од формулата се гледа дека вкупната големина на силата на хидростатичкиот притисок F_p на произволна рамна површина A е производ од таа површина A и хидростатички притисок таа површина γh_0 .

Научникот Ојлер утврдил, дека вкупниот хидростатички притисок зависи од големината на површината на дното (дно на резервоар), а не зависи од формата на садот. Во овај случај растојанието од слободната површина до дното на резервоарот, т.е . длабочина на течноста е h (слика 15.17).



Сл.15.17 Хидростатички парадокс

Вкупната сила не зависи од формата на садот и количеството течност во садот, што практично претставува хидростатички парадокс .

Вкупниот хидростатички притисок е еднаков за сите садови:

$$F_p = \text{const}$$

со иста површина на дното :

$$A = \text{const}$$

и иста длабочина на течноста:

$$h = \text{const}$$

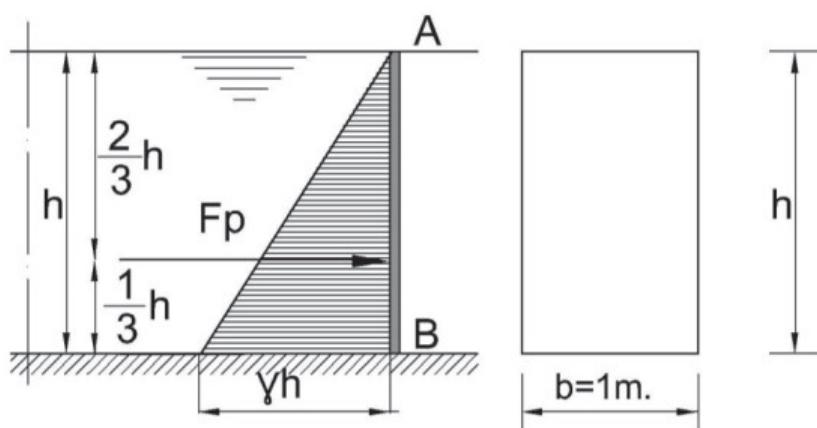
Следува заклучок :

Вкупната сила на хидростатички притисок е одредена со длабочината на течноста и големината на површината на дното.

15.6. ПРИМЕРИ

Пример бр. 1

Да се пресмета сила на хидростатички притисок врз непотопена површина (сид од резервоар за вода) за $b = 1\text{m}$, ако длабочината $h = 3,5\text{m}$ и $\gamma = 10 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$:



Површина А :

$$A = b \cdot h$$

$$A = 1 \cdot 3.5 = 3.5 \text{m}^2$$

притисок во точката А:

$$P_A = 0$$

притисок во точката В:

$$P_B = \gamma \cdot h$$

$$P_B = 10 \cdot 3.5 = 35 \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right)$$

среден притисок:

$$P_{CP} = \frac{P_A + P_B}{2}$$

$$P_{CP} = \frac{0 + 35}{2} = 17.5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

сила на хидростатички притисок:

$$F_p = \frac{\gamma \cdot h^2}{2} (N)$$

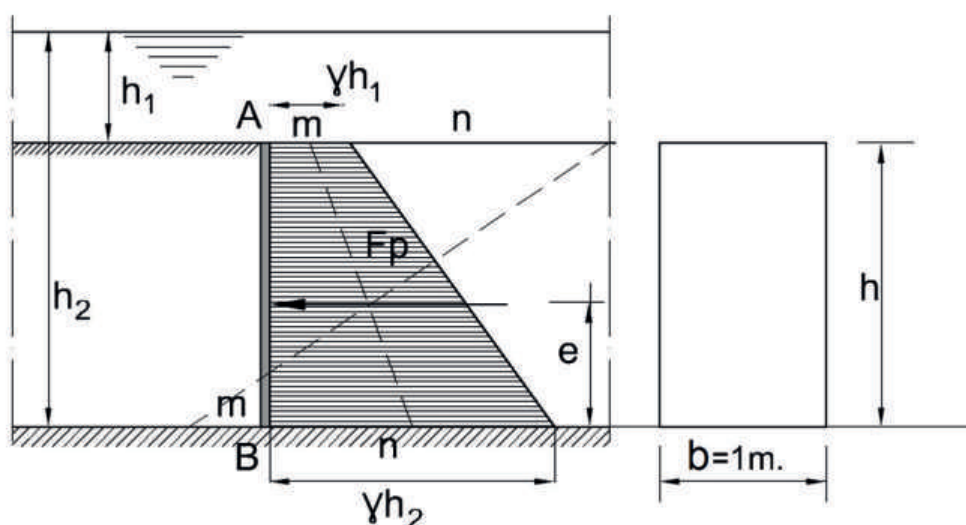
$$F_p = \frac{10 \cdot 3,5^2}{2} = \frac{10 \cdot 12,25}{2} = \frac{122,5}{2} = 61,25 (N)$$

нападна точка на силата:

$$e = \frac{h}{3} = \frac{3,5}{3} = 1,166 \text{ m}$$

Пример бр.2

Да се пресмета силата на хидростатички притисок врз потопена вертикална површина (потпорен ѕид на праг) за $b = 1\text{m}$, ако длабочината $h_1 = 7,5\text{m}$, $h_2 = 10\text{m}$ и $\gamma = 10 \frac{N}{m^3}$:



Површината:

$$A = b \cdot (h_2 - h_1)$$

$$A = 10 (10 - 7,5) = 25 \text{ m}^2$$

притисокот во точката А е:

$$P_A = \gamma \cdot h_1$$

$$P_A = 10 \cdot 7,5 = 75 \frac{N}{m^2}$$

притисокот во точката В е:

$$P_B = \gamma \cdot h_2$$

$$P_B = 10 \cdot 10 = 100 \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

средниот притисок е:

$$P_{CP} = \frac{P_A + P_B}{2}$$

$$P_{CP} = \frac{10 \cdot (7.5 + 10)}{2} = \frac{10 \cdot 17.5}{2} = \frac{175}{2} = 87.5 \frac{N}{m^2}$$

силата на хидростатичкиот притисок е:

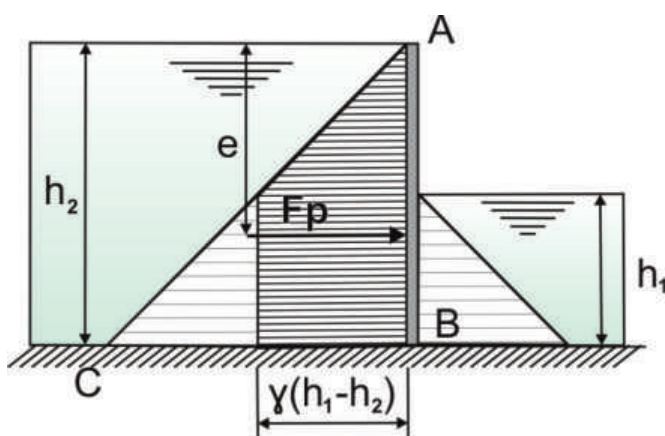
$$F_P = \frac{\gamma \cdot (h_2^2 - h_1^2)}{2} = \frac{10 \cdot (10^2 - 7.5^2)}{2} = \frac{10 \cdot (100 - 56.25)}{2} = \frac{437.5}{2} = 218.75 (N)$$

нападната точка на силата е:

$$e = \frac{2m + n(h_2 - h_1)}{m + n} \cdot \frac{1}{3} = \frac{2 \cdot 7.5 + 10(10 - 7.5)}{7.5 + 10} \cdot \frac{1}{3} = 1.19 \text{ m}$$

Пример бр. 3.

Од двете страни на верикалната површина – преграда, со широчина $b = 1,0\text{m}$ има вода со длабочини $h_1 = 1,2 \text{ m}$ и $h_2 = 3,0 \text{ m}$. Да се пресмета силата на хидростатичкиот притисок за да се димензионира преградата а потоа да се пресмета силата на подигање на истата:



сила на хидростатичкиот притисок за височина $h_2 = 3,0\text{m}$

$$F_2 = \gamma \frac{1}{2} h_2^2 b = 10 \frac{1}{2} 3^2 1,0 = 45 \text{ N}$$

силата на хидростатичкиот притисок за височина $h_1 = 1,2\text{m}$

$$F_1 = \gamma \frac{1}{2} h_1^2 b = 10 \frac{1}{2} 1,2^2 1,0 = 7,2 \text{ N}$$

резултантата на силите на хидростатичкиот притисок:

$$F_p = F_2 - F_1 = 45 - 7,2 = 37,8 \text{ N}$$

нападна точка на силата F_2 :

$$e_2 = \frac{2h_2}{3} = \frac{2 * 3}{3} = 2 \text{ m}$$

нападна точка на силата F_1 :

$$e_1 = \frac{2h_1}{3} + (h_2 - h_1) = \frac{2 * 1,2}{3} + (3 - 1,2) = 2,6 \text{ m}$$

Нападната точка на резултантата на силите на хидростатичкиот притисок F се определува користејќи го правилото во статиката дека моментот на резултантата е збир од моментите на компонентите. Моментната точка е точката А:

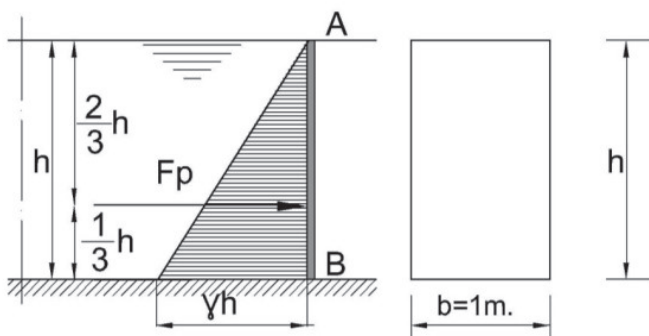
$$F_p * e = F_2 * e_2 - F_1 * e_1$$

$$e = \frac{F_2 * e_2 - F_1 * e_1}{F} = \frac{45 * 2 - 7,2 * 2,6}{37,8} = 1,89 \text{ m}$$

15.7. ЗАДАЧИ ЗА ВЕЖБАЊЕ

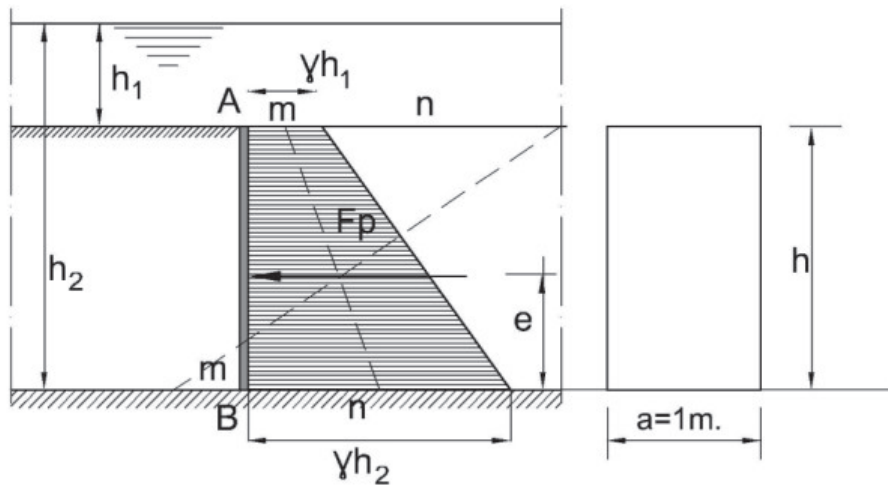
Пример бр.1.

Да се пресмета силата на хидростатичкиот притисок врз непотопена површина со ширина $b = 1\text{m}$, ако длабочина на водата $h = 4,2$ и $\gamma = 10 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$?



Пример бр.2.

Да се пресмета силата на хидростатичкиот притисок врз потопена површина со ширина $a = 1\text{m}$, ако длабочината на водата е $h_1 = 7,5\text{m}$ и $h_2 = 4.0\text{m}$, при $\gamma = 10 \frac{\text{N}}{\text{m}^3}$.



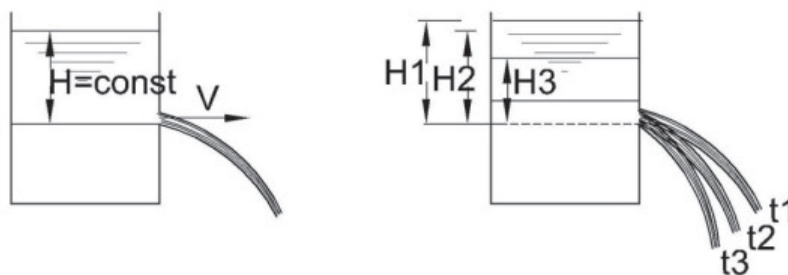
16. ДВИЖЕЊЕ НА ВОДАТА

16.1. Основни движења на течностите

Движењата или течењата на флуидите може соодветно да се изучуваат само ако се знае за каков вид станува збор.

Класификацијата на течењата може да се изврши врз основа на различни критериуми: време, простор, вектор на брзината, густина, вискозитет и др.

- Под **стационарно движење на флуидите** (сл.16.1) е движење кај кое во разгледуваната точка на просторот нема промена на полето на токот во тек на времето. Поле на токот може да биде брзината, притисокот и густината и тие не се менуваат. Во стационарни услови сликата останува непроменета и типичен пример за стационарно движење имаме кога една течност истекува од сад низ отвор, а нивото на течноста од садот се одржува константно.

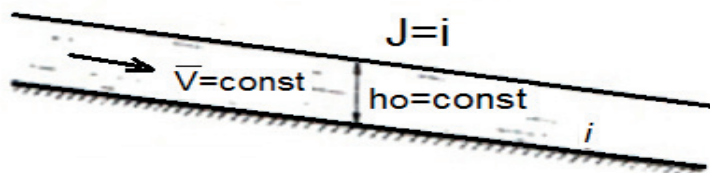


сл.16.1

Стационарно

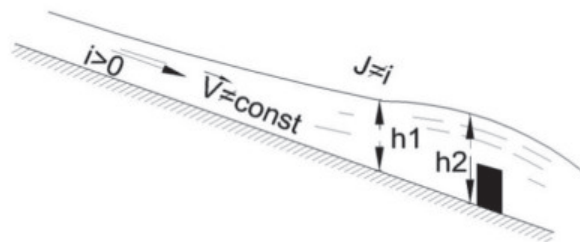
течење Сл.16.2 Нестационарно течење

- **Нестационарно движење** (сл.16.2) е кога параметрите на текот како што се брзината, притисокот и густината се менуваат во тек на времето. Пример за нестационарно течење имаме при полнење и празнење на резервоарите.
- Под **рамномерно движење на флуидите** (сл.16.3) е стационарно движење при кое нема промена на брзината по должината на струјната линија, односно кога средната брзина на токот и општите елементи на попречниот пресек остануваат постојани по должината на токот. Како пример, може да послужи движењето на течност во цевка со еднаков попречен пресек и ист проток, како и движењето на вода во канали при непоменливи хидраулички услови.

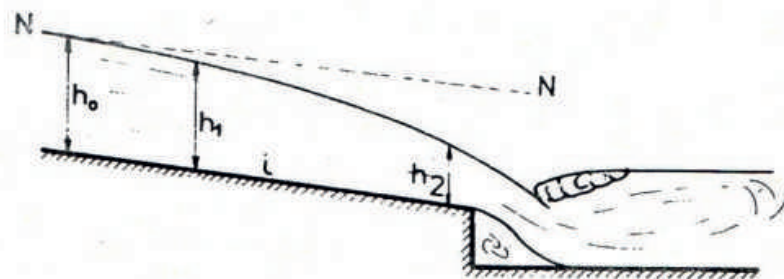


Сл16.3 Рамномерно движење во отворено

- **Нерамномерно стационарно движење** (сл16.4 и сл.16.5) е такво движење кај кое средната брзина и елементите на попречниот пресек се менуваат по должината на токот.
 - Пример за оваа е течењето вода во канал во кој има некаква преграда (сл.16.4). Овде се зголемува длабочината, а се намалува брзината во правец на движење на течноста кон прагот и тогаш линијата на водното огледало не е паралелно со дното. Ваквото движење се вика **нерамномерно забавено движење**.
 - Нерамномерно движење се јавува кај каскаден праг во канали или реки(сл.16.5). Во овој случај длабочината на водата се намалува во правец на движењето кон прагот, а брзината се зголемува во правец на движење на течноста. Тоа движење на флуидот се вика **нерамномерно забрзано движење**.

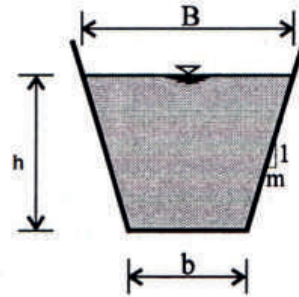
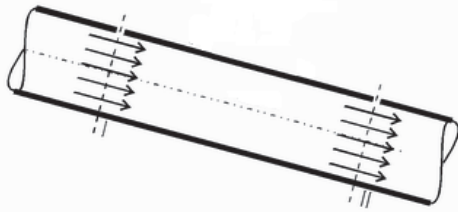


Сл.16.4 Нерамномерно стационарно забавено течење во отворено корито



Сл.16.5 Нерамномерно забрзано стационарно течење кај каскаден праг

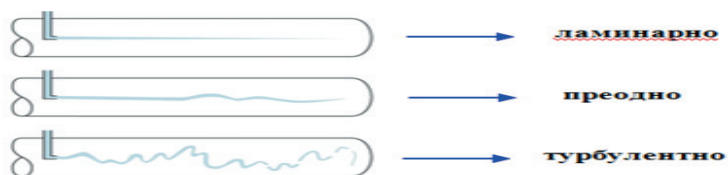
- **Движењето под притисок** (сл.16.6) е кога токот од сите страни е ограничен со цврсти граници без контакт со надворешниот атмосферски притисок. Такви се движењата во сите цевоводи и резервоари каде токот се наоѓа под притисок.
- **Движење без притисок** (сл.16.7) се карактеризира со постоење на слободна водна површина и е во контакт со надворешниот атмосферски притисок. Ваквите течења се оние во каналите, реките и езерата.



Сл.16.6 Движење под притисок

16.7 Движење без притисок

- **Вртежно движење** на флуидот е такво движење кај кое доаѓа до ротација на флуидната честичка околу својата оска при движењето на маса флуид.
- **Безвртежно движење** на флуидот е кога флуидните честички во внатрешноста на струјното поле не ротираат околу некоја оска.
- **Ламинарно движење** е кога при движењето на флуидната маса не доаѓа до премин на флуид движените честички од еден слој во друг, а движењето на флуидот се замислува како движење во слоеви.
- **Турбулентно движење** е кога при движењето на масата флуид доаѓа до хаотично движење на флуидните честички и до нивни премин не само во соседните слоеви туку и во поодалечените слоеви.



Сл.16.8 Премин од ламинарно движење во турбулентно движење

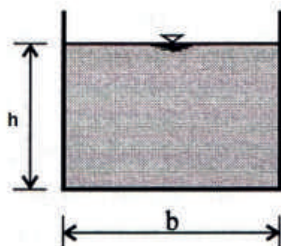
16.2 Елементи на водениот тек

Геометриската форма на коритото целосно ги определува елементите на пресекот и тоа:

1. **длабочина на течење H** во m , е определена со вертикалното растојание од најниската точка на пресекот до слободната површина на течноста;
2. **ниво h** во m е положба на слобадната површина во однос на избрана споредбена рамнина. Ако дното на коритото е таа рамнина, тогаш нивото и длабочината на течењето се еднакви;
3. **ширина на нивото B** во m е ширината на попречниот пресек на коритото на слободната површина;
4. **протечен пресек A** во m^2 е површината на попречниот пресек на коритото нормално на насоката на течење, или со други зборови, тоа е површината ограничена со границите на коритото и слободната површина;
5. **натопен обем O** во m е должината на контактот на флуидот со границите на коритото;
6. **хидраулички радиус R** во m е однос на протечниот пресек и натопениот обем, $R=A/O$;
7. **хидрауличка длабочина D** во m е однос на протечниот пресек и ширината на нивото

$$D=A/B.$$

А) Правоаголно корито



$$A = b \cdot h$$

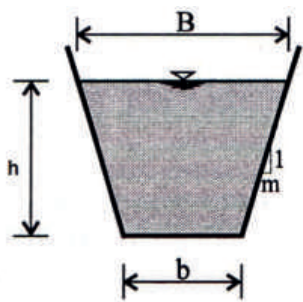
$$O = b + 2 \cdot h$$

$$R = b \cdot h / (b + 2 \cdot h)$$

$$B = b$$

$$D = h$$

Б) Трапезно корито



$$A = (b + m \cdot h) \cdot h$$

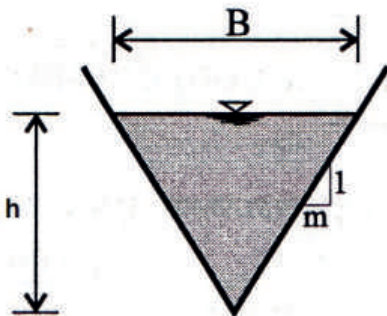
$$O = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2}$$

$$R = (b + m \cdot h) \cdot h / (b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2})$$

$$B = b + 2 \cdot m \cdot h$$

$$D = (b + m \cdot h) \cdot h / (b + 2 \cdot m \cdot h)$$

В) триаголно корито



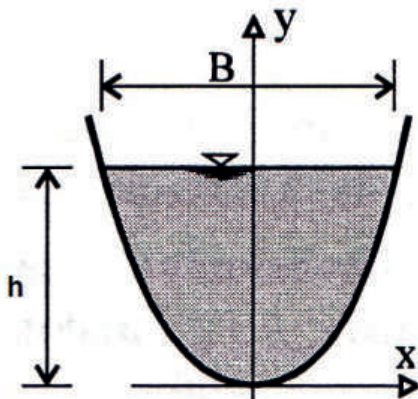
$$A = m \cdot h^2$$

$$O = 2 \cdot h \sqrt{1 + m^2}$$

$$B = 2 \cdot m \cdot h$$

$$D = h/2$$

Г) Параболично корито



$$A = 2 \cdot B \cdot h/3$$

$$O = B + 8 \cdot h^2/3B$$

$$R = 2B^2 \cdot h / (3 \cdot B^2 + 8h^2)$$

$$B = 3A/2h$$

$$D = 2h/3$$

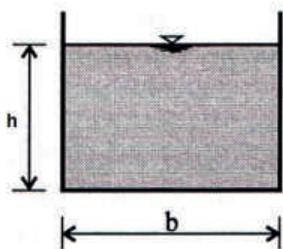
Д) Кај многу широки корита, кога широчината е многу поголема од длабочината $B \gg h$, хидрауличкиот радиус се приближува кон длабочината $R \cong h$.

Ѓ) За тесни корита кога длабочината е многу поголема од широчината $h \gg B$, хидрауличкиот радиус изнесува приближно половина од широчината на слободната површина $R \cong B/2$.

Е) Кај непризматични корита геометриските елементи на пресекот се функции од длабочината и растојанието. Можат да се изразат само со помош на интерполациони методи што во голема мерка ги усложнува основните равенки и нивното решавање.

Задача 1: За правоаголно корито да се најдат следните геометриски елементи на водениот тек : **A, O, R, B и D**

Дадени се следните геометриски големини: $h = 0,8 \text{ m}$; $b = 2,2 \text{ m}$



$$A = b \cdot h = 2,2 \cdot 0,8 = 1,76 \text{ m}^2$$

$$O = b + 2 \cdot h = 2,2 + 2 \cdot 0,8 = 3,8 \text{ m}$$

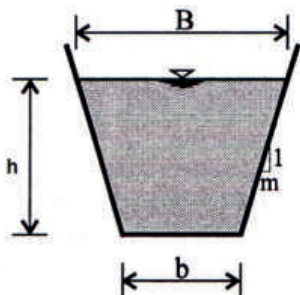
$$R = A/O = 1,76/3,8 = 0,46 \text{ m}$$

$$B = b = 2,2 \text{ m}$$

$$D = h = 0,8 \text{ m}$$

Задача 2: За трапезно корито да се најдат следните геометриски елементи на водениот тек : **A, O, R, B и D**.

Кога се познати следните геометриски големини: $b = 1,2 \text{ m}$; $h = 0,8 \text{ m}$; $m = 1,5$



$$A = (b + m \cdot h) \cdot h$$

$$A = (1,2 + 1,5 \cdot 0,8) \cdot 0,8 = 1,92 \text{ m}^2$$

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

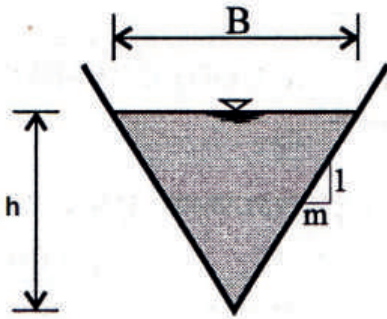
$$O = 1,2 + 2 \cdot 0,8 \sqrt{1 + 1,5^2} = 4,08 \text{ m}$$

$$R = A/O = 1,92/4,08 = 0,47 \text{ m}$$

$$B = b + 2 \cdot m \cdot h = 1.2 + 2 \cdot 1.5 \cdot 0.8 = 3.6 \text{ m}$$

$$D = A/B = 1.92/3.6 = 0.53 \text{ m}$$

Задача 3: За триаголно корито на водениот тек да се најдат следните геометриски елементи: A, O, R, B и D.



Кога се познати: $h=1.2 \text{ m}$ и $m=1.5$

$$A = m \cdot h^2 = 1.5 \cdot 1.2^2 = 2.16 \text{ m}^2$$

$$O = 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2} = 2 \cdot 1.2 \cdot \sqrt{1 + 1.5^2} = 4.33 \text{ m}$$

$$B = 2 \cdot m \cdot h = 2 \cdot 1.5 \cdot 1.2 = 3.6 \text{ m}$$

$$D = A/B = 2.16/3.6 = 0.6 \text{ m}$$

Задача 4: За многу широко корито да се најдат гаметриските големини: A, O, R, B и D.

Кога се познати следните големини $b = 10 \text{ m}$; $h = 0.8 \text{ m}$

$$A = b \cdot h = 10 \cdot 0.8 = 8.0 \text{ m}^2$$

$$O = b + 2 \cdot h = 10 + 2 \cdot 0.8 = 11.6 \text{ m}$$

$$b \gg h \rightarrow R \cong h = 0.8 \quad B = b = 10$$

$$D = A/B = 8/10 = 0.8 \text{ m}$$

Задача 5: За тесно корито да се најдат гаметриските големини: A, O, R, B и D.

Кога се познати следните големини: $h = 1.8 \text{ m}$; $b = 0.6 \text{ m}$

$$A = b \cdot h = 0.6 \cdot 1.8 = 1.08 \text{ m}^2$$

$$O = b + 2 \cdot h = 0.6 + 2 \cdot 1.8 = 4.2 \text{ m}$$

$$h \gg b \rightarrow R \cong b/2 \quad R = 0.3 \text{ m}$$

$$B = b = 0.6 \text{ m}$$

$$D = A/B = 1,08/0,6 = 1,8 \text{ m}$$

16.3 Основни закони на динамиката на течностите

16.3.1 Бернулиева равенка за реална течност

Бернулиевата равенка за течност е еден од основните закони на хидродинамиката и е основа на целата техничка хидраулика. Равенката за енергија ја извел Даниел Бернулие уште во 1738г. **Оваа равенка е поставена врз принципот за одржување на енергијата и уште се вика енергетска равенка.**

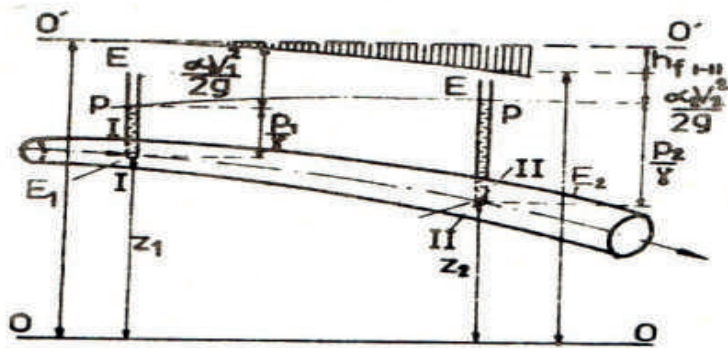
За идеална течност мора да бидат исполнети следните услови:

- движењето на течноста да е стационарно;
- од надворешните сили на течноста да дејствува само силата на гравитацијата.

Бернулиевата равенка за реална течност, може да се добие од равенката за енергија на идеална течност со воведување на нов член со кој се изразуваат губитоците.

Губитоците на енергија се заради вискозитет, односно триење што настанува меѓу флуидот и границите на обиколката. Губитоците настануваат и заради промена на формата како стеснување, проширување, затворачи, кривини и др. Настанува корекција на брзинската височина заради нерамномерниот распоред на брзините во попречниот пресек. Потрошената енергија се претвара во топлинска енергија која е загубена енергија.

Во енергетска смисол може да се даде следната интерпретација при движењето на вискозен флуид: вкупната енергија на токот се намалува за вредноста на изгубената енергија по должината на токот, а како резултат на тоа, линијата на притисокот (енергијата) ќе има пад.



Сл.16.10 Надолжен профил на струјно влакно флуид во однос на споредбена рамнина 0-0

За да се дојде до решение се разгледува струјно влакно на вискозен флуид во однос на споредбена рамнина 0-0 (сл.16.10) и на тоа влакно се прават пресек (1) и пресек (2). За пресек (1) се поставува равенката за енергија E_1 која според законот на физика е поголема од енергијата во пресек (2). Енегијата во пресек (2) е помала зато што се троши енергија за совладување на загубите.

За пресек (1):

$$E_1 = Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g}$$

За пресек (2):

$$E_2 = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$$

Познато е дека механичката енергија се троши по должината на токот:

$$E_2 < E_1$$

$$E_1 = E_2 + h_f$$

Со замена во равенката се добива:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f \quad [m] \quad (16.1)$$

Оваа равнка ја претставува **равенката на Бернули** за струјно влакно од реален флуид каде:

Z_1 и Z_2 - геометриска висина, т.е. висинска разлика помеѓу живиот пресек на струјното влакно и некоја хоризонтална рамнина која се вика споредбена рамнина-потенцијална енергија;

P_1 и P_2 - притисок во пресек (1) и пресек (2);

V_1 и V_2 - брзини во пресек (1) и пресек (2);

$\frac{P_1}{\gamma}$ и $\frac{P_2}{\gamma}$ - претставува висина што одговара на хидродинамичкиот притисок P или притисната енергија;

$\frac{V_1^2}{2g}$ и $\frac{V_2^2}{2g}$ - брзинска висина или кинетичка енергија;

h_f - вкупен губиток на енергија на должина L : од пресек(1) до пресек (2);

$\gamma = \rho \cdot g$ kN/m^3 - волуменска тежина;

ρ – густина на течноста;

$g = const$ - забрзување под дејство на земјината гравитација.

Големината на загубата може да се пресмета од изразот:

$$h_f = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} + Z_1 - Z_2 \quad [m] \quad (16.2)$$

- Ако имаме хоризонтален ток, тогаш $h_1=h_2$, а загубите ќе бидат:

$$\sum h_f = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + \frac{V_1^2 - V_2^2}{2g} \quad [m]$$

- Ако водата се движи рамномерно, односно $V_1=V_2$:

$$\sum h_f = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} + Z_1 - Z_2 \quad [m]$$

- Ако имаме рамномерно движење со отворени токови:

$$P_1 = P_2 \quad V_1 = V_2$$

$$\sum h_f = Z_1 - Z_2 \quad [m]$$

- Ако водата се движи во хоризонтални затворени токови:

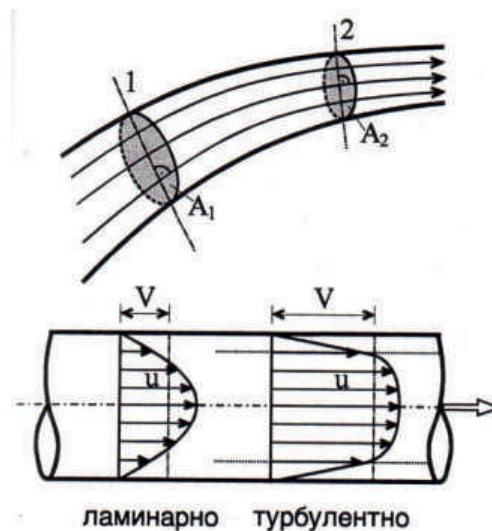
$$Z_1 = Z_2; \quad V_1 = V_2$$

$$\sum h = \frac{P_1 - P_2}{\gamma} \quad [m]$$

16.3.2 Равенка на континуитет

При обични услови никаде во флуидот не може да се изгуби или да се создаде материја. Од ова произлегуваат одредени зависимости помеѓу брзините во пооделни точки на токот кои го задоволуваат законот на одржување на материјата.

За објаснување на условот за непрекинатост на токот се разгледува дел од флуид претставен на сликата 16.12.



Сл.16.12 Флуид со различни проточни пресеци

Се разгледуваат два пресека со површини A_1 и A_2 низ кои поминува флуид со брзина V_1 и V_2 . Според условот материјата не може ниту да се создаде ниту пак да се изгуби следува дека протокот во пресек (1) и протокот

во пресек (2) се исти. Значи, и покрај различните брзини и површини во двата разгледувани пресеци проточното количество или волуменот на течност што поминува е исто.

Од законот за одржување на масата, проточното количество или волуменот на флуидот што поминува во единица време низ пресек зафатен со течење со површина A и во практичното инженерство најчесто се изразува во $[m^3/s]$ или $[l/s]$. **Од принципите за одржување на масата може да се изведе равенката на континуитет.**

$$Q = A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \quad (16.3)$$

16.3.3 Шезијева равенка

Во практиката, особено при решавање на проблемите со комерцијални цевки, линискита губитоци на енергија можат да се изразат со модулот на протекот (K).

$$K = A \cdot C \cdot \sqrt{R} \quad (16.4)$$

Равенката за загуба на притисокот при турбулентен режим (16.5), може да се напише во следниот облик:

$$h_f = \lambda \cdot \frac{L}{4R} \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (16.5)$$

Следува:
$$V = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \cdot \sqrt{R \frac{h_f}{L}}$$

$$V = C \sqrt{RJ} \quad \text{m/s} \quad (16.6)$$

Равенката (16.6) се вика **Шезијева равенка**, според авторот, каде се:

h_f - загуба на притисок;

V - средна брзина во даден жив пресек;

R - хидраулични радиус;

J – хидраулички наклон или наклон на линијата на енергија;

C - шезиев коефициент или коефициент на отпорот;

λ - Darcy-ев коефициент.

Шезиевата равенка(16.6) ако се замени во равенката на континуитет(16.3) се добива:

$$Q = A \cdot V = A \cdot C \sqrt{R \cdot i} \quad m^3/s \quad (16.7)$$

$$C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}} \text{ - Chey-ев коефициент;} \quad (16.8)$$

$$\lambda = \frac{8g}{c^2} \text{ - Darcy-ев коеф. изразен преку Chezy-ев коеф.} \quad (16.9)$$

Шезиевата равенка (16.6) се користи скоро во сите пресметувања на движењата на водата во канали и цевки. Шезиевиот коефициент на брзина C (16.9) има размер: $C = \frac{m^{1/2}}{sek}$

Вредноста на Шезиевиот коефициент C, по правило се определува со обработка на податоци добиени со мерење. Како и Дарсијевиот коефициент (λ), и Шезиевиот коефициент зависи од карактерот и состојбата на граничните површини и од режимот на движење на течноста.

Од равенката на Шези вредноста на C е:

$$C = \frac{V}{\sqrt{RJ}}$$

Набљудувајќи водотек во кој ги мериме големините V,R,J по формулата Шези можеме да го пресметаме C.

Многу истражувачи вршеле мерења на сличен начин. Како резултат на тоа биле предложени различни емпириски формули за C.

Сега ќе наведеме неколку формули за C:

1. така наречена скратена формула на Гангли-Кутер:

$$C = \frac{23 + \frac{1}{n}}{1 + 23 \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

2. Формула на Манинг:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

3. Формула на Павловски:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^y$$

$$y = f(R, n)$$

n - коефициент на рапавина кој се определува по експериментален пат и е различен за разни материјали;

- гладок цемент n =0.010;
- обработено дрво n =0.012;
- бетон, гладок метал n =0.013;
- железо n =0.015;
- канали во земја n =0.023;
- канали во карпи n =0.040;
- речни корита n =0.030.

16.3.4 Видови отпори

Изучувањето на движењето на флуидите и зачувувањето на количество на движење и енергија, тесно е поврзано со познавањето на отпорите. Кај идеалните течности линијата на енергијата е хоризонтална што значи дека нема губитоци на енергија. Кај реалните течности губитокот на енергија постои заради отпорите.

Отпорите може да бидат:

- **линиски;**
- **локални.**

Линиските губитоци се резултат на отпорот од триење по должината на текот, односно на тенгенцијалните напрегања заради вискозитет на флуидот. Овие губитоци се определуваат како дел од кинетичката енергија на Дарси-Веизбах.

$$h_f = \lambda \frac{L}{4R} \frac{V^2}{2g} \quad (16.10)$$

λ - коефициент на триење;

L - должина меѓу пресеци;

R - хидраулички радиус;

V - средна брзина;

g - земјино забрзување.

Наклонот на линијата на енергија помеѓу пресеците е резултат на отпорот на триење.

Локални губитоци се јавуваат на одредено место и се резултат на геометриските промени на формата како: стеснување, проширување, разгранување, кривина, затворац и други арматури. Локалните губитоци, се определуваат како дел од кинетичката енергија:

$$h_j = k \frac{V^2}{2g} \quad (16.11)$$

k - коефициент кој зависи од промента на формата и најчесто се определува експериментално, а многу ретко аналитички. Овиј губитоци настануваат и геометриски се прикажуваат на самото локално место.

Вкупните хидраулички загуби

$$h_w = h_f + h_j \quad (16.12)$$

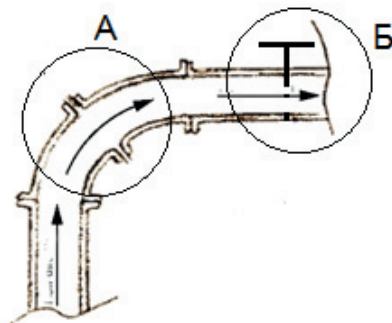
h_w - вкупен хидраулички губиток на притисок;

h_f - линиски губитоци на притисок;

h_j - локални губитоци на притисок.

Оваа формула (16.10) во практичното инжинерство се користи многу често. Но, каде ќе биде применета зависи за какви течења се работи, дали се кратки или долги цевововди.

На пример, при течењето во долги цевоводи и отворени канали доминантни се линиските отпори и се занемаруваат локалните отпори на притисок. Додека кај кратки цевоводи линиските и локалните отпори треба рамноправно да се третираат.



Сл.16.11 Цевовод на кој се означени губитоци:

-локални во колено А ; затворач В - линиски помеѓу пресек 1-1 и 2-2

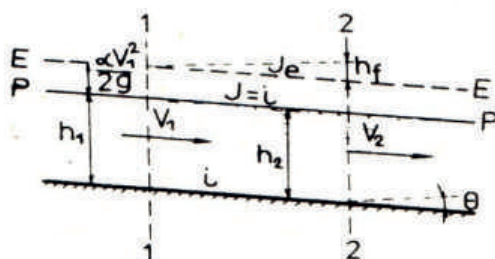
16.4 Примери за стационарно движење на течности

16.4.1 Стационарно движење на течности во отворени корита

Стационарното движење на течност е такво движење при кое брзината, длабочината и притисокот во дадена точка од токот не се менуваат во текот на времето.

Стационарното движење може да биде рамномерно и нерамномерно.

Рамномерно движење на течностите е такво движење, при кое хидрауличките елементи на токот (средната брзина на токот, длабочината на водата, натопен обем и живиот пресек не се менуваат по неговата должина.



Сл 16.13 Рамномерно движење на течност

На сликата 16.13 е претставено рамномерно движење на течност во отворено корито со хидраулички пад J_e , пиезометарски пад J (пад на

слободната површина на токот) и падот на дното на коритото (i). Тие се еднакви меѓу себе.

$$J_e = J = i$$

Според тоа, при рамномерно движење, линија на енергија (E-E), пиезометриската линија (p-p) и линијата на дното на водотекот се паралелни прави.

Нерамномерното движење на течноста е такво движење при кое се менува живиот пресек или распоредот на брзините при ист жив пресек или пак се менува и едното и другото по должината на токот.

$$J_e \neq J \neq i$$

Овде ќе го разгледаме рамномерно течење на водата како наједноставни за математичко опишување и решавање.

Кога го разгледуваме овој случај (сл. 16.13) ги земаме пресеците 1-1 и 2-2. Врз течноста дејствува атмосферски притисок, при што се јавуваат основните равенки за рамномерно движење на течностите во отворено корито и тоа:

а) Формула на протокот (континуитет p-ка 16.3):

$$Q = A \cdot V = const$$

б) Равенка на Бернули (16.1):

$$\frac{P_1}{\rho} + z_1 + \frac{\alpha \cdot V_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\rho} + z_2 + \frac{\alpha \cdot V_2^2}{2g} + h_w$$

в) формула на Шези (16.5):

$$V = C \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad m/s$$

д) формулите што произлегуваат од Шезиевата формула (16.5):

$$i = \frac{V^2}{C^2 \cdot R} \quad m/m^1$$

Оваа зависност ги изразува загубите на притисокот на единица должина од токот.

Ако во равенката на континуитет се замени брзината според Шезиевата равенка, ќе добиеме:

$$Q = A \cdot V = A \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad m^3/s$$

$$A \cdot C \cdot \sqrt{R} = K \quad (16.13)$$

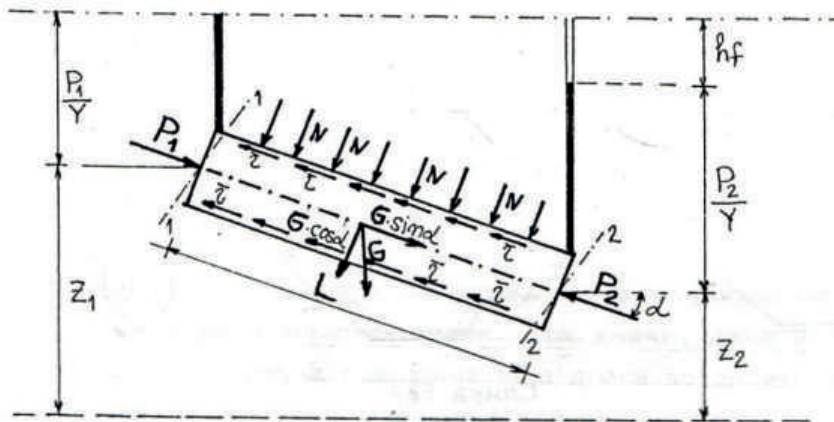
K - се вика модул на протокот (16.8)

$$Q = K \cdot \sqrt{i} \quad m^3/s \quad (16.14)$$

16.4.2 Основна равенка за стационарно движење на течностите за цилиндрични цевки

Основната равенка за стационарно движење за цилиндрична цевка ќе ја примениме динамичката равенка за рамнотежа на принципот на Д'Аламбер. Бидејќи движењето е рамномерно, забрзувањето е рамно на нула, а со тоа и силите на инерција се рамни на нула. Поради ова постои равенство помеѓу силите што дејствуваат и силите од отпорите.

Ќе разгледуваме пресеци 1-1 и 2-2 со некоја маса на течност.



Сл.16.9 Стационарно движење на флуид во цилиндрична цевка

1. Сопствената тежина на течност

$$G = A \cdot L \cdot \gamma \quad (16.15)$$

G - сопствена тежина на течноста;

L - растојание помеѓу пресеците;

A - површина на проточен пресек;

γ - специфична тежина.

Проекцијата на сопствената тежина по оската S е :

$$G_s = \gamma \cdot A \cdot L \cdot \sin\alpha$$

$$\sin\alpha = \frac{Z_1 - Z_2}{L}$$

$$G_s = \gamma \cdot A \cdot (Z_1 - Z_2) \quad (16.16)$$

2. Хидродинамичките притисоци P_1 и P_2 дејствуваат во тежиштето на живите пресеци 1-1 и 2-2 и се резултат од силите на притисок p_1 и p_2 кои дејствуваат на површината A .

$$P_1 = p_1 \cdot A; \quad \text{и} \quad P_2 = p_2 \cdot A \quad (16.17)$$

3. Силата на триењето T_0 што се јавива во цевката во страничните површини на токот е обратно насочена на движењето на токот.

$$T_0 = O \cdot L \cdot \tau_0 \quad (16.18)$$

O - натопен обем;

L - растојание меѓу пресеците 1-1 и 2-2;

τ_0 - триење помеѓу течноста и ѕидовите на цевката.

Сумата на проекциите на сите сили во правец на оската S-S е:

$$G_s + P_1 - P_2 - T_0 = 0 \quad (16.19)$$

ги заменуваме вредностите на овие сили:

$$\gamma \cdot A \cdot (Z_1 - Z_2) + P_1 \cdot A - P_2 \cdot A - T_0 = 0 \quad / \gamma \cdot A$$

Со средување на равенката добиваме:

$$z_1 - z_2 + \frac{P_1}{\gamma} - \frac{P_2}{\gamma} - \frac{T_0}{\gamma A} = 0$$

$$\left(z_1 + \frac{P_1}{\gamma} \right) - \left(z_2 + \frac{P_2}{\gamma} \right) = \frac{T_0}{\gamma \cdot A} \quad (16.20)$$

Од р-ка 16.20 левиот дел на р-ка е еднаков на загуби на енергија h_f (р-ка 16.2).

$$\left(z_1 + \frac{P_1}{\gamma} \right) - \left(z_2 + \frac{P_2}{\gamma} \right) = h_f$$

Според тоа равенката 16.20 ја пишуваме во вид:

$$h_f = \frac{T_0}{\gamma \cdot A} \quad (16.21)$$

Заменувајќи силата на триење (T_0), р-ка 16.18 во р-ка (16.21) се добива:

$$h_f = \frac{O \cdot L}{\gamma \cdot A} \cdot \tau_0 \quad (16.22)$$

$$J = \frac{h_f}{L}; \quad R = \frac{A}{O};$$

$$\frac{h_f}{L} \cdot R = \frac{\tau_0}{\gamma}$$

Добиваме основна равенка за стационарно рамномерно движење на флуидите (16.23)

$$\frac{\tau_0}{\gamma} = R \cdot J \quad (16.23)$$

Запомни:

1. Под стационарно движење на флуидите е движење кај кое во разгледуваната точка на просторот нема промена на поето на токот во тек на времето.
2. Турбулентно движење е кога при движењето на масата флуид доаѓа до хаотично движење на флуидните честички и до нивни премин не само во соседните слоеви туку и во поодалечените слоеви.
3. Протечен пресек A во m^2 е површината на попречниот пресек на коритото нормално на насоката на течење, или со други зборови тоа е површината ограничена со границите на коритото и слободната површина.
4. Линиските губитоци се резултат на отпорот од триење по должината на текот, односно на тенгенцијалните напрегања заради вискозитет на флуидот.

Локални губитоци се јавуваат на одредено место и се резултат на геометриските промени на формата како: стеснување, проширување, разгранување, кривина, затворац и други арматури.

5. Формула на протокот (континуитет) е: $Q = A \cdot V = const$

Одговори на следните прашања:

1. Наброј некои стационарни течења?
2. Што претставува хидрауличкиот радиус?
3. Какви отпори постојат?
4. Како уште се вика Бернулиевата равенка?
5. Пресметај ги следните геометриски карактеристики на правоаголно речно корито: A , O , R , B и D кога се познати $b=2,0\text{m}$ и $h=1,0\text{ m}$?

17. РЕЖИМ НА ДВИЖЕЊЕ НА ФЛУИДИТЕ

17.1 Општо

Во природата постојат два режима за движење на флуидите: ламинарен и турбулентен.

Кај ламинарниот режим токот на флуидот се движи во определени струјни влакна или слоеви, при што траекторијата на оделните честички од флуидот се паралелни, т.е. не се пресечуваат.

Кај турбулентен режим на движење доаѓа до големо мешање на честичките од флуидот. Освен главната насока на движење, овде настануваат и напречни движења.

Англискиот физичар Озборн Реинолдс во 1883г. извршил експериментални испитувања и ги објавил резултатите во кои се демонстрира режимот на движење, чија принципиелна шема и денес се користи.

Испитувањата покажале дека режимот на движење на течностите зависи од:

- Вискозитетот на течностите;
- Густината на течноста;
- Средна брзина на токот;
- Геометриските големини на коритото.

За карактеризирање на режимот на токот може да послужи бездимензионален комплекс од четири големини (L -должина, μ – вискозитет, ρ – густина, V – брзина). Од овие четири големини може да се состави само една бездимензионална големина со следниот облик:

$$\frac{VL}{\mu/\rho} = \frac{VL}{\nu} \quad (17.1)$$

Ова се вика Рејнолдсов број и се означува со R_e .

Во зависност од тоа што е земено за карактеристична должинска големина, ознаката R_e може да има соодветен индекс. Така, на пример, ако за должинска карактеристика на коритото е земен причникот на цевката (d), хидрауличкиот радиус (R) или длабочината (h), тогаш ги имаме следните ознаки:

$$R_{ed} = \frac{V \cdot d}{\nu} \quad R_{eR} = \frac{V \cdot R}{\nu} \quad R_{eh} = \frac{V \cdot h}{\nu} \quad (17.2)$$

Рејнолдсовиот број има широка примена во хидрауликата, а особено се употребува за карактеризирање на режимот на движење на течностите.

17.2 Димензионирање на отворени и затворени текови со рамномерен режим на течење

17.2.1 Димензионирање на корита со рамномерно движење на течноста

При проектирањето на отворените корита најчесто се поставува проблемот со димензионирање на попречните пресеци од аспект за задоволување на одредени услови како што се: пропуштање на одредено количество и обезбедување на сакан режим на течење.

При рамномерно движење на течноста во отворени корита сепοјавуваат следните основни задачи:

1. Задача: Дадени се h , b , i , m и n (γ) се бара Q . Задачата се решава директно со определување на проточното количество, а претходно сме ги пресметале A , O , R , C .

$$Q = A \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad (17.3)$$

2. Задача: Дадени се Q , h , b , m и n (γ). Да се определи падот на токот i . По дадени формули пресметуваме A , R , C , Q .

$$i = \frac{Q^2}{A^2 \cdot C^2 \cdot R} \quad (17.4)$$

3. Задача: Дадени се Q , i , m и n (γ). Да се определат димензиите на пресеците (b и h).

Третата задача е посложена. Ќе го разгледаме решавањето на оваа задача за трапезен профил. Во овој случај протокот е функција од две променливи:

$$Q = f(b \cdot h)$$

Бараните две (b и h) големини се поврзани меѓу себе во една равенка:

$$Q = A \cdot V = A \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad (17.5)$$

Вака поставена, задачата е неопределена и може да се избераат бескрајно голем број вредности за b и h кои ја задоволуваат равенката 17.5.

За да ја направиме задачата определена, подобро да е дадена една од големините: b или h и со метод на приближување или графоаналитички начин да се најде втората вредност, т.е. дадена е широчината (b) се бара длабочината (h) или дадена е длабочината (h) се бара ширината (b).

Пример 1: За трапезно бетонско корито да се пресмета протокот $Q=?$

Познати големини се:

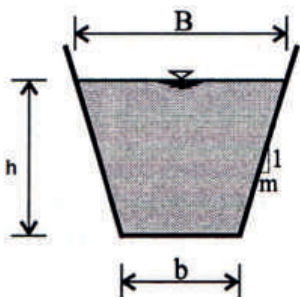
$b=1,5$ m - ширна на корито;

$h=0,8$ m - длабочина на водата;

$i=2\text{‰}$ - пад на коритото;

$m=1$;

$n=0,013$ – коефициент на рапавина за бетонско корито.



$$A = (b + m \cdot h) \cdot h = (1,5 + 1 \cdot 0,8) \cdot 0,8 = 1,84 \text{ m}^2$$

$$O = b + 2 \cdot \sqrt{1 + m^2} = 1,5 + 2 \cdot \sqrt{1 + 1^2} = 3,76 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{O} = \frac{1,84}{3,36} = 0,489 \text{ m}$$

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6} = \frac{1}{0,013} \cdot 0,489^{1/6} = 68,28$$

$$V = C \cdot \sqrt{R \cdot i} = 68,28 \cdot \sqrt{0,489 \cdot 0,002} = 2,13 \text{ m/s}$$

$$Q = A \cdot V = 1,84 \cdot 2,13 = 3,92 \text{ m}^3/\text{s}$$

Пример 2: За правоаголно речно корито да се определи падот (i).

Познати големини се:



$$A = b \cdot h = 2,0 \cdot 3,0 = 6,0 \text{ m}^2$$

$$O = b + 2 \cdot h = 3 + 2 \cdot 2 = 7,0 \text{ m}$$

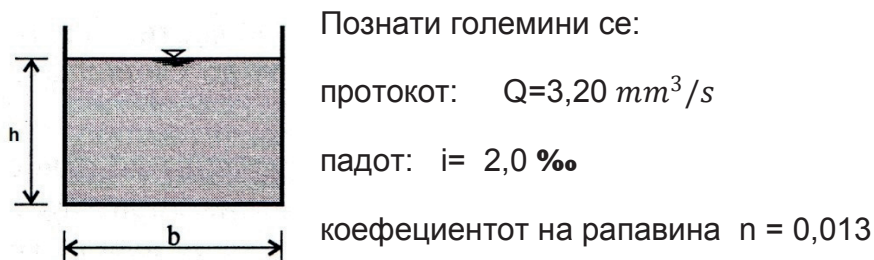
$$R = \frac{A}{O} = \frac{6}{7} = 0,857 \text{ m}$$

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} = \frac{1}{0,023} 0,857^{1/6} = 42,37$$

$$Q = A \cdot C \sqrt{R \cdot i} \rightarrow i = \frac{Q^2}{A^2 \cdot C^2 \cdot R} = \frac{15^2}{6^2 \cdot 42,37^2 \cdot 0,857} = 0,004 \text{ m/m}$$

$$i = 4 \text{ ‰}$$

Пример 3: Да се оределат димензите на правоаголно бетонско корито, длабочинат (h) и ширината (b)?



За да може да се реши оваа задача, мора да се оди по метод на приближување и по графоаналитички начин да се најдат длабочината (h) и ширината (b).

Првиот чекор: претпоставуваме големина на длабочината $h=1,0$ m и по познатите формули за дадени големина на ширината (b).

$$A = b \cdot h \quad m^2 \qquad O = b + 2 \cdot h \quad m^1$$

$$R = \frac{A}{O} \qquad C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

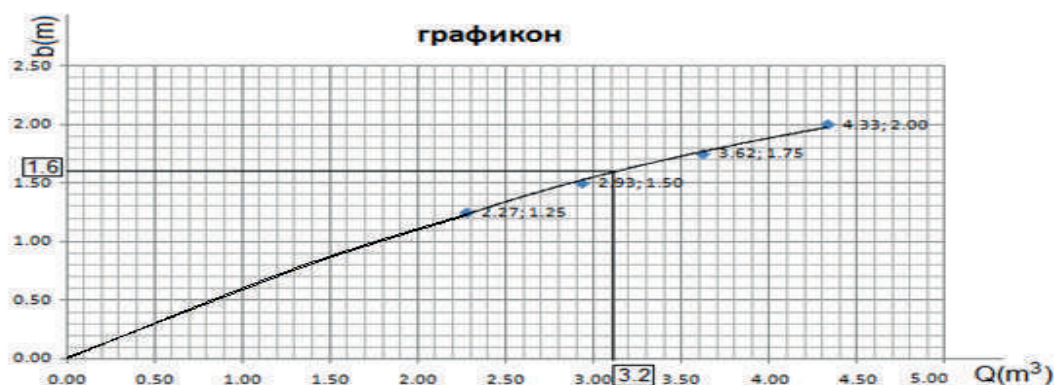
$$V = C \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad m/s$$

$$Q = A \cdot V \quad m^3/s$$

Во табела за дадени големина на ширината (b) се пресметува протокот (Q).

b m	h m	A m^2	O M	R M	n	C	I m/m	V m/s	Q m^3/s
1,25	1,0	1,25	3,25	0,385	0,013	65,60	0,002	1,82	2,27
1,50	1,0	1,50	3,50	0,428	0,013	66,80	0,002	1,95	2,93
1,75	1,0	1,75	3,75	0,466	0,013	67,75	0,002	2,07	3,62
2,00	1,0	2,00	4,00	0,50	0,013	68,53	0,002	2,17	4,33

Се црта крива на проток $Q=f(b)$ каде се нанесуваат сите вредности на протокот (Q) што се во функција од ширината (b).

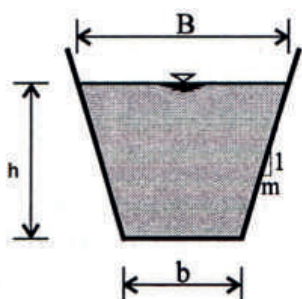


Сл. 17.1 Графичко претставување на крива на протек $Q= f(b)$

Од кривата на проток може да се отчита ширината на коритото на следниот начин: на апцисата се нанесува протек ($Q=3,20 \text{ m}^3/\text{s}$) и се повлекува права права паралелна со ординатата се до пресек со кривата на протек $Q=f(b)$. Од точката што е добина се повлекува права паралелна со апцисата се до ординатата. Од ординатата се отчитува колку е ширината (b) на коритото тоес $b= 1,60 \text{ m}$.

Тогаш, за дадено проточно количество Q , по графиконот ја наоѓаме соодветната длабочина h .

Пример 4: Да се определат длабочината (h) и ширината (b) на бетонски канал?



Познати големини се:

$$Q = 16,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

$i = 1 \text{ ‰}$ - пад на коритото;

$m = 1$ - наклон на страните на каналот;

$n = 0,013$ – коеф. на рапавина за бетонско корито.

$$A = (b + m \cdot h) \cdot h \quad \text{m}^2$$

$$O = b + 2 \cdot \sqrt{1 + m^2} \quad \text{m}$$

$$R = \frac{A}{O} \quad \text{m}$$

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6}$$

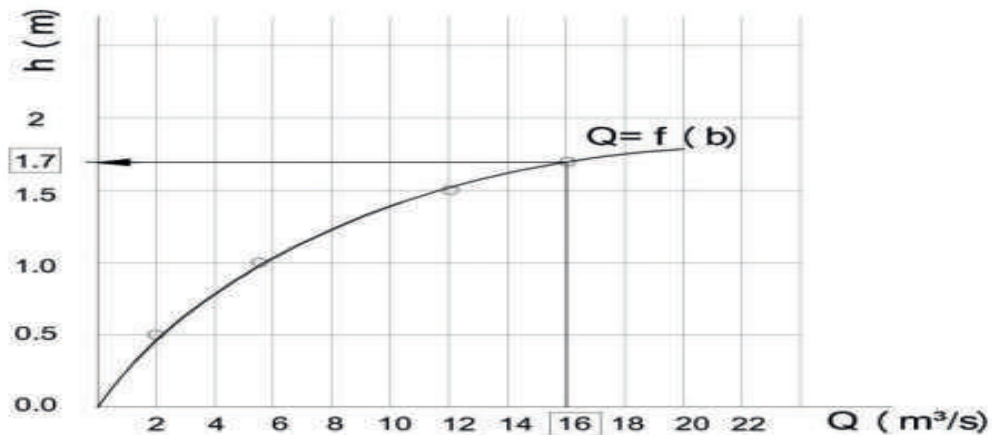
$$V = C \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad \text{m/s}$$

$$Q = A \cdot V \quad \text{m}^3/\text{s}$$

Табела каде за дадени големини длабочината (h) е пресметан протокот (Q).

h m	b m	A m^2	O m^1	R m	N	C	I m/m	V m/s	Q m^3/s
0,50	2,00	1,25	3,41	0,366	0,013	65,07	0,001	1,25	1,55
1,00	2,00	3,00	4,83	0,621	0,013	71,05	0,001	1,77	5,31
1,50	2,00	5,25	6,24	0,840	0,013	74,74	0,001	2,17	11,37
2,00	2,00	8,00	7,65	1,045	0,013	77,50	0,001	2,50	20,04

Графички се претставуваат зависностите меѓу длабочината(h) и протекот(Q) во крива на проток $Q=f(h)$ и за даден протек $Q=16,0 \text{ m}^3/\text{s}$ се добива длабочина $h=1,70 \text{ m}$

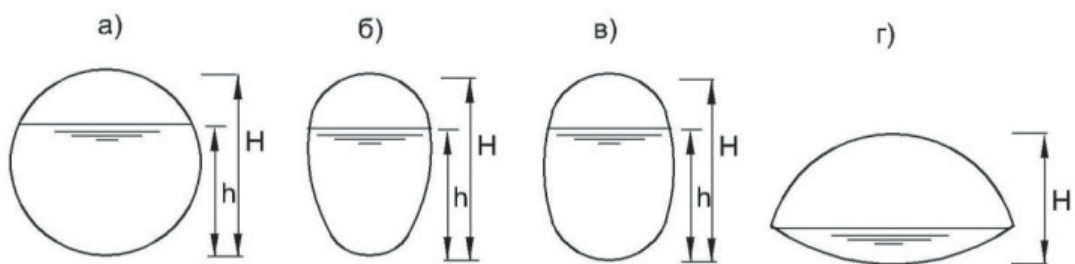


Сл.

17.2 Графичко претставување на крива на проток $Q=f(h)$

17.2.2 Димензионирање на канали со затворени напречни пресеци

Канали со затворени попречни пресеци во пракса најчесто се применуваат профили со стандарден облик: кружни, јајцевидни, елипсоидни и др. (сл.17.3).



Сл.17.3 Попречни профили во стандарден облик

а) кружен, б) јајцевиден, в) јајцевиден, г) елипсовиден

Во овие затворени цевки течноста се движи по гравитационен пат, со слободна водна површина. Кога течноста ќе исполни целиот пресек, течењето ќе биде под притисок, но не со слободна површина. За овие канали важат

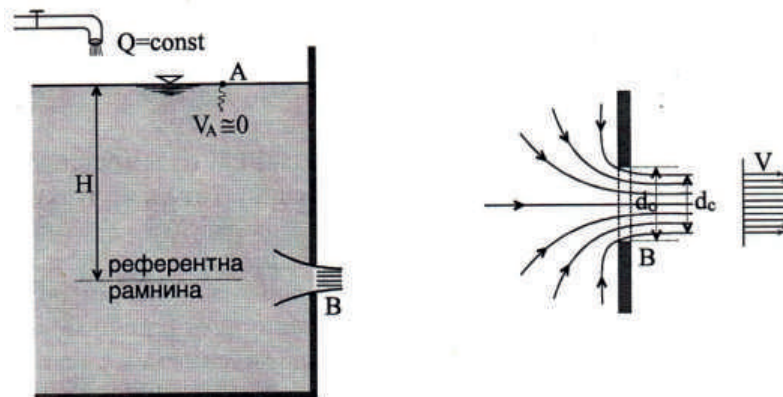
основните зависимости како и за до сега разгледуваните корита. Карактеристично за затворените профили е што максималото проточно количество не се јавува при полн профил, туку при некоја помала длабочина $h=0.95D$, а брзината е за 15% поголема од онаа при полн профил.

17.3 Истекување низ отвори и насадоци

17.3.1 Истекување низ мал отвор

На преградни ѕидови во цевки и резервоари често се изведуваат отвори, најчесто со кружен напречен пресек низ кое настанува истекување на млаз, слободно. Мали отвори се класифицираат кога $H \gg d$ и брзината на млазот се рамномерни по висината на отворот претставено на слика 17.4.

- Истекување низ мал непотопен мал отвор



Сл.17.4 Резервоар со мал отвор

Условите на дотекување кон резервоарот се следни: дотекот во резервоарот е константен со што се одржува постојан притисок H . Флуидните честички од сите страни непречено се движат кон отворот, формирајќи најпрво искривени струјни линии. На растојание од околу еден дијаметар од отворот струјните линии стануваат паралелни, кога млазот има нешто помал напречен пресек од отворот. Со други зборови, при истекување низ мали отвори млазот добива стеснување $d_c < d_o$.

За пределување на брзината на млазот низ отворот се користи Бернулиевата равенка за пресеците А и В, со споредбен пресек во В.

$$\frac{P_A}{\rho \cdot g} + \frac{V_A^2}{2g} + H = \frac{P_B}{\rho \cdot g} + \frac{V_B^2}{2g} + \text{губитоци}$$

- Абсолютните притисоци во пресеците А и В се еднакви на атмосферскиот притисок:

$$P_A = P_B = P_{at}$$

- Брзината во пресекот А е занемарлива:

$$A_A \gg A_0 \rightarrow V_A \approx 0$$

- Губитокот на енергија што настанува меѓупресеците А и В е само локален:

$$h_j = h_{\text{влез}} = k_{\text{вл}} \cdot V_B^2 / 2g$$

$k_{\text{вл}}$ -коэффициент на отпорот;

$$H = \frac{V_B^2}{2g} + k_{\text{вл}} \cdot \frac{V_B^2}{2g} = (1 + k_{\text{вл}}) \frac{V_B^2}{2g}$$

$$V_B = \frac{1}{\sqrt{1+k_{\text{вл}}}} \sqrt{2gH} = C \cdot \sqrt{2gH} \quad (17.6)$$

- Проточното количество низ отворот се определува со равенката на континуитетот:

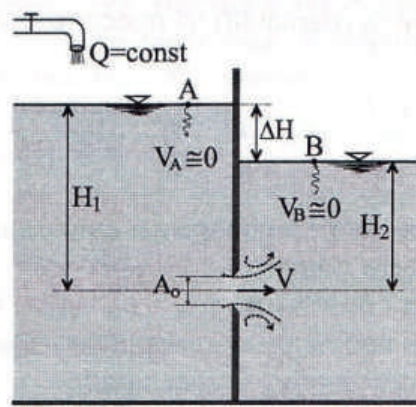
$$Q = A_B \cdot V_B = C \cdot A_0 \cdot \sqrt{2gH} \quad (17.7)$$

Коефициентот С зависи од коэффициентот на контракција и коэффициентот на брзина, кој генерално зависи од формата на отворот и од Рејнолдосвиот број.

- **Истекување низ потопен мал отвор**

- Ако истекување низ отворот е потопено (сл.17.5) т.е. истекувањето не е во атмосфера, туку под нивото на некој друг резервоар. Равенката на Бернули за пресеците А и В, со референтниот пресек во В се пишува:

$$- \frac{P_A}{\rho \cdot g} + \frac{V_A^2}{2g} + H_1 = \frac{P_B}{\rho \cdot g} + \frac{V_B^2}{2g} + H_2 + \text{губитоци}$$



Сл.17.5 Истекување низ потопен отвор

- Апсолутните притисоци во пресеците А и В се еднакви на атмосферскиот притисок:

$$P_A = P_B = P_{at}$$

- Брзината во пресекот А е занемарлива:

$$A_A \gg A_0 \rightarrow V_A \approx 0$$

- Губитокот на енергија што настанува меѓупресеците А и В е само локален:

$$h_j = h_{влез} + h_{излез} = k_{вл} \cdot \frac{V_B^2}{2g} + k_{из} \cdot \frac{V_B^2}{2g}$$

$k_{излез} = 1,0$ –за потопени истекувања;

$$H_1 - H_2 = \Delta H = (k_{влез} + k_{излез}) \frac{V^2}{2g}$$

$$V = \frac{1}{\sqrt{k_{влез} + 1}} \sqrt{2g \cdot \Delta H} = C \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta H} \quad (17.8)$$

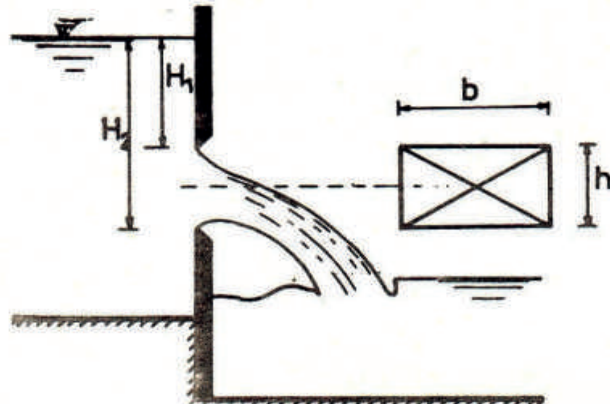
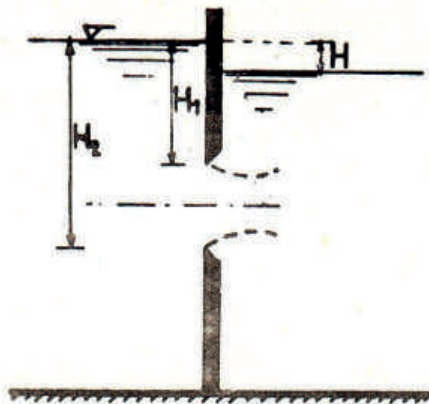
Проточното количество се определува како и во предходниот случај, со равенката на континуитет:

$$Q = C \cdot A_0 \cdot \sqrt{2g\Delta H} \quad m^3/sec$$

(17.9)

17.3.2 Истекување низ големи отвори

Кога истекувањето се одвива низ отвори со големи димензи, како што има при различни хидротехнички објекти, може да биде на два начина. Првиот начин (сл.17.6) е кога водата истекува низ отвор во слободна водна површина, а вториот начин (сл.17.7) е кога истекувањето е во потопена површина.



Сл.17.6 Истекување низ голем отвор

Сл.17.7 Истекување низ голем отвор кој е потопен

Определувањето на протокот е по следната равенка:

$$Q = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot \left(H_2^{\frac{3}{2}} - H_1^{\frac{3}{2}} \right) \quad m^3/sec$$

(17.10)

H_1 – длабочина до горниот дел на отворот;

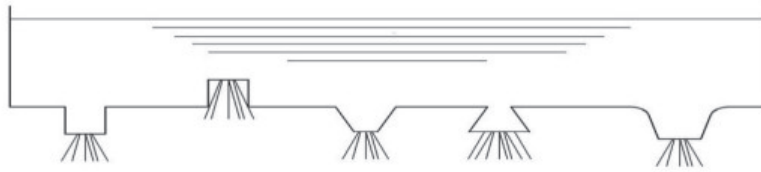
H_2 – длабочина до долниот дел на отворот;

b – ширина на преливот ;

μ – коефициент на отворот кој се зема да е постојан.

17.3.3 Истекување низ насадоци

Насадок се вика кратка цевка наместена на отвор.



Сл. 17.8 Типови на насадоци

Постојат следните типови на насадоци(сл.17.8):

1. Надворешен цилиндричен насадок или насадок на Вентури- овов насадок претставува куса цилиндрична цевка со должина $l = (3 - 4) \cdot d$;
2. Внатрешен цилиндричен насадок или насадок на Борда;
3. Коноидален насадок.

Најприменуван е Вентуриев насадок и протокот кај него се определува по следната формулата:

$$Q = 0,82 \cdot A_0 \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad m^3/sec \quad (17.11)$$

A_0 - површина на насадокот;

H – притисок ;

V – брзина;

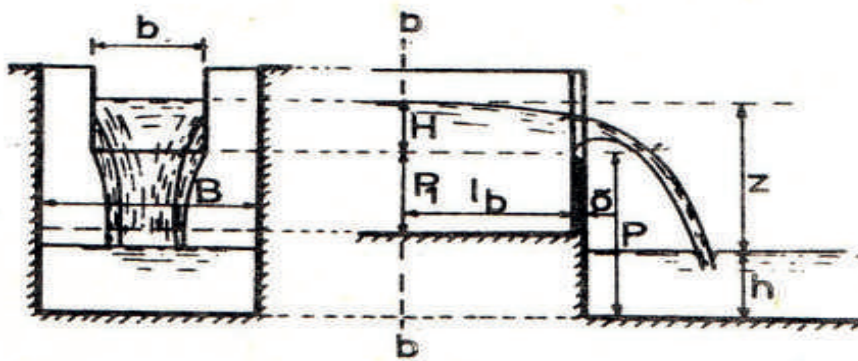
α – коефициент на нерамномерност;

h_w – локални загуби.

$$H = \frac{\alpha \cdot V^2}{2g} + h_w \quad (m) \quad (17.12)$$

17.4 Преливници

Преливникот (сл.17.9) се вика преграда преку која се прелива течноста. Преливниците имаат широка примена во хидротехниката како основни хидротехнички објекти (преливни брани) и како апарати кои служат за мерење на проточното количество. Покрај тоа, приливниците се применуваат при хидраулички пресметувања на брани, мостови со мали отвори и др.



Сл.17.9 Преливник со основни елементи

Основни елементи на преливникот (17.9) се :

- висина на преливниот праг:
 - од страна на долната вода – p ;
 - од страна на горната вода - p_1 .
- ширина на преливникот – b ;
- притисок на преливникот (висинска разлика помеѓу слободната водна површина на горната вода и прагот на преливникот) – H ;
- пад на преливникот (разлика помеѓу горното и долното водно ниво z ;
- ширина на прагот – δ ;
- длабочина на водата во долниот дел – h ;
- стварно ефективна ширина на преливникот- b_c .

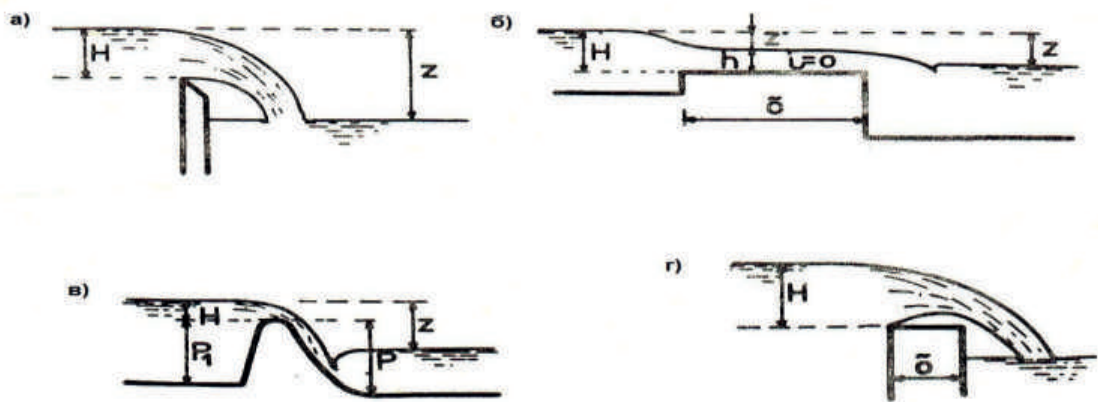
По обликот на попречниот профил на преливната круна, преливниците се делат на три групи:

1. **преливник со остар раб** (преливник со тенок ѕид), во кои преливниот млаз не го допира самиот праг и се наоѓа во слободен лет во воздухот(сл 17.10 а);

2. **преливници со широк праг** (сл 17.10 б) - кога дебелината на ѕидот т.е. должината на прагот е таква што токот на самиот праг во определени пресеци има карактер на паралелно струјно движење. Обично се зема дека должината на прагот δ се наоѓа во следните граници:

$$(1,5-2,0)H < \delta < (10-12)H$$

4. **преливници со практичен профил** може да бидат криволиниски или праволи-ниски (сл.17.10 в и г). Обликот на круната и низводната страна на преливникот нај-често се оформуваат по профилот на млазот што паѓа слободно.Преливникот со практичен профил е ако $\delta > (10-12)H$

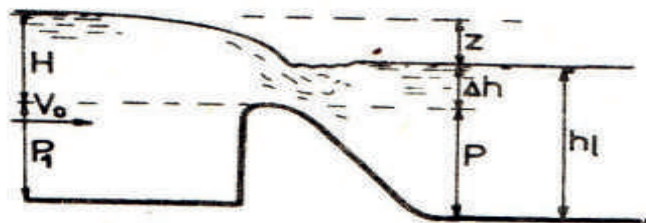


Сл.17.10 Преливници

а) преливник со остар раб, б) со широк раб, в) со практичен криволиниски профил и г) со праволиниски практичен профил

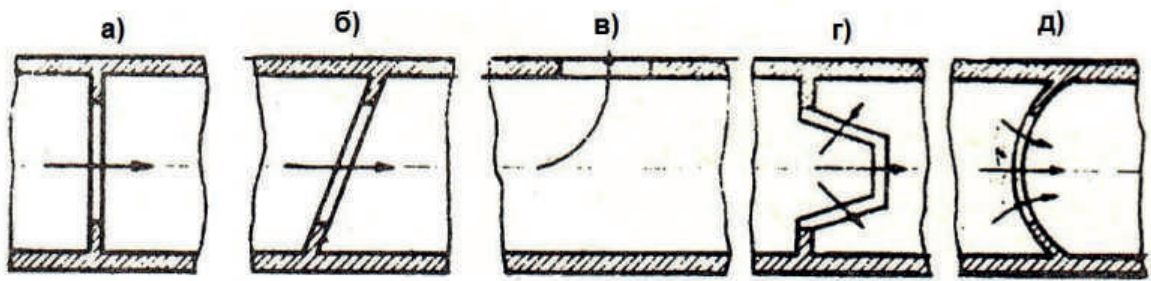
Разните типови преливници може да се разликуваат по следните општи услови:

А. Според условите за висинска положба на слободната површина на долната вода, преливниците може да бидат **непотопени** и **потопени**. При непотопените преливници (сл.17.10 а,б,в,г) долното ниво нема влијание на преливното количество, додека потопените (сл.17.11) долното ниво има влијание на намалувањето на преливното количество.



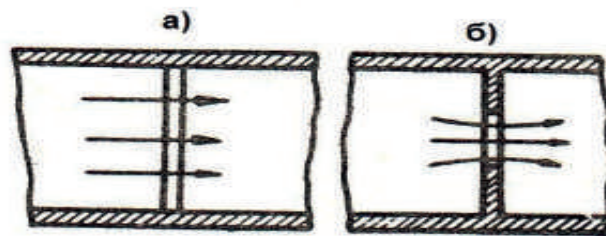
Сл.17.11 Преливник со потопен практичен профил

Б. По појбата на прагот на преливниците во однос на оската на токот тие може да бидат: **прави**, со **положба нормална на положбата на токот**, **коси**, **бочни** или **странични** кои се **паралени на оската на токот**, **искршени** и **криволиниски**.

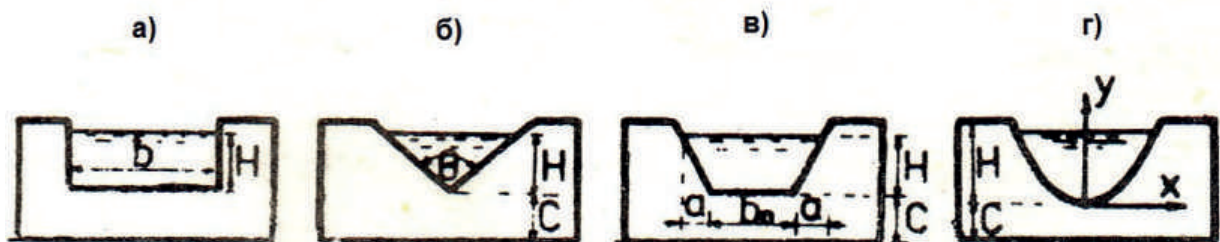


Сл.17.12 Преливници со различни положби на прагот во однос на оската на токот

В. По условите што го одредуваат приодот на токот кон преливниците тие се делат на: **преливници со странична контракција** (сл.17.13 б) и **преливници без странична контракција**(сл.17.13 а)



Сл.17.13 Преливници со различен приод на токот кон преливниците
Г. По обликот на излезот на прагот преливниците може да бидат: **правоаголни** (сл.17.14-а), **трапезни** (сл.17.14-б), **триаголни** (сл.17.14-в) и **криволиниски** (сл.17.14- г).



Сл.17.14 Преливници со различен облик на излезот на прагот
Равенка за пресметување на протокот што прелива преку преливен праг зависи од:

- ширината преливниот праг (b),
- од притисокот на работ (H),
- од брзината на дотекувањето (V_0) кон преливникот и
- од земјиното забрзување (g)

$$Q = m_0 \cdot b \cdot \sqrt{2g} \cdot H^{3/2} \quad (17.13)$$

$$m_0 = m \cdot \left(1 + \frac{\alpha \cdot V_0^2}{2gH}\right) \quad (17.14)$$

Бездимензионалните коефициенти m и m_0 се викаат преливни коефициенти. Овие коефициенти ги одредуваат конструктивните својства на преливникот. Различни преливници имаат различна вредност на преливните коефициенти. Експериментите покажуваат дека m може да има вредност приближна во границите:

$$0,3 < m < 0,6$$

Запомни:

1. Испитувањата покажале дека режимот на движење на течностите зависи од: вискозитетот на течностите, густината на течноста, средна брзина на токот
2. По обликот на попречниот профил на преливната круна, преливниците се делат на три групи: преливник со остар раб (преливник со тенок сид), преливници со широк праг и преливници со практичен профил. и геометрис ките големини на коритото.
3. Кога истекувањето се одвива низ отвори со големи димензи, како што има при различни хидротехнички објекти може да биде на два начина. Првиот начин е кога водата истекува низ отвор во слободна водна површина, а вториот начин е кога истекувањето е во потопена површина.
4. По обликот на попречниот профил на преливната круна, преливниците се делат на три групи: преливник со остар раб (преливник со тенок сид), преливници со широк праг и преливници со практичен профил. и геометрис ките големини на коритото.
5. Според условите за висинска положба на слободната површина на долната вода, преливниците може да бидат непотопени и потопени.

Одговори на дадените прашања:

1. Во природата кои два режими на течење на водата разликуваме?
2. На какви водопроводни објекти вршиме димензионирање?
3. Што се вика преливник?
4. Насадок што е тоа?
5. Пресметај колку е протокот (Q) за правоаголно корито? Ако се познати: $b=1,2$ m ; $h=0,7$ m ; $i=1\%$ и $n=0,013$

ЛИТЕРАТУРА

1. Ангрловски А. -Основи на хидраулика
Скопје 1987
2. Ангеловски А.,
Тодоровски Б -Хидрологија
Скопје 1980
3. Гаревски А. -Хидрологија
Скопје 1962
4. Вељанов Ж. -Водоснабдување
Скопје 2008
5. Витанов Б., Тасевска З. -Механика на почви и фундаирање
Скопје 1996
6. Група автори -Техичар 2
7. Група автори -Техичар 5
8. Најдановиќ Н. -Механика тла
Београд 1967
9. Нонвајлер Е. -Механика тла и темелење граѓевина
Загреб 1979
10. Поповска Ц. -Механика на флуиди
Скопје 1996
11. Поповска Ц., Гешовска В.,
Доневска К. -Хидрологија
Скопје 2004
12. РУХМ -Хидролошки годишник
Скопје 2009
13. Шендов Б. -Темелење I
Скопје 1984
14. Шендов Б. -Темелење II
Скопје 1984