

Илиевска-Христова Борка, диг  
Мухаџери Илјаз, диг  
Христовска Наташа, диг

**ХИДРОТЕХНИЧКИ ОБЈЕКТИ**  
**РЕДОВНА / ИЗБОРНА НАСТАВА**

**ГРАДЕЖЕН ТЕХНИЧАР**  
**ТРЕТА ГОДИНА**

**Скопје, 2013**

**Автори:**

Илиевска-Христова Борка, диг  
Мухаџери Илјаз, диг  
Христовска Наташа, диг

**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)

**Лектура:** Билјана Богданоска

**Компјутерска обработка :** Авторите

**Фотографии и техничко уредување:** Авторите

**Уредник :** Авторите

**Издавач:** Министерство за образование и наука на Република Македонија

**Печати:** Графички центар дооел, Скопје

**Тираж:** 66

Со одлука бр.22-1372/1 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

Хидротехнички објекти за III година градежно геодетска струка : редовна/  
изборна настава : градежен техничар / Илиевска-Христова Борка, Муаџери  
Илјаз, Наташа Христовска

Министерство за образование и наука на Република Македонија, 2012

Физички опис 201 стр. : илустр. ; 29 см

ISBN 978-608-226-341-0

## Предговор

Предметот Хидротехнички објекти (редовна и изборна), за образовниот профил градежен техничар во трета година, од градежно геодетката струка, е со наставен план и програма, за објектите во сите водостопански дејности, освен за водоснабдителните и канализациски системи во населбите и зградите.

Учебникот (редовна и изборна настава) ги опфаќа темите за водните ресурси и нивно искористување; браните и нивните придружни објекти; природните водотеци и уредување на истите; објектите за пловни патишта и пристаништа; и мелиоративните системи во целост.

Поважните податоци од темите се набележени во запомни.

Тестот за самооценување ќе помогне за самостојно учење и полесно совладување на темите.

Во учебникот покрај предавањата за секоја тема има и графички задачи, заради приближување на проблематиката до разбирање и примена. Овие задачи ја заокружуваат секоја тема.

Овие предавања се подготвувани подолго време и постојано дополнувани. Истите се користени во наставата и притоа наидоа на позитивна критика и корисни сугестии, за да ја добијат оваа последна форма на учебник.

Како, водата е основен ресурс за сите битија, од тука и важноста на печатењето на овој учебник, како за сегашните така и за идните генерации ученици.

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

Скопје, 2011

авторите

<b>Содржина</b>			
<b>ХИДРОТЕХНИЧКИ ОБЈЕКТИ</b>			
<b>/РЕДОВНА/</b>			
<b>1. Водени ресурси и нивно искористување</b>	<b>11</b>	3.2. Евакуациони објекти	47
1.1. Водостопански дејности	11	3.2.1 Евакуациони објекти за време на градење	47
1.2. Мокност на водата	13	3.2.2 Прелевници	48
1.2.1 Водена енергија	13	3.2.3 Темелен испуст	50
1.3. Акумулациски базени	14	Запомни	52
1.3.1. Карактеристики на базените	15	Тест	52
1.4. Хидроенергетски постројки	16	Графо-нумеричка задача	53
1.4.1. Објекти кај постројките	17	<b>4. Природни текови</b>	<b>57</b>
1.4.2. Прибрански постројки	18	4.1. Речна мрежа	57
1.4.3. Деривациони постројки	19	4.2. Слив, географско-морфолошки параметри	57
1.4.4. Реверзибилни постројки	19	4.3. Речна морфологија	59
Запомни	20	4.4. Хидролошки карактеристики	61
Тест	20	4.5. Карактеристични елементи	62
Графо-нумеричка задача	21	Запомни	64
<b>2. Брани</b>	<b>25</b>	Тест	64
2.1. Насипани брани	26	Графо-нумеричка задача	65
2.1.1 Земјано насипани брани	26	<b>5. Регулациски градби</b>	<b>69</b>
2.1.2 Камено-земјани брани	27	5.1 Материјали и средства	69
2.1.3 Камени брани	28	5.2 Зацврстување на речното корито	71
2.1.4 Конструктивни елементи кај насипаните брани	29	5.3 Објекти за концентрација и насочување на текот	72
2.2. Бетонски брани	31	5.4 Објекти на водотеците	75
2.2.1 Масивно брани	31	Запомни	77
2.2.2 Контрафорни брани	33	Тест	77
2.2.3 Лачни брани	35	Графо-нумеричка задача	78
2.3. Оскултација на браните	37	<b>6. Пловни патишта и пристаништа</b>	<b>83</b>
Запомни	39	6.1 Пловни реки	83
Тест	39	6.2 Пловни канали	85
Графо-нумеричка задача	40	6.3 Бродски преводници	87
<b>3. Придружни објекти кај браните</b>	<b>43</b>	6.4 Пристаништа	88
3.1. Водопроводни објекти	43	Запомни	90
3.1.1 Канали и корита	43	Тест	90
3.1.2 Тунели и галерии	45	<b>7. Хидротехнички мелиорации</b>	<b>93</b>
3.1.3 Цевоводи под притисок	46	7.1 Бонитет на земјиштето	93
		7.2 Објекти за заштита од поплави	94
		7.2.1 Одбрамбени насипи	94
		7.2.1.1 Материјали од кои се	



Хидротехнички објекти  
редовна/изборна настава

---

градат насипите	96
7.2.3 Низински ретензии	97
Запомни	98
Тест	98
Графо-нумеричка задача	99
<b>8. Наводнување</b>	<b>103</b>
8.1. Површинско наводнување	104
8.1.1 Наводнување со бразди	104
8.1.2 Наводнување со леи	105
8.1.3 Наводнување со потопување	106
8.2. Подземно наводнување	107
8.3. Надземно наводнување	107
8.4. Локално наводнување	108
Запомни	110
Тест	110
<b>9. Одводнување</b>	<b>113</b>
9.1 Одводнување со дренажи	113
9.1.1 Дренажи	115
9.2 Одводнување со канали	117
9.3 Одржување на одводнителните системи	117
9.4 Димензионирање на системите	118
Запомни	119
Тест	119
Графо-нумеричка задача	120

**ХИДРОТЕХНИЧКИ ОБЈЕКТИ**  
**/ИЗБОРНА/**

<b>1. Водени ресурси и нивно искористување</b>	<b>124</b>
1.1. Произведувачи на електрична енергија	124
1.2. Потрошувачи на електрична енергија	126
1.3. Регулација на протек	127
Запомни	130
Тест	130
Графо-нумеричка задача	131

<b>2. Брани</b>	<b>135</b>
2.1 Филтрација кај брани	135
2.2 Стабилност на косините кај насипани брани	137
2.3 Стабилност на бетонски брани	139
Запомни	140
Тест	140
Графо-нумеричка задача	141
<b>2. Придружни објекти кај браните</b>	<b>145</b>
3.1 Затвораачи	145
3.1.1 Површински затвораачи	145
3.1.2 Длабински затвораачи	148
3.2 Објекти за зафаќање вода	150
3.3 Објекти за ублажување на негативни ефекти	151
3.3.1 Водена комора	151
3.3.2 Водостан	152
3.4 Машинска зграда	153
Запомни	154
Тест	154
Графо-нумеричка задача	155
<b>4. Природни текови</b>	<b>159</b>
4.1 Нанос во речното корито	159
4.1.1 Суспендиран нанос	159
4.1.2 Влечен нанос	160
4.1.3 Својства на наносот	161
4.2 Хидрауличка пресметка	162
Запомни	164
Тест	164
Графо-нумеричка задача	167
<b>5. Регулациони градби</b>	<b>169</b>
5.1 Траса	169
5.2 Надолжен профил	170
5.3 Напречен профил	170
5.4 Поројни водотеци	171
5.4.1 Уредување на пороите	172
Запомни	174
Тест	174
Графо-нумеричка задача	175

**6. Хидротехнички мелиорации 178**

6.1	Објекти кај насипите	178
6.2	Заштита на насипите	180
	Запомни	182
	Тест	182
	Графо-нумеричка задача	183

**7. Наводнување 186**

7.1	Водени ресурси	186
7.1.1	Квалитет на водата	187
7.2	Количество вода за наводнување	188
7.3	Објекти кај системите за наводнување	190
7.3.1	Влез во цевка од канал	190
7.3.2	Шахти	190
7.3.3	Аквадукти	191
	Запомни	192
	Тест	192
	Графо-нумеричка задача	193

**8. Одводнување 196**

8.1.	Одводни канали	196
8.2.	Објекти кај системите	198
8.3	Модул на истекување	199
8.4	Димензионирање на каналите	200
	Запомни	202
	Тест	202
	Графо-нумеричка задача	203

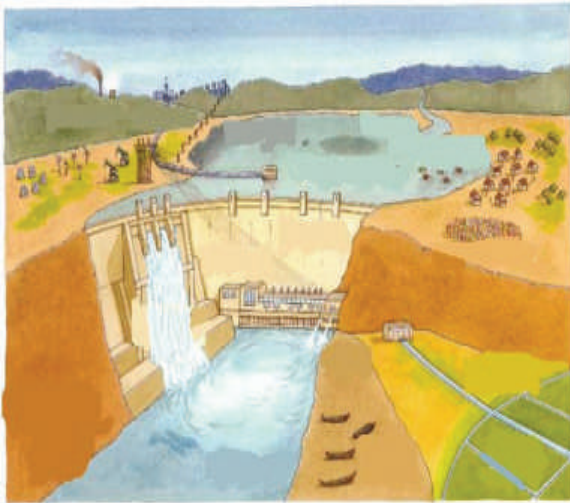
**Литература 205**

**ХИДРОТЕХНИЧКИ ОБЈЕКТИ**  
**РЕДОВНА НАСТАВА**

**ГРАДЕЖЕН ТЕХНИЧАР**  
**ТРЕТА ГОДИНА**



OFFICIAL WEBSITE



## 1. Водни ресурси и нивно искористување

Режим  
Биланс  
Користење  
Заштита

### 1.1 Водостопански дејности

Водостопанска основа  
Водоснабдување на домаќинства  
Наводнување  
Снабдување на индустријата  
Хидроенергија  
Одводнување  
Одбрана од поплави

### 1.2. Моќност на водата

Дефиниција  
Природни извори  
Вештачки извори

#### 1.2.1 Водена енергија

Карактеристични големини  
Дефиниција  
Идеална енергија  
Реална енергија  
Протек  
Пад  
Коефициент на искористеност на постројката

### 1.3. Акумулациски базени

Водено количество во реките  
Дефиниција  
Намена  
Локација

1.3.1. Карактеристики на базените

Мртов простор  
Корисен простор  
Ретензициски простор  
Максимално ниво  
Нормално ниво  
Минимално ниво  
Линија на површина  
Линија на зафатнина

**1.4. Хидроенергетски постројки**

Дефиниција  
Поделба

1.4.1 Објекти кај постројките

Брани  
Зафатни објекти  
Деривација  
Водена комора, водостан  
Електрана  
Долна вода  
Евакуациски објекти

1.4.2 Прибрански постројки

Речни постројки

1.4.3. Деривациски постројки

Локација  
Брана  
Машинска зграда  
Деривација

1.4.4. Реверзибилни постројки

Акумулациски базени  
Опрема  
Време на работа

Запомни

Тест

Графо-нумеричка задача

## 1. Водни ресурси и нивно искористување

Водните ресурси во државата, се нејзина сопственост и се посебно заштитени со Закон за водите. Протечните, стоечките, изворските и подземни води, зафатените атмосферски води, како и термалните и минерални води се водни ресурси, добра од заеднички интерес.

Режимот на водите е збир на елементи кои влијаат на квантитативната и квалитативната состојба на водите на одредено место во определено време. Тие елементи се: водостоеж, протек, насока на текот, брзина на течење, температура, физички, хемиски, бактериолошки и биолошки состав и радиоактивни особини на водата.

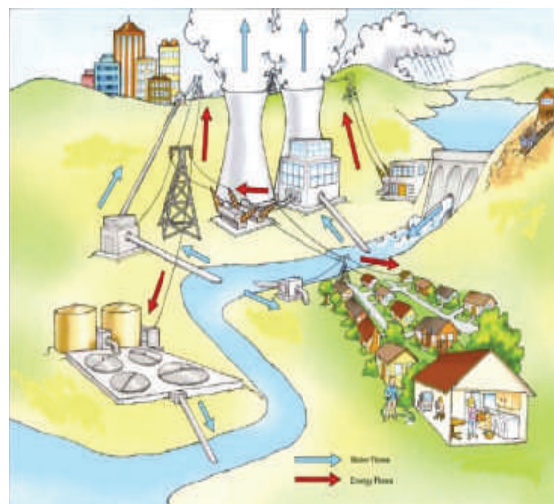
Билансот на водите е план со кој се врши распределба на расположивите количества на вода на определен простор во определено време, според начелото на одржлив развој со кој се задоволуваат потребите на сегашните генерации, а не се загрозува потребата од вода на идните генерации.

Протечните и неистечните површински, изворските и подземни води се користат по следниот редослед:

- за водоснабдување на населението, здравствените установи и правните лица од областа на ветеринарството, за потребите на одбраната, за индустријата за прехранбени производи и напојување на добитокот;
- за наводнување на обработливото земјиште;
- за водоснабдување на индустријата и други стопански потреби;
- за хидроенергетски потреби;

- за наводнување на паркови и други јавни површини;
- за други потреби.

Водите се заштитуваат од загадување, заради нивно нештетно користење за разни потреби, заштита на здравјето на луѓето, животната средина, животинскиот и растителниот свет.



Сл.1.1.Користење на водни ресурси

### 1.1. Водостопански дејности

Водостопанските дејности од јавен интерес се прогласени со Законот за водите. Основа за рационално користење на водите и развој на водостопанството во државата се планира со *Водостопанска основа*, која на секои десет години се ревидира. Водата од одредена сливна област треба рационално да се искористи за сите водостопански дејности.

Предност има *водоснабдувањето* на населението, здравствените установи и правните лица од областа на ветеринарството, за потребите на одбраната, за индустријата за прехранбени производи и напојување на добитокот. Водоснабдителните системи се составени од



голем број објекти со разна намена и големина, сè со цел да одговорат на потребите за квалитет и квантитет на водата.



Сл.1.2.Пиј најмалку осум чаши вода на ден

*Наводнувањето* ги подобрува педолошките особини на земјоделското земјиште, при што се подобрува и наголемува приносот. Мелиоративните системи се составени од основни објекти и постројки и детална каналска мрежа. На сликата 1.3 е прикажано наводнување со подвижни прскалки (дождење).



Сл.1.3.Подвижни прскалки

Корисниците на вода се должни да се придржуваат на планот за наводнување, распределба и испорачување на расположивите количества, а не смеат самоволно да пуштаат вода.

*Снабдувањето* на индустријата и останатите стопански субјекти е со вода со стандарден квалитет,

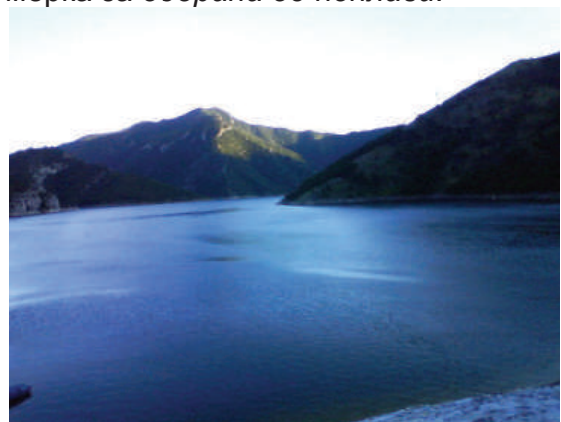
во согласност со технолошкиот процес. Ова се големи потрошувачи на вода.

*Хидроенергетиката* го користи водниот потенцијал, кој природата го обновува. Таму каде што одговараат топографските и хидролошките услови се градат хидроенергетски постројки на реките. Протекот од реките се регулира со вештачки (акумулациски) езера, од кои истиот се користи според потребите на потрошувачите (конзум).

Освен погоре набројаните дејности кои извлекуваат корист од водените ресурси и ја употребуваат водата како средство за работа, против штетните влијанија на водите се преземаат превентивни мерки и активности.

*Одводнувањето* на земјиштето од површински и подземни води е со системи од површински канали, подземни дренажи и колмирање. Со одводнување се подобрува водно-воздушниот режим на мочурливото земјиште и тоа се претвора во земјоделско корисно земјиште.

Акумулациите, слика 1.4, (ретензицискиот простор) се активна мерка за *одбрана од поплави*.



Сл.1.4 Акумулацијата „Козјак“ единствена има ретензициски простор

Регулационите градби на реките и пороите ги менуваат траса-



та, напречниот профил, надолжниот пад на дното, а притоа се стабилизира хидролошкиот режим. Насипи, природни ретензии, привремени акумулации и ретензии се пасивна одбрана од поплавниот бран.

## 1.2. Моќност на водата

Атмосферскиот талог (снег, дожд), во моментот на паѓање на земјината површина во енергетска смисла нема значење. Штом се формираат реки и езера, се користат, бидејќи во однос на нивото на морето имаат потенцијална водна енергија.

Водената енергија е способност за извршување работа на водотекот.

Моќноста на водата е еднаква на извршената работа на водната струја во единица време. Со хидроелектричните центри се извршува трансфер на водната енергија, прво во механичка енергија на ротација на турбината; и второ во електрична енергија на извод од генератор.

Водотеците со голем пад на дното, водопадите на реките, големите езера со поволна топографска положба, морињата и океаните (големо водено количество, висинска разлика во нивото на вода при плима и осека), се *природни извори на моќност на водата*.

*Вештачките извори на моќност на водата* се: вештачки езера, слика 1.5, во кои се концентрира водено количество и вештачки текови (тунели, канали), каде е примарна концентрацијата на падот.



Сл.1.5. Вештачки извор на моќност на водата - вештачко езеро

### 1.2.1 Водна енергија

Водотеците и енергетските постројки ги карактеризираат следните големини:

- $\gamma$  –  $[kN/m^3]$  волуменска маса на вода;
- $A$  –  $[m^2]$  протечен пресек ;
- $Q$  -  $[m^3/s]$  секунден протек ;
- $V$  -  $[m/s]$  средна брзина на водата;
- $H(S)$ -  $[m]$  изминат пад (пат) од водата;
- $J$  -  $[\%]$  наклон на дното;
- $\forall = \Sigma Q$   $[m^3]$  вкупен протек, збир од секунден протек во време од час, година;
- $\eta$  - коефициент на искористеност на постројката (0,75 до 0,93)

Работа (енергијата)  $E$  што ја извршува водотекот на одреден потег е еднаква на производот на водната сила  $F_p$  во насока на текот и должината на потегот  $H(S)$ .

$$E = F_p H \quad [kwh]$$

$$E = \gamma \forall H$$

$$E = \frac{9,81}{3600} \forall H$$

$$E_i = 0,00272 \forall H \quad [kwh]$$

$$E_i = \frac{1}{367} \forall H \quad [kwh]$$

Оваа енергија е идеална, затоа што не се земени предвид загубите на притисок што се јавуваат во објектите од доводната деривација; промената на протекот и падот; конструкцијата на турбината и сл. Во реалноста сите овие параметри се изразуваат со коефициент на искористеност на постројката, чија средна вредност е 0,82.

$$E_r = \eta E_i$$

$$E_r = 0,82 * 0,00272 \forall H$$

$$E_r = 0,00222 \forall H \quad [kwh]$$

$$E_r = \frac{1}{450} \forall H \quad [kwh]$$

Енергијата што ја произведува хидроелектраната зависи од факторите: протек, пад и коефициент на искористеност.

$$E_r = f(\forall; H; \eta)$$

Протекот  $\forall = \Sigma Q$  е независно променлива големина (природен обновлив ресурс), на кого не влијаат останатите фактори. Енергијата на речниот протек се трансферира во електрична енергија, според потребите на конзумот без или со регулирање со акумулациски базен.

Падот  $H$  е променлива големина која зависи од теренските услови и конструктивното решение на постројката, а во извесна мерка и од промената на протекот (постројка со акумулациски базен). Падот е висинска разлика меѓу нивото на водата во базенот и нивото на долната вода (по електраната). Од сите падови кај хидроцентралите најзначајни се следните:

- оптимален нето пад при кој корфициент на искористеност на агрегатот (турбо-генераторскиот блок) има најголема вредност;
- пресметковен нето минимален пад при кој се реализира вкупната инсталирана снага на агрегатот.

Коефициентот на искористеност на постројката  $\eta$ , е зависен од конструкцијата на турбината и од промената на протекот и падот. Колку повеќе се менуваат протекот и падот, толку коефициентот има помала вредност. За секоја турбина, се црта топографски дијаграм на коефициентот на искористеност  $\eta = f(\forall; H)$ .

### 1.3. Акумулациски базени

Воденото количество во реките секојдневно се менува во текот на годината. Ова менување зависи од поголем број фактори како што се: климатски, топографски, геолошки и сл. За да се искористи протекот од водотекот во поголема мера се градат прегради (брани), зад кои се формира акумулациски базен. Од него се зема водено количество според потребите на конзумот.

Акумулацискиот базен, слика 1.6, е простор над теренот исполнет со вода спротитечно од преградениот дел на реката. Големината на овој простор зависи од хидролошкиот карактер на реката, топографските услови на теренот и водостопанските потреби. Зафатнината на просторот се менува според потребите за вода и поради пополнувањето со нанос.



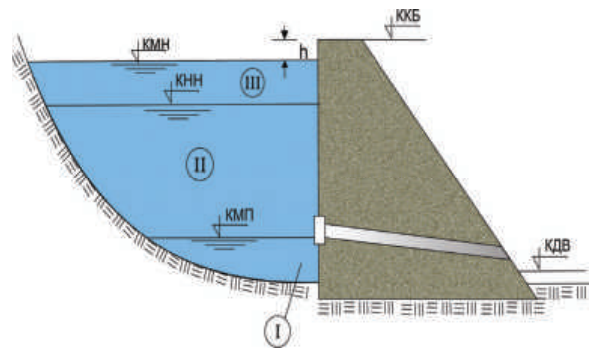
Сл.1.6.Акумулациски базен“Матка“

Намената на воденото количество во базените е за потребите на: водоснабдување, земјоделие (наводнување за поголем принос на храна), енергетика, сообраќај, ублажување на поплаван бран и сл.

Базените за потребите на енергетиката, најчесто се наоѓаат спротивно (кон извориштето на реката) од електраната (многу оддалечени или во непосредна близина). Многу ретко, базени се наоѓаат водотечно (низводно), кај реверзибилните центри.

### 1.3.1. Карактеристики на базените

Вкупниот простор, слика 1.7, (апсолутен волумен) на акумулацискиот базен, е простор зафатен помеѓу дното, водената површина на браната и нормалното ниво на вода во базенот. Овој простор според функцијата што ја врши е поделен на: мртов и корисен. Над него, за хидросистемите со слободно прелевање е ретензицискиот простор.



Сл.1.7.Карактеристични коти и простори на акумулациски базен

*Мртовиот* простор ( I ) се наоѓа најдолу во базенот, под кота на минималното (мртво) ниво на вода *КМП*. Од овој простор не се користи вода за водостопански потреби, со можно пополнување со нанос во догледно време. Количеството нанос зависи од природата на бреговите, пошуменоста на сливот и ерозивната способност на водотечите.

*Корисниот* простор ( II ) го зафаќа делот меѓу минималното ниво, нормалното ниво *КНН*, теренот и водената површина на браната. Воедно тоа е најголемиот и најважен простор, бидејќи од него се користи вода за водостопанството. Корисниот простор се одредува пред проектирањето на браната, а според економски пресметки.

*Ретензицискиот* простор ( III ) е над нормалното ниво *КНН*, а под максималното ниво на вода во акумулацискиот базен *КМН*. При појава на поплаван бран, просторот делумно или целосно се исполнува, бидејќи водата истекува низ прелевот.

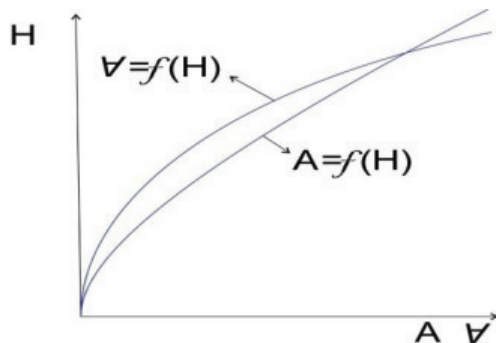
*КМН* - максимално ниво на вода во акумулацискиот базен зависи од големината на поплавиот

бран, климатските и теренските услови.

*КНН* - нормалното ниво се определува според стопанските, економските, хидролошките и теренските услови на преградното место.

*КМП* - минималното ниво се пресметува со економска оправданост, која ги поврзува максималното количество на енергија, со зафатнината од корисниот простор.

Дефинирањето на акумулациониот простор е со линиите на површина  $A = f(H)$  и зафатнина  $V = f(H)$ , слика 1.8. Овие линии се конструираат врз основа на мерени подолжни и попречни профили на теренот и со планиметрирање на генералштабни карти со  $M 1: 50000$ .



Сл.1.8.Линии на површина и на зафатнина на акумулациони базен

*Површината* на акумулациониот базен за одредена кота е ограничена со соодветната изохипса и преградниот профил. Планиметрирањето се спроведува за сите изохипси од основата до круната на браната. Големините се нанесуваат на координатен систем  $A/H$ , т.е. ја даваат линијата на површина на акумулациони базен  $A = f(H)$

*Зафатнината* на акумулациониот базен, е просторот ограничен од нивото на водата на одредена кота, преградниот профил и теренот. Одредувањето на зафат-

нината е по пресметувањето на плоштоната. Линијата на зафатнина  $V = f(H)$  е крива - парабола. Според положбата на нивото на вода се чита зафатнината на базенот.

#### 1.4. Хидроенергетски постројки

Хидроенергетските постројки се градат за искористување на потенцијалната енергија на водотеците, изразена преку концентрација на протекот  $Q$  и падот  $H$ , прикажано на слика 1.5. Конструирањето на постројките е врз основа на голем број подлоги и податоци од топографија, геологија, хидрологија, градежни материјали и други технички дисциплини.

Хидроенергетските постројки се групирани, според следните критериуми:

- според *начин на создавање на падот* се: крајбрански, деривациски, комбинирани;
- според *положбата на машинската зграда* се: во состав на брана (речни и прибрански) и издвоени од брана (надземни и подземни);
- според *можноста за регулирање на протекувањата* се: протечни и акумулациони;
- според *режим на користење на водите* се: конвенционални (работат само во турбински режим) и реверзибилни (работат во турбински и пумпен режим).



#### 1.4.1. Објекти кај постројките

Хидроенергетските постројки се составени од бројни објекти со разна намена, функција и големина.

*Браните* се објекти наменети да ја преградат реката, да го забават текот и овозможат формирање на акумулациски базен со одредена зафатнина на вода.

*Зафатниот објект* е изграден во браната, акумулацијата или на брегот. Го зафаќа и насочува инсталираното водено количество кон деривацијата.

*Деривацијата* ја спроведува водата од зафатот до електраната. Таа е канал, тунел (без и со притисок) и цевовод под притисок. Низ каналот и тунелот без притисок, водата тече до водена комора, потоа низ цевовод до електрана. Тунелот под притисок се наоѓа меѓу зафат и водостан, по него следи цевовод и електрана. Ако деривацијата е цевовод под притисок, слика 1.9, тој ги сврзува зафатот и електраната. Од тука, деривацијата може да е долга повеќе километри, но и кратка десетина метри.



Сл.1.9.Цевовод под притисок

*Водената комора и водостанот* го спречуваат водениот удар во деривацијата кога турбините престануваат/започнуваат со работа.

*Електраната* со турбините, машинските и електро-уреди, потенцијалната енергија на водата ја претвора во електрична. Електраната се гради под/над земја или пак во брана. На сликата 1.10. е прикажана машинска сала на електрана.



Сл.1.10. Машинска сала

*Долната вода* ја пропушта водата што истекува по електраната. Конструкцијата на долната вода е канал, тунел со или без притисок.

*Евакуациските објекти* се градат за правилно функционирање на постројките за време на градење и експлоатација. Евакуациските објекти за време на градење ја одстрануваат градежната вода од темелната јама на браната и други објекти на постројката.

Евакуациски објекти за време на експлоатација (прелеви), го одведуваат поплавниот бран, делумно или целосно водотечно од акумулацискиот простор; овозможуваат празнење (темелен испуст) на базенот при поправка или ревизија на браната; го испуштаат исталожениот нанос (темелен испуст). На сликата 1.11 е прикажан прелев преку брана.

Некои од опишаните објекти може да изостанат кај хидроенергетските постројки (јазли), што зави-

си од хидролошките, климатските, теренските и експлоатациони услови.

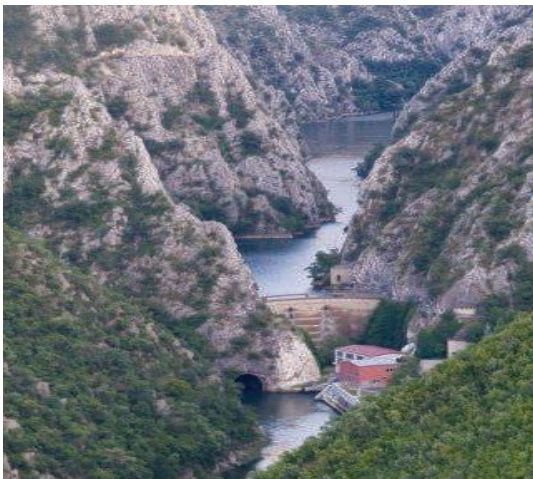


Сл.1.11.Прелев преку брана

#### 1.4.2. Прибрански постројки

Браната и електраната кај прибранските постројки се една до друга, ако се еден објект се речни.

*Прибранските* постројки имаат краток цевовод под притисок, помеѓу браната (базенот) и електраната, види слика 1.12. Улогата на водостан ја презема акумулацискиот базен.



Сл.1.12.Прибранска постројка

Падот, протекот и инсталираната енергија се од многу големи до мали. Постројката може да е про-

течна или регулациска. Браната е изградена од секаков материјал и конструктивен вид. Машинската зграда во однос на оската на круната на браната зазема најразлични положби, слика 1.13.



Сл.1.13.Оската на круната на браната и машинската зграда се паралелни кај ХЕЦ “Шпиље“

*Речните* постројки, на слика 1.14, ја преградуваат реката со брана и електрана.



Сл.1.14.Речна постројка, Гердап II

Браната е со мала височина, масивна или од подвижни прегради. Машинската зграда е еден или повеќе објекти (столбови меѓу преградите). Постројката е со мал пад, но затоа протекот е многу голем и постојан. Проблем е пловидбата, која се решава со бродски преводници и водени лифтови.

### 1.4.3. Деривациски постројки

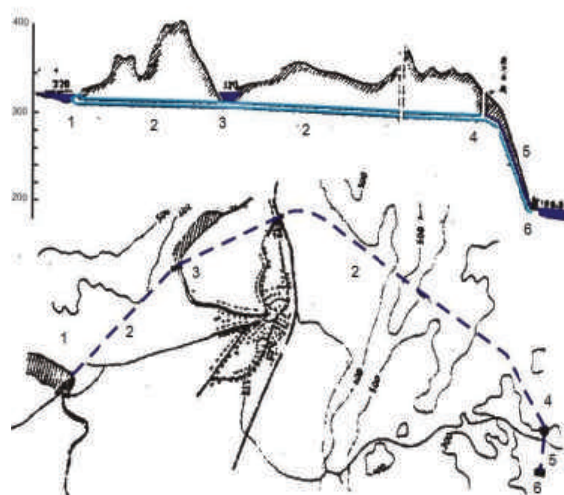
Деривациските постројки произведуваат електрична енергија каде доминантно влијание има концентрацијата на падот. Постројките се градат во горниот тек на реките со планински карактер, мал протек, голем надолжен пад на дното и променливо количество нанос.

Браната (од сите видови материјали, конструкции и височини), формира акумулациски базен со релативно мала зафатнина.

Машинската зграда (подземна, надземна) е оддалечена од браната за должина на деривацијата.

Доводната деривација е канал или тунел без/со притисок, по кои се гради водена комора/водостан. По објектот за смирување на водениот удар следува цевовод под притисок, а по него електрана. На сликата 1.15. е прикажана деривациска постројка:

а) надолжен пресек



б) ситуација

Сл.1.15.Деривациска постројка  
(а) надолжен пресек и ситуација (б):  
каде (1) зафат; (2) тунел; (3) зафат;

(4) водостан; (5) цевовод под притисок; (6) електрана

### 1.4.4. Реверзибилни постројки

Реверзибилните постројки (или пумпноакумулациски) имаат два акумулациски базени, како на сликата 1.16. Од опрема во машинската зграда има турбини и пумпи на иста оска. Кога е искористен и испразнет спротитечниот акумулациски базен, а има доволно вода во долниот (водотечен) базен, се вклучуваат пумпите (трошат електрична енергија) и ја враќаат водата во горниот базен (така се штеди вода). Ова се случува во време кога не се произведува струја.

Браните се од секаков вид материјал и конструкција. Падот на постројката е висок до среден.



Сл.1.16. Реверзибилни постројка



Водни ресурси се изворските, протечните, стоечките и подземни води, зафатените атмосферски води, како и термалните и минерални води.

Корисниците на вода се должни да се придржуваат на планот за наводнување, распределба и испорачување на расположивите количества, а не треба самоволно да пуштаат вода.

Водата во водотеците и езерата во однос на нивото на морето има потенцијална водена енергија.

Колку повеќе се менуват протекот и падот за време на работа на постројката, толку коефициентот на искористеност има помала вредност.

*Нмин* - минималното ниво се определува со економска пресметка, која ги поврзува максималното количество на енергија, со зафатнината од корисниот простор.

Линијата на зафатнина на акумулацискиот базен  $V = f(H)$  е крива - парабола.

Речните постројки ја преградуваат реката со брана и електрана.

Деривациони постројки се градат во горниот тек на реките со планински карактер, мал протек, голем надолжен наклон на дното и променливо количество нанос.



*I. Упатство:* Во секое прашање ќе најдеш празна линија на која треба да го напишеш одговорот.

1. Линијата на зафатнина на акумулацискиот базен има форма на:

а) \_\_\_\_\_

2. Водни ресурси се:

а) \_\_\_\_\_

б) \_\_\_\_\_

в) \_\_\_\_\_

г) \_\_\_\_\_

д) \_\_\_\_\_

е) \_\_\_\_\_

3. Со кои објекти ја преградуваат реката речните постројки?

а) \_\_\_\_\_

б) \_\_\_\_\_

*II. Упатство:* Одлучи која од понудените алтернативи е најдобра за да се доврши реченицата или да се одговори на прашањето. Заокружи.

1. Зафатниот објект се гради:

а) во брана;

б) во акумулација;

в) на брег.

2. Протечни електрани се градат на водотеци со:

а) постојан протек

3. Заокружи ја точната формула за реална енергија:

а)  $E_r = 0,00222\forall H \quad [kwh]$

б)  $E_r = 0,0222\forall H \quad kwh$

#### самооценување на тестот

Група на прашања	Број на прашање	Можни поени	Освоени поени
I	1	1	
	2	7	
	3	2	
II	1	3	
	2	1	
	3	1	



## ГРАФО-НУМЕРИЧКА ЗАДАЧА

### Акумулациски базени

За преградното место на реката, да се:

- \*нацрта линија на зафатнина на акумулацискиот базен, за височини  $H$ ,  $1\text{sm}=1\text{m}$ ; за зафатнина  $1\text{sm}=25 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- \*внесе котата на нормално и минимално ниво во графикот  $H/V$ ;
- \*определи зафатнината на корисниот простор на базенот  $\Delta V \text{ m}^3$ ;
- \*пресмета енергијата кога не се користи вода од акумулацискиот базен  $E_r = 0,00222 V_g H \text{ kwh}$ ;
- \*пресмета енергија кога се користи вода и од акумулацискиот базен:  
 $E = 0,0022(V_g + \Delta V)H \text{ kwh}$ .

Кога се познати:

- линија на зафатнина  $V = f(H)$ ;
- кота на нормално ниво  $K_{\text{нн}}=245$ ;
- кота на минимално ниво  $K_{\text{мн}}=239$ ;
- кота на долна вода  $K_{\text{дв}}=226$ ;
- годишен протек  $V_g = 1450 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Забелешка:

За полесно цртање и мерење на големините се користи милиметрова хартија.

Решение:

\*Енергија  $E_r$

Падот на постројката е разлика помеѓу котите на нормалното ниво и долната вода:

$$H = K_{\text{нн}} - K_{\text{дв}} = 245 - 226 = 19 \text{ m}$$

Енергијата е:

$$E_r = 0,00222 V_g H \text{ kwh}$$

$$E_r = 0,00222 \cdot 1450 \cdot 10^6 \cdot 19 \text{ kwh}$$

$$E_r = 61,161 \cdot 10^6 \text{ kwh}$$

\*Линија на зафатнина

Најпрво се цртаат координатните оски  $H/V$ ; потоа се одбележува размерата на истите (на  $H$ -оската почнувајќи од 234 се наголемува за 2; на  $V$ -оската, почнувајќи од 0, се наголемува за 25). За полесно пренесување на линијата на зафатнина на секои 2  $\text{sm}$  се впишуваат точки (помошна мрежа).

Потоа од зададената задача, се мерат отсечки кои линијата  $V = f(H)$  ги отсекува со мрежата и се пренесуваат на соодветно место на мрежата на милиметрова хартија. Тие места се поврзуваат со крива линија  $V = f(H)$ .

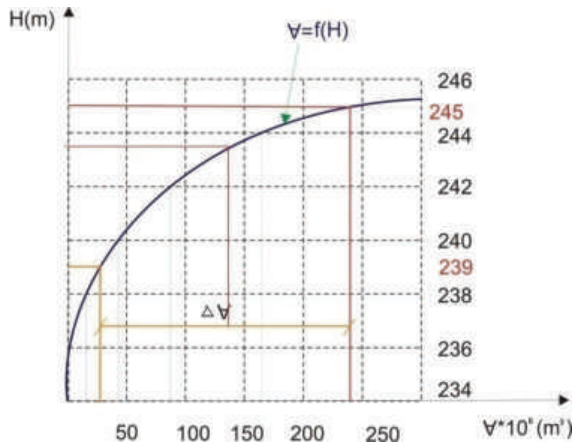
\*Коти

Котата на нормално ниво 245 се наоѓа на оската  $H$ , помеѓу котите 244 и 246, во средина. Од оваа кота се црта хоризонтална отсечка кон линијата  $V = f(H)$ . На ист начин се наоѓа котата на минималното ниво 239 и вцртува отсечка.

\*Зафатнина  $\Delta V$

Од пресеците на отсечките на котите 245 и 239 со линијата  $V = f(H)$ , повлекуваме вертикални прави со произволна должина. Растојанието помеѓу правите го поврзуваме со хоризонтална отсечка и ја котираме со  $\Delta V$ . Должината на отсечката  $\Delta V$ , ја поставуваме на оската  $V$ , од координатниот почеток и читаме големина  $\Delta V = 220 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Заклучок:



\*Енергија Е

За да се пресмета падот на постројката, потребно е да се одреди котата на тежиштето на корисниот простор. Тоа се наоѓа на следниот начин: од средина на отсечката  $\Delta V$  повлекуваме вертикална права до линијата  $V=f(H)$ . Од овој пресек, кон Н-оската цртаме хоризонтална права. На Н-оската читаме кота на тежиште Ктеж 243,30 .

Падот на постројката сега е:

$$H = \text{Ктеж} - \text{Кдв} = 243,30 - 226$$

$$H = 17,30 \text{ m}$$

Енергијата е:

$$E = 0,00222(V_g + \Delta V)H \text{ kwh}$$

$$E = 0,00222(1450 + 220)10^6 * 17,3$$

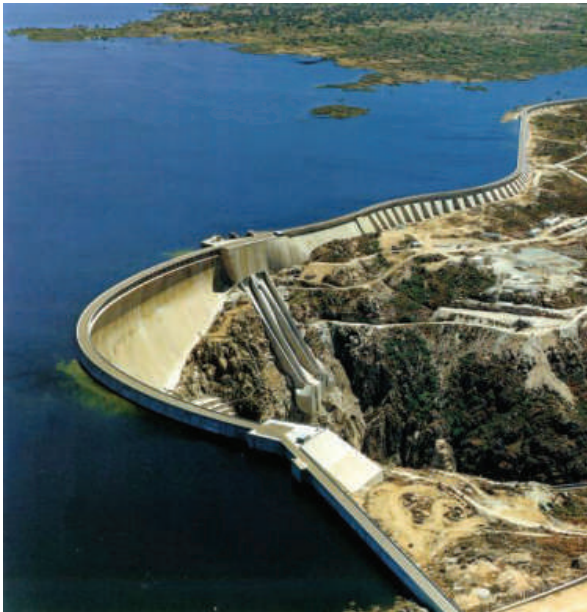
$$E = 64,138 * 10^6 \text{ kwh}$$

Со регулирање на протекот од реката со изградба на акумулациски базен се постигнува следно:

\*Хидроенергетската постројка според котите има мал пад и е прибранска.

\*Акумулацискиот базен до Кнн е со зафатнина  $240 * 10^6 \text{ m}^3$  вода, од кој корисниот простор  $220 * 10^6 \text{ m}^3$  што е голема искористеност.

\*Енергијата произведена од зафатнината на корисниот простор е поголема за  $2,077 * 10^6 \text{ kwh}$ , отколку пред регулирање на протекот од реката.



## 2. Брани

Материјали  
Конструктивен вид  
Делови на брана  
Тело,  
Круна,  
Спротиводна косина,  
Воздушна косина,  
Основа

### 2.1. Насипани брани

Поделба  
Земјени  
Камено-земјени  
Камени  
Водонепропуслив елемент  
Прелевање  
Водопроводни објекти  
Градежна сезона

#### 2.1.1 Земјено насипани брани

Хомогени  
Зонирани  
Спротиводен екран  
Јадро  
Дијафрагма  
Попречен профил  
Вградување на земјениот ма-  
теријал

#### 2.1.2 Камено-земјени брани

Предност во однос на останата  
тите насипани брани  
Потпорни тела  
Тенко јадро

- Вградување на каменот
- 2.1.3 Камени брани
  - Тело на браната
  - Вградување на камен и чакал
  - Дијафрагма
  - Екран

2.1.4 Конструктивни елементи кај насипаните брани

- Спротиводна косина
- Воздушна косина
- Берми
- Круна
- Бранобран
- Дренажа
- Инјекциона галерија

2.2. **Бетонски брани**

- Фабрика за бетон
- Камен агрегат
- Вода
- Цемент
- Додатоци
- Валјан бетон
- Лабараторија
- Поделба

2.2.1 Масивни брани

- Гравитациски
- Прелевање
- Триаголен напречен пресек
- Раширен профил
- Посебни влијанија на бетонот
- Бетонирање во блокови со вибрирање
- Вградување на бетонот со валање

2.2.2 Контрафорни брани

- Составни делови
- Контрафори
- Прегради
- Наклон на спротиводна површина
- Контрафори со масивни глави
- Рамна преградна плоча “Амбурсен“
- Лачни прегради

2.2.3 Лачни брани

- Ситуација
- Статичка

- Преградно место
- Напречен пресек
- Бетонирање
- Прелевање
- Основни параметри
- Чисто лачни
- Лачно-гравитациски

2.3. **Оскултација на браните**

- Време на набљудување
- Поместување на површината
- Репер
- Поместување во внатрешноста
- Напрегања во насипот
- Порен притисок
- Филтрација
- Деформации на бетонски брани
- Температура во бетонот
- Напрегање на притисок
- Лачни брани
- Сеизмички наблудувања

Запомни

Тест

Графо-нумеричка задача

## 2. Брани

Браните го преградуваат речното корито при што се подига нивото на вода до саканата кота, т.е. се формира вештачко езеро. Воденото количество од акумулацијата се користи за водоснабдување, наводнување, производство на хидроенергија и други потреби во водостопанството. Браните се најголеми, скапи и важни објекти во хидротехниката.

*Материјали* од кои се градат браните се: земја, камен, бетон, армиран бетон, челик, дрво и комбинација од наброените.

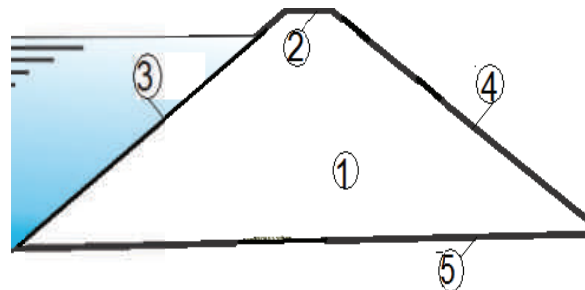
*Конструктивниот вид* на браните е: гравитациски и лачен.

Гравитациските брани имаат голема маса на телото, со која се спротиставуваат на силите на лизгање. Такви брани се масивните и контрафорни бетонски, земјените и камените. Контрафорните брани се составени од контрафори (вертикални сидови) и преградни површини. Но, најчесто кога се зборува за гравитациски брани се мисли на масивните бетонски.

Лачните брани во основа имаат лачна форма, а често водената и воздушната површина се закривени. Водениот притисок, статички го примаат како лак и го предаваат на бреговите. Материјал од кој се градат е бетон, армиран-бетон и преднапрегнат бетон.

Според големината браните може да се големи и мали. Голема брана има височина најмалку 15 m, должината на круната поголема од 500 m, волуменот на акумулацијата е поголем од 1.000.000 m<sup>3</sup> и максималното протекување на преливникот да е поголемо од 2.000 m<sup>3</sup>/с, во спротивно се мали.

*Делови* на браните се: тело, круна, спротиводна површина, низводна (воздушна) површина, основа, прикажани на сликата 2.1.



Сл.2.1. Делови на брана

Телото на браната (1) има задача да ја задржи водата во акумулациониот базен и да се спротистави на водениот притисок.

Круната на браната (2) е највисоката хоризонтална површина над максималното ниво на вода.

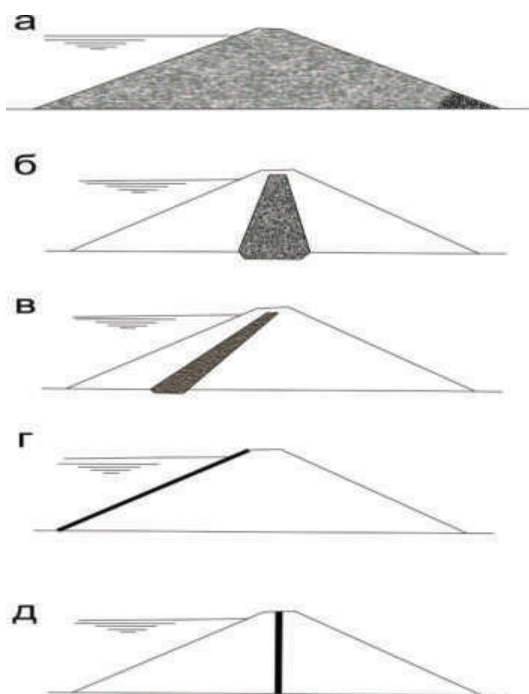
Спротиводната површина (3) (вертикална, крива или коса) е страната од браната свртена кон водата.

Низводната (воздушна) (4) површина е најчесто коса, а се наоѓа на спротивната страна од водата.

Основата на браната (5) е почвата на која таа налегнува.

## 2.1 Насипани брани

Насипани брани се градат повеќе од останатите видови брани, зашто се најевтини, иако се најсложени за проектирање, градење и експлоатација. Тие се градат од локален материјал (земја и камен), кој не бара големи транспортни трошоци, а воедно е добар за насипување. Истите се прикажани на сликата 2.2, со следниот опис:



Сл.2.2.2.Насипани брани

Земјените брани (а) се насипани со земјен материјал (глина и песок) во повеќе од 50% од зафатнината на телото.

Камено-земјените (б,в) се изградени од крупнозрнест чакал и камен (со застапеност повеќе од 50% во телото на браната) и имаат противфилтрационо тело од земјен материјал.

Камени насипаните брани (г, д) се изработени од крупнозрн камен (во телото на браната повеќе

од 50%), со водонепропуслив елемент од вештачки материјал.

Водонепропуслив елемент е *екран* (се наоѓа на спротиводната косина), *јадро* и *дијафрагма* (лоцирани во телото на браната).

Насипаните брани се *непрелевни*, бидејќи прелевање на вода преку круната на браната кон воздушната косина (која посебно не се заштитува) може да предизвика рушење.

Во телото на браната *не се градат водопроводни објекти* (тунели, цевоводи и сл.), бидејќи не може да се постигне соработка меѓу насипот и облогата на овие објекти.

Насипаните брани се градат подеднакво на добри и основи со одредени недостатоци, ако се преземат мерки за подобрување на основата (инјекциска завеса).

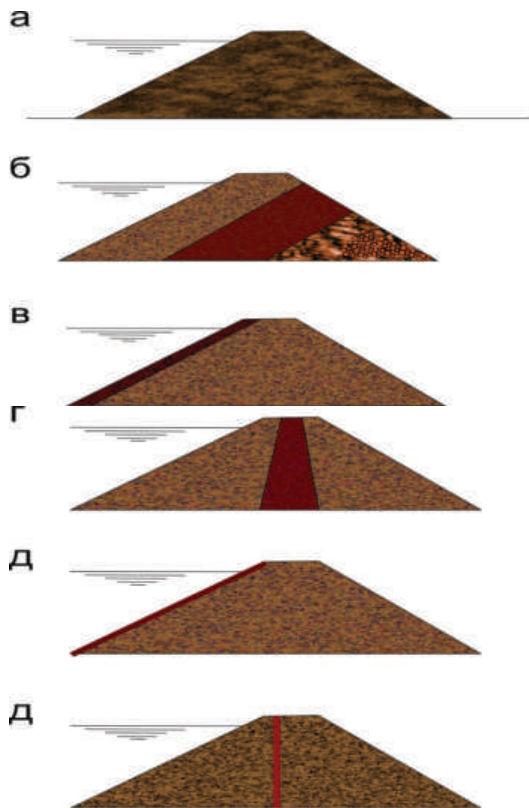
Градежната сезона е ограничена, бидејќи температурите под 0°C, дождот и снегот, негативно влијаат на квалитетот на насипот.

### 2.1.1 Земјени брани

Земјените брани се граделе многу одамана, така што и денес се користат во Кина, Индија, Египет.

Телото на браната е насипано од земјен материјал. Тоа е конструирано како на сликата 2.3. Попречниот профил на браните е трапезен, со наклон на косините од 1 : 2 за песок до 1 : 4 за глина. Ако браната е со височина поголема од 50m, косините имаат променлив наклон и берми.





Сл.2.3.Тело на земјени брани:

(а) *хомогено* од земја со мала водо-пропусливост; (б) *зонирано* од разни видови земјен материјал, каде водо-пропусливиот е на воздушната страна; (в) *со спротиводен екран* од глина; (г) *со јадро* од слабоводопр-опуслива земја; (д) *со водонепропус-тливо тело* од вештачки материјал (бетон, армиран бетон, асфалт, челик, полиетилен).

Браните се градат од локален материјал чиј квалитет постојано се следи. Земјата се распстила во сло-еви од 20 до 50 *sm*. Ако на земјата и недостасува влага, истата се прска со вода, за да се постигне оптимална влажност, а потоа се набива со ежови и валци како на сликата 2.4.



Сл.2.4.Распстилање и набивање

### 2.1.2. Камено - земјени брани

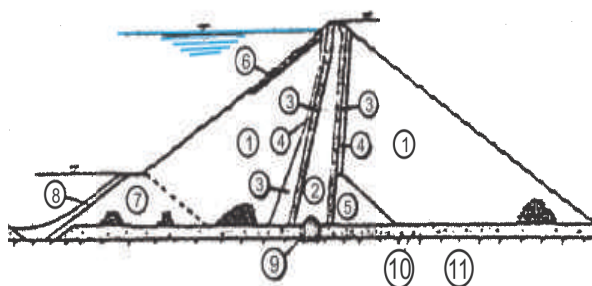
Камено - земјените брани, слика 2.5, се изградени во поголем број во однос на останатите насипани брани, заради релативно поедноставната конструкција и експлоатација, сигурноста и неограниченото траење. Највисоките насипани брани се камено-земјаните. Кај нас вакви брани се: Глобочица, Тиквеш, Турија, Шпиле, Козјак.



Сл.2.5 Камено-земјена брана

Браната е составена од: *потпорни тела* (крупен чакал и камен) на водената и воздушната страна и *тенко јадро* (вертикално или зако-сено) од кохерентна земја (глина).

На сликата 2.6 е прикажана браната Тиквеш, на Црна река.



Сл.2.6.Брана Тиквеш напречен пресек: (1) нафрлан камен; (2) глинено јадро; (3)(4) филтерски слој; (5) камена ситнеж; (6) крупен камен; (7) предбрана од нафрлан камен; (8) глинен екран од предбрана; (9) инјекциска галерија; (10) речен нанос; (11) карпа.

Камено-земјените брани имаат голема маса, па треба да се градат на добра основа (карпа).

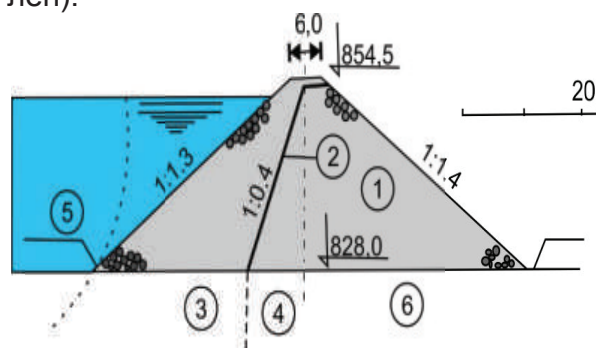
Потпорното тело од камен се насипува во слоеви од 1 до 3  $m$  и со влажнење со 0,1 до 0,3  $m^3$  вода на  $m^3$  камен и набивање со вибратори.

При насипување без набивање, слоевите се до 10  $m$ , со промивање со 2 до 4  $m^3$  вода на  $m^3$  камен. Ако се вградува крупен чакал, тој се збива во слоеви од 0,5 до 1  $m$ . Косините се во границите од 1 : 1,5 до 1 : 2,2.

Јадрото е широко 3 до 4  $m$  на круната и 0,2 до 1 од височината на браната, во основа. Вградувањето на кохерентниот материјал е исто како кај земјаните брани. Јадрото се вкопува во карпа 1 до 2  $m$  за подобра врска со основата и подолг пат на процедурната вода. Под јадрото има галерија во која се поставуваат разни мерни инструменти и од неа се инјектира во основата.

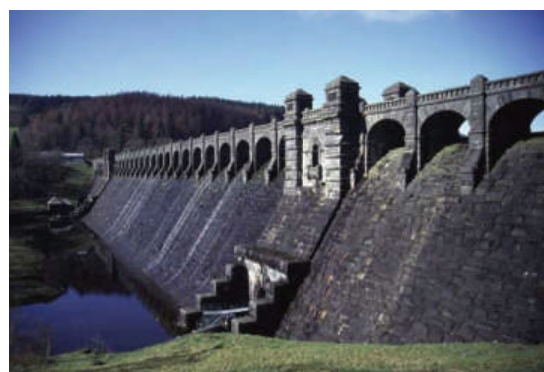
### 2.1.3. Камени брани

Телото на камените брани, слика 2.7, е од крупнозрн чакал и камен, со водонепропусливо тело (екран или дијафрагма) од вештачки материјал (армиран бетон, асфалт-бетон, а поретко челик и полиетилен).



Сл.2.7. Камена брана напречен пресек: (1) нафрлан камен; (2) асфалтна дијафрагма; (3) асфалтен забец; (4) битуменска инјекциска завеса; (5) нанос; (6) основна карпа

Браната има трапезен попречен пресек, со косини 1 : 1 до 1 : 1,5 (со променлива големина и со берми кај повисоките брани).



Сл.2.8.Брана од рачно реден камен

Вградувањето на каменот и чакалот е во слоеви до 1  $m$  со прскање со вода околу 15% од волуменот на насипот. Притоа со ежови и валци се набива насипа-



ниот материјал. Каменот може да се реди рачно како на сликата 2.8.

Дијафрагмите, (вертикални или закосени кон спротиводната страна) се градат едновременно со камениот насип. Дијафрагмите не се изложени на температурно влијание од воздухот, помалку се оштетуваат од слегнување на браната и лесно се вградуваат. Најчесто се од асфалт, слика 2.9, со 30 до 80 *sm* кај круната, а 50 до 120 *sm* кај темелот.

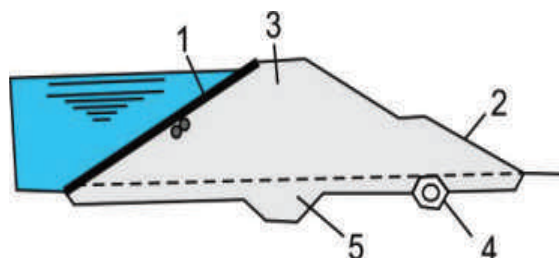


Сл.2.9.Вградување на дијафрагма од асфалт на брана “Кнежево“

Екранот на водената косина се гради откако е вграден насипот. Ако е армиранобетонски, тој е со најмалку МБ30, водонепропуслив и 0,5 до 1% арматура. Дебелината на екранот е од 30 *sm* до 0,003 височини на браната. При бетонирањето се изведуваат надолжни и напречни температурно-деформациони фуги на 4 до 15 *m*. Последниве 50 години се градат асфалтните екрани, без фуги, но за брани високи до 80 *m*, (поради сложеното вградување на асфалтот).

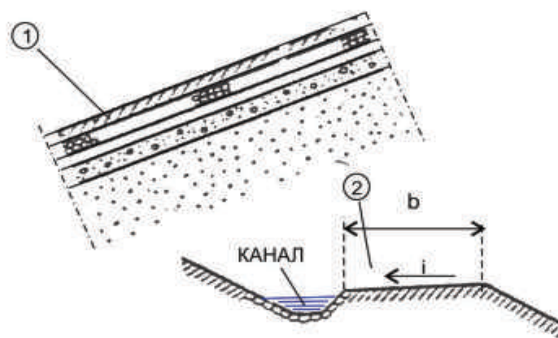
#### 2.1.4. Конструктивни елементи кај насипаните брани

Напречниот пресек на браните е трапезен, слика 2.10 (детали 1, 2, 3, 4, 5). Косините се рамни или искршени површини со берми. За наклонот на косините е кажано во содржините од оваа тема.



Сл.2.10.Напречен пресек

*Спротиводната косина* - детал (1), кај браните без екран е изложена на механичко влијание на водата, па се заштитува со облога од камен :



Детал.1 спротиводна косина; 2 бери

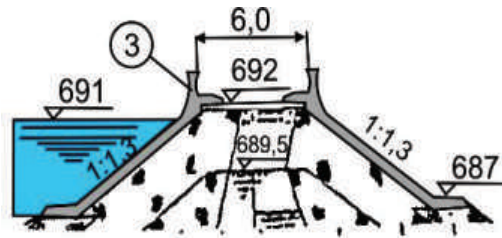
*Воздушната косина* на земјените брани се заштитува од атмосферски влијанија со трева над 20 до 30 *sm* хумус и со берми - детал (2). Воздушната косина на камените брани не се заштитува.

*Круната*, се оформува според потребите на експлоатацијата и сообраќајот, но секако според прописите за патишта, слика 2.11.



Сл.2.11. Ограда на круната

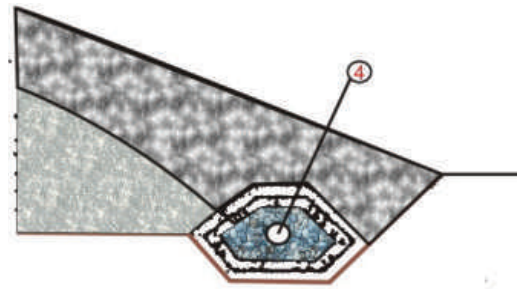
Задолжително на круната има тротоари и ограда. Ако се очекуваат бранови, за да се спречи прелевање на вода преку круната се градат *бранобрани* – детал (3).



Детал.3. бранобран на круната

*Дренажите* се градат за да се смали нивото на процедната вода и истата да се собере на едно место во телото на браната. Се лоцираат на низводната ножица, но може и на друго место. Освен дренажа во вид на призма од камен - детал (4), се поставуваат дренажни цевки или филтрационен тепих од песок и камен.

За намалување на филтрацијата низ телото на браната до толерантни граници, се градат противфилтрациони тела како што се екран, јадро и дијафрагма, за кои е веќе кажано.



Детал 4. призма од камен

Ако во основата под браната има поголема филтрација тогаш задолжително е инјектирање. Филтрацијата, со инјектирањето не се спречува сосема, туку се намалува, при тоа се продолжува патот на процедната водата под браната. Инјектирањето е со разни смеси составени од цемент, песок, глина и слично. Инјектирањето може да се изврши од *инјекциона галерија* - детал (5), а често преку целото тело на браната и околниот терен, се до потребната длабочина, таканаречена *инјекциска завеса*.

## 2.2. Бетонски брани

Бетонот има многу добри особини, а можна е примена на механизација во сите фази на градење, посебно во објектите како што се брани. На самото градилиште се монтира *фабрика за бетон*, која произведува онаков бетон каков во тој момент е потребен, слика 2.12.



Сл.2.12. Фабрика за бетон

Составните компоненти на бетонот (камен агрегат, цемент, додатоци) се чуваат на самото градилиште и по потреба се надополнуваат.

*Камениот агрегат* е природен (речен) и вештачки (дробен во позајмиште). Се избира гранолометрички состав кој дава добра збиеност на бетонот. Останатите особини на агрегатот треба да се според стандардите за бетон.

*Водата* се зема од река, но сепак треба да се испита нејзиниот квалитет. Водоцементниот фактор треба да е помал од 0,5.

*Цементот* е обичен портланд. Во кубен метар готов бетон има од 250 до 300kg цемент. По потреба на бетонската маса се додаваат додатоци, за да се постигне водонепропусливост, постојаност на ниски температури и сл.

Ако се подготвува *бетон за валање*, тој ги содржи истите компоненти, но во помали количества, т.е. добро гранулиран агрегат, малку вода и до 100kg цемент на кубен метар бетон. Од додатоци во бетонот најчесто има пуцолан.

Вградениот бетон треба да има соодветна јакост на притисок по 28 дена, но и други специфични особини, како што е поголема јакост на затегање. Затоа на самото градилиште има *лабараторија* за испитување на материјали.

Бетонските брани може да се изградат како: масивни, контрафорни и лачни.

### 2.2.1 Масивни брани

Масивните брани се спротивставуваат со сопствената тежина на хоризонталната сила од водениот притисок. Всушност се создава отпор на триење меѓу браната и основата, кој е пропорционален на масата, оттука и името *гравитациски*.

Иако во минатото овие брани се граделе сидани од камен со или без исполнети фуџи со малтер, денес се изработуваат само од бетон. Последните триесетина години економичноста на овие брани се наголемува заради примена на валјан (ролиран) бетон.

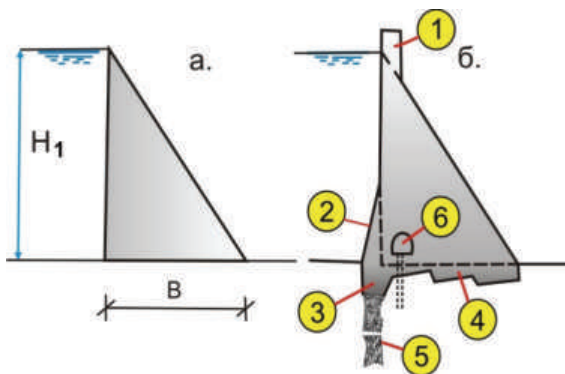
Бетонските брани може да се прелевни, непреливни и комбинирани, како на сликата 2.13.





Сл.2.13.Бетонска брана

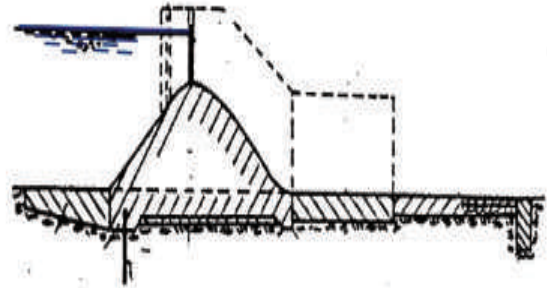
Карактеристична поделба на браните е според основната почва на која се фундирани. На карпеста основа се градат брани, слика 2.14, со напречен пресек *триаголник*.



Сл.2.14.Брана на карпеста основа: траголник (а) на кој од практични причини има дополнувања (б), и тоа: (1) круна; (2) спротиводна косина; (3) заб; (4) назабување на темелот; (5) инјекциска завеса; (6) дренажна галерија

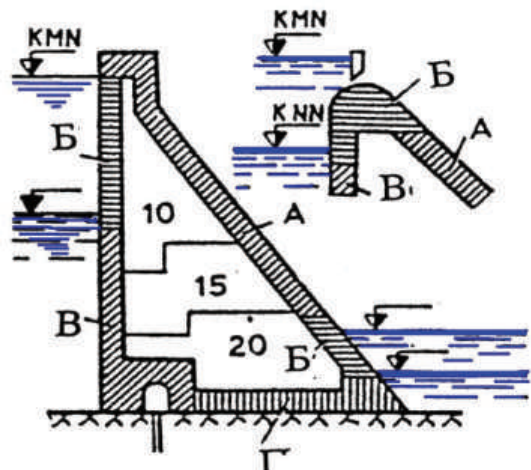
Водената косина е вертикална или со наклон од 10 : 1 до 20 : 1. Воздушната косина е наклонета од 1 : 0,65 до 1 : 0,85. Темелот на браната се назабува заради подобра врска со основата и стабилност против лизгање, со три до шест заб, под агол од 10° до 15° со хоризонталата.

Ако се гради брана на некарпести (врзани и неврзани) почви, тогаш висината на браната е ограничена на 40m, а напречниот профил е *раширен*, како на сликата 2.15.



Сл.2.15.Брана на некарпеста основа

Заради големите димензии на браната некои нејзини делови се изложени на посебни влијанија, прикажано наслика 2.16.

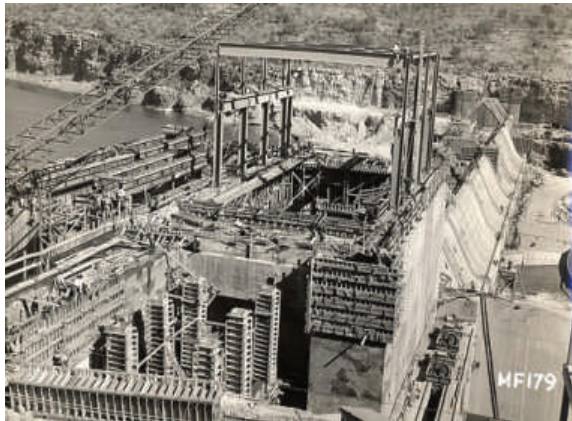


Сл.2.16.Зони на посебни влијанија

Во периферните (активни) зони со дебелина 2 до 5 m, се јавува потреба од вградување на следните видови бетон: бетон постојан на температурни влијанија - на круната и на воздушната косина (А); бетон постојан на мраз и водонепропусен - во зоната (Б) каде нивото често се менува, на водената и воздушната површина и круната кај прелевните брани; во зоната (В) која е посто-

јано под вода - се вградува водо-непропусен и бетон постојан на вода; во зоната (Г) може да се вгради обичен бетон со повисока марка - бидејќи е темел. Во средната зона се вградува МБ како на сликата.

Самото бетонирање е во *блокови со вибрирање*, во редови; со прекривање на фугите меѓу блоковите; во вид на столбови и комбинирано, прикажано на сликата 2.17. Ова овозможува ладење на бетонот за  $15^{\circ}$  до  $25^{\circ}\text{C}$  со специјални инсталации, кои подоцна се вклопуваат во деформациски фуги.

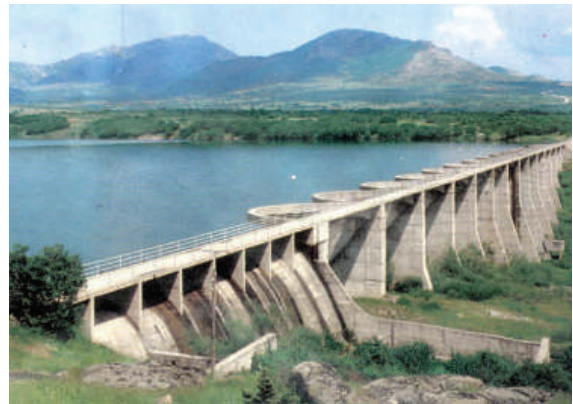


Сл.2.17.Бетонирање со вибрирање

Од 1980 година, бетонот во браните се вградува со валање. Бетонот се распстила во слоеви од 30 до 40 $sm$  во лента (од брег до брег) со булдозери и скрејпери и се збива со тешки вибровалци.

## 2.2.2. Контрафорни брани

Во почетокот на дваесеттиот век се граделе повеќе контрафорни од масивни и лачни брани. Во контрафорните брани се вградува помалку материјал, бидејќи се составени од контрафори и прегради. Тие се лоцираат во широки речни долини и карпеста основа, види слика 2.18.



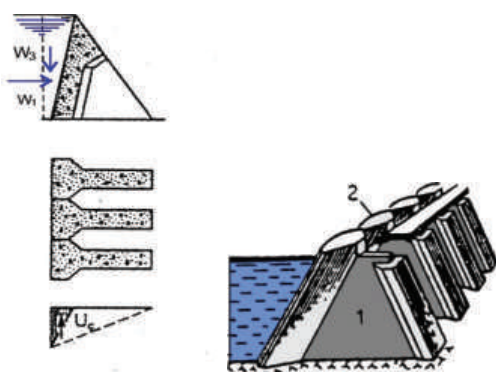
Сл.2.18. Прилепска многулачна брана

Карактеристика на овие брани е *големиот наклон* на спротиводнатата површина, која предизвикува поголема вертикална сила од масата на водата над таа косина. Ова пак ја наголемува стабилноста на браната, која има мала маса.

При наголемување на растојанието меѓу контрафорите (се штеди бетон), наклонот на косините е пострм. Притоа се наголемуваат напрегањата во столбовите за што е потребна поквалитетна основа да ги прими истите.

Во зависност од конструкцијата на преградата, браните може да се: со проширување на контрафорите во масивни глави од водената страна; преграда во вид на рамна тенка плоча и тенки закривени плочи (многулачни).

Контрафорите со *масивни глави*, слика 2.19, имаат променлива дебелина од  $3,5m$  кај круната до  $8m$  кај темелот. Главата е со широчина  $0,8$  од оскиното растојание меѓу контрафорите. Но, сите овие големини зависат од висината на браната. За брани високи од  $40$  до  $60m$ , оскиното растојанието е  $10$  до  $20m$ , со наклон на косините, спротиводна од  $1:0,4$  до  $1:0,5$  и воздушната од  $1:0,45$  до  $1:0,6$ .



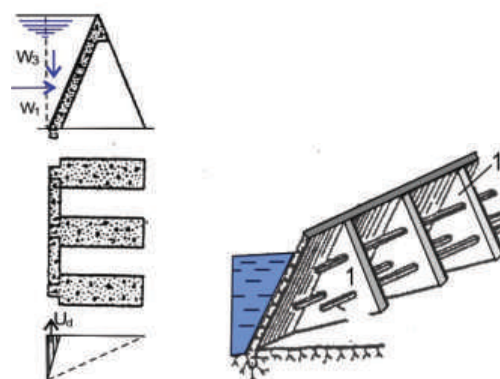
Сл.2.19.Контрафори со масивни глави; пресек, основа и изглед; 1 - контрафор и 2 - масивна глава

Браните со контрафори и преграда *рамна плоча*, попознати како „амбурсен“ (според конструкторот), се градат со височина до  $40m$ , заради потребата од поголема дебелина и повеќе арматура во плочата, слика 2.20.

Дебелината на плочата кај круната е од  $0,2$  до  $0,3 m$ , а подолу статички се пресметува како слободно потпрена плоча. Плочата е наклонета под агол од  $45^\circ$  до  $60^\circ$  со хоризонталата.

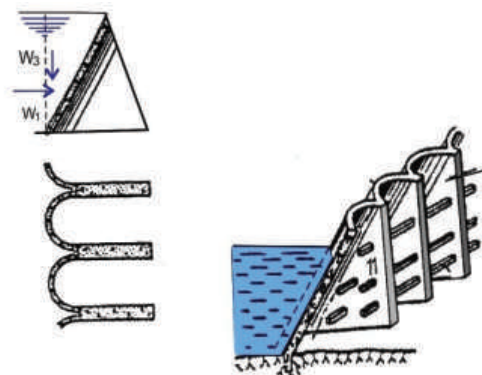
Контрафорите се на оскино растојание од  $4,5$  до  $5,5m$ . Тие кај круната се дебели од  $0,25$  до  $1m$ , кај основата најмногу до  $0,1$  од висината на браната.

Воздушната косина е наклонета под агол од  $60^\circ$  до  $85^\circ$ . За да се спречи надолжно извиткување на тенките контрафори се поставуваат греди за вкртување на хоризонтално растојание од  $8$  до  $10m$  и вертикално  $5$  до  $12m$ .



Сл.2.20. „Амбурсен“; пресек, основа и изглед

Контрафорните брани со *лачни прегради*, (слика 2.21) се поекономични од останатите заради поголемото растојание помеѓу сидовите ( $10$  до  $25m$ ). Дебелината на контрафорот кај круната е од  $1,5$  до  $2$  пати од дебелината на лачната преграда кај круната, а пак кај основата е  $1,1$  од висината на браната.



Сл.2.21.Многулачни; пресек, основа и изглед



Спротиводната косина со хоризонталата зафаќа агол од  $50^\circ$  до  $60^\circ$ , а аголот на наклонот на воздушната косина е  $60^\circ$  до  $90^\circ$ . Лакот ги има следните димензии: дебелина кај круната од 0,25 до 0,75m, а кај основата од 0,6 до 3,6m. Централниот агол на лакот е  $160$  до  $180^\circ$ .



Сл.2.22. Многулачна брана во градба

### 2.2.3. Лачни брани

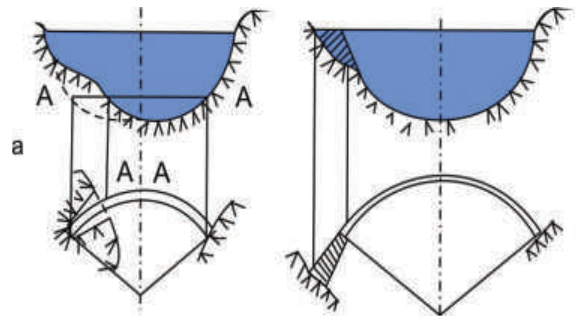
Лачните брани, слика 2.23, од останатите бетонски брани се разликуваат по лачната форма во ситуација, но и по начинот на предавање на силата на хидростатички притисок на основната почва.



### Сл.2.23 Лачна брана

Во ситуација имаат форма на лак, а силите ги предаваат на бреговите од речната долина статички како лак (вклучен во здрава карпа), а многу помал дел на речното дно, статички како конзола. Од особена важност за статиката и конструкцијата е топографијата на преградното место. Најдобри се симетрични и триаголни преградни места.

Ако преградното место е правоаголно или трапезно, тогаш дебелината на лаците од браната е поголема. Кај несиметричните долини топографските услови се подобруваат, како на сликата 2.24.



Сл.2.24.Подобрување на несиметрични долини: со ископ (а) со бетонски блокови (б)

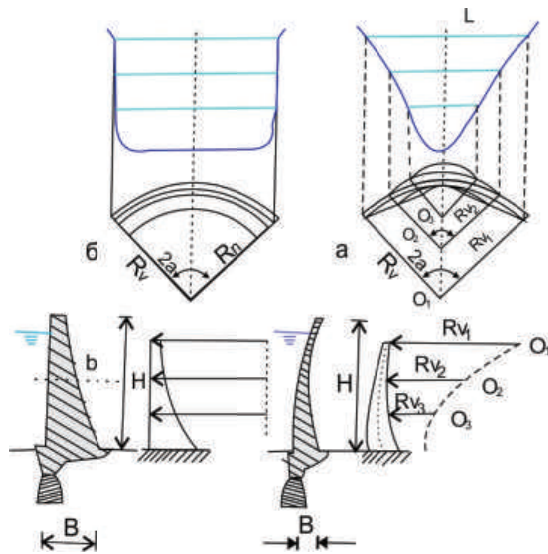
Напречниот пресек на браната е приближно трапезен, а понекогаш со закривена водена и воздушна површина, димензиите се многу помали од оние на масивните.

Бетонирањето е во хоризонтални лаци со дебелина која се менува со наголемување на притисокот. Лаците формираат единствена конструкција од бетон, армиран бетон или валјан бетон.

Лачните брани може да се преливни и непреливни.

Основни параметри кај лачните брани се: радиус на закривеност на лакот во основа ( $R$ ); централен

агол( $\alpha$ ); однос на ширината на преградното место ( $L$ ) и висината ( $H$ ),  $L/H$ ; однос на ширината на браната ( $B$ ) и висината ( $H$ ),  $B/H$ . Во зависност од односот на овие параметри браните може да се чисто лачни (а) и лачно-гравитациски (б), прикажани на слика 2. 25.



Сл.2.25.Чисто лачни (а) и лачно-гравитациски брани (б)

Чисто лачните брани речиси целиот притисок од водата го предаваат на бреговите. Тие се градат кога широчината на преградното место е  $L < (2 \div 2,5) H$ , така што дебелината на браната  $B < 0,3 H$ , па и  $B < 0,1H$  (овие последниве се многу економични). Брана Вајонт (Италија)  $H = 261,5m$  а  $V=21,4m$ ; брана Тола (Корзика)  $H = 88m$  и  $V = 2,43m$ .

Лачно-гравитациските брани, дел од водениот притисок го примаат со сопствената тежина, а дел го предаваат на бреговите, како лак. Широчината на преградното место е  $L < 3,5 H$  а пак  $V = (0,3 \div 0,5)H$ . Кај нас вакви брани се: Матка (слика 2.26), Липково, Глажња, Младост, Гратче, Ратево.



Сл.2.26.Брана Матка



### 2.3. Оскултација на браните

Сите набљудувања што се извршуваат кај браните може да се претстават со табела 2.1:

набљудувања		
за време на градење 1 до 30дена	после градење од 2 до 12 месеци	
статички мерења	статички мерења	динамички мерења
поместувања дилатации напрегања порни притисоци	поместувања дилатации напрегања порни притисоци ниво на вода филтрација ниво на подземна вода	забрзувања и поместувања во браната и основата

Таб.2.1.Набљудувања кај браните

Густината на инструментите за оскултација зависи од видот, големината и сложеноста на конструкцијата.

Кај *насипаните брани* се набљудуваат карактеристиките:

Поместување на површината на браната, се следи со геодетски инструменти (нивелир, теодолит). Тие се поставуваат на столбови, лоцирани на круната, бермите, бреговите и придружните објекти, формирајќи микротригонометриска мрежа. На сликата 2.28 прикажан е столб со репер.

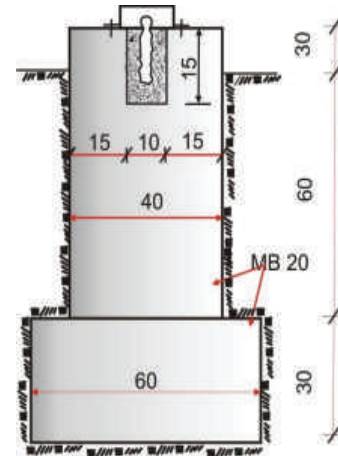
Мерење на поместувањата во хоризонтална и вертикална насока, во внатрешност на браната е со хидрауличен репер, инклинометар, екстензиометар и разни други механички уреди.

Напрегањата во насипаниот материјал се мерат доста неточно

заради крутоста на челичната мерна келија;

Порниот притисок се пресметува откако ќе се измери пиезометарскиот притисок со разни видови пиезометри како во телото на браната, така во основата и бреговите;

Филтрацијата низ браната, основата и бреговите, дава слика за целокупната работа на браната. Освен визуелната оскултација се поставуваат и пиезометри во телото на браната. Често се прават испитувања на физичките и хемиските особини на филтрираната вода.



Сл.2.28.Столб со репер

Оскултацијата на *бетонските брани* е слична на насипаните:

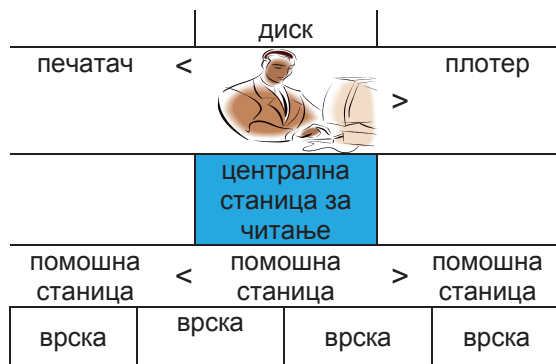
- деформациите на браната и основата се мерат со висоци, прецизен нивелман и триангулација;
- температурата во разни зони од телото се мери со термометри;
- напрегањата на притисок, дилатација, отварање на фугите, се набљудуваат со дилатометри.

Кај *лачните брани* набљудувањето е покомплексно во однос на

останатите бетонски брани, заради сложеноста на конструкцијата.

*Сеизмичките* наблудувања се од особена важност за сигурноста на браните, особено ако акумулацијата се наоѓа спротитечно од густо населени и индустриски места.

За таа цел се поставуваат соодветни инструменти: акцелерографи, сеизмоскопи и регистратори на одговорот на конструкцијата. Нашата држава се наоѓа на територија со голема сеизмичка активност и сложени услови за настанување на земјотреси, па затоа е задолжително поставување на најмалку три инструменти.



Со развојот на компјутерската техника следењето на браните е континуирано и автоматско, со централен систем на читање и издавање резултати, како на шемата прикажана погоре.



Делови на брана се: тело, круна, спротиводна површина, низводна (воздушна) површина и основа.

Насипаните брани се градат од локален материјал кој не бара големи транспортни трошоци, а воедно е добар за насипување.

Камено-земјаните брани се составени од потпорни тела (крупен чакал и камен) на водената и воздушната страна и тенко јадро (верти-кално или закосено од глина).

На градилиштето има фабрика за бетон, која произведува онаков бетон каков моментно е потребен.

На карпеста основа се градат масивни брани со триаголен напечен пресек на кој од практични причини има дополнувања.

Единствена контрафорна брана кај нас е кај Прилеп.

Чисто-лачните брани речиси целиот притисок од водата го предаваат на бреговите.

Филтрацијата низ браната, основата и бреговите се набљудува, зашто дава целосна слика за работа на браната.

Сеизмичката активност се сле-ди со три инструменти.



*I. Упатство:* Во секое прашање ќе најдеш празни линији на кои треба да го напишеш одговорот.

1. Наброи ги деловите на браната:

- а) \_\_\_\_\_
- б) \_\_\_\_\_
- в) \_\_\_\_\_
- г) \_\_\_\_\_
- д) \_\_\_\_\_

2. Со колку инструменти сеизмички се следат браните?

- а) \_\_\_\_\_

*II. Упатство:* Одлучи која алтернатива е најдобра за да се доврши реченицата или да се одговори на прашањето. Заокружи!

1. На карпеста основа се градат масивни брани со:

- а) *триаголен пресек;*
- б) *раширен пресек.*

2. Чисто-лачните брани притисокот од водата го предаваат поголем дел на:

- а) *бреговите;*
- б) *дното.*

3. Бетонот во браните се вградува со:

- а) *вибрирање;*
- б) *валјање.*

*самооценување на тестот*

Група на прашања	Број на прашање	Можни поени	Освоени поени
I	1	5	
	2	1	
II	1	1	
	2	1	
	3	2	

## ГРАФО-НУМЕРИЧКА ЗАДАЧА

### Брани

На преградно место на реката предложена е изградба на камена брана:

\*да се нацрта попречен профил во размер 1:1000

\*да се пресмета плоштина.

Кога се познати:

- кота на круна на брана ККБ 255
- кота на дно на брана Кдно 202
- широчина на круна на брана  $B=10m$
- спротиводна косина  $m=1,5$
- воздушна косина  $n=1,3$

Забелешка:

Задачата е добро да се работи на милиметарска хартија. Сè што се однесува на начинот на цртање на напречниот пресек на камена брана, се применува за цртање на останатите водови брани (земјена, камено-земјена, бетонска).

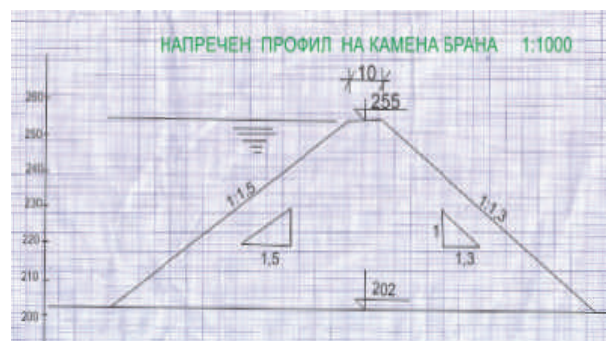
Решение:

\*Напречен профил на брана

На листот се црта размерник за коти, вертикална права на која се обележуваат поделби на секој  $sm$ , почнувајќи од 200, па се до 260. На размерникот се пронаоѓаат котите на круната на браната 255 и на дното 202. Од нив се повлекуваат произволно долги хоризонтални прави. Истите висински се обележуваат.

Помеѓу овие прави, произволно се нанесува спротиводната косина, на  $1sm$  вертикална,  $1,5 sm$  хоризонтална отсечка (во вид на катети од правоаголен триаголник). Хипотенузата на триаголникот е

саканиот наклон на косината 1:1,5. Паралелно на овој наклон повлекуваме отсечка од хоризонталната права на кота 202 до правата на кота 255.



Од пресекот на косината и правата на котата на круната на браната 255, ја нанесуваме широчината на круната на браната  $B=10 m$ , во размер 1:1000,  $1 sm$ ; ја цртаме воздушната косина на браната 1:1,3, на ист начин како и спротиводната, само во обратна насока, (на  $1sm$  вертикална,  $1,3sm$  хоризонтална отсечка, во вид на катети од правоаголен триаголник). Хипотенузата на триаголникот е саканиот наклон, кој започнува од круната на браната, а завршува на дното, кота 202.

\*Плоштина на браната

Плоштината на напречниот пресек на браната е:

$$A = \left\{ B + \frac{m+n}{2} (KKB - K_{дно}) \right\} (KKB - K_{дно})$$

$$A = \left\{ 10 + \frac{1,5 + 1,3}{2} (155 - 102) \right\} (155 - 102)$$

$$A = 4462,6 m^3$$



### **3. Придружни објекти кај браните**

#### **3.1. Водопроводни објекти**

##### **3.1.1. Канали и корита**

Траса

Протечен пресек

Големина на каналите

Облога

Хидрауличка пресметка

##### **3.1.2. Тунели и галерии**

Траса

Градење

Тунели без притисок

Тунели под притисок

##### **3.1.3. Цевоводи под притисок**

Деривациски

Енергетски

Евакуациски

Траса

Материјал

#### **3.2. Евакуациони објекти**

##### **3.2.1. Евакуациони објекти за време**

на градење на постројките

Привремено преградување на

речното корито во фази

Одведување на водата од ма-

тичното корито

##### **3.2.2. Прелеви**

Сигурноста на браните против

рушење

Прелевници низ телото

Површински

Длабочински



Прелевници надвор од телото  
Челен  
Бочен  
Шахтен  
3.2.3. Темелен испуст  
Задача  
Локација  
Кај бетонски брани  
Кај насипаните брани  
Запомни  
Тест  
Графонумеричка задача

### 3. Придружни објекти кај браните

Браните, иако имаат примарна важност кај постројките, за да се користи воденото количество што се акумулирало во формираните ба-зен, имаат поголем број придружни објекти. Нивната намена е да ја за-фатат и спроведат водата до мес-тото на користење со максимална сигурност на просторот и градбите.

#### 3.1. Водопроводни објекти

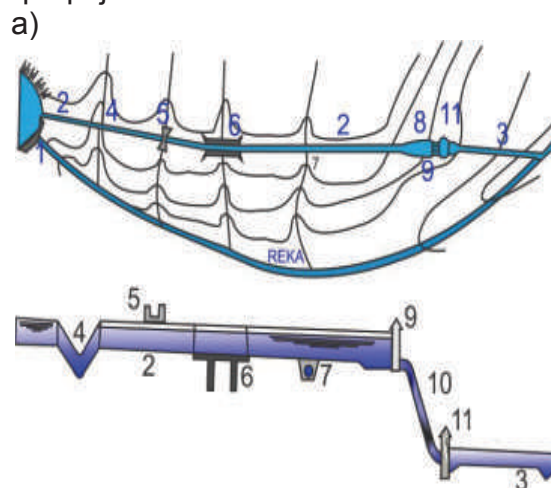
Водопроводните објекти, (де-ривации) се вештачки тек во кој водата тече од акумулацискиот ба-зен до водена комора, водостан или електрана. Тие имаат задача да извршат концентрација на пад кај деривациски постројки за произ-водство на хидроенергија.

Деривациите треба да се гра-дежно сигурни, да имаат најмали хидраулички загуби, да не се губи вода по должина на трасата и да се економични. Тоа се: канали и корита (на/над земја); тунели и галерии (во земја); цевоводи под притисок (над земја, подземја).

Во однос на притисокот деривациските објекти се без притисок - гравитациски (каналите, коритата и тунели) и под притисок (тунели и цевоводи).

#### 3.1.1. Канали и корита

Каналите претставуваат об-јекти засечени во земјата, слика 3.1, додека коритата се конструкција поставена на носачи блиску над теренот. И првите и вторите се во-ден пат во кој водата тече гравита-циски. Иако навидум каналите и коритата се прости објекти, за да се изградат треба да исполнат сло-жени услови од областа на хидра-улика, статика, геомеханика, топо-графија и сл.



б)

Сл.3.1.Канал; ситуација (а) и надол-жен пресек (б): (1) зафат; (2) канал; (3) долна вода; (4) сифон; (5,6) аквадукт; (7) пропуст; (8) водена комора; (9) затворачница; (10) цевовод; (11) електрана

Трасата на каналите и ко-ритата треба да е најкраток пат од зафатот (изграден на река или во акумулација или на брегот на веш-тачкото езеро) до водената комора. Надморската височина на која се наоѓаат е приближно еднаква, тоа значи мал пад на дното на каналите од 1 до 5‰, како на слика 3.2.



Сл.3.2.Деривациски канал

Често заради големата должина на трасата, иако падот е мал, се појавуваат поголеми брзини од дозволените (1 до 2  $m/s$ ). Ова се спречува со изградба на каскади, прагови и шикани, слика 3.3.

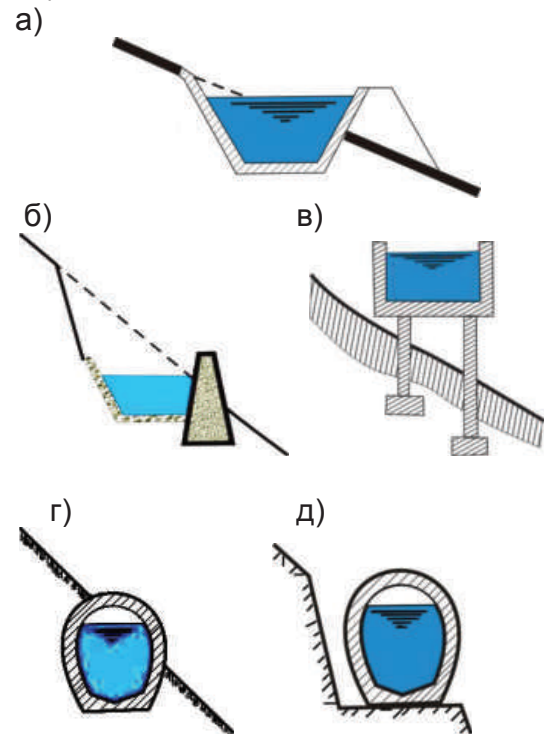


Сл.3.2.Шикани

Големината на протечниот пресек зависи од инсталираното водено количество на електраната (од 1 до 1500  $m^3/s$ ). Ако протекот е од 10 до 500  $m^3/s$ , тогаш каналите се многу економични.

Геолошките услови го диктираат видот на облогата на каналите. Необложени канали ретко се изведуваат заради проблеми со водопропусливост (здрава карпа). Материјали од кои се изведува облогата се: глина; камен (нафрлан, реден, со или без заполнети фуги); бетон и армиран бетон (леан, монтажни елементи); а во поново време асфалт-бетон. Логично е коритата да се градат од армиран бетон (на самата локација и монтажни).

Протечниот пресек на каналите, слика 3.4, треба целосно да е во усек, со многу мали насипувања (колку да се оформи напречниот пресек во делот на надвишувањето).



Сл.3.4. Напречни пресеци на канали и корита; трапезен (а,б) правоаголен (в), полукружен, сверичен (г, д)

Хидрауличката пресметка се состои во одредување на оптимална длабочина на водата/дијаметар во претпоставениот напречен пресек на каналот/тинелот. Притоа се применуваат равенките за рамномерно течење на водата.

$$\Delta h = i \cdot L \text{ -хидраулички загуби } m$$

$$Q = A \cdot V \text{ -протек } m^3/s$$

$$V = c\sqrt{iR} \text{ -брзина } m/s$$

$$c = \frac{1}{n}\sqrt[6]{R} \text{ -коэф.на брзина (Манинг)}$$

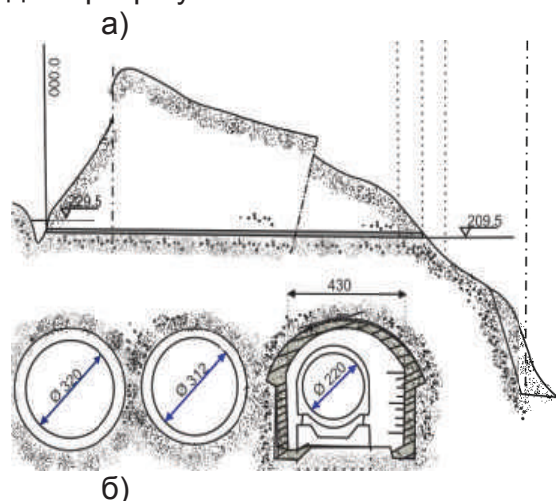
$$R = \frac{A}{O} \quad \text{-хидраулички радиус } m$$

A - протечен пресек  $m$

O - наквасен обем  $m$

### 3.1.2. Тунели и галерии

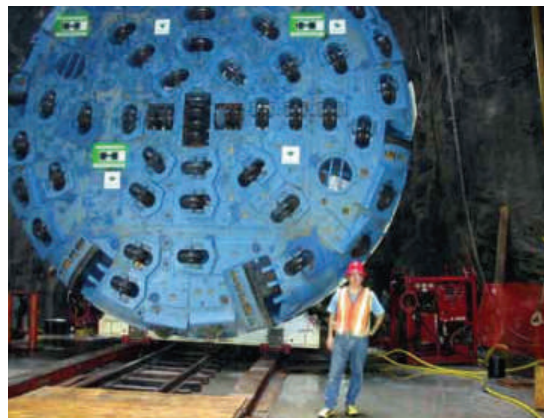
Тунелите, слика 3.5, се воден пат под површината на земјата, лоцирани меѓу зафатот и водостанот. Тие се градат: во сите случаи кога трасата на каналите, кога би се граделе би била многу долга; кога теренот е многу стрмен со можност за свлечување; под населени места и во слични ситуации. Трасата на тунелите е права линија, со едно до две прекршувања.



Сл.3.5.Тунел; (а) надолжен и (б) напречни профили на разни локации по должина на трасата.

Градењето на тунелите, слика 3.6, треба да е за пократко време, така што ќе се искористат теренските услови. Облогата е армирано-бетонска, но ако основата е цврста и неиспукана карпа, тогаш се нанесува тенок бетонски слој, под прити-

сок (торкрет бетон). За подобра со-работка меѓу основата и облогата се инјектира со инјекциони маси (цемент, песок, асфалт, смоли и сл.).



Сл.3.6.Машина за градење на тунел

Течењето на водата во тунелите е без и со притисок.

Тунелите без притисок се градат кога промената на нивото на вода во акумулацијата е многу мала. Напречниот пресек има големи димензии и секогаш не е полн со вода (што не е економично). Формата на напречниот пресек е: правоаголна, кружна, јајцеста и комбинирана од претходните. Хидрауличката пресметка е иста како за каналите.

Тунелите под притисок, слика 3.10 одбележано со (10), се градат кога нивото во акумулацискиот базен е многу променливо, а воденото количество со кое работи електраната моментално се менува. Попречниот пресек на тунелот е целосно исполнет со вода која тече под притисок. Во вакви услови кружниот пресек на тунелот е најсоодветен. Тој лесно се пробива во карпа, рамномерно се поставува облога, а хидростатичкиот и притисокот од планинската маса добро се прима и пренесува.



### 3.1.3. Цевовод под притисок

Цевоводите под притисок, (кружен попречен пресек) ја спроведуваат водата од зафат до електрана, кај прибранските постројки; од водостан или водена комора до електрана кај деривациските постројки.

Според улогата која ја имаат цевоводите се: деривациски, енергетски и евакуациски.

*Деривациските* цевоводи со мал притисок го заменуваат каналот или тунелот. Тие имаат мала должина бидејќи се градат кај прибранските постројки, како на сликата 1.9 во темата 1.4.1.

*Енергетските* цевоводи се градат за сите притисоци и падови кај деривациските постројки. Ја спроведуваат водата по најкраток пат од водостан (водена комора) до електрана како на сликата 3. 7.



Сл.3.7.Енергетски цевовод

*Евакуациски* цевоводи со мал или среден притисок, ја одведуваат долната вода.

Според положбата на теренот цевоводите се: надземни, прекриени со локален материјал, подземни и во телото на бетонска брана како на сликата 1.4. во темата 1.2.

Трасата на цевоводите, треба да е што пократка, водејќи грижа за

налегнувањето, водениот удар, сигурноста и економичноста.

Материјалот од кој се градат цевоводите го условуваат хидростатичкиот притисок, воденото количество, теренските и геолошките услови и сл. Тоа е челик, армиран бетон и комбинација. Челичните и комбинирани цевоводи се градат на места каде се извршува концентрација на голем пад. Кај деривациските со мал пад (до 50m) и голем дијаметар се применуваат бетонски цевоводи, било тоа да се класично армирани или преднапрегнати, како на сликата 3.8. На истата слика воздушната косина е заштитена со асфалт-бетон.



Сл.3.8.Бетонски цевовод



### 3.2. Евакуациски објекти

Евакуациските објекти се градат за да ја отстранат водата како за време на градење (привремени одбивни објекти), така и за време на експлоатација на браната (прелив, темелен испуст).

#### 3.2.1 Евакуациски објекти за време на градење

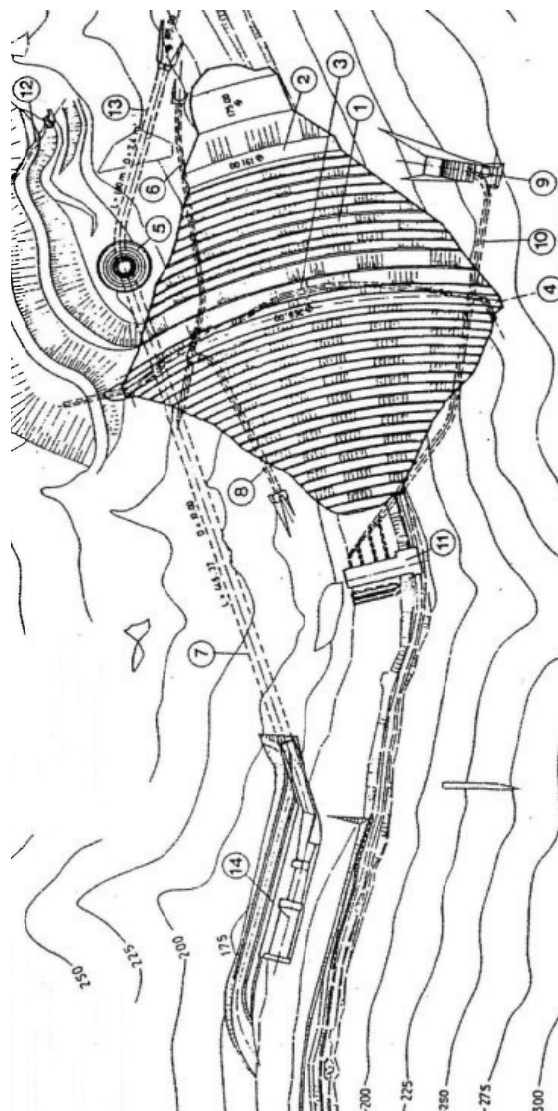
Браните и придружните објекти се градат неколку години. За непречена изградба речните води се евакуираат од темелната јама на еден од следните начини: со привремено преградување на дел од корито на реката и со одведување на водата од матичното корито низ канали и тунели.

Со *привремено преградување* на речното корито, I фаза, се формира темелна јама во која се градат објекти (дел од бетонска брана, дел од електрана), види слика 3.9. и 6.13 тема 6. Потоа водата од реката се пропушта низ отворите на веќе изградените објекти и се заградува темелната јама за II фаза. Преградите се изработуваат од сите видови градежни материјали. Ваков начин на градење е применлив кај бетонските брани и реки со голем протек.



сл.3.9.Привремено преградување

Одведувањето на водата од матичното корито, слики 3.10 и 3.16, се користи кај тесни корита со стрми брегови и мал протек. Браната често е насипана, но и бетонска.



Сл.3.10 ХЕП „Турија“ ситуација

Одбивните објекти се составени од: (2) предбрана (спротитечен загат); (6) опточен тунел и низводен (водотечен) загат, на сликата 3.10. Останатите броеви го имаат следното значење: (1) брана; (3) инјекциска галерија; (4) инјекциска завеса; (5) прелев; (7) прелевен тунел; (8) влезна галерија; (9) зафат; (10) до-

воден тунел; (11) машинска зграда; (12) зафатен тунел за наводнување; (13) темелен испуст; (14) слапиште.

Спротитечниот загат ја насочува градежната вода кон оптичниот тунел. Загатите може да останат во состав на телото на браната. Материјалот од кој се изработуваат загатите во могу зависи од материјалот кој е вграден во браната, но и не мора да значи.

Тунелот (на кота на дното на преградената река) се пренаменува во постојан објект (темелен испуст или прелев), слика 3.11.



Сл.3.11. Пренамена на дел од оптичниот тунел (6) во одводен тунел (7) на шахтен прелев кај ХЕП “Турија“

### 3.2.2 Прелевници

Прелевите се објекти конструирани да ја евакуираат големата поплавна вода од акумулациониот базен, што предизвика покачување на нивото над нормалното. Сигурноста на браните против рушење од прелевање се обезбедува со димензионирање на преливниците според голема вода со веројатност на појава: за бетонски брани веројатноста на појава е  $p=0,001$ , а за насипани  $p=0,0001$ .

Во зависност од видот на браната, хидролошките, геолошките и топографските услови, прелевниците се градат во телото на браната и надвор од телото на браната.

*Преливниците низ телото на браната* се изведуваат кај сите бетонски, како површински така и длабочински.

*Површинските* прелевници преку телото на браната, слика 3.12, се економични и обезбедуваат рамномерно прелевање без динамички удари. Тие имаат едно или повеќе прелевни полиња, сосема слободни или делумно покриени со затворац.

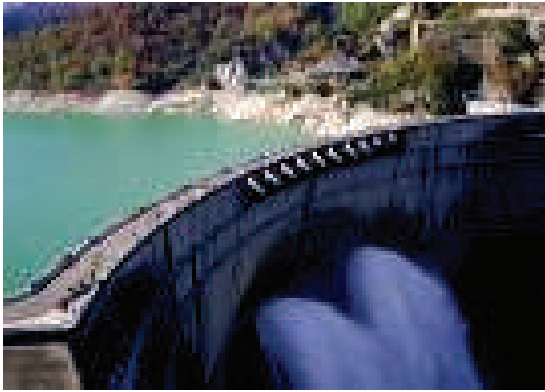
По прелевањето, водата на воздушната површина тече низ брзотек. Ова бурно и забрзано течење се смирува во слапиште или отскочен праг (ски скок).



Сл.3.12. Површински прелев; со осум прелевни полиња (над нив мост); водата бурно тече низ краток брзотек и ски отскок

*Длабочинските* преливници, слика 3.13, иако имаат поголема пропусна моќ при еднаква плоштина на отворот со површинските преливници, се градат поретко. Кај нив се задолжителни затворувачи (основен и ремонтен), види тема 3 изборна, па предизвикуваат додатни тешкотии при управување.

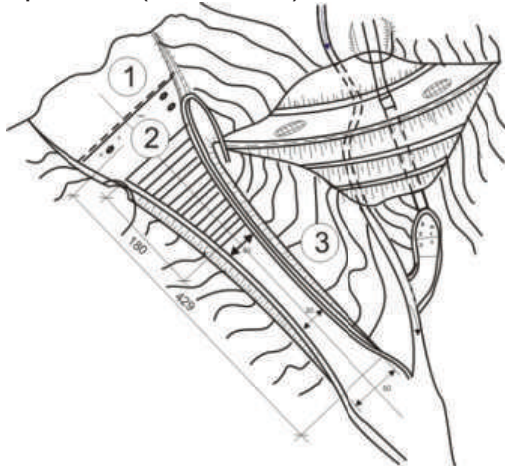




Сл.3.13.Длабочински прелевник со два отвори

Преливниците надвор од телото на браната се градат главно кај насипаните брани. Според конструкцијата на преливниот дел има челни, бочни и шахтни прелевници. Прелеаните води течат во канал (брзотек) или тунел, а се смируваат во слапиште или отскочен праг.

Челните преливници, слика 3.14, се лоцирани на бреговите покрај браната. Тие се составени од краток влезен канал, фронтален прелив и одводен дел (брзотек) со завршеток (слапиште).



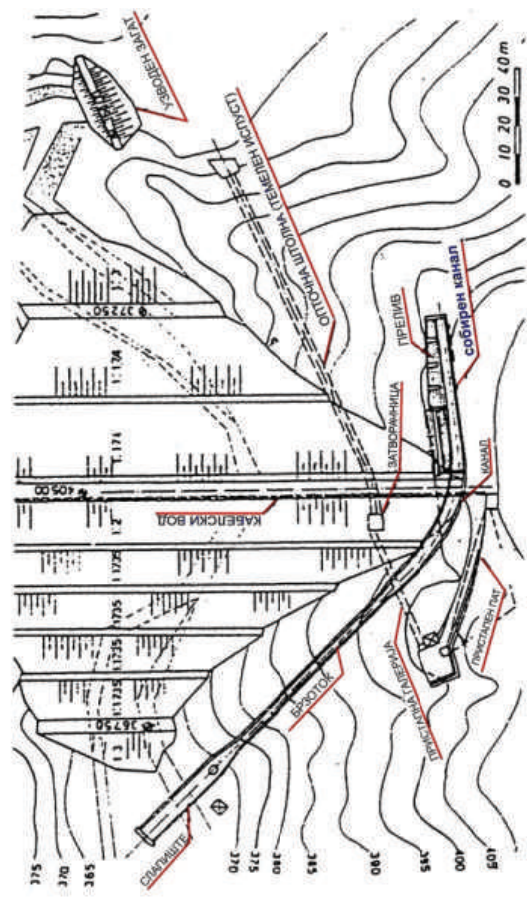
Сл.3.14.Челен прелив - ситуација: 1- влезен канал; 2 - фронтален прелев; 3 - брзотек

Притоа браната може да е насипана или бетонска, слика 3.15, а височината мала до средна.



Сл.3.15.Челен прелевник

Бочниот преливник, слика 3.16, е лоциран на еден од стрмите брегови, приближно нормално на оската на браната. Водата прелева преку практичен (широк) праг во собирен канал, потоа тече во брзотек, а на крајот во слапиште.



Сл.3.16.Бочен прелев на брана Водоча (ситуација)



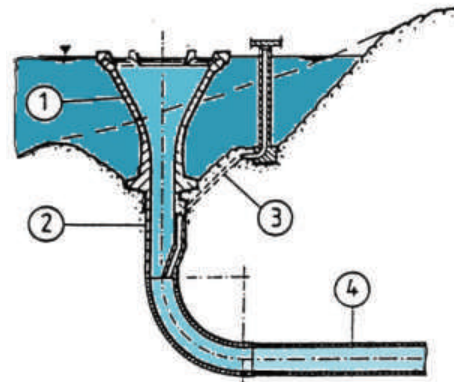
Сл.3.17.Бочен прелев на брегот покрај брана (во заден план).

*Шахтениот преливник*, слика 3.18 и, се користи за поголеми водени количества и падови. Основата треба да е здрава карпа. Кај нас се изградени повеќе шахтни прелевници заради теренските и геолошки услови.



Сл.3.18.Шахтен прелевник: инка и опслужен мост на ХЕЦ“Козјак“

Прелевот е лоциран покрај браната, слика 3.10 (број 5). Основни делови се: површински прелив во облик на инка, одводен тунел и слапиште, прикажани на сликата 3.19.



Сл.3.19.Шахтен прелев: 1 - инка; 2 - вертикална шахта, 3 - аерација; 4 - тунел

### 3.2.3. Темелен испуст

Темелниот испуст има задача делумно или целосно празнење на акумулацијата при поправка на браната или придружните објекти. Следува дека локацијата му е најниската кота во акумулациониот простор или браната.

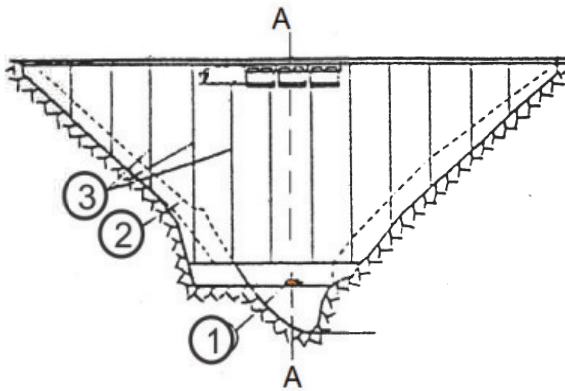
Испустите кај насипаните брани се изведуваат како цевка во галерија или тунел, во основната карпа под насипот.

На сликата 3.10, од темата 3.2.1, со број (13) е обележан темелниот испуст; исто така и на слика 3.16 (темелниот испуст е лоциран во основната карпа под насипаната брана). Во двата случаи на влезот има решетка и затворувач, а вториот затворувач е сместен во кула (во средина од должината на испустот) или на крајот.

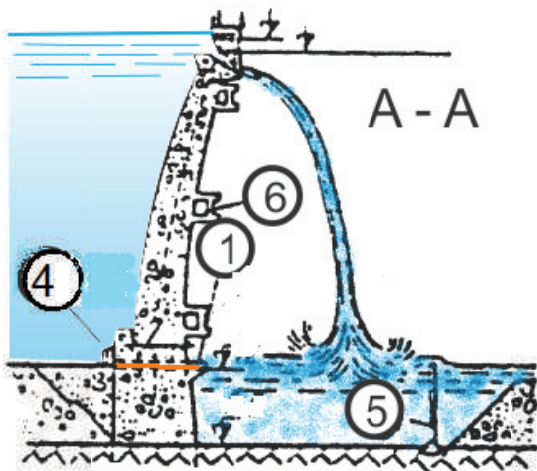
Кај бетонски брани темелниот испуст, слика 3.20, е во телото на браната, но многу ретко во основата под браната.

Темелниот испуст е челична цевка со затвувачи на влезот и излезот. Затвораците треба да примат голем хидростатички притисок, да се безбедни и водонепропусливи, види тема 3.1.2 (изборна настава). На влезот на темелниот испуст пред затворабот има решетка. На влезот на темелниот испуст пред затворабот има решетка.

а)



б)



Сл.3.20.Темелен испуст (1); а) напречен пресек и б) надолжен пресек; (2) терен; (3) температурни деформациони фуги; (4) решетка на влез во испуст; (5) лачен одбоен ѕид; (6) службен мост:





Водопроводните објекти се вештачки тек кој овозможува водата да дотече од акумулацискиот базен до водена комора, водостан или електрана.

Каналите и коритата се лоцирани меѓу зафатот и воденакомора.

Дозволените брзини во каналите и коритата се од 1 до 2 m/c.

За подобра соработка меѓу основата и облогата на тунелите се инјектира со инјекциони маси (цемент, песок, асфалт, смоли).

Цевоводите под притисок ја спроведуваат водата од зафатот до електраната, кај прибранските постројки; од водостанот или водената комора до електраната кај деривациските постројки.

Одбивните објекти се: спротивен загат, тунел и низводен (водотечен) загат.

Сигурност на бетонските браните против рушење од прелевање се обезбедува со преливници, димензионирање според голема вода со веројатност на појава 0,001.

Преливници низ телото се градат кај бетонските брани.

Шахтениот преливник се користи за поголеми водени количества и падови, со локација на здрава карпа покрај браната.

Темелниот испуст испушта дел од поплавниот бран, поголемо водено количество при поправка на браната и евентуално нанос од акумулациониот простор.



*I. Упатство:* Во секое прашање ќе најдеш празни линији на кои треба да го напишеш одговорот.

1. Каква е формата на напречниот пресек на каналите?

- а).....
- б).....
- в).....
- г).....

2. Што е задолжително кај длабинските прелевници?

- а).....

3. Каде е лоциран темелниот испуст? а).....

*II. Упатство:* Одлучи која од алтернативите е најдобра за да се доврши реченицата или да се одговори на прашањето. Заокружи!

1. Од кои материјали се градат коритата?

- а) армиран бетон;
- б) бетон.

2. Што има на почетокот од тунелите, а што на крајот?

- а) загат/водостан;
- б) загат/водена комора.

3. Што има на крајот од секој прелевник?

- а) ски отскок;
- б) слапиште.

*самооценување на тестот*

Група на прашања	Број на прашање	Можни поени	Освоени поени
I	1	4	
	2	1	
	3	1	
II	1	1	
	2	1	
	3	2	

## ГРАФО-НУМЕРИЧКА ЗАДАЧА

### водопроводни објекти

За преградното место на реката:

- да се избере најекономично решение за водопроводен објект од предложените:

\* трапез;

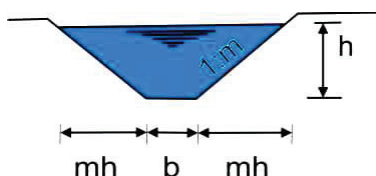
\* круг;

- да се изврши димензионирање;

- да се нацрта линија на протек ;

- да се нацртаат попречни профили во размер 1 : 50

Кога се познати:



Q	i	n	b	m
m <sup>3</sup> /s	m/m		m	
12	0,002	0,02	2	1

Забелешка:

Овде е прикажано димензионирање на трапезен профил (канал), а за кружниот (тунел), постапката е иста освен геометриските големини. Тие се определуваат со формулите:  $A = 0,25D^2\pi$ ;  $O = D\pi$ ;  $R = 0,25D$

Решение:

\*Трапезен профил

Формулите за геометриски големини за трапезниот пресек се:

$$A = (b + mh)h$$

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

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

Останатите формули за хидраулички големини се од тема 3.1.1,

$$c = \frac{1}{n} \sqrt[6]{R}$$

$$V = c\sqrt{iR}$$

$$Q = A \cdot V$$

\*Димензионирање

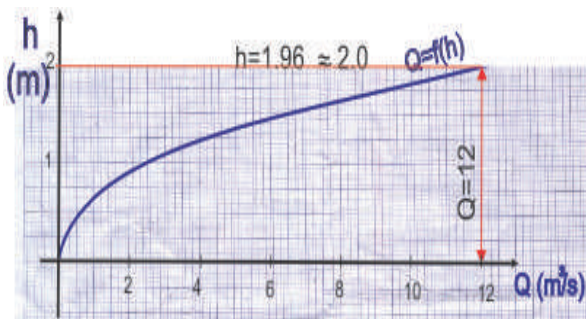
Најдобро е димензионирањето да е во табела. Претпоставуваме три длабочини на водата  $h$  во каналот, за усвоена широчина  $2\text{ m}$ .

Q	m <sup>3</sup> /s	2,56	6,97	12,29
V	m/s	0,85	1,33	1,54
c		30,79	32,38	33,59
n		0,03	0,03	0,03
i	m/m	0,002	0,002	0,002
R	m	0,62	0,84	1,04
O	m	4,82	6,23	7,64
A	m <sup>2</sup>	3	5,25	8
b	m	2	2	2
h	m	1	1,5	2

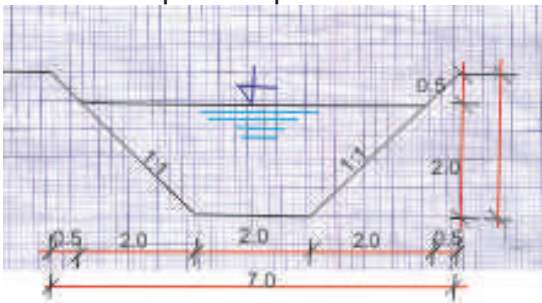
\*Линија на протек

Линијата на протек се црта на координатен систем  $h/Q$ , каде за височина размерот е  $2\text{ см}$  за  $1\text{ м}$ , а протекот  $2\text{ см}$  за  $2\text{ м}^3/\text{с}$ . За секоја претпоставена длабочина и пресметан протек (од табелата), се добиваат пресечни точки. Низ овие точки поминува линијата на протек.

Од неа се отчитува за протек  $12\text{ м}^3/\text{с}$ , дека одговара длабочина на водата  $1,98$ . Усвојуваме длабочина  $2\text{ м}$ .



\*Напречен пресек М 1:50





#### **4. Природни текови**

Формирање на водотеците и нивните корита

- 4.1. Речна мрежа
  - Речен систем
  - Извор
  - Влив
- 4.2. Слив, географско-морфолошки параметри
  - Слив
  - Геолошки состав
  - Педолошки карактеристики
  - Големина
  - Облик
  - Висинска положба
  - Пад
- 4.3. Речна морфологија
  - Длабочинска ерозија
  - Бочна ерозија
  - Повратна ерозија
  - Надолжен профил
  - Горентек
  - Среден тек
  - Долен тек
  - Хоризонтална промена на коритото
  - Меандри
  - Продлабочување
  - Локални деформации
- 4.4. Хидролошки карактеристики
  - Протек
  - Линија на протек
  - Средногодишен протек
  - Средномесечен протек

- Секојдневни водостоежи
- Поплавен бран
- Меродавно голема вода
- 4.5. Карактеристични елементи
  - Речно корито
  - Инундација
  - Лев/десен брег
  - Конвексех/конкавен брег
  - Водено огледало
  - Протечна површина
  - Длабочина на водата
  - Средна длабочина
  - Надолжен пад
  - Стационажа
  - Инфлексија
  - Оска на реката
  - Матица
  - Талвегова линија
  - Протек
  - Среднопрофилска брзина
  - Законитости на научникот
  - Фарк
- Запомни
- Тест
- Графо-нумеричка задача



#### 4. Природни текови

Подземните води кои се појавуваат на земјината површина во вид на извори и дел од атмосферските води, гравитациски течат кон пониските предели на теренот, постепено формирајќи водотеци. Водотеците може да истечат од езеро (слика 4.1), ледник и мочуриште. Реките се вливаат во друга река, езеро, море, океан, но може и сосема да се изгубат (пресушат).



Сл.4.1 Реката Дрим истекува од Охридско езеро

Оформирање на постојано корито е долг и сложен процес, на кој влијаат многубројни геолошки и хидролошки фактори.

#### 4.1. Речна мрежа

Речната мрежа е систем од природни корита во кои течат постојано или повремено површински и подземни води, а воедно се пренсува еродирани материјал од одредена територија. Речниот систем ги опфаќа сите водотеци во сливното подрачје. Тој е составен од главна река, притоки од прв ред, во кои се вливаат притоки од втор ред итн.

Секоја река има почеток (извор) и крај (влив), слика 4.2, а помеѓу е должината на реката.



Сл.4.2. Делтовиден влив на река

#### 4.1.1 Слив, географско-морфолошки параметри

Слив е подрачје на земјината топка од кое паднатите врнежи отекуваат во речната мрежа. На територијата на нашата држава, слика 4.3, ги има сливовите:

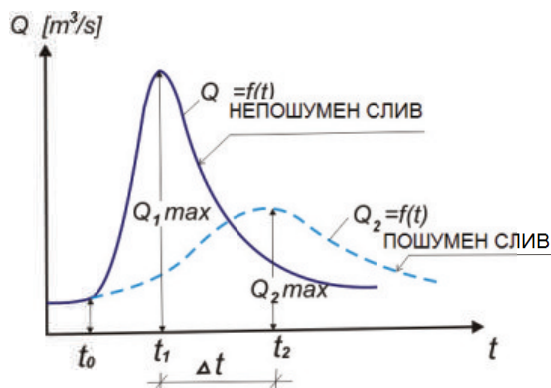


Сл.4.3 Сливови во Р Македонија: Вардарски (сино), Цнодримски (кафеаво, розово), Струмички (зелено) и Јужно Моравски (розово).

Секој слив го карактеризираат временски неменливи геолошко-морфолошки параметри.

*Геолошкиот состав* на сливот има влијание на формирање на површински и подземен тек на водата. Така поголема водопропусливост на земјиштето овозможува поминување на дел од површинските води во подземни, па реките имаат помал протек.

*Педолошките* карактеристики на земјиштето влијаат на бујноста на вегетацијата, која пак влијае на дотекувањето на вода и нанос во речното корито. Тоа значи, колку повеќе вегетација, толку помалку вода и нанос во речното корито, на сликата 4.4 прикажан е графикот  $Q=f(t)$ .



Сл.4.4.Зависиност протек-вегетација

*Големината* на сливот е пропорционална на големината на протекот и должината на реките. Големите реки кои често имаат голем слив, имаат мали промени на протекот по време, а се случува при врнежи со слаб интензитет, а долго времетраење. Реките со мал слив се полноводни во време на појава на поројни дождови.

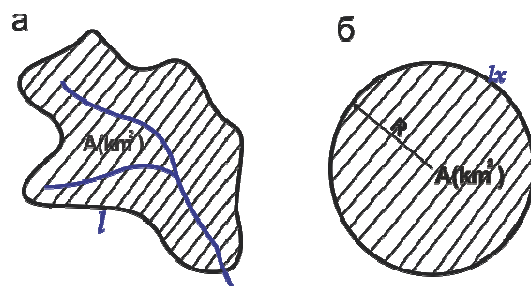
На пример, реката Вардар, слика 4.5: во профилот кај Гевгелија при  $22\ 300\text{ km}^2$  сливна површина,

$Q_{\max} / Q_{\min}$  е 150; за водомерниот профил Скопје тој однос е 200, а за  $4625\ \text{km}^2$  сливна површина.



Сл.4.5.Вардарски слив

*Обликот* на сливната површина, на протекот во реката влијае на следниот начин: приближно кружните сливови предизвикуваат поголеми поплавни бранови. Кај издолжените сливови со иста големина на површината, поплавен бран не се формира бидејќи е потребно подолго време водата да дотече и да се концентрира од поодалечените простори на сливот, види слика 4.6:



Сл.4.6.Облик на сливна површина: издолжен (а) кружен (б)

*Висинската* положба на сливот за нашите реки влијае на наголемување на протекот во пролет, заради поголемите врнежи и топење

на снегот на поголемите надморски височини. Во следната табела 3.1, дадени се средна надморска височина и пад за разни профили на р.Вардар:

профил	A (km <sup>2</sup> )	N <sub>sr</sub> (m)	j <sub>sr</sub> (%)
Радушa	1 440	1 128	25,2
Скопје	4 625	1 010	23,4
Велес	8 823	871	18,6
Гевгелија	22 300	812	12,7

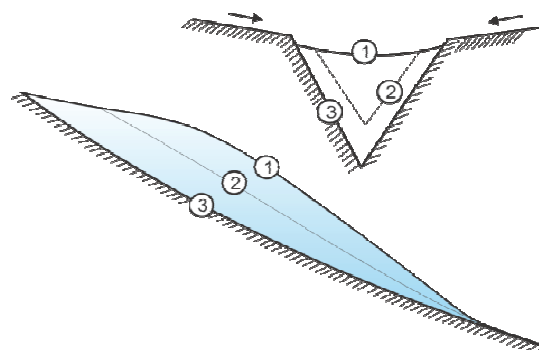
Таб.3.1.Средна надморска височина и пад за разни профили на р.Вардар

*Падот* на сливот со поголема вредност ја наголемува брзината на површинското отекување на водата, количеството на нанос и концентрацијата на протекот во реката.

## 4.2. Речна морфологија

Речната долина и коритото на реката се формираат само кога водата во реката има доволно голема ерозивна сила. Енергијата на водотекот се троши за совладување на загубите предизвикани од отпорите на триење при течење, транспортирање на наносот и сл., сепак е доволна да ги еродира коритото и блиската околина. Со зголемување на протекот и падот на дното на коритото се наголемуваат енергијата и ерозијата. Се јавуваат следните видови ерозија: длабочинска, бочна и повратна.

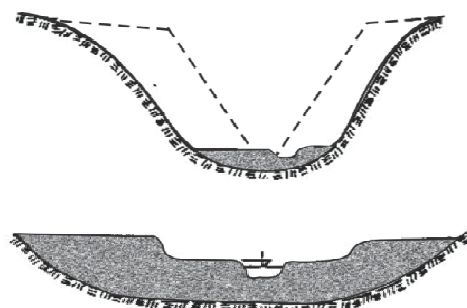
*Длабочинската ерозија* ја предизвикува водениот тек кој постојано се вкопува во почвата и постепено формира длабока речна долина. Оваа ерозија престанува кога ќе најде на тврда геолошка подлога, или падот се намали, прикажано на сликата 4.7:



Сл.4.7.Длабочинска ерозија

*Бочната (странична) ерозија* се јавува откако речното корито ќе се вкопа и ќе се намали водената енергија, а активноста на реката се насочува во хоризонтален правец.

Речната долина сè повеќе се шири и се исполнува со нанос. Речното корито вкопувајќи се формира тераси и меандри, слика 4.8.



Сл.4.8.Бочна ерозија

*Повратната ерозија* се шири спроти текот на реката кај цврсти геолошки подлоги.

Набројаните ерозии главно се јавуваат кај планинските реки и порои. Во горниот тек на реката остануваат големите камења, а во долниот се транспортираат и таложат поситните еродирани материјали. На овој начин, со тек на време се формира надолжниот профил на реката.

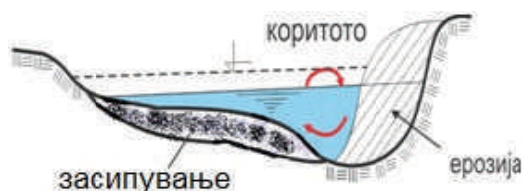
*Надолжниот профил* на реката е временски нестабилен, заради постојаната промена на текот. Надолжниот профил е во тесна врска со падот на дното на реката од што произлегуваат: горниот, средниот и долниот тек.

*Горниот тек* со голем надолжен пад (каде преовладува длабочинска ерозија) е област на планинските реки и порои.

*Средниот тек* е област од рамничарските реки, со помали падови на дното, таложење на покрупниот нанос, а ерозијата е страннична.

*Долниот тек* од водотекот е со мал пад и без ерозивна активност. Заради тоа најситниот нанос се таложи. Ваква област е делот од реката во близина на устието во езеро или море.

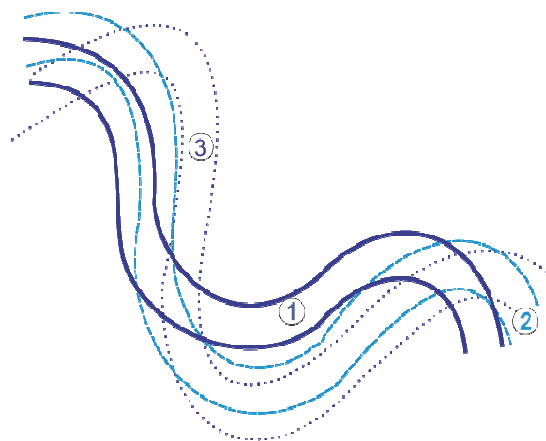
*Хоризонтална промена* на коритото, промената на надолжниот пад и продлабочувањето, се јавува под влијание на силата на текот и струењето на водата. Бидејќи најголема влечна сила и брзина на водата има кон надворешниот брег во кривината, а водената струја е спирална, започнува ерозија и поткопување на брегот, како на сликата 4.9.



Сл.4.9.Спирална водена струја

Спротивно пак, внатрешниот дел од кривината се засипува со нанос. Оваа активност се нарекува меандрирање на реката. *Меандрите* постојано ја менуваат закривеноста и се поместуваат во правец на

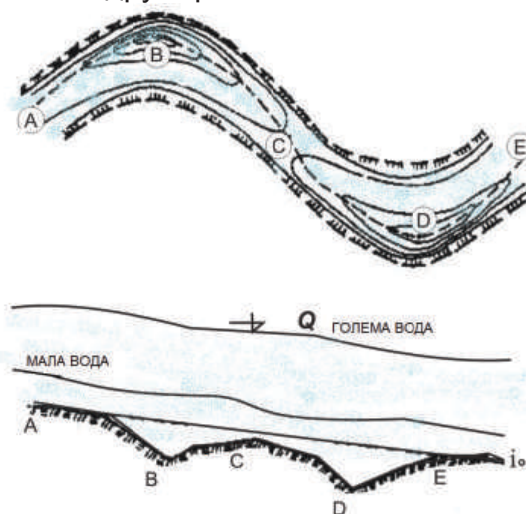
течење на реката, како на сликата 4.10:



Сл.4.10. Поместување на меандри и наголемување на закривеноста 1,2,3

*Продлабочување* на коритото во кривината е причина за локални промени на речното дно и обратен пад на дното низводно, водотечно од кривината, како на сликата 4.11.

*Локални деформации* се јавуваат при нагли промени на текот, од изградени објекти во коритото, прагови, каскади, мостови, зафати и утоки на други реки.



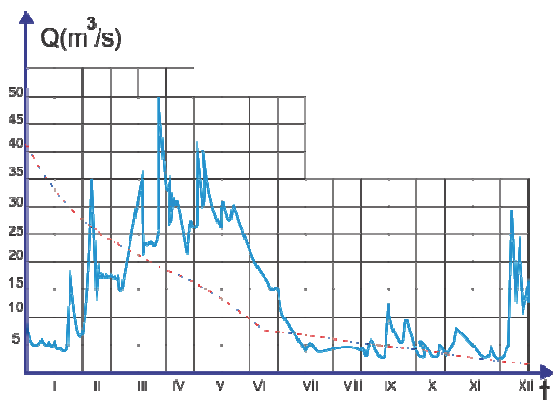
Сл.4.11.Продлабочување и локални деформации на коритото, ситуација и надолжен пресек



### 4.3. Хидролошки карактеристики на водотеците

Регулирањето на водотеците бара познавање голем број хидролошки параметри.

*Протекот* во водотеците е променлив по големина и време на појавување. Тој зависи од врнежите, топењето на снегот, подземното отекување и други карактеристики на климата и сливот. Токму затоа, нема едноставна и една формула за пресметување на количеството на протекот. Со упростување и примена на приближни коефициенти за факторите и хидрометриските набљудувања и мерења на водостоежите во времето, при одредени карактеристики на реката (протечен профил, надолжен пад, рапавост) се пресметува протекот и графички се претставува со *линија на протек*,  $Q = f(t)$ , како на сликата 4.12:



Сл.4.12.Линија на протек  $Q = f(t)$

Оваа зависност кај малите реки често дава неточни резултати, заради неможното регистрирање на краткотрајните наголемувања на водостоежите, брзината на водата и постојаната промена на протечниот профил. За големите реки за кои има податоци за подолг период на набљудување, со математичко ста-

тистички методи и теорија на веројатност на појава, се прогнозира големината на водостоежите и протекот.

*Средногодишниот* протек за подолг временски период е основен показател за обезбеденост на реката со вода, влечната сила, полнење на профилот и начинот на стабилизирање на бреговите.

*Средномесечниот* протек дава подобра слика за полноводност, состојбата на коритото и појава на нанос.

*Малите* протечи се интересни од аспект на биолошкиот минимум.

*Секојдневните* водостоежи (графички претставени со нивограм и линија на траење), се основа за одредување на сите хидролошки и морфолошки особини на реката. Од линијата на траење се одредуваат димензиите на идното речно корито.

*Поплавниот бран* слика 4.13 речиси секогаш предизвикува промени во речното корито (ерозија, рушење на објекти), особено при надоаѓање и кулминација. Штом започне опаѓање на бранот, речното корито се засипува со нанос.

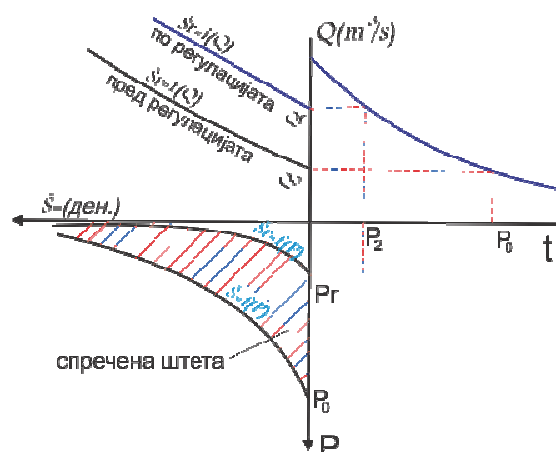


Сл.4.13.Поплавен бран

Од наведените протечи (измерени или пресметани), за димензионирање на идното регулирано



корито, одбрамбени насипи и други хидротехнички објекти, се избира  $Q_m$  меродавно голема вода. Таа се определува по метод на веројатност на појава на големите води и штетите што настануваат од нив, прикажано на сликата 4.14:



Сл.4.14. Определување на меродавно голема вода  $Q_m$

#### 4.4. Карактеристични елементи на речното корито

Природно воспоставените законитости за речното корито се во врска со морфолошките промени, режимот на текот, хидролошките и хидраулички големини. Затоа пред да се изгради регулација на било која река и да се стабилизира речното корито, потребно е да се извршат обемни проучувања, како на сливот така и на реката. Со нив се дефинираат:

*Речно корито*, слика 4.9, е простор ограничен со речното дно, бреговите и максималното ниво на вода.

*Инундација*, слика 4.8, е површина покрај речното корито низ која повремено тече или се излева

големата вода, т.е. проширеното природно речно корито.



Сл.4.15 Полноводна река

*Лев и десен брег* се бреговите од левата/десната страна во правецот на течење.

*Конвексен и конкавен брег*, се бреговите на реката од надворешната (вдлабнатата) и внатрешната (испакната) кривина.

*Водено огледало* е површината на водата од брег до брег.

*Протечна површина* е дел од напречниот пресек на речното корито исполнето со вода.

*Длабочина на водата* е вертикално растојание меѓу дното на реката и воденото огледало. Длабочината е многу променлива големина, па затоа се користи поимот средна длабочина.

*Средна длабочина* е пресметана големина, еднаква на количникот од протечниот пресек на природниот профил и воденото огледало за истиот.

*Надолжен пад* е висинска разлика на речното корито на единица должина.

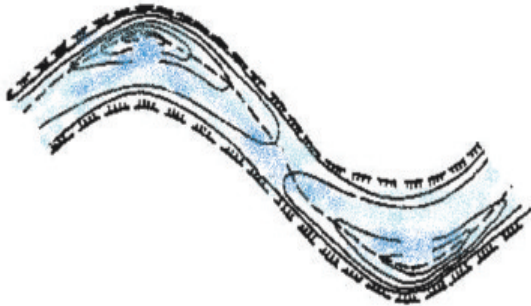
*Стационажа* е должина на реката што започнува од утоката и се наголемува спротивно на текот.

*Инфлексција* е преминување од една во друга кривина, каде радиусот на закривеност е бесконечен.

*Оска на реката* е замислена линија, која ги поврзува местата што се наоѓаат во средините на водените огледала.

*Матица* е замислена линија по должина на реката што ги сврзува местата со максимална профилска брзина.

*Талвегова линија* е замислена линија што ги поврзува местата со најголема длабочина по должина на реката, како на сликата 4.16 црт каната линија:



Сл.4.16.Талвегова линија

*Протек* е водено количество кое протекува низ протечниот профил во единица време.

*Среднопрофилска брзина* е пресметана големина како резултат на нееднаквата брзина на водата во протечниот профил.

Врз основа на мерења и проучувања во текот на педесет години научникот Фарк ги формулирал зависностите меѓу некои од горе наброените елементи во вид на законитости:

- најмалата длабочина на реката е во инфлексјата, т.е. преминот од една во друга кривина;
- максимална длабочина има кај темето на кривината на реката, таму каде закривеноста на кривата е најголема;

- максималната длабочина се зголемува со порастот на закривеноста на трасата.



Водотеците може да истечат од езеро, ледник и мочуриште.

Педолошките карактеристики на земјиштето влијаат на бујноста на вегетацијата.

Приближно кружните сливови предизвикуваат поголеми поплавни бранови.

Длабочинска ерозија предизвикува воден тек кој постојано се вкопува во почвата и постепено формира длабока речна долина.

Горниот тек со голем надолжен пад, каде преовладува длабочинска ерозија е област на планинските реки и порои.

Протекот во водотеците е променлив, тој зависи од врнежите, топење на снегот, подземно истекување.

Меродавно голема вода се определува по метод на веројатност на појава на големите води и штетите што настануваат од нив.

Инундација е површина покрај речното корито низ која повремено тече или се излева големата вода, т.е. проширеното природно речно корито.

Максимална длабочина има кај темето на кривината на реката, таму каде закривеноста на кривата е најголема.

Матица е замислена линија по должина на реката што ги сврзува местата со максимална профилска брзина.



*I. Упатство:* По секое прашање ќе најдеш празни линији на кои треба да го напишеш одговорот.

1. Дефинирај го левиот брег  
.....
2. Странична ерозија се јавува кога  
.....
3. Долниот тек го карактеризираат:  
а).....  
б).....  
в) .....

*II. Упатство:* Одлучи која од алтернативите е најдобра за да се доврши реченицата или да се одговори на прашањето. Заокружи!

1. Педолошките карактеристики влијаат на:  
а) *бујност на вегетација;*  
б) *раширеност на растенија*
2. Големината на протекот на водотеците зависи од  
а) *врнежи;*  
б) *топење на снег ;*  
в) *подземно истекување;*  
г) *карактер на слив.*
3. Средногодишниот протек е показател за:  
а) *обезбеденост со вода;*  
б) *пловност.*

*самооценување на тестот*

Група на прашања	Број на прашање	Можни поени	Освоени поени
I	1	2	
	2	2	
	3	3	
II	1	1	
	2	4	
	3	1	

## ГРАФО-НУМЕРИЧКА ЗАДАЧА

### природен водотек

За напречниот пресек на средниот тек на реката да се:

\*нацрта во М 1:100 напречниот пресек на речното корито

\*водостоежите, т.е. да се лоцираат котите

- кота на максимално ниво . . . . . ;

- кота на минимално ниво . . . . . ;

- кота на дно . . . . . ;

\*пресметаат геометриските и хидрауличките големини:

- протечен пресек  $A$ ;

- нақвасен обем  $O$ ;

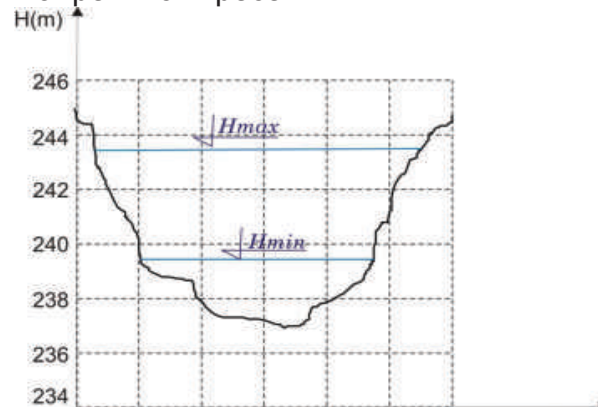
- хидраулички радиус  $R$ ;

- средна брзина  $V$ ;

- протек  $Q$ .

Кога се познати:

-напречниот пресек



-раправост на бреговите  $n = 0,05$  ;

-пад на дното на реката  $i = 0,004$ ;

Забелешка:

За полесно цртање и мерење на големините се користи милиметарска хартија. Плошините на попречниот пресек може да се пресметаат преку правилни геометриски слики.

Решение:

\*Напречен пресек М 1:100

Најпрво се цртаат координатните оски за водостоеж (коти) Н и должина, потоа се обележува размерот на истите (на Н-оската почнувајќи од 234); За полесно пренесување на линијата на речното корито на секои  $2sm$  се впишуваат точки (помошна мрежа). Потоа од зададената задача, се мерат отсечки кои линијата на коритото ги отсекува со мрежата и се пренесуваат на соодветно место на мрежата на милиметрова хартија. Тие места се поврзуваат со крива линија.

\*Водостоежи

Котата на максимално и минимално ниво се читаат на оската Н, а исто котата на дното:

- кота на максимално ниво 243,50;

- кота на минимално ниво ..239,40;

- кота на дно . . . . . 237;

\* $H_{min}$  геометриски големини

Бидејќи попречниот пресек е нацртан во размер 1:100 на милиметарска хартија, најдобро е да се избројат квадратчињата за да се одреди протечниот пресек на речното корито,  $1 sm^2 = 1 m^2$  (иако може да се користи планиметар, или преку правилни геометриски слики).

$$A_{min} = 12 m^2$$

Нақвасениот обем се мери со конец по линијата на коритото, бидејќи е крива, а потоа се мери со линијар должината на конечот, заради размерот  $1sm$  одговара на  $1m$ .

$$O_{min} = 11 \text{ m}$$

Хидрауличкиот радиус е:

$$R_{min} = \frac{A_{min}}{O_{min}} = \frac{12}{11} = 1,03 \text{ m}$$

\* $H_{min}$  хидраулички големини

Коефициентот на брзината се пресметува по формулата на Ман-инг:

$$C_{min} = \frac{1}{n} \sqrt[6]{R} = \frac{1}{0,05} \sqrt[6]{1,03} = 20,19$$

Средната брзина е:

$$V_{min} = C \sqrt{Ri} = 20,19 \sqrt{1,03 * 0,004}$$

$$V_{min} = 1,29 \text{ m/s}$$

Протекот е:

$$Q_{min} = A_{min} * V_{min} = 12 * 1,29$$

$$Q_{min} = 15,55 \text{ m}^3/\text{s}$$

\* $H_{max}$  геометриски големини

Се бројат квадратчињата да се одреди полоштината меѓу минималниот и максималниот водостоеж, така го добиваме протечниот пресек

$$A_{max} = A_{min} + A = 12 + 33 = 45 \text{ m}^2$$

Наквасениот обем се мери со конец по линијата на коритото, меѓу минималниот и максималниот водостоеж, а потоа се мери со линијар должината на конечот, заради размерот 1sm одговара на 1m.

$$O_{max} = O_{min} + O = 11 + 9,3 = 20,3 \text{ m}$$

Хидрауличкиот радиус е:

$$R_{max} = \frac{A_{max}}{O_{max}} = \frac{45}{20,3} = 2,21 \text{ m}$$

\* $H_{max}$  хидраулички големини

Коефициентот на брзината се пресметува по формулата на Ман-инг:

$$C_{max} = \frac{1}{n} \sqrt[6]{R} = \frac{1}{0,05} \sqrt[6]{2,21} = 22,81$$

Средната брзина на водата е:

$$V_{max} = C \sqrt{Ri} = 22,81 \sqrt{2,21 * 0,004}$$

$$V_{max} = 3,19 \text{ m/s}$$

Протекот за речното корито е:

$$Q_{max} = A_{max} * V_{max} = 45 * 3,19$$

$$Q_{max} = 143,47 \text{ m}^3/\text{s}$$





## **5. Регулациски градби**

Надвор од речно корито  
Во речно корито  
Специјални

### **5.1. Материјали и средства**

Биолошки  
Затревување  
Грмушки и дра  
Градежни  
Камен  
Песок, чакал и земја  
Обработено дрво  
Други материјали  
Градежни средства  
Лесни фашины  
Тешки фашины  
Габиони  
Бетонски елементи

### **5.2. Зацврстување на речните корита**

Багерување  
Зацврстување на дното  
Зацврстување на бреговите  
Пета  
Долен дел  
Горен дел

### **5.3. Објекти за концентрација и насочување на текот**

Напери  
Делови на наперот  
Водопрпусливи напери  
Водонепропусливи напери

Подолжни објекти

Траверзи

Прокопи

**5.4 Објекти на водотеците**

Прагови

Потпорни сидови

Стабилизирање на утоки

Запомни

Тест

Графонумеричка задача

## 5. Регулациски градби

Водотеците во населените места и надвор од нив, имаат широки и нестабилни корита, ракавци, меандри, голем пад на дното и голема ерозија на бреговите.



сл.5.1. р. Вардар пред регулирање

Таквите водотеци се регулираат со објекти кои го насочуваат и концентрираат текот. Притоа се наголемува длабочината на водата, а бреговите се зацврстуваат, со постојани објекти. Уредувањето на водотеците е со многу прости активности (затревување), но и сложени објекти (напери). Регулациските градби според локација, вид и важност имаат привремен карактер (напери, прокопи) и постојан (регутирање на влив, кејски сидови), прикажани на следната шема:

регулациски градби			
надвор од речно корито	во речно корито	специјални	
насипи		објекти за предизвикување вештач. попречна циркулац	
паралелни		нормални	
примарни	секундарни	примарни	секундарни
кејски сидови	лесни градби	напери преград прагови	траверзи меѓунап решетки

Градбите се од локални и флексибилни материјали, за да се вклопат во промените во реката и околината. Заради урбанизираност, во градовите покрај другото се внимава на естетика, екологија, рекреација и економичност.

### 5.1. Материјали и средства

Материјалите со кои се зацврстуваат речните корита се биолошки и градежни.

*Биолошките материјали* (дрва, грмушки, трева и сè што расте), освен што се засадуваат на речните брегови, добро е да ги има во сливот на реката. Корењата од вегетацијата навлегуваат длабоко во земјата, ги сврзуваат нејзините честички, па ерозијата од водата е помала.

*Затревување* на бреговите на реките и косините на насипите со наклон поблаг од 1 : 2, е особено популарно. Притоа треба да се внимава затревената површина да не е прекриена со вода подолго од 20 дена. Често, за да се постигне побрза заштита на бреговите се поставува облога од баз (бусен). Тоа се квадратни или правоаголни парчиња од изникната трева вкоренета во хумус. Бусенот се реди на косината и се зацврстува со колчиња. Иако ова е поскапо (повеќе рачна работа), поефикасна е заштитата на косината во споредба со затревувањето.

*Грмушките и дрвјата* се садат по должина на бреговите, така што нивните корења навлегуваат длабоко во земјата и ја заштитуваат од рушење при високи води. Се са-

ди леска, врба, топола и сл., бидејќи брзо растат.

*Градежните материјали* (камен, чакал, песок, земја, обработено дрво и други материјали), се користат од близина на идните објекти.

*Каменот* има особини со кои се спротиставува на влијанието од водата, т.е. постојаност на температура, вода и абење. Варовникот и мермерот лесно се обработуваат. Базалтот тешко се обработува, но е постојан на абење. Каменот се користи за: обложување на бетонски конструкции; калдрма во суво, малтер или бетон; слободно нафрлан; дренажи; габиони и сл.

*Песок, чакал и земја* е наносен локален материјал. Чакалот и песокот, освен што се користат за подготвување на разни малтери и бетони, заедно со земјата се вградуваат во насипите и ги пополнуваат ниските терени.

*Обработеното дрво* (летви, штици, талпи, греди) е постојано кога нема промена на атмосферските влијанија и средината, т.е. постојано на суво или во вода. Трајноста на дрвото се наголемува со импрегнација. Дрвото лесно се обработува и со него брзо се гради. Дрвените конструкции и објекти имаат привремен карактер.

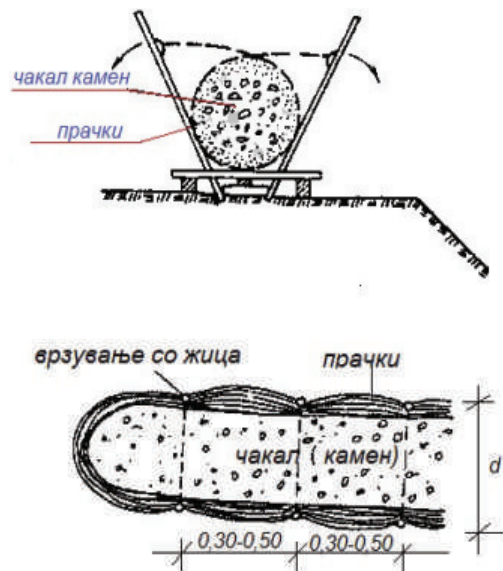
*Други материјали* (арматура, мрежа и жица од метал, пластика, битумен) се користат во комбинација со останатите градежни материјали.

*Градежните средства* (конструктивни елементи), се изработени од најразлични материјали, така поврзани што се постигнува ефикасно зацврстување. Скоро сите лесно се прилагодуваат на промените на коритото во текот на времето. Тоа се:

лесни и тешки фашины, мадраци од фашины, плетови, габиони, бетонски елементи и сл.

*Лесни фашины* се сноп прачки (врба, леска), врзани со јаже или жица. Имаат пречник до  $20\text{sm}$  и должина колку должината на прачките. Од лесните фашины се прават мадраци (со меѓусебно врзување), но се користат и поединечно за зацврстување на ножицата на брегот, напери и сл.

*Тешки фашины* се изработуваат од прачки наредени во цилиндер, а во средина исполнет со чакал или камен, врзани со поцинкувана жица на  $30$  до  $50\text{sm}$ . Надворешниот дијаметар на цилиндерот е  $50$  до  $100\text{sm}$ , како на сликата 5. 2.

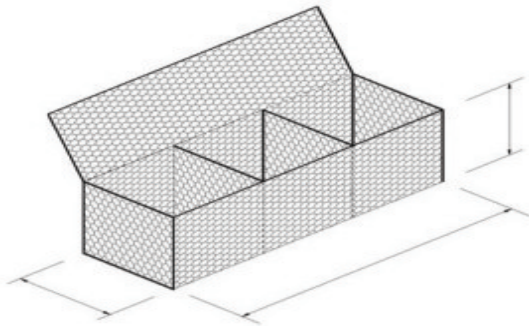


Сл.5.2.Тешки фашины

Со нив се зацврстуваат речните брегови, се градат напери и подолжни објекти, при што се прилагодуваат на сите промени на коритото.

*Габиони* се тела изработени од поцинкувана мрежа, обликувана како правоаголник или цилиндер, исполнети со камен и чакал со

гранулација поголема од отворите на мрежата. Во последно време се користи пластифицирана или пластична мрежа, што е со неограничен век на траење, како на сликата 5.3. Со габионите се зацврстуваат бреговите и дното на реките, се градат разни објекти за насочување на текот, а особено за смирување на поројните реки со голема ерозија.



Сл.5.3.Мрежа за габиони

*Бетонски елементи* се изработуваат во разна форма и големина. Со нив се формираат секакви конструкции. Ако со нив се облагаат површини изложени на водена влечна сила, добро би било да се користат изработени од лесен бетон, а фугите да се затревени.

## 5.2. Зацврстување на речните корита

Зацврстувањето на речните корита е најскапа позиција при нивното уредување.

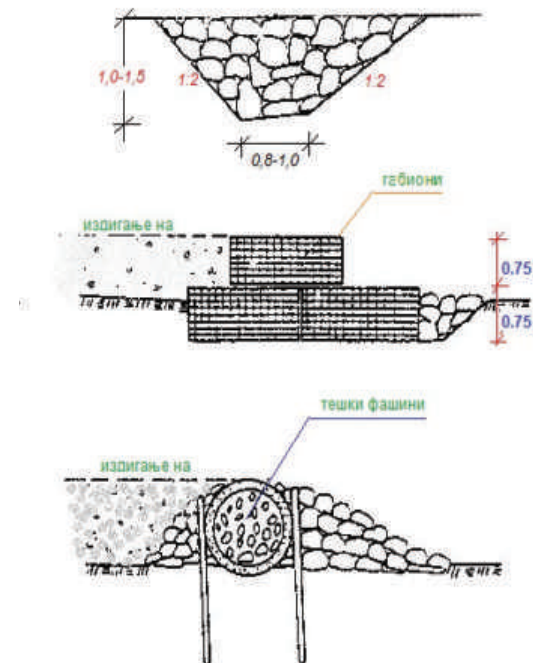
*Багерувањето*, слика 5.4, во коритото иако е подготвителна активност, не престанува за време на експлоатација (пополнување со нанос). Песокот и чакалот од речното корито и блиската околина контролирано се експлоатира со багери и лопати. При преголемо снижување

на воденото ниво во реката, исто се случува и со подземната вода на околните терени, притоа вегетацијата се суши, а со време се јавува ерозија.



Сл.5.4.Багерување во речно корито

*Зацврстување на речното дно* кај помалите водотеци во населени места е со калдрмирање. За поголемите водотеци ова е скапо, па се градат прагови со различна форма и материјали, како на сликата 5. 5.



Сл.5.5.Прагови од камен, габиони, фашины

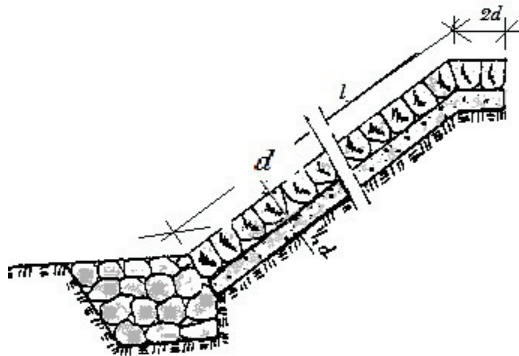


Зацврстување на речните брегови од водениот тек и ерозијата, се изведува во фази: пета, долен дел и горен дел од брегот.

*Петата* е потпирка на зацврстувањето. Се изработува од флексибилен и локален материјал.

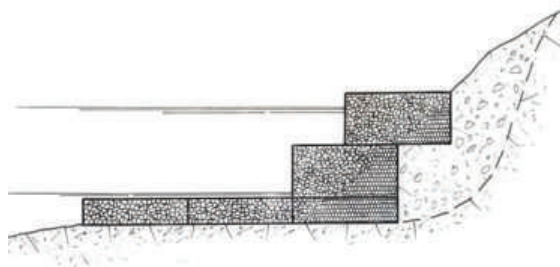
*Долниот дел* започнува по петата, а завршува во височина на нивото на средногодишната вода.

Бидејќи овој дел е постојано под вода и влијание на голема влечна сила, се зацврстува помасивно со камен (нафрлан, калдрма), особено кај минор коритото од сложените профили, како на сликата 5.6.



Сл.5.6. Зацврстување на долен дел

*Горниот дел* е под вода при појава на големите протечи, кај малите реки неколку часа, а кај големите до еден месец. Зацврстувањето е комбинирано биолошко, со градежни материјали и средства (габиони), слика 5.7.

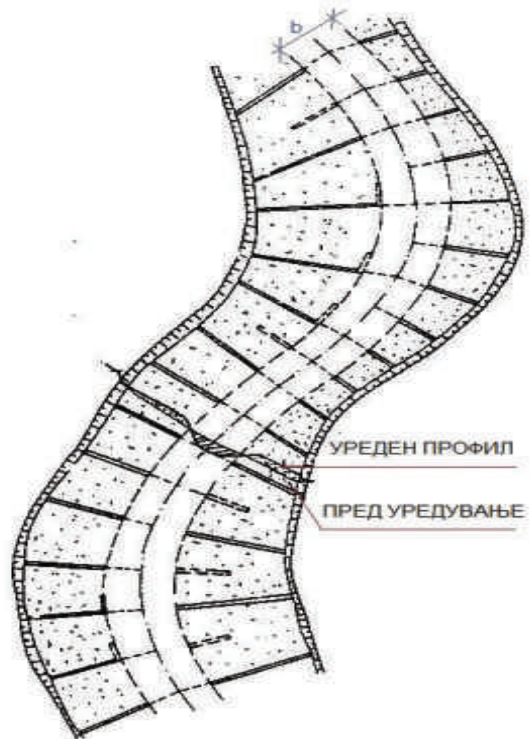


Сл.5.7. Зацврстување со габиони

### 5.3. Објекти за концентрација и насочување на текот

Според функцијата и намената објекти за концентрација и насочување на текот се: напречни објекти (напери), подолжни објекти, прокопи и сл.

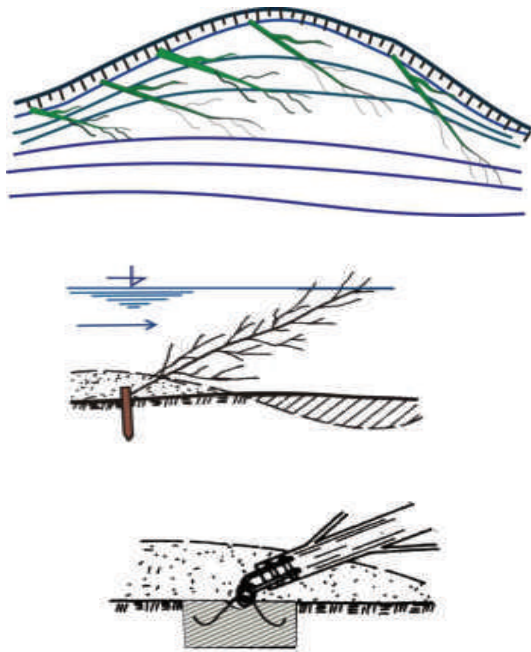
*Наперите*, слика 5.8, се градежни објекти од привремен карактер, кои овозможуваат во втората фаза да се изградат постојаните објекти. Тие делумно го затвараат протечниот профил (поставени нормално или косо во насока на течење во речното корито) ја насочуваат водата во непреградениот (проектиран) дел од реката. Овде водата тече со поголема брзина и го продлабочува коритото. Во просторот меѓу наперите и стариот брег, водата бавно се движи, при што се ослободува од наносот (со време целосно се пополнува).



Сл.5.8. Напери, ситуација

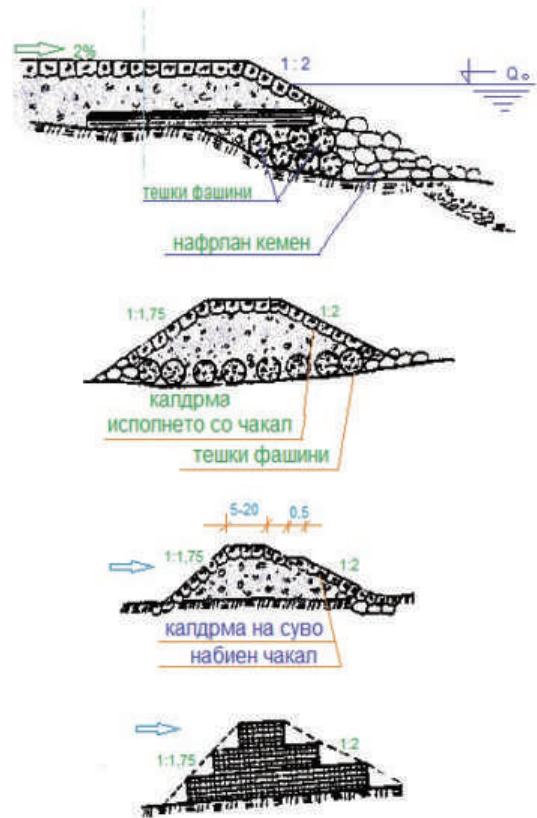
Наперите се состојат од корен, тело и глава. Коренот на наперот се наоѓа на брегот. Телото го затвара делот од протечниот профил до регулационата линија, а преку неговата круна може, но и не мора да се прелева вода. Главата треба да се изработи солидно, бидејќи е изложена на механичко влијание на водата.

Конструкцијата на наперите освен што е преливна или непреливна, може да е водопропуслива и непропустлива. Водопропусливите напери се изградени од цели стебла со гранки и лисја, слика 5.8, монтажни бетонски и армирано бетонски елементи, мрежа, дрвена граѓа.



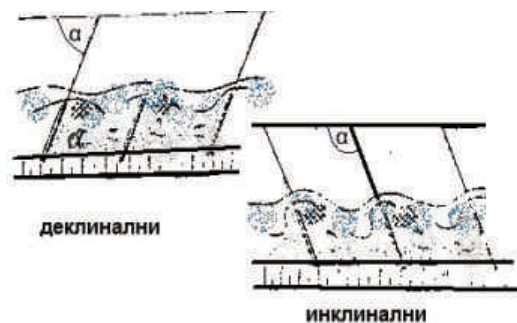
Сл.5.8.Водопропусли напери од цели стебла

Водонепропусливите се од камен, чакал, фашины, габиони и сл., прикажани на сликата 5.9.



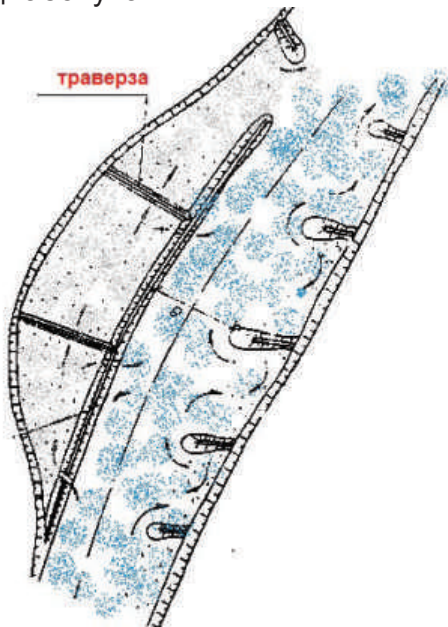
Сл.5.9.Водонепропусли напери

Во правите делници од реката, наперите се градат од двете страни, т.е. на двата брега, така што нивните оски се пресечуваат во оската на реката. Во однос на оската на реката наперите се нормални и коси. Косите пак се деклинални (поефикасни) зафаќаат остар агол со оската, додека инклиналните зафаќаат тап агол, како на слика 5.10.



Сл.5.10.Коси напери

*Подолжните објекти*, слика 5.11, започнуваат од постојан и цврст брег, продолжуваат по трасата на регулациската линија (идниот речен брег) и го стеснуваат коритото. Како последица на ова стеснување брзината на водата и влечната сила се наголемуваат, а коритото се пролабочува.



Сл.5.11.Подолжен објект

Круната на надолжниот објект е пониска од нивото на водата во реката при големи води, така што просторот меѓу надолжниот објект и стариот брег често е поплавен. Стариот брег и надолжниот објект се поврзани со траверзи, кои го делат просторот, заради подобро колмирање. Струењето на водата низ надолжниот објект се обезбедува со отвори.

Во почетокот објектите се со помала височина, изработени од тешки фашины, габиони (слика 5.12) и нафрлан камен. Како се наголемува засипувањето со нанос позади надолжниот објект, се преоѓа на втора фаза со доградба и надградба од поцврсти материјали, крупен камен,

бетон и сл. Делот од објектот кон водата поцврсто се изведува.



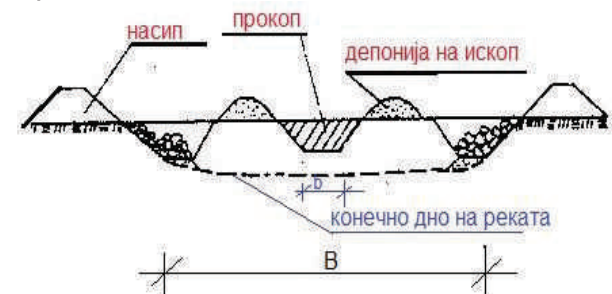
Сл.5.12.Подолжен објект (габиони)

*Прокопи (просеци)*, слика 5.13 се градат кај рамничарски реки, со мал надолжен пад, голем протек и голем број меандри.

Ситуација



Пресек 1-1



Сл.5.13.Прокоп: ситуација и пресек



Со прокопите се скратува трасата, а се зголемува надолжниот пад и длабочината на текот. Притоа се користи водената сила и ерозија (на идната траса се копаат прокопи низ кои се пушта да тече водата), за извршување на земјаните работи.

#### 5.4. Објекти на водотеците

При уредување на водотеците се градат поголем број објекти од постојан карактер: прагови, потпорни сидови, насипи, зафати, испусти на вода итн.

*Стабилизациони прагови* се градат да го намалат надолжниот пад на реката како на сликата 5.14. Бидејќи се јавува ерозија на дното, а прагот го намалува падот, се смирува текот, се намалува брзината на водата, а енергијата се концентрира на прагот.



Сл.5.14.Стабилизациони прагови

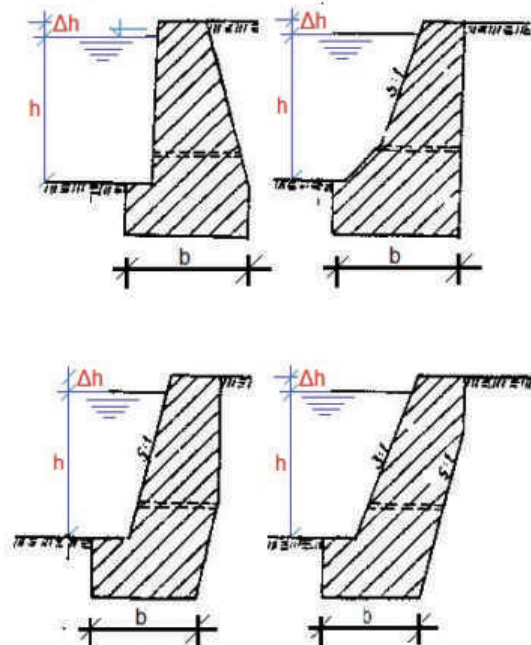
Праговите се составени од преливен дел (кој формира висинска разлика на нивелетата на дното) и слапиште (за смирување на енергијата на прелеаната вода). Прелевот е вертикален или во форма на водениот млаз. Слапиштето треба посебно да се зацврсти.

*Потпорните сидови* се дел од зацврстувањето на речните брегови. Тие се масивни објекти (камен, бетон, габиони, слика 5,15), кои ги формираат кејовите во/надвор од населените места и темелите на останатите регулациски градби.



Сл.5.15 Потпорен сид од габиони

На сликата 5.16, се прикажани неколку напречни пресеци на бетонски потпорни сидови.



Сл.5.16.Бетонски потпорни сидови

За да се заштити Тетово од поројните води во р. Пена, коритото се надвишува со армирано-бетонски ѕид со височина од 1 m, слика 5.17.



Сл.5.17.Надвишување на коритото на р.Пена

Реката Вардар во подрачјето на градот Скопје е регулирана, слика 5.18, во должина од приближно 17km. Напечниот пресек е сложен, составен од минор и мајор корито.



Сл.5.18. р. Вардар по регулирање

Во минор коритото протекуваат средногодишните води. Напечниот пресек е трапез со широчина на дното меѓу 40 и 50m, и просечна длабочина околу 2,5m. Мајор коритото е димензионирано со водено количество со веројат-

ност на појава еднаш во 1000 години. Напечниот пресек е приближно правоаголен (во централното подрачје) и трапезен надвор од него. Длабочината на водата е приближно 2,5 m а широчината променлива.

Утоките на притоците треба стабилно да се изградат, заради појава на големи води, брзини и енергија, а во такви услови и нанос.



Сл.5.19.Регулирана утока на р.Лепенец во р.Вардар





Уредувањето на водотеците е со многу прости активности (затревување), но и сложени објекти (напери).

Грмушките и дрвјата се садат по должина на бреговите.

Од лесни фашины се прават матраци (меѓусебно врзани), но се користат и поединечно за зацврстување на ножицата на брегот, напери и сл.

Габиони се тела од поцинкувана мрежа, обликувана како правоаголник или цилиндер, исполнети со камен и чакал со гранулација поголема од отворите на мрежата.

Багерувањето на коритото е припремна активност, но не престанува за време на експлоатација, заради отстранување на наносот.

Зацврстувањето на речните брегови од водениот тек и ерозијата се изведува во фази: пета, долен дел и горен дел од брегот.

Во просторот меѓу наперите водата бавно се движи, притоа се ослободува од наносот и целосно го пополнува.

Водопрпусливите напери се изградени од цели стебла со гранки и лисја, монтажни бетонски и армирано бетонски елементи, мрежа и дрвена граѓа.

Потпорните ѕидови се масивни (камени, бетонски) објекти кои ги формираат кејовите во населените места и темелите на останатите регулациони градби.



*I. Упатство:* По секое прашање ќе најдеш празни линии на кои треба да го напишеш одговорот.

1. Постојани регулациски градби се:  
а) \_\_\_\_\_  
б) \_\_\_\_\_
2. Кои напери се најдобри?  
а) \_\_\_\_\_
3. Што има во мрежата за габиони?  
а) \_\_\_\_\_
4. Каде се садат грмушки и дрвја?  
а) \_\_\_\_\_

*II. Упатство:* Одлучи која алтернатива е најдобра за да се доврши реченицата или да се одговори на прашањето. Заокружи!

1. При уредување на водотеците се користат материјалите:  
а) камен;  
б) чакал;  
в) пуцолан;  
г) дрво;  
д) песок.
2. Лесните фашины се употребуваат за:  
а) матраци;  
б) напери;  
в) зацврстување на ножици;  
г) зацврстување на брегот.
3. Зацврстувањето на речни брегови од ерозија е со...  
а) пета;  
б) долен дел;  
в) горен дел.

#### Тест за самооценување

Група на прашања	Број на прашање	Можни поени	Освоени поени
I	1	2	
	2	1	
	3	2	
	4	1	
II	1	4	
	2	3	
	3	3	

### ГРАФО-НУМЕРИЧКА ЗАДАЧА

#### регулиран водотек

Напречниот пресек на регулираната река е комбиниран, од трапезен за малите води и правоаголен за големите води:

\* да се димензионира

-минор корито

-мајор корито

\*да се нацрта напречен пресек на регулираното речно корито М 1:100.

Кога се познати:

-рапавост на бреговите  $n = 0,03$  ;

-пад на дното на реката  $i = 0,004$ ;

-кота на доно ... .. 237;

-протек во минор корито

$$Q_{min} = 15,55 \text{ m}^3/\text{s};$$

-протек во речното корито

$$Q_{max} = 143,47 \text{ m}^3/\text{s}$$

Забелешка:

Се користат формулите од темата 3.1.1, а податоците се земени од задачата природен водотек, освен за коефициентот на рапавост на бреговите, кој се однесува на облога од реден камен. Тоа значи, природниот водотек од задачата во тема 4, во оваа задача е регулиран.

Решение:

\*\*Минор корито

Формулите за геометриски и хидраулички големини за трапезниот пресек се:

$$A = (b + mh)h$$

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

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

$$c = \frac{1}{n}\sqrt[6]{R}$$

$$V = c\sqrt{iR}$$

$$Q = A \cdot V$$

\*Димензионирање

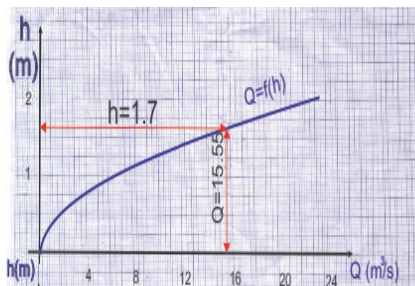
Најдобро е димензионирање во табела. Претпоставуваме три длабочини на водата  $h$  во коритото, за усвоена широчина на дното  $3 \text{ m}$ .

Q	m <sup>3</sup> /s	6,55	12,82	23,82
V	m/s	1,63	1,9	2,31
c		31,32	32,52	34,15
n		0,03	0,03	0,03
i		0,004	0,004	0,004
R	m	0,69	0,86	1,15
O	m	5,82	7,23	8,64
A	m <sup>2</sup>	4	6,75	10
h	m	1	1,5	2
b	m	3	3	3

\*Линија на протек

Линијата на протек се црта на координатен систем  $h/Q$ , каде за височина размерот е  $2 \text{ sm}$  за  $1 \text{ m}$ , а протекот  $2 \text{ sm}$  за  $4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Од неа се отчитува за протек  $15,55 \text{ m}^3/\text{s}$  дека

одговара длабочина на водата 1,7 m.



\*\*Мајор корито

Формулите за геометриски големина за правоаголно корито се:

$$A = B \cdot H \quad m^2$$

$$O = 2(b_1 + H) \quad m$$

Формулите за хидраулички големина се исти како за трапезното (минор) корито.

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

$$c = \frac{1}{n} \sqrt[6]{R}$$

$$V = c \sqrt{iR}$$

$$Q = A \cdot V$$

\*Димензионирање

Најдобро е димензионирање во табела. Претпоставуваме три длабочини на водата  $h$  во коритото. Широчината на дното е збир од широчината на дното на минор коритото; две хоризонтални должини од косината на минор коритото и две широчини на бермите ;

$$B = b + 2(mh + b_1) = 3 + 2(1,7 + 2) = 10,4 \quad m$$

Q	$m^3/s$	31,34	82,37	139,29
V	$m/s$	3,01	3,94	4,46
c		36,52	39,06	40,26
n		0,03	0,03	0,03
i		0,004	0,004	0,004
R	$m$	1,73	2,6	3,12
O	$m$	6	8	10
A	$m^2$	10,4	20,8	31,2
H	$m$	1	2	3
B	$m$	10,4	10,4	10,4

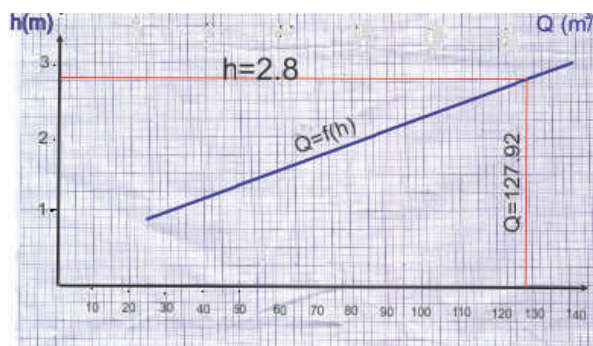
\*Линија на протек

Линијата на протек се црта на координатен систем  $h/Q$ , каде за височина размерот е  $2 \text{ sm}$  за  $1 \text{ m}$ , а протекот  $2 \text{ sm}$  за  $20 \text{ m}^3/s$ . Од неа се отчитува за протек :

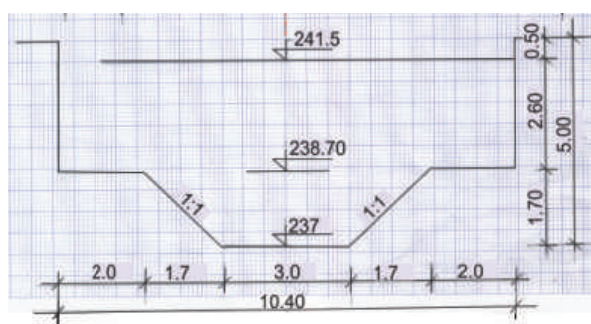
$$Q = Q_{\max} - Q_{\min}$$

$$Q = 143,47 - 15,55 = 127,92 \text{ m}^3/s$$

дека одговара длабочина на водата  $2,8 \text{ m}$ .



\*\*Напречен пресек на регулирано сложено корито М 1:100





## **6. Пловни патишта и пристаништа**

Воден транспорт

Пловни садови

Пловни патишта на копно

### **6.1. Пловни реки**

Природен пловен пат

Регулирани реки

Канализирани реки

Канализирани реките Вардар и Пчиња

### **6.2. Пловни канали**

Дефиноција

Траса

Надолжен профил

Напречен профил

Услови за економска пловидба

Зацврстување на брегот

### **6.3. Бродски преводници**

Дефиниција

Составни делови

Градежен дел

Поделба според функција и диспозиција

Пловење на садот

### **6.4. Пристаништа**

Дефиниција

Акваторија

Територија



Пристаништа за внатрешна  
пловидба

Пристаништа директно на  
пловниот пат

Одвоени пристаништа

Морска пристаништа

Езерски пристаништа

Запомни

Тест

## 6. Пловни патишта и пристаништа

Водениот транспорт е на прво место за превоз на патници и евтина стока, заради економичност и големи превезени товари.



Сл.6.1. Патнички брод (крузер)..

Пловните садови (бродови) со својата носивост, стабилност, маневарски можности и вид на транспорт, лесно се прилагодуваат на пловните патишта.



Сл.6.2. Танкер

Покрај морскиот, таму каде што има услови, се развива континенталниот транспорт. Водените патишта на копно овозможуваат мали брзини до  $15\text{km/h}$  и голема носивост, со помала сила на превозните средства.

Пловните патишта на копно се природните реки и езера, регу-

лираните големи реки, канализирани реки, пловни канали и вештачки езера.



Сл.6.3. Чамец на Охридско езеро

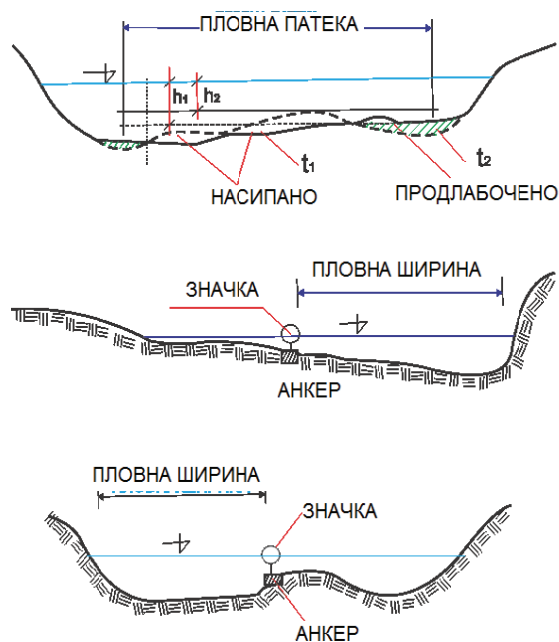
Кај нив карактеристични се: напречниот профил (широчина и длабочина), слободното водено ниво, воденото количество и пловните садови. Малата брзина на водата често предизвикува појава на мраз и нестационарен режим на течење (го ограничува пловењето).

### 6.1. Пловни реки

*Природен пловен пат*, слика 6.4, се големите реки, кои со својата широчина, длабочина и траса ги задоволуваат потребите и условите за пловидба. Како се менува протекот (водостоежот), се менува и морфологијата на речното дно. Затоа е потребно редовно следење на длабочината на пловната патека со водомерна летва и современи ехосондери.

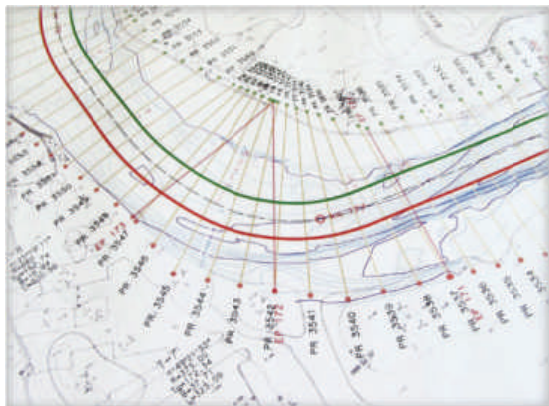
Непречено одвивање на пловидбата, обезбедува соодветен напречен профил на реката и права траса (најкратко растојание меѓу две места).

Хидротехнички објекти  
редовна/изборна настава



Сл.6.4. Напречни профили на природни пловни реки, каде пловната патека е обележана со значка.

Реките во природа често се *регулираат*. Трасата се исправа со сечење на меандрите, а кривините се спротивни, благи и со меѓуправци. Притоа, ако е можно се следи постојното корито (како на сликата 6.5) и локациите на населбите, индустриските објекти и врските со другите сообраќајници.



Сл.6.5. Траса на регулирана река

Напречниот профил кај широките алувијални реки со непостојан

протек, често се менува. За безбедна пловидба се корегира напречниот профил со објекти за насочување на текот, напречни и надолжни објекти. При корекција на трасата секогаш се прилагодува и напречниот профил на потребите за пловидба, слика 6.6:



Сл.6.6. Корекција за пловидба

Реките со поголем пад на дното, а релативно мало водено количество, се оспособуваат за пловидба со *канализирање*. Тие се корегираат со изградба на ниски брани кои го издигаат воденото ниво до потребната длабочина за пловидба, како на сликата 6.7:



Сл.6.7. Корегирање со ниски брани

При вакво заезерување на реката потребна е изградба на насипи, бидејќи воденото ниво се

покачува над котите на околниот терен.

Канализирани реките Вардар и Пчиња, се дел од студијата на пловниот пат Дунав - Егејско море. Така, на Вардар од устието до Велес со должина  $187\text{km}$  и висинска разлика  $219\text{m}$ , би се изградиле 7 брани (од кои две високи) и 17 бродски преводници. Реката Пчиња, со должина  $28\text{km}$  и висинска разлика  $66,5\text{m}$  би се совладала со 5 преводници. Реализацијата е сврзана со проблеми од потребни големи водени количества, појава на нанос и големи експлоатациони трошоци.

## 6.2. Пловни канали

Пловните канали се вештачки водени патишта, кои поврзуваат две пловни реки; пловна река со море или езеро; море и езеро; две мориња, слика 6.8. Тие овозможуваат скратување на должината на пловниот пат меѓу две места.

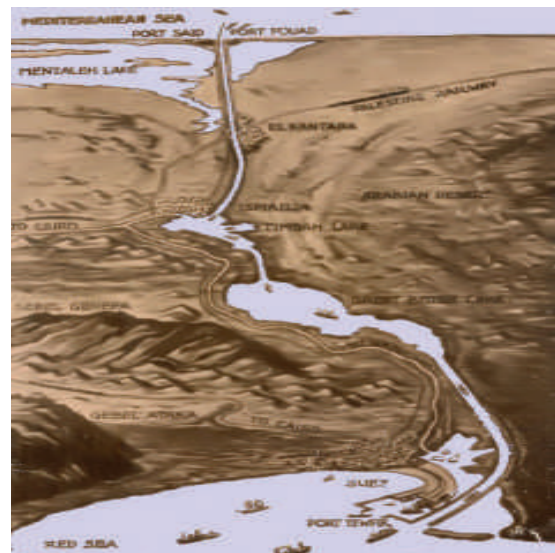


Сл.6.8 Панамски канал

За совладување на теренски препреки преминуваат во тунели и аквадукти. Бидејќи каналите може да припаѓаат на повеќе сливни

подрачја, се делат на делници со бродски преводници.

Трасата на каналот, слика 6.9, зависи од стопанството, сообраќајниците и природните карактеристики на подрачјето. Се избегнуваат населби и вкрстување со железници и патишта. Најдобра траса е права линија, но како тоа е невозможно, помеѓу правците има кружни кривини со преодници и најмал радиус од  $800$  до  $1000\text{ m}$ .



Сл.6.9. Траса на Суецки канал, меѓу Средоземно море (Порт Саид) и Црвено море (Суец)

Надолжниот профил ја покажува висинската положба на каналот, нивелетата, земјаните работи, големината и распоредот на скалилата. Најмалиот пад на дното на каналот е од  $0,1$  до  $0,5\text{‰}$ .

Напречниот (најчесто трапезен) профил на каналот, слика 6.10, со доволна широчина и длабочина, овозможува безбедна пловидба со двонасочен сообраќај. Големината на профилот зависи од пловниот сад или композиција, брзината со која истиот се движи и условот за економична пловидба:



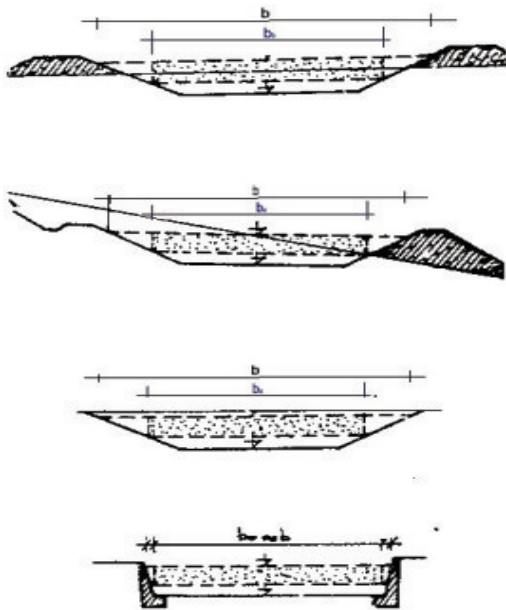
$$n = \frac{A}{f_c} > 5,0$$

$A$  - протечна површина на каналот  
 $f_c$  - потопена површина на садот



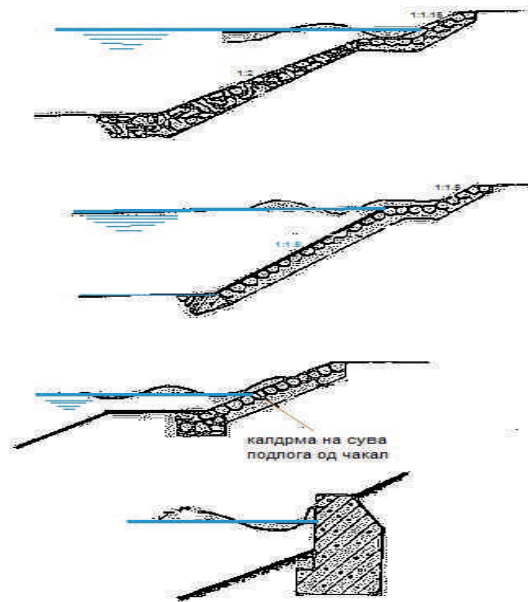
Сл.6.10.Коринтски канал, засечен во карпа е долг 6,3 km со водено огледало 21m а најголема широчина 85m

Каналите на теренот се во ископ или насип, како на сликата 6.11.



Сл.6.11.Канали на/во теренот

Наклонот на брегот зависи од облогата (песочни глини, нафрлан камен, асфалт-бетон) е 1:2. На сликата 6.12 се прикажани неколку видови на зацврстување на бреговите.



Сл.6.12.Зацврстување на бреговите

За совладување на препреки (суводолици, водотеци, железнички линии) на трасата на пловните канали се градат аквадукти, слика 6.13. Тие имаат помали димензии од каналот па затоа по нив плови само еден пловен сад, останатите чекаат.



Сл.6.13.Аквадукт на пловен канал



### 6.3. Бродски преводници

Бродските преводници се дел од пловен пат на река, канал или езеро со кои се совладува одредена висинска разлика, слика 6.14.



Сл.6.14. Локација на преводница

Составени се од горен и долен пристап и преводница. На влезот и излезот од преводницата има подвижни прегради (табласти, сегментни и цилиндрични), слика 6.15.



Сл.6.15 Врата на преводница

Градежниот дел е бетонски (армиран, преднапрегнат) со правоаголен и трапезен попречен пресек и должина според пловниот сад или композицијата. Според функцијата и диспозицијата има едностепени, двостепени и специфични преводници.

Едностепената преводница, слика 1.14 (тема1), е самостоен објект со кој се совладува падот на воденото ниво. Со двостепената, слика 6.16, се совладуваат падови поголеми од 20m, воедно се штеди вода.



Сл.6.16 Двостепенна преводница

Специфичните преводници се градат кај пристаништа, вкрстување на два пловни пата, при промена на правецот во било која насока.

Полнењето и празнењето на преводницата со вода треба да е брзо, безбедно за пловните садови и за стабилноста на конструкцијата. Дотекот и оттекот на вода се регулира со затворувачи на комора со галерија на дното.

Пловењето на садот од долното кон горното ниво е следно: се изедначува нивото во комората со долното; притоа горниот затворувач за вода е затворен; садот вловува во комората; се затвара долната врата и затворувачот на одводот; се отвара затворувачот на доводот, а комората се полни со вода до горното ниво; се отвара горната врата и садот вловува во горниот пристап; бродската преводница е спремна да преведе сад од горното во долното ниво. Овие активности траат половина до час.

#### 6.4. Пристаништа

Пристаништето е збир од објекти за пристан на пловните садови за да се претовари стока; да се засолни при поправка, невреме и појава на мраз; да ги опслужи патниците и создаде континуитет со останатите сообраќајници. Водениот дел од пристаништето (*акваторија*), слика 6.17, со брежната линија е одвоен од копнениот дел (транспортно-претоварен). Акваторијата ги опслужува бродовите (впловување, разминување, пристан, сидрење, растоварање, товарење и отпловување).



Сл.6.17.Акваторија

Копнениот дел (*територија*) е во функција на патниците и стоката (истоварање, претоварање, пренос, чување, чекање), слика 6.18:



Сл.6.18.Територија

Локацијата на пристаништето е за внатрешна пловидба (на пловна река, канал или езеро) и морска пловидба (на морски брег или вовлечено во копно).

*Пристаништата за внатрешна пловидба* се наменети за потребите на трговијата, индустријата, масовен превоз, патнички, прифаќање и ремонт. Тие се градат директно (поевтино) и одвоено (побезбедно) од пловниот пат.

*Пристаништата директно на пловниот пат*, слика 6.19, примаат помали количества стока. Акваторијата е проширен дел од пловниот пат, што пречи на пловењето и го ограничува капацитетот. Постојаната промена на водостоежот во пловниот пат негативно влијае на пристанувањето. Пристанишната територија е со мала површина.



Сл.6.19.Пристаниште на пловен пат

Одвоените пристаништа од пловниот пат се посебни базени, со големина според потребите (капацитет, вид стока, простор, терен, сообраќајни врски). До пристанишните базени, меѓусебно одделени со претоварно-транспортни фронтови, се впловува од пловниот пат низ канал, свртувалиште и предпристаниште, прикажано на слика 6. 20.





Сл.6.20.Одвоено пристаниште

Последните три дела, се димензионираат според најголемиот брод кој вловува во базенот. Широчината на базенот е од 85 до 110m, или безбеден пристан на 6 до 8 паралелни брода, а должината од 200m до преку 1000m. Широчината на претоварно-транспортниот фронт го условуваат кранските патеки, железнички линии, складирање на отворено или во згради.

*Морски, езерски* пристаништа се слични по положбата што ја имаат: во природно или вештачки оформени заливи, при устието на пловните реки или базени кои со канали се поврзани со морето, како пристаништето во Хамбург, слика 6.21.

Нивната големина зависи од стопанско-економската состојба на областа што ја поддржуваат, од што произлегува и намената. Заради големината на пловните објекти (поголем дел од нив се наоѓа под вода), еден од најважните услови е длабочината на водата, особено каде што има голема висинска разлика меѓу плима и осека и високи бранови.



Сл.6.22.Пристаниште на Охридско Езеро



Сл.6.20.Пристаниште во Хамбург



Водениот транспорт го држи првото место за превоз на евтина стока, заради економичноста и големите превезени товари.

Пловните патишта на копно ги карактеризираат напречниот профил (широчина и длабочина), слободното водено ниво, воденото количество и пловните садови.

Пловните канали (вештачки водени патишта) овозможуваат скратување на должината на пловниот пат меѓу две места.

Бродската преводница има влез и излез (на кои има подвижни врати); довод и одвод за вода со затворувачи и комора со галерија на дното.

Пловењето на садот од долното кон горното ниво е следно: се изедначува нивото во комората со долното; притоа горниот затворувач за вода е затворен; садот вловува во комората; се затвара долната врата и затворувачот на одоводот; се отвара затворувачот на доводот, а комората се полни со вода до горното ниво; се отвара горната врата и садот вловува во горниот пристап; бродската преводница е подготвена да преведе сад од горното во долното ниво.

Акваторијата ги опслужува бродовите (вловување, разминување, пристан, сидрење, растоварање, товарање и отпловување).

Одвоените речни приста ништа од пловниот пат се посебни базени.



*I. Упатство:* По секое прашање ќе најдеш празни линии на кои треба да го напишеш одговорот.

1. На влезот и излезот на бродската преводница има:

а) \_\_\_\_\_

2. Каков вид на товар се транспортира по водениот пат :

а) \_\_\_\_\_

3. Какви пловни тела пловат по Вардар?

а) \_\_\_\_\_

б) \_\_\_\_\_

*II. Упатство:* Одлучи која алтернатива е најдобра за да се доврши реченицата или да се одговори на прашањето. Заокружи!

1. Со едно полнење на бродска преводница вловуваат и испловуваат:

а) еден пловен сад;

б) два пловни сада.

2. Пловни патишта на копно се :

а) природни реки;

б) регулирани реки;

в) пловни канали;

г) природни езера;

д) канализирани реки;

е) вештачки езера.

#### Самооценување на тестот

Група на прашања	Број на прашање	Можни поени	Освоени поени
I	1	1	
	2	1	
	3	1	
II	1	1	
	2	6	



## **7. Хидротехнички мелиорации**

Водата, растворувач и пренесувач на хранливи материи

### **7.1. Бонитет на земјиштето**

Педологија  
Засолување на почвата  
Закиселување  
Алкализација  
Физички особини  
Текстура  
Структура  
Порозност  
Волуменака маса  
Хемиски особини  
Вода и воздух  
Полска (капиларна) влага  
Точка на венење

### **7.2. Објекти за заштита од поплави**

Големи води  $p=0,01$  и  $p=0,001$   
Активна одбрана  
Пасивна одбрана

#### **7.2.1. Одбрамбени насипи**

Дефиниција  
Главни насипи  
Напречни насипи  
Летни насипи  
Траса  
Оптимално растојание  
Напречен пресек



### 7.2.1.1 Материјали од кои се градат

насипите

Локален материјал

Песоклива глина

Напречен пресек

Заштита на косините

### 7. 2.2 Низински ретензии

Отвори во насипот

Низински ретензии

Запомни

Тест

Графо-нумеричка задача

## 7. Хидротехнички мелиорации

Водата е растворувач и пренесувач на хранливи материи од почвата, а крајниот резултат е поголем и поквалитетен принос на земјоделските култури, т.е. храна. Затоа е потребно оптимално водено количество за секој вид растенија. Недостатокот од вода во земјиштето, слика 7.1, треба да се надолжни, а поголемото присуство да се одведе.



Сл.7.1. Недостаток на вода во земјиштето

Системите за одводнување и наводнување се состојат од бројни објекти со разна намена што зависи од локалните услови. Градежните работи и други активности што се преземаат во оваа насока се *хидротехничките мелиорации*.

### 7.1. Бонитет на земјиштето

Земјиштето е составено од разни материи (вода, воздух, органски и неоргански). Почвата е површински слој од земјиштето, од која растенијата преку кореновиот систем се снабдуваат хранливи материи кои ги пренесува водата.

Педологијата го проучува бонитетот (особини и плодност) на земјиштето. Најактивен педогенетски фактор за почвата е климата (врнежи, температура). Врнежите на патот до земјата раствараат соли ( $N_aCl$ ) и гасови ( $CO_2$ ) и доведуваат до *засолување* и *закиселување* на почвата. Високите температури помагаат да испари капиларната вода од почвата, движејќи се кон површината, заедно со растворените соли, што предизвикува *алкализација*.

*Физичките особини* на почвата се од особен интерес за обработливоста и режимот на водата и воздухот.

Текстурата е количински однос на честичките со разна големина на зрната, па оттука разни видови почви.

Структурата е начин на кој честичките од почвата се групирани. Таа постојано се менува, особено при нејзино обработување.

*Порозноста* е систем на празнини во почвата. Макропорите-големи, се полни со воздух (песок). Микропорите-помали се исполнети со капиларна вода (како кај глина).

*Волуменската маса* е однос на тежината и зафатнината на апсолутно сува почва заедно со порите. Овозможува одредување на природна влажност и норма за наводнување на почвата.

Температурата на почвата влијае на почетокот на земјоделските работи, вегетацијата и наводнувањето на разни видови растенија.

*Хемиски елементи и соединенија*, како: железо, калиум, магнезиум, калциум, фосфор, сулфур итн., во почвата ги има во мали количества. Во почвата има органски материи и микроорганизми. Сите овие растворени во вода се хра-

на за растенијата, т.е. за формирање стебло, гранки, лисја и плодови.

*Водата и воздухот* во одредени количества во почвата создаваат оптимални услови за развој на растенијата. Максимална штедрост на вода (сосема исполнети пори со вода), е штетна за растенијата. Оваа заситеност не трае долго, бидејќи водата гравитациски истекува од порите и доаѓа до *полски (капиларен)* капацитет, корисен за растенијата. Во табелата бр.1, дадена е полската влага во проценти од масата на сува почва.

вид на почва	полски влага %
песок	4 до 10
песокливи	10 до 20
лесна иловица	20 до 30
тешка иловица,глина	30 до 40

Таб.1.Полска влага во почвата

Влагата од почвата испарува во атмосфера, а растенијата ја впираат, така што се намалува количеството вода во порите до точка на венење (мртва влага). Оваа влага коренот не ја апсорбира. Хигроскопската и лентокапиларна влага се цврсто врзани за земјаните честички (ги обвиткуваат), па растенијата не може да ги користат.

## 7.2. Објекти за заштита од поплави

Поплавите се последица од појава на големи води во водотечите (веројатност на појава од 1% до 0,1%), кои се излеваат од основното корито и инундацијата, на околното замјиште. При излевање на водата настануваат штети во населби, индустриски и стопански објекти, хидротехнички објекти, земјоделски посеви и сл.

Одбраната од поплави, освен што има цел да заштити, создава услови за рационално користење на големото водено количество, што се јавува притоа. Одбраната е активна (акумулации тема 1, регулирање на водотек тема 5, пошумување на сливот) и пасивна (насипи, природни ретензии, привремени акумулации и ретензии). Дел од заштитата е обработена во тема 1 и тема 5, додека за одбранбени насипи и низински ретензии ќе стане збор подолу.

### 7.2.1.Одбранбени насипи

Одбранбените насипи се објекти од локален материјал, лоцирани по должина на едниот или двата брега, слика 7.2. Површините меѓу насипите (инундација) се обработува во ливади, ретки шуми и сл.

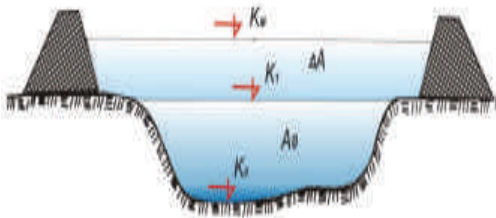


Сл.7.2.Одбранбени насипи

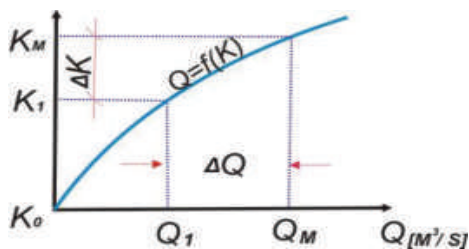
Според намената насипите се: главни (штитат од големи води); напречни (го делат заштитеното подрачје на делови); летни (штитат од летни големи води).

Со насипите напречниот пресек на реката при големи води се стеснува. Притоа поплавниот бран не се одлева од основното корито во инундацијата, туку се наголемува водостоежот во реката, прикажано на сликата 7.3.

а. стеснет пресек на реката



б. линија на протек



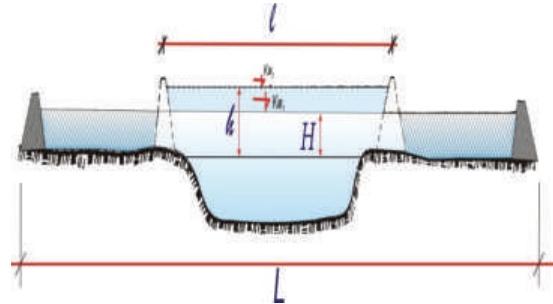
Сл.7.3.Зголемување на водостоежот помеѓу насипите при големи води

*Трасата* на насипите по можност е права, или благо закривена линија. Насипите, од левата и десната страна на реката, се паралелни. Растојание меѓу нив зависи од меродавно големата вода. Ова растојание обезбедува брзини и длабочини на водата, помали од критичните, со што се спречува ерозија и свлекување на бреговите и косините.

Растојанието  $l$  и височината на насипите  $h$  се во обратно пропорционална зависност, при што  $L$   $km$ , е должина на инундацијата во раз-

гледуваниот пресек,  $H$   $m$  длабочината на водата при излевање:

$$l = L \sqrt{\left(\frac{H}{h}\right)^3} \quad [m]$$



Сл.7.4.Растојание меѓу насипи

*Напречниот* пресек на насипите е трапезен, слика 7.5. Широчината на круната е најмалку 2,5  $m$ . Косините се во согласност со геомеханичките карактеристики на насипаниот материјал и нивната заштита, од 1 : 2 до 1 : 6. Надвишувањето на насипот над нивото на високата вода е од 0,6 до 1,5  $m$ .



Сл.7.5.Насип заштитен со трева

При лоша се процена на меродавно големата вода, таа прелева преку насипот, локално го руши и ја плави околината, притоа предизвикува поголеми или помали штети. Тоа значи дека височината на насипот е недоволна, затоа насипот се надвишува со вреќи полни со песок и земја (зајачки насипи), слика 7.6.





Сл.7.6. Зајачки насип

### 7.2.1.1. Материјал од кој се градат насипи

Насипите се градат од локален материјал кој добро се насипува, распстила и набива. Позајмиштата, слика 7.7, (ровови) се длабоки до  $1,5m$  и долги од  $25$  до  $30m$ , во идното речно корито и инундација. Со тек на време инундацијата се исполнува со нанос.



Сл.7.7. Материјал за насип се позајмува од речно корито и инундација

Најдобар материјал за насипување е песоклива глина (30% глина). Насипувањето, набивањето и заштитата од филтрациските води во телото, е веќе опишано во темата 2.1.1 од овој учебник. Во помалите насипи се вградува песок и чакал

од речното корито со багер-рефулер, слика 7.8.



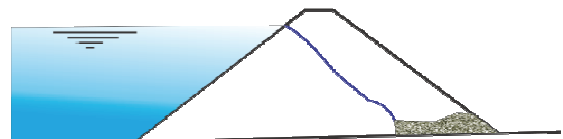
Сл. 7.8. Багер-рефулер гради насип

Водонепропусливост се постигнува најчесто со вградување на глинено јадро во песокливото тело на насипот, а дренажата од чакал во воздушната ножица ја собира процедурената вода, слика 7.9.

а)



б)



Сл.7.9. Напречен пресек на насип (а) со глинено јадро и (б) со дренажа од чакал

Ако водонепропусливиот слој се наоѓа на длабочина од  $3$  до  $6 m$  под нивото на теренот, патот на процедурните води се продолжува со шпундова ограда.

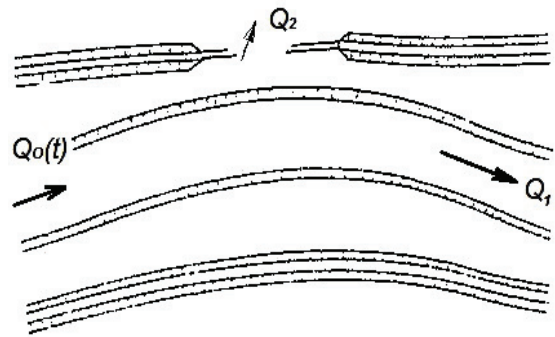
Косините на насипот се заштитуваат. Од страната на водата до меродавното ниво, со нафрлан камен, реден камен или бетонски елементи, меѓу кои е засадена трева и ниски грмушки, слика 7.10. Воздуш-



ната страна на насипот се затревува  
(тема 5 од овој учебник).



Сл.7.10.Заштита на водена косина



Сл.7.12.Дел од бранот  $Q_2$  се испушта во ретензија

### 7. 2.2. Низински ретензии

Одбранбените насипи го спречуваат неконтролираното излевање на водата од речното корито. Да се заштити насипот од рушење, на одредени потези (каде воденото количество би предизвикало најмали штети) се пробива со отвори, на кои има затворувачи, сликата 7.11.



Сл.7.11.Отвор со затворувач кон ретензија

Од бранот  $Q_0$  (се појавува еднаш во повеќе години) дел  $Q_2$  се испушта да ги плави саканите површини, ретензии. Со опаѓање на протекот во реката, низ повеќе пропусти во насипот се враќа излеаната вода назад во реката, слика 7.12.

Водата од ретензијата која е во знатни количества не се враќа во реката, туку рационално се користи за наводнување, слика 7.13, одгледување на топловодни риби и сл.



Сл.7.13. Од ретензија се наводнува

Привремена ретензија, слика 7.14, има иста функција како и ретензицискиот простор во акумулацијата. Тие ретензии имаат мал волумен и за кусо време се ослободуваат од акумулираната вода.



Сл.7.14.Привремена ретензија



Недостатокот од вода во земјиштето треба да се надополни, а поголемото присуство да се одведе, затоа што е потребно оптимално водено количество за секој вид растение.

Педологијата го проучува бонитетот (особини и плодност) на земјиштето.

Полскиот (капиларен) капацитет на влажност на земјиштето е корисен за растенијата.

Одбраната од поплави е активна (аккумуляции, регулирање на водотек, пошумување на слив) и пасивна (насипи, природни ретензии, привремени аккумуляции и ретензии).

Одбранбените насипи се лоцирани по должина на едниот или двата брега стеснувајќи го напречниот пресек на реката при големи води.

Насипите се градат од локален материјал кој добро се насипува и набива.

Напречниот пресек на насипите е трапезен.

Водената косина до меродавното ниво се заштитува со нафрлан камен, реден камен или бетонски елементи, меѓу кои е засадена трева и ниски грмушки.

Бранот се пушта да ги поплави саканите површини, се контролира со затвораи на отворите на насипот.



*I. Упатство:* По секое прашање ќе најдеш празни линии на кои треба да го напишеш одговорот.

1. Наброј ги физичките особини на почвата:

- а) \_\_\_\_\_
- б) \_\_\_\_\_
- в) \_\_\_\_\_
- г) \_\_\_\_\_

2. Објасни го засолувањето на почвата.....

3. Групнирај ги насипите според намената:

- а).....
- б).....
- в).....

*II. Упатство:* Одлучи која алтернатива е најдобра за да се доврши реченицата или да се одговори на прашањето. Заокружи!

1. Која влага од земјиштето ја користат растенијата?

- а) хигроскопската;
- б) капиларна.

2. Кои големи води предизвикуваат катастрофални поплави?

- а) со веројатност 1%
- б) со веројатност 10%

3. Каде се пробива насипот со отвори да се заштити од рушење?

- а) каде има најмали штети;
- б) каде сакаме.

*самооценување на тестот*

Група на прашања	Број на прашање	Можни поени	Освоени поени
I	1	4	
	2	2	
	3	3	
II	1	1	
	2	1	
	3	1	

## ГРАФО-НУМЕРИЧКА ЗАДАЧА

### Одбранбени насипи

За напречниот пресек на реката што се излева да се определи:

- \* растојание меѓу насипите  $l$ ;
- \* истото да се нацрта во размер 1:100:1000;
- \* да се нацрта напречниот пресек на насипот во размер 1:100.

Кога се познати:

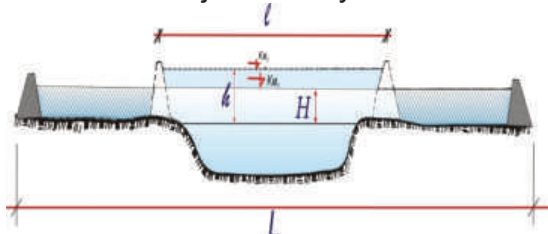
- долина на плавената површина (инундација)  $L = 1,2 \text{ km}$
- длабочина на вода при излевање на водата од реката  $H = 1,2 \text{ m}$
- потребна длабочина (височина) на насипот  $h = 2,5 \text{ m}$
- кота на воздушна ножица 243,8
- кота на спротиводна ножица 243,1
- кота на оска на насип 243,5
- широчина на круната  $b = 2,5 \text{ m}$
- наклон на спротиводна косина 2,8
- наклон на воздушна косина 2,2

Забелешка:

Од практична страна добро е да се црта на милиметарска хартија. Применуваме формула од тема 7.2.1. Растојанието меѓу насипите и напречниот пресек на насипот, се цртаат така како што е објаснето во графонумеричката задача на тема 2 од овој учебник.

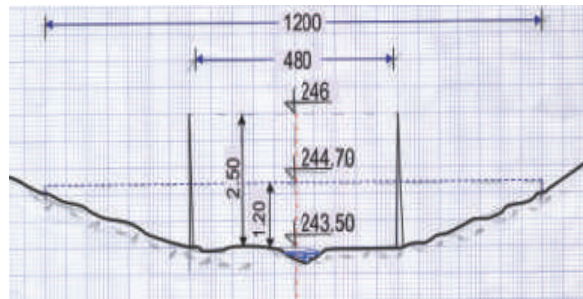
Решение:

\* Растојание меѓу насипите



$$l = L \sqrt{\left(\frac{H}{h}\right)^3} = 1200 \sqrt{\left(\frac{1,2}{2,5}\right)^3} = 480 \text{ m}$$

\*Растојание меѓу насипи  
1:100:1000



\*Напречен пресек на насип  
1:100

На листот се црта размерник за коти, вертикална права на која се обележуваат поделби на секој  $sm$ , почнувајќи од 243, па се до 246. На размерникот се пронаоѓаат котите на круната на насипот 246; воздушна ножица 243,8; спротиводна ножица 243,1; оска на насип 243,5.

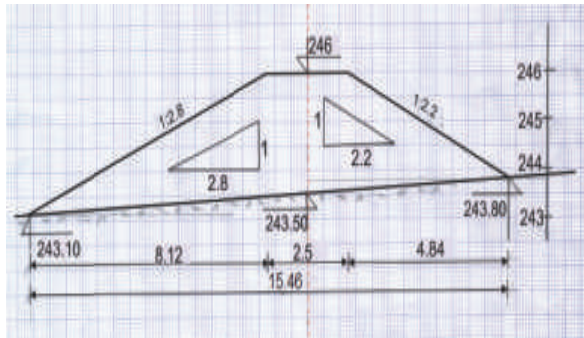
Од нив се повлекуваат произ волно долги хоризонтални прави. Истите висински се обележуваат.

Во срединат листот се црта вертикална црткана линија, која е оска на насипот.

На котата на круната, лево и десно се нанесува по  $1,25 \text{ sm}$ ; т.е. широчина на круната  $b = 2,5 \text{ m}$ .

Произволно се нанесува спротиводната косина, на  $1sm$  вертикална,  $2,8 \text{ sm}$  хоризонтална отсечка (во вид на катети од правоаголен триаголник). Хипотенузата на триаголникот е саканиот наклон на косината 1:2,8. Паралелно на овој наклон повлекуваме отсечка од круната до права на кота 202 до правата на кота 243,1. Ја цртаме воздушната косина на браната 1:2,2, на ист начин како и спротиводната, само во обратна

насока, (на  $1\text{sm}$  вертикална,  $2,2\text{sm}$  хоризонтална отсечка, во вид на катети од правоаголен триаголник). Хипотенузата на триаголникот е саканиот наклон, кој започува од круната на браната, а завршува на дното, кота  $243,8$ .  
Линијата на теранот ги поврзува котите  $243,1$ ;  $243,5$  и  $243,8$ .



Должината на основата на насипот:  
спротиводна

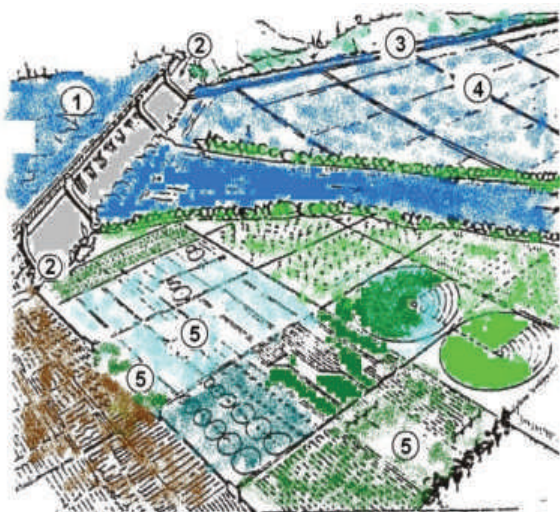
$$2,8 \cdot (246 - 243,1) = 8,12 \text{ m}$$

воздушна

$$2,2 \cdot (246 - 243,8) = 4,84 \text{ m}$$

вкупна

$$8,12 + 2,5 + 4,84 = 15,46 \text{ m}$$



## 8. Наводнување

Полска влага  
 Евапотранспирација  
 Начини на наводнување  
 Хидросистем  
 Извориште и зафат  
 Главен довод и разделна мрежа  
 Детална мрежа  
 Објекти и алатки  
 Одводна мрежа

### 8.1. Површинско наводнување

Карактеристики

#### 8.1.1. Наводнување со бразди

Дефиниција  
 Земјоделски култури  
 Димензии на браздите

#### 8.1.2. Наводнување со леи

Земјоделски култури  
 Димензии на леите  
 Начин на наводнување

#### 8.1.3. Наводнување со потопување

Време на наводнување  
 Базени  
 Земјоделски култури  
 Недостатоци

### 8.2. Подземно наводнување

Дефиниција  
 Земјиште  
 Примена

### 8.3. Надземно наводнување

Карактеристики  
 Течење на водата



Апарати и прскалки  
Распоред на прскање

**8.4. Локално наводнување**

Услови за примена  
Разделни цевки и капалки  
Што се постигнува?  
Примена кај нас

Запомни

Тест

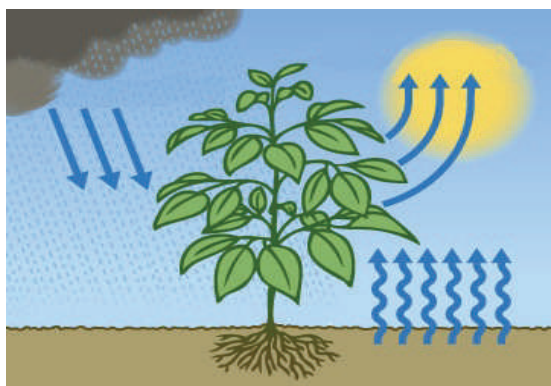
## 8. Наводнување

Растенијата виреат во оптимални услови на водно-воздушен режим на земјиштето. Влажноста во почвата зависи од присуството на глина, а се одредува на самата локација и во лабораторија. Корисната влага за растенијата е *полска влага*, во границите меѓу ретензионата влажност и точката на венење, дадена во табела бр.8.1 во % од зафатнината:

почва	полска	венење
глина	38	18
иловица	18	9
песоклива иловица	13	6
песоклива	6	3

Таб.8.1.Полска влага и точка на венење во %, за разни почви

Штом ќе се намали влажноста под точката на венење тогаш започнува наводнувањето на растенијата. Различните земјоделски култури имаат потреба од соодветно количество на влага пред и во време на вегетацијата. Воденото количество за *евапотранспирација*, слика 8.1, (пренесување на хранливи материи од почва до лисјата и плодот), се одредува приближно, со разни методи и експерименти.



Сл.8.1. Транспирација и евапорација од растенијата и почвата

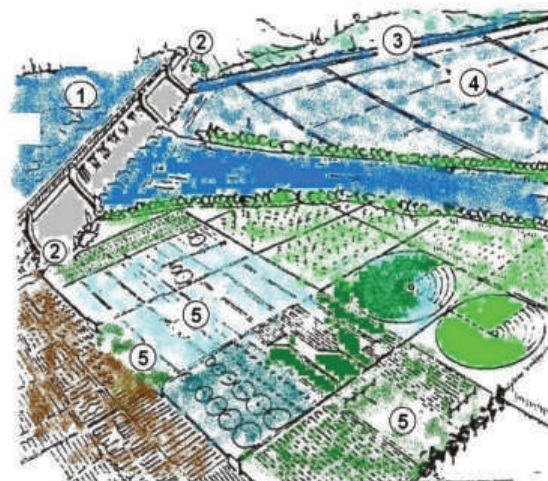
Во табела 8.2. е дадено еднократно залевање во *mm* воден столб за разни култури и почви:

култура	песок	глина	иловица
зеленчук	35	80	70
житарки	50	130	130
луцерка	70	170	170
овошје	100	200	170

Таб.8.2.Еднократно залевање за разни култури и почви

Во зависност од видот на земјоделските култури, влажноста во почвата и видот на земјиштето се применуваат соодветни начини на наводнување. Такви наводнувања се: површинско, подземно, надземно и локално.

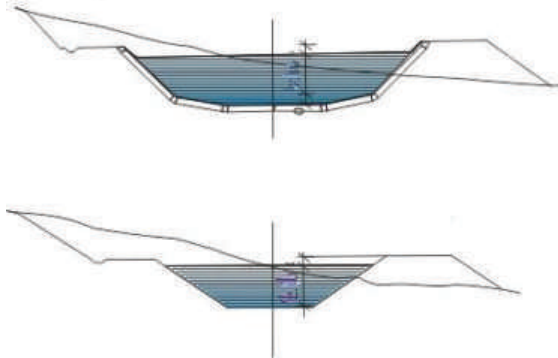
Иако има многу начини на наводнување, а составните делови на хидросистемите воглавно се исти, слика 8.2:



Сл.8.2.Хидросистем (1) извориште на вода; (2) водозафат; (3) главен довод; (4) разделна мрежа; (5) детална мрежа

Извориштето и зафатот на вода се од: површински води (реки, езера); подземни води и извори; атмосферски води и отпадни води. Види повеќе во тема 7(изборна). Главниот довод и разделната

мрежа, во основа ги има два вида: гравитациски (каналы), слика 8.3, и под притисок (цевоводи), што зависи од теренските услови.



Сл.8.3.Гравитациски главен довод, многуаголен и трапезен канал

Деталната мрежа зависи од начинот на наводнување, за што ќе стане збор подолу.

Објекти и алатки за контрола на мрежата се многубројни: сифони, аквадукти, пропусти, каскади, затворачи и регулатори на протекот (тема 7 изборна).

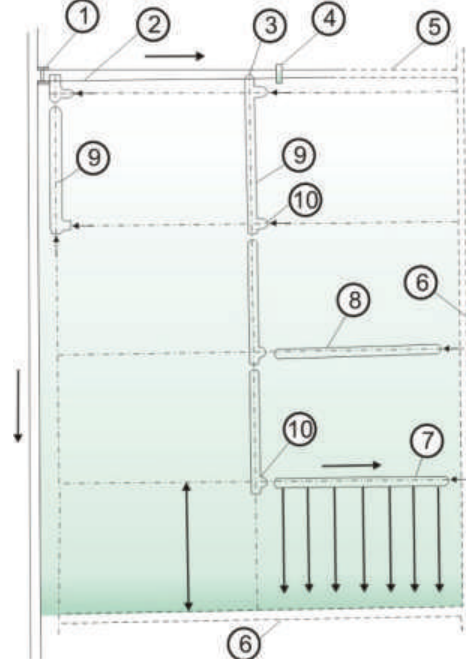
Одводна мрежа (каналы) ја одведува одвишната вода од наводнувањето и атмосферската вода надвор од мелиоративното подрачје.

## 8.1. Површинско наводнување

Површинското наводнување се применува повеќе од останатите видови затоа што е евтино и едноставно. До сите земјоделски култури водата дотекува гравитациски низ бразди, прелева низ леи и ги потопува во базени.

### 8.1.1 Наводнување со бразди

Наводнувањето со бразди, слика 8.3, е најстар начин кој сè уште се применува за незасолено и слабо засолено земјиште. Често е потребно планирање на теренот, а притоа не се губи од обработливото земјиште. Земјоделските култури се засадени во плодоред (градинарски култури, овошни насади, пченка, шеќерна репка и сл.).



Сл.8.3.Наводнување со бразди: 1- испуст во разделник; 2 - разделен канал; 3 - испуст во преносен довод; 4 - затворач; 5 и 6 - одводен канал; 7 и 8 - цевка за испуштање на вода во бразда; 9 - преносен довод; 10 - затворач

Водата истекува од разделниот канал во разделна бразда (цевовод), потоа во браздата, од која се инфилтрира во земјиштето во близина на кореновиот систем на растенијата. На следната слика 8.4 наводнувањето со бразди ја зема водата со преносен цевовод.



Сл.8.4.Наводнување со бразди од преносен цевовод

Браздите се меѓу насадот (најчесто на 0,5 до 1,0m), со длабочина до 20 см и должина понекогаш повеќе од 200m, со трапезен и триаголен напречен пресек. Се изведуваат со плуг во време на сетва, но и подоцна според потребите. Наклонот на дното на браздите е од 0,5 до 1%, при протек на вода од 0,5 до 3 l/s.



Сл.8.5.Наводнување со бразди од отворен канал

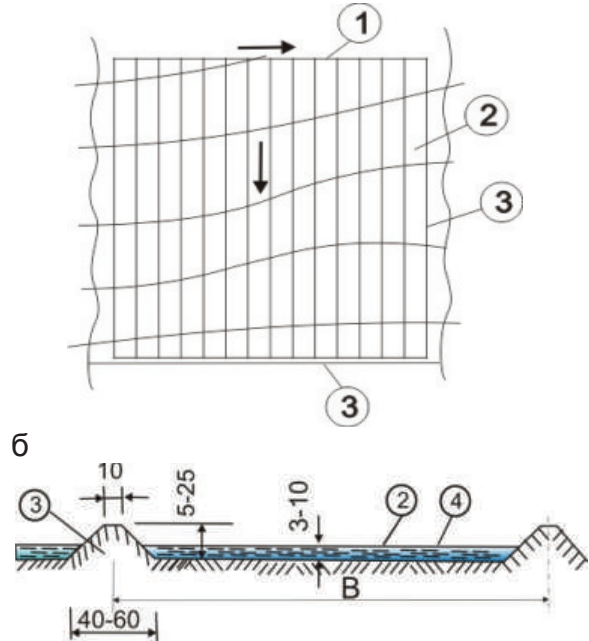
### 8.1.2 Наводнување со леи

Со леи се наводнува земјиште пред сетва и густо засадени земјоделски култури (жито, трева), слика 8.6.



Сл.8.6.Наводнување со леи

Теренот е со наклон од 2 до 30% (планиски), при што се разделува на леи, со насипи со мала височина, како на сликата 8.7.



Сл.8.7. Шема на распоредот на леите - а; напречен пресек на леа - б; 1 - разделен канал; 2 - леа; 3 - насип; 4 - површина на земјиштето



Леите се широки од 5 до 15 (30) *m*, а долги 50 до 250 (400) *m*, што зависи од брзината на впивање на вода во земјиштето, слика 8.6. Од разделниот канал во леата истекува до 15 *l/s* вода, формирајќи слој со длабочина 3 до 10 *sm*, по целата нејзина ширина. Во една леа водата останува толку време колку е потребно да се впије во почвата до длабочина на кореновиот систем, а потоа прелева во друга леа итн.

### 8.1.3 Наводнување со потопување

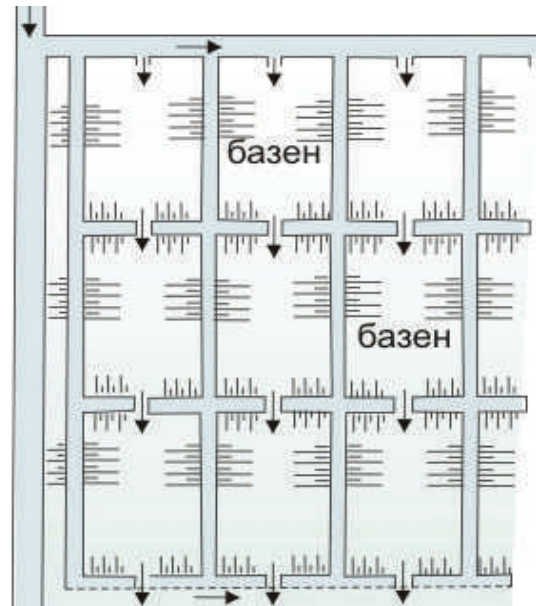
Наводнувањето со потопување, слика 8.8, се разликува од останатите површински наводнувања по тоа што водата останува доволно долго (од неколку дена до цел вегетациски период) да се впије во активниот земјан слој, до длабочина потребна на растенијата.



Сл.8.8.Наводнување со потопување

Полето се разделува со насипи на помали парцели (базени, касети, чекови) со површина од 0,1 до 3 *ha*, слика 8.9. Притоа теренот е речиси хоризонтален или има наклон до 2%. Од едно или повеќе места истекува водена струја до 500 *l/s*, која целосно го прекрива

базенот со 15 до 20 *sm*, прикажано на сликата 8.9. На ваков начин се полева ориз, луцерка, детелина, ливади, но и култури кои може некое време да останат потопени, шеќерна репка, пченка и сл.



Сл.8.9. Базени разделени со насип

Наводнувањето со потопување ја нарушува структурата на земјиштето, тоа се збива, се создаваат услови за појава на маларичен комарец, а потребно е често планирање на наводнуваната површина.



## 8.2. Подземно наводнување

Подземното наводнување е слично на она што се случува во природата, затоа што водата со систем од канали и дренажи се доведува во активниот слој на земјиштето, од каде кореновиот систем ја прима заедно со растворените хранливи материји. Притоа земјиштето има зрнеста структура и 20% песок, т.е. средна иловица (степска, пустинска област). Заради сложеноста, техничката и конструктивна несовершеност и високата цена во наши услови подземното наводнување се применува за паркови, спортски терени и кога се користат отпадни води во близина на градови. На сликата 8.10 е прикажано, едновремено копање и поставување на пластична цевка за наводнување спортски терен (механизирано).



Сл.8.10.Механизирано поставување на цевка за подземно наводнување

## 8.3. Надземно наводнување - дождење

Дождењето е најблиску до она што се случува во природата. Се применува за сите растенија, почви и топографски услови. Системите се конструираат како неподвижни, полуподвижни и подвижни (во однос на разводот и прскалките).

Водата до полето дотекува под притисок во цевки, а истекува низ прскалки, при тоа се разбива во ситни капки (како дожд) и паѓа на растенијата и земјиштето. Прскалките се монтирани на врвот од хоризонтална цевка, насадена на разводното крило, слика 8.11.



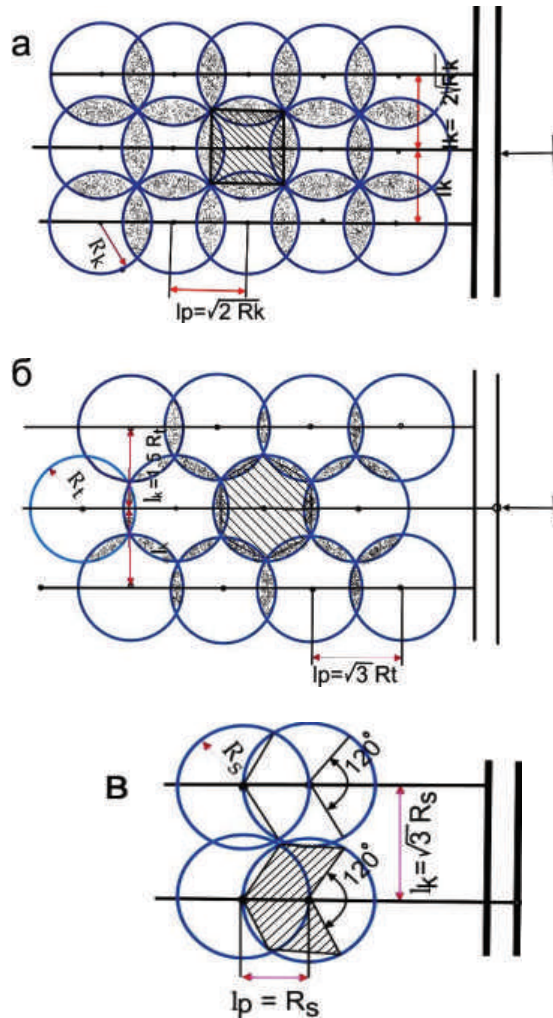
Сл.8.11.Разводно крило со прскалки

Апаратите и опфатот на прскалките е со низок притисок до  $3Ba$ ; среден до  $6Ba$  и висок до  $12Ba$ , прикажан на слика 8.12.



Сл.8.12. Воден топ во функција

Распоредот на прскање е според шемите: квадратна, триаголна (шестоаголна) и секторска, прикажани на сликата 8.13.



Сл.8.13.Распоред на прскање (а) квадратна, (б) триаголна и (в) секторска

#### 8.4. Локално наводнување-капка по капка

Локалното наводнување се применува од 1960 година, во услови на недостаток на вода и хранливи материи. Од главни цевки со низок притисок (до  $2,5Ba$ ) водата тече во разделните пластични цевки со  $\Phi 20$ . На разделните цевки има капалки или отвори, низ кои истекува водата на местото на коренот на растението, како на сликата 8. 14.



Сл.8.14.Водата капе на коренот

Истекува 0,01 до 0,08  $l/s$  вода, што практично е капка по капка, така што се штеди вода ,слика 8.15. При тоа се прихрануваат и заштитуваат растенијата и почвата во точно одредено време, применувајќи компјутер.



Сл.8.15.Локално наводнување штеди вода

Заради големите инвестиции и сложеното одржување на системот (зачепување), наводнувањето капка по капка, кај нас се применува само во оранжериското производство на раноградинарски култури, прикажано на сликата 8.16.



Сл.8.16.Оранжериско производство



Корисната влага за растенијата е таканаречена полска влага.

Составните делови на хидро-системите се: извориште на вода; водозафат; главен довод; разделна мрежа; детална мрежа; објекти и алатки за контрола и регулирање на протек; одводна мрежа.

Браздите се меѓу насадот (најчесто на 0,5 до 1,0 m), со длабочина до 20 sm и должина понекогаш повеќе од 200 m, со трапезен и триаголен напречен пресек.

Во една леа водата останува толку време колку е потребно да се впије во почвата до длабочина на кореновиот систем, а потоа прелева во друга леа итн.

Се потопува ориз, луцерка, детелина, ливади, но и култури кои може извесно време да останат потопени, пченка, шеќерна репка и сл.

Подземното наводнување е слично на она што се случува во природата, затоа што водата со систем од канали и дренажи се доведува во активниот слој на земјиштето, од каде кореновиот систем ја прима заедно со растворените хранливи материи.

Системите за дождење во однос на разводот и прскалките се конструираат како неподвижни, полуподвижни и подвижни.

Наводнувањето капка по капка штеди вода, се прихрануваат и заштитуваат растенијата и почвата во точно одредено време.



*I. Упатство:* По секое прашање ќе најдеш празни линии на кои треба да го напишеш одговорот.

1. Наброј ги површинските наводнувања:

- а).....
- б).....
- в).....

2. Кое земјиште се наводнува под-земно?

- а).....

3. Што е евапотранспирација?

.....  
.....

*II. Упатство:* Одлучи која алтернатива е најдобра за да се доврши реченицата или да се одговори на прашањето. Заокружи.

1. Со бразди се се наводнуваат

- а) *градинарски култури;*
- б) *овошни насади;*
- в) *трева.*

2. Кое наводнување се применува во секакви услови?

- а) *дождење;*
- б) *површинско.*

3. Според кои шеми се поставуваат прскалките:

- а) *квадратна;*
- б) *секторска;*
- в) *триаголна.*

*самооценување на тестот*

Група на прашања	Број на прашање	Можни поени	Освоени поени
I	1	3	
	2	1	
	3	2	
II	1	2	
	2	1	
	3	3	





## **9. Одводнување**

Врнежи, испарување, понирање

Влијание на подземна вода

Одведување на површински и подземни води

Колмирање

### **9.1. Одводнување со дренажи**

Основни карактеристики

Составни делови на системи

Смукачи/дренажи

Положба во однос на падот на теренот

Длабочина на

Собирачи

Колектори

Контролни шахти

Испусти

#### **9.1.1. Дренажи**

Земјани-кртични

Порозен локален материјал

Цевкасти

Керамички

Бетонски

Пластични

### **9.2. Одводнување со канали**

Основни карактеристики

Главен канал

Собирни канали

Одводни канали

Испусти

Приемник

Напречен пресек

Облога

**9.3. Одржување на одводнителните системи**

Редовно одржување

Подземни системи

Отворени канали

**9.4. Димензионирање на системите**

Хидротехнички големини

Растојание на дренажи/канали

Димензионирање

Запомни

Тест

Графо-нумеричка задача

## 9. Одводнување

Хидромелиоративните зафати во дадена област ги условува односот на врнежите  $P$ , испарувањето  $E$  и коефициентот на понирање  $\mu$ :

$\mu P > E$  - се градат системи за одводнување на површинска и подземна вода.

$\mu P < E$  - системите за наводнување го подобруваат водновоздушниот режим на земјиштето.

Рамничарските тешки земјишта со мала можност за истекување на поројните дождови (слика 9.1), во умерена климатска зона, се заситуваат со влага, а растенијата со тек на време угинуваат.



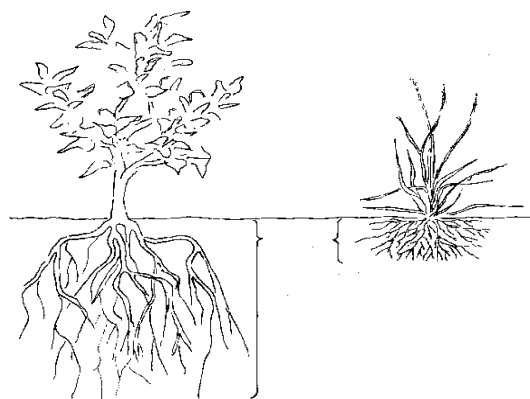
Сл.9.1.Поплава на тешки земјишта

Во ваков случај систем од подземни дренажи со успех ги одводнува површинските и подземните води.

Лесните и некохерентни земјишта, со прекумерна површинска и подземна вода се одводнуваат со мрежа од површински канали.

Влијанието на нивото на подземната вода на развитокот на

кореновиот систем на растенијата, прикажано е на сликата 9.2.



Сл.9.2.Влијание на подземна вода на кореновиот систем

Одводнувањето (снижување на високото ниво на подземни води) на мали површини е со насипување -*колмирање* до потребна кота на терен. За постигнување на подобри ефекти се комбинираат сите видови системи.

### 9.1. Одводнување со дренажи

Системот за одводнување со дренажи ја одведува подземната вода постојано, рамномерно, а притоа непречено се одвива земјоделското производство.

Составни делови на системите се: смукачи, собирачи (слика 9.3), колектори, контролни шахти и испустити:

*Смукачите* (кртични дренажи, цевки, канали) непосредно ја примаат водата од над/под земјата и ја пренесуваат до собирачите.

*Собирачите* (исти како смукачите, но со поголеми димензии) примаат вода од повеќе смукачидренови и ја пренесуваат до колектор.



Сл.9.3 Смукачи и собирачи

*Положбата* на дренажите во однос на падот на теренот е: паралелна, нормална и коса. Паралелните дренажи се градат кај терени со пад помал од  $2\text{‰}$ , а имаат должина до  $150\text{ m}$ . Нормалните и косите дренажи зафаќаат поголемо водено количество затоа што го пресечуваат патот на подземните води, а нивната должина е од  $200$  до  $250\text{ m}$ .

Според *длабочината* на која се наоѓаат дренажите под нивото на теренот се: плитки од  $0,3$  до  $1,0\text{ m}$ ; средно длабоки од  $1,0$  до  $1,3\text{ m}$ ; длабоки повеќе од  $1,3\text{ m}$ .

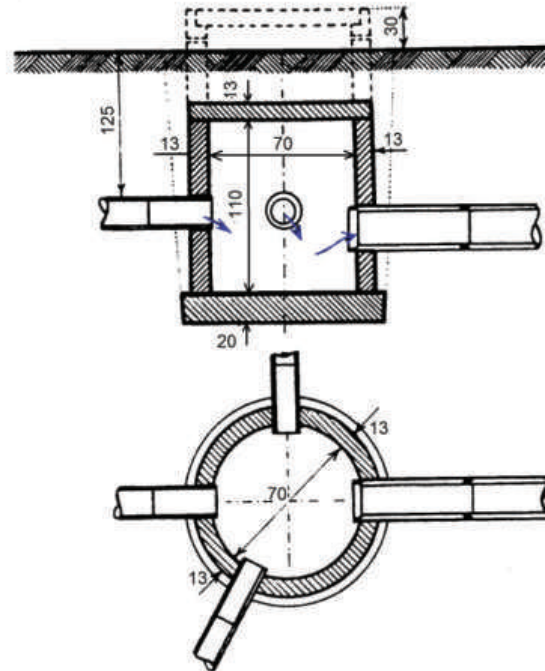
Падот на дното на дренажите е од  $2$  до  $50\text{‰}$ .

*Колекторите* (цевки, канали) ја примаат водата од собирачите. Тие се лоцирани на најниската кота на бранетото подрачје. Колекторите, главни канали, имаат поголеми димензии од предходните и најчесто се обложени (бетон, арм.бетон).

*Контролните* шахти се поставуваат на места на промена на пречникот, правецот и длабочината на дренажите. Во основа се кружни, или квадратни, од бетон, арм. бетон или керамички цевки.

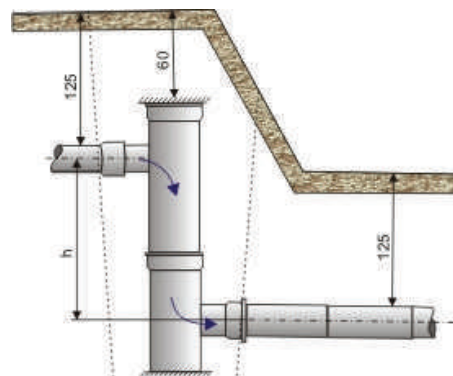
Шахтите се собирачни, слика 9.4, ако во неа се влива вода од повеќе од две дренажни цевки. Таа може целосно да е под земја, или

подигната за  $30\text{ cm}$  над теренот, покриена со армирано-бетонски капак.



Сл.9.4. Контролна (собирна) шахта со четири дренажни цевки

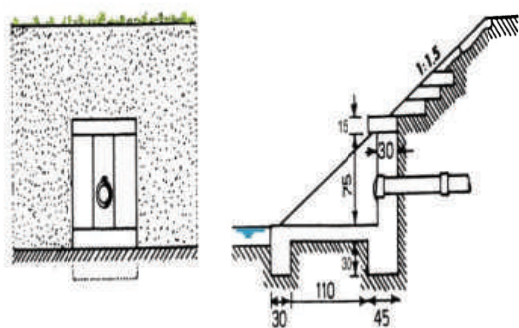
Шахтите во кои дренажите се на различна височина во насока на течење се каскадни. Тие се изработени од бетонски или керамички цевки, слика 9,5.



Сл.9.5.Каскадна шахта од цевки

Преку *испустот*, собраната вода се излева во приемник (канал, река, езеро, индустрија и сл), гравитациски, слика 9.6, или преку пумпа.



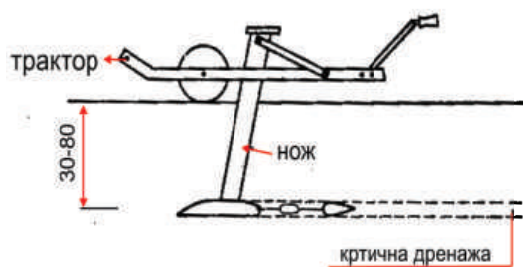


Сл.9.6. Испуст, подолжен и напречен пресек

### 9.1.1 Дренажи

Материјал за дренажи е земја, цевки (керамика, пластика, бетон), песок, чакал, камен, талпи, летви, фашины и сл.

*Земјаните-кртични* дренажи се помошни на цевкастите. Тие се многу евтини, траат неколку години (корењата ги оштетуваат) и лесно се обновуваат. Дренажите се изработуваат со механизирани плуг, слика 9.7 а)



б)

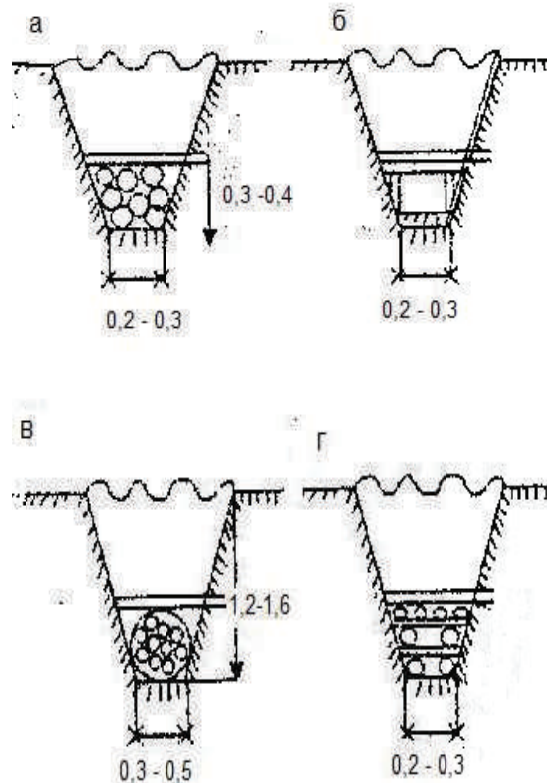


Сл.9.7.Механизиран плуг со нож и работен цилиндер со заострен врв,

а) без исфрлање на земјиштето и б) со отстранување на земјиштето во приклучна приколка.

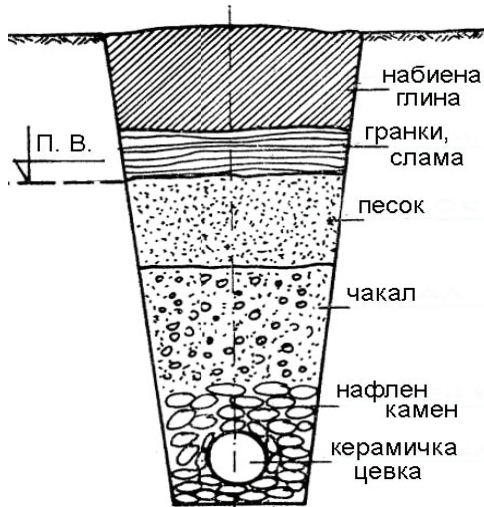
Дијаметарот на дренажите е од 5 до 10 *sm*, длабочината е од 0,30 до 0,80 *m*, а меѓусебното растојание од 2 до 5 *m*.

*Дренажите од порозен локален материјал* (песок, чакал, талпи, фашины, камен) се помошни на дренажните цевки, во пошумени земјишта. Тие се изработуваат во претходно ископан трапезен ров, како на сликата 9.8. На дното на ровот се поставува порозниот материјал, над него слој за изолација од слама, лисја, баз и сл., а потоа се затрпува со ископаното земјиште.



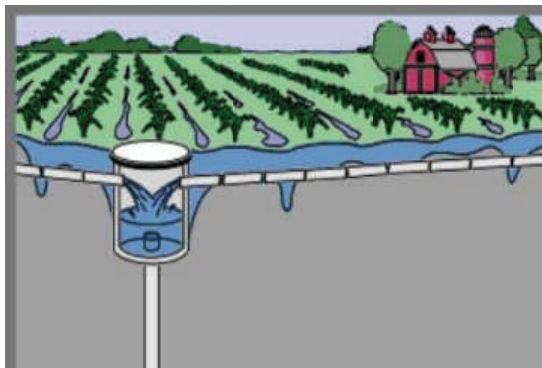
Сл.9.8.Порозни дренажи; песок и чакал(а); талпи(б); фашины(в); камен(г)

Цевкастите дренажи, слика 9.9, се поставуваат во трапезен ров, чие растојание зависи од длабочината на подземната вода и видот на почвата.



Сл.9.9.Цевкаста дренажа во ров

Керамичките цевки, слика 9.10 се долги 33 см со дијаметар од 4 до 20 см, а се поставуваат една до друга на растојание од 1 см, од каде навлегува подземната вода. Истите се произведуваат со должина од 1 до 2 м, со дупки по целиот обем, низ кои навлегува вода.



Сл.9.10.Керамички цевки-смукачи

Бетонските дренажни цевки се исти како и керамичките, но со поголем дијаметар, види слика 9.11.



Сл.9.11.Бетонска цевка

Пластичните ребрасти цевки, како на сликата 9.12 се долги од 30 до 200 м, имаат дијаметар од 6,5 до 20 см. Тие имаат кружни или правоаголни дупки 600 до 700 на метар, низ кои навлегува вода.



Сл.9.12.Пластична цевка

Пластичните цевки се поставуваат со соодветна машина со голем ефект 600 до 700 м на час, прикажано на слика 9.13.



Сл.9.13 Паралелно копање на ров и поставување на пластични цевки

## 9.2. Одводнување со канали

Каналите за одводнување се релативно евтини градби, заради примена на механизација при градење и одржување; пропуштаат повеќе вода; побрзо ја примаат и одведуваат истата во однос на дренажите. Каналите одземаат до 20% обработлива површина, а притоа го отежнуваат нејзиното обработување и одвивањето на сообраќајот (што се негативни последици).

Системите се составени од собирни, одводни и главни канали, кои собраната вода ја испуштаат во приемник, види повеќе во тема 8 изборна настава.

Собирните и одводните канали секогаш необложени, имаат должина според условите за механизирани обработка на земјиштето.

Главниот канал (обложен или необложен), слика 9.14, со должина до 5 km, е трасиран најниско на одводнуваната површина.

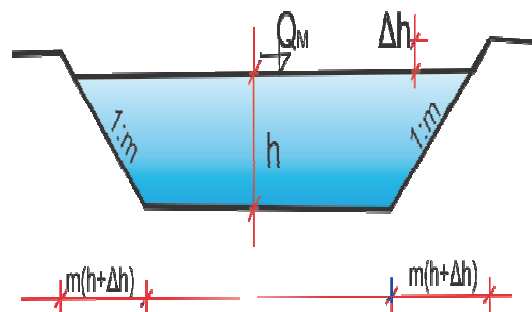


Сл.9.14.Обложен главен канал

Приемникот е поток, река, езеро, во кој излевањето на вода од главниот канал е гравитациско или преку пумпа.

Напречниот пресек на каналите најчесто е трапезен (но и полу-

кружен, правоаголен, полигонален) , прикажан на сликата 9.15. Најмала широчина на дното е 30sm, а длабочина на водата во каналот 50 sm.



Сл.9.15.Напречен пресек на канал

## 9.3. Одржување на одводнителните системи

Редовното одржување на системите за одводнување е услов за нивна ефикасност и долготрајност. Сите алатки и машини со кои се градени дренажите и каналите се применуваат при одржувањето.

Кај подземните системи иако се внимава на потребната длабочина на кореновиот систем на културите, можно е тој да продре во цевките; тие се затнуваат од тиња или кородиран материјал. Чистењето на цевките е со измивање со вода, разни четки, ножеви и сл. Ако цевките се многу зафатени со корења и оштетени, се реконструираат.

Отворените канали, еднаш до пет пати во годината се чистат. Исталожиот нанос и смет, слика 9.16, се отстранува рачно (ашов, лопата), види слика 8.6 (тема 8, изборна настава).





Сл.9.16 Лошо одржуван канал

Вегетација на косините и водни растенија на дното рачно се косат и механички со мулчер, ровокопач и сл., слика 9.17.



Сл.9.17.Механичко чистење на вегетација (мулчирање)

#### 9.4. Димензионирање на системите

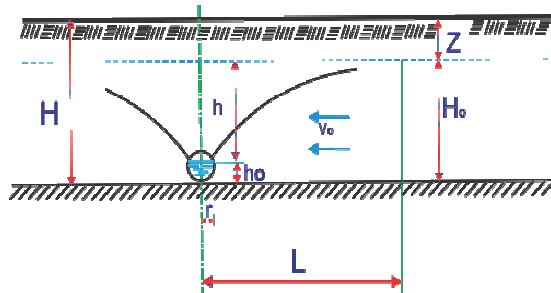
Хидротехничките големини кај сите одводнителни системи ги условуваат карактеристиките на земјиштето, нивото на подземната вода и видот на растенијата :

$L$  - растојание меѓу смукачи [m]  
 $H$  - длабочина од теренот [m]  
 $Z$  - дозволено ниво на подземна вода m

$h$ - разлика меѓу  $H$  и  $Z$  [m]  
 $k$ - коефициент на филтрација [m/den]  
 $q$ - модул на отекување [l/s\*ha]

Следува дека растојанието помеѓу дренажните цевки се пресметува по формулата:

$$L = 2(H - Z) \sqrt{\frac{k}{q}} \quad m$$



Во табелата 9.1 се дадени ориентациони големини за модулот на отекување:

средно годишни врнежи мм	модул на одводнување l/s/ha	
	тешки и средни	лесни земјишта
< 650	0,40	0,55
650 до 750	0,40 до 0,55	0,55 до 0,70
>750	0,55 до 0,70	0,70 до 0,85

Таб.9.1.Модул на одводнување

За одредување на димензиите на протечниот профил на дренажните цевки и каналите се применува иста постапка како за димензионирање на водопроводните објекти (тунели, канали) тема 3.

Многу често не се спроведува пресметка, туку хидротехничките големини (дијаметар, хидраулички пад, протек, брзина) се отчитуваат од номограми и табели изготвени од различни автори.





Рамничарските тешки земјишта со мала можност за истекување на поројните дождови, во умерена климатска зона, се заситуваат со влага, а растенијата со тек на време угинуваат.

Смукачите непосредно ја примаат водата од земјата и ја пренесуваат до собирачите.

Лесните, некохерентни земјишта, со прекумерна површинска и подземна вода се одводнуваат со мрежа од површински канали.

Земјаните (критични) дренажи се помошни на цевкастите.

Дренажите од порозен локален материјал (песок, чакал, камен, фашины, талпи и сл.) се помошни на дренажните цевки во пошумени земјишта.

Одводнителните канали одземаат до 20% обработлива површина, притоа ги отежнуваат земјоделските работи и сообраќајот.

Отворените канали еднаш до петпати во годината се чистат од вегетација на косините и водните растенија на дното, со косење.

Приемникот е поток, река, езеро, во кој излевањето на вода е гравитациско или преку пумпа.

За димензиите на протечниот профил на дренажните цевки и каналите се применува иста постапка како за димензионирање на водопроводните објекти.



*I. Упатство:* По секое прашање ќе најдеш празни линии на кои треба да го напишеш одговорот.

1. Со која алатка се изработуваат критичните дренажи?

а).....

2. Што се колектори?

.....  
.....

3. Од кој материал се изработени дренажните цевки?

а) .....

б) .....

в) .....

*II. Упатство:* Одлучи кои алтернативи се најдобри за да се доврши реченицата или да се одговори на прашањето. Заокружи!

1. Приемникот за собраната вода е

а)река;

б)поток;

в)езеро;

г)колектор.

2. Чистењето на цевките е со

а) измивање со вода;

б) разни четки;

в) ножеви;

г) крпи.

3. Дренажите од порозен локален материјал се

а) помошни;

б) главни.

*самооценување на тестот*

Група на прашања	Број на прашање	Можни поени	Освоени поени
I	1	1	
	2	2	
	3	3	
II	1	3	
	2	3	
	3	1	

## ГРАФО-НУМЕРИЧКА ЗАДАЧА

### одводнување

За полето со висока подземна вода да се определи:

- растојание меѓу дренажите  $L$ ;
- да се нацрта во  $M 1:100$ ;

Кога се познати:

- длабочина на дренажот од теренот

$$H=1,2m$$

- дозволено ниво на подземната вода  $Z=0,7m$
- коефициент на филтрација  $k=0,6 m/d$
- модул на отекување  $q=0,01 l/s*ha$
- кота на терен  $282,40$

Забелешка:

Пресекот на теренот, кој го прикажува растојанието меѓу дренажите се црта на милиметрова хартија. Хидротехничките големини (димензионирање) за дренажите/каналите се отчитуваат од номограми, табели или се спроведува постапка како во графо-нумеричка задача од тема 3 (редовна).

Растојанието меѓу одводните канали - собирачи се пресметува исто како и за дренажите.

Решение:

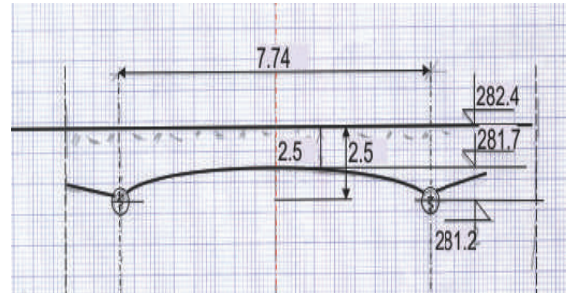
\*Растојание меѓу дренажите

Растојанието меѓу дренажите се пресметува по формулата од темата 9.4, истата формула се применува и за каналите смукачи :

$$L = 2(H - Z) \sqrt{\frac{k}{q}}$$

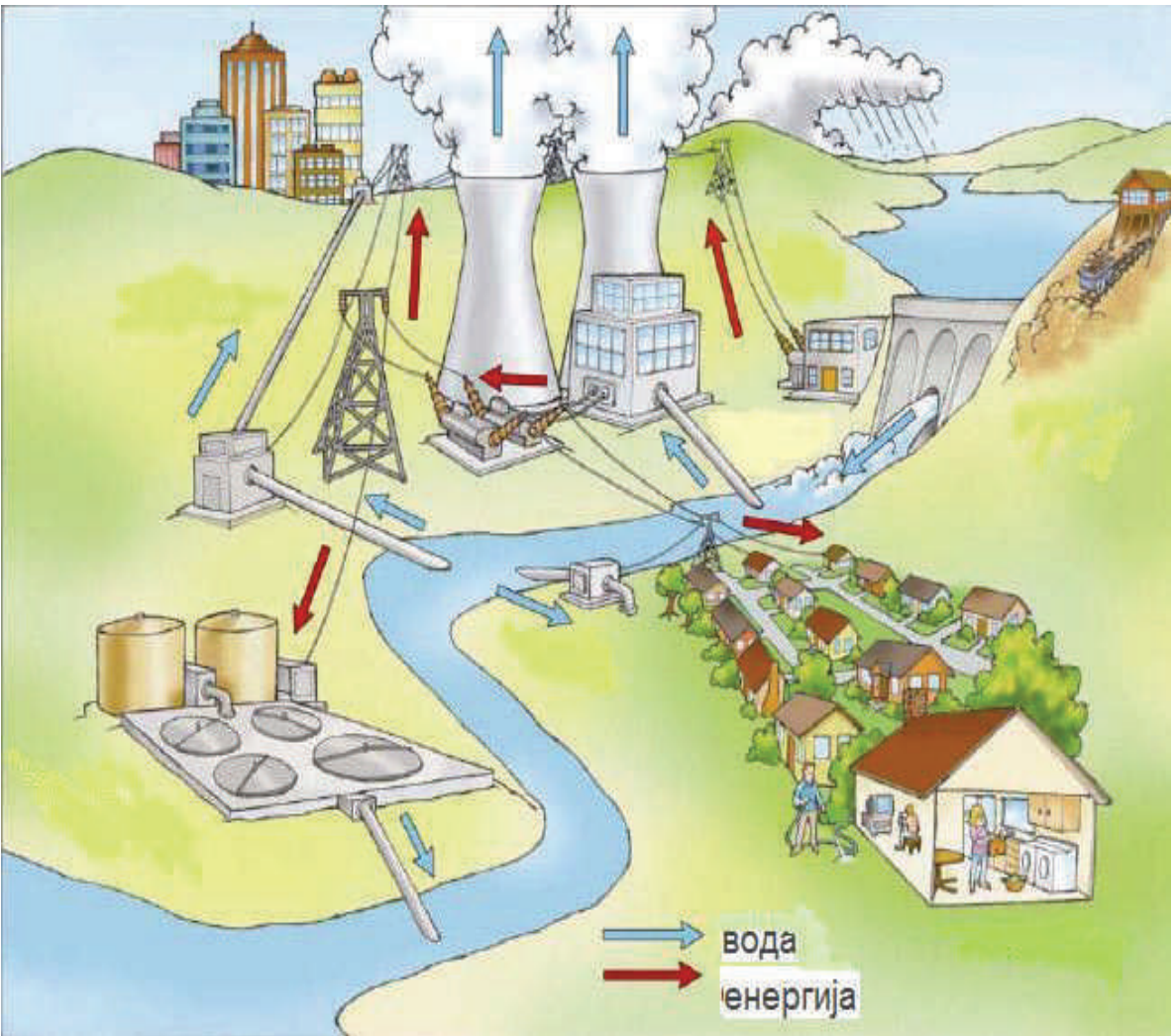
$$L = 2(1,3 - 0,7) \sqrt{\frac{0,6}{0,01}} = 7,74 m$$

\*Растојание меѓу дренажи  
P 1: 100



**ХИДРОТЕХНИЧКИ ОБЈЕКТИ**  
**ИЗБОРНА НАСТАВА**

**ГРАДЕЖЕН ТЕХНИЧАР**  
**ТРЕТА ГОДИНА**







## 1. **Водни ресурси и нивно искористување**

Кружење на водата  
Водотеци и езера

### 2.1. **Произведувачи на електрична енергија**

Природни ресурси  
Термоелектрани  
Кондензациони  
Топлани  
Хидроелектрани  
Протечни  
Акумулациски

Пумпно-акумулациски

### 2.2. **Потрошувачи на електрична енергија**

Големи потрошувачи  
Дневен дијаграм  
Коефициент на дневна нерамномерност  
Седмичен дијаграм  
Годишен дијаграм  
Количество на енергија

### 2.3. **Регулирање на протек**

Дотек на вода во река  
Акумулациски базен  
Дневно регулирање  
Годишно регулирање  
Потполно регулирање  
Делумно регулирање  
Повеќегодишно регулирање

Запомни

Тест

Графо-нумеричка задача

## 1. Водни ресурси и нивно искористување

Од водните ресурси кои кружат во природата, во океаните има околу  $1321 \cdot 10^6 \text{ km}^3 / \text{den}$ , во езерата  $0,125 \cdot 10^6 \text{ km}^3 / \text{den}$ , а во водотеците  $1,25 \cdot 10^3 \text{ km}^3 / \text{den}$ . Иако навидум воденото количество во водотците и езерата е многу мало во однос на океаните, тоа е најдостапно и најевтино за експлоатација.

Водотеците имаат многу променлив протек во текот на времето, па затоа треба да се изврши регулирање или да се бараат други природни ресурси за произведување на електрична енергија. Во последно време се прават обиди за користење на големата потенцијална енергија на водата во океаните и морињата (бранови, плима-осека). Освен што е многу скапо, ова производство на електрична енергија сè уште е во експериментална фаза.

### 1.1 Произведувачи на електрична енергија

Електричната енергија не е само проблем на произведувачите, туку таа влијае на општествениот, економскиот и социјалниот развој на државите, а особено на животната средина. Енергијата е тесно поврзана со природните ресурси, (енерџенси), денес и за долгорочни потреби и цели на човештвото.

Произведувачите на електрична енергија ги користат природните ресурси: вода, ветер, сонце, дрво, јаглен, нафта и радиоактивни елементи.

Основни произведувачи на електрична енергија се термоелектраните и хидроелектраните.

*Термоелектраните* користат тврди горива (сите видови јаглен, дрво, разни отпадоци), течни горива (нафта и нејзини деривати) и гас.

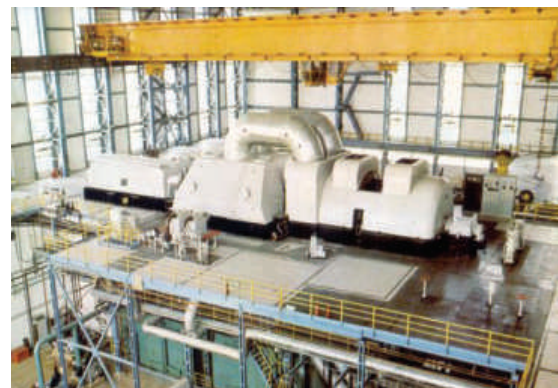
Термоелектраните и покрај високата цена на погонските горива, (заради нивна експлоатација, транспорт, складирање и одлагање како отпад) кај нас дури 85% ги задоволуваат потребите за електрична енергија.

Термоелектраната „Битола“, слика 1.1, работи на јаглен (додека има резерви) ги покрива во поголем дел потребите за енергија во Р Македонија.



Сл.1.1 Термоелектрана „Битола“

Термоелектраната „Неготино“ слика 1.2, како енерџенс користи мазут, се вклучува во исклучително критичен недостаток за енергија.



Сл.1.2.Термоелектрана „Неготино“

Според карактерот на производниот процес и односот кон потрошувачите термоелектраните се кондензациони и топлани.

*Кондензационите* електрани се градат примарно за произведување на електрична енергија. Работат непрекинато со прегреана пара, која ако не произведе електрична енергија, вишокот го користи за загревање на населени места.

*Топланите* (енергани) произведуваат пара под притисок и топлинска енергија за потребите на индустријата, загревање простории во објектите од високоградба, а електричната енергија е спореден производ, во мало количество и непостојано. Во проект е гасна топана, во Скопје, која од вишокот пара ќе произведе струја.

*Хидроелектраните* користат потенцијална енергија на вода од природата, за трансфер во механичка енергија при ротација на турбината, а генераторот ја претвара во електрична енергија. Според можноста за регулирање на протекувањата електраните се протечни и акумулациски.

*Протечните* електрани немаат корисен простор за временска прераспределба на протекувањата. Кај сите, а особено кај протечните централи може со додатен довод да се доведува вода која природно не гравитира кон преградниот профил, такви електрани кај нас се “Равен“ и “Врбен“

Проектот Вардарска долина, сликата 1.3, опфаќа поголем број на протечни електрани со моќност која би обезбедила 20% од потребите за електрична енергија во нашата држава.



Сл.1.3.Проект ХЕ Вардарска долина

*Акумулациските* електрани, користат водено количество поголемо од природните протечни води во реката во сушниот период, па затоа имаат акумулациски базен. Од корисниот простор се користи вода според потребите за производство на енергија за потрошувачката област. Кај нас има изградено голем број хидроцентрали, Глобочица (слика 1.4), Шпиле, Тиквеш, Козјак, Матка, Вруток и др., а сите работат со полн капацитет кога има доволно вода во акумулациите.



Сл.1.4. Хидроелектрана „Глобочица“

Обиди за произведување на електрична енергија од обновливиот ресурс ветер има на врвот на Водно за потребите на планинарскиот дом. Во Р Македонија има голема мож-

ност за искористување на ветерот за производство на електрична енергија (Овче Поле, Дојран).



Сл.1.5. Ветерници

Кај нас сончевата енергија (имаме повеќе од 200 сончеви денови годишно) освен што се користи за затоплување на индивидуални објекти и во малото стопанство, не се трансформира во електрична во соларните центри.



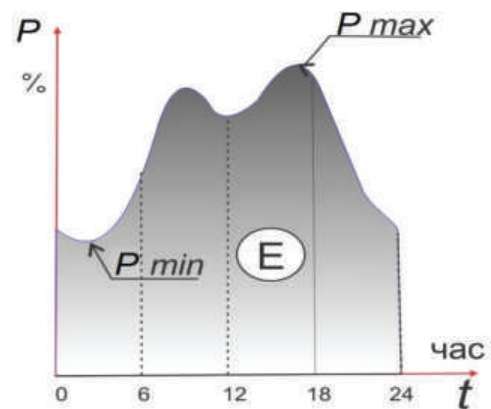
Сл.1.6. Сончеви колектори

## 1.2. Потошувачи на електрична енергија

Потошувачи на електрична енергија се оние кои однапред по некој приближно определен начин, поднесуваат барање до производителите, да ги снабди со одредено количество електрична енергија, топлина или водена пара, во одредено време. Големи потрошувачи се: целокупната индустрија, рударството, железницата и големите градови со јавно осветлување.

Во една област сите електрични производителите онако енергија, колку е потребно, а добро би било да се појави вишок за извоз во друга област, држава. Секој потрошувач потребата за енергија ја анализира по време и ја изразува во вид на дијаграми: дневен, седмичен, годишен и повеќегодишен.

Дневниот дијаграм  $P/t$  на потрошување, прикажан на сликата 1.7, е линија која ја покажува потрошената моќност во % во функција од времето, 24 часа.



Сл.1.7 Дневен дијаграм

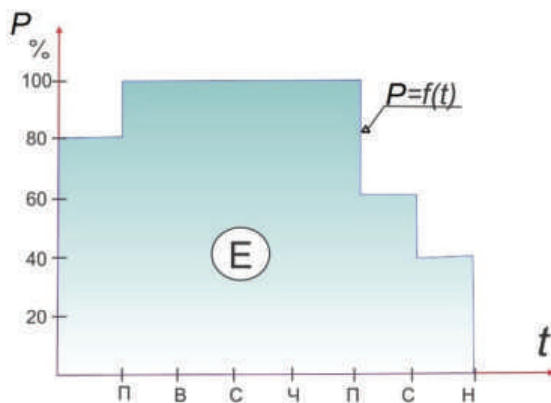
Најмало потрошување има околу полноќ, додека пак најголемото е околу 18 часот. На дијаграмот, плоштината помеѓу ординатите на 0 и 24 часот, апсцисната оска и



линијата на потрошување моќност  $P=f(t)$ , е количеството на енергија за тој ден  $E$ . Односот меѓу најмалото  $P_{min}$  и најголемото потрошување на моќност  $P_{max}$  во денот, го дава коефициентот на дневна нерамномерност  $\alpha$ .

$$\alpha = \frac{P_{min}}{P_{max}}$$

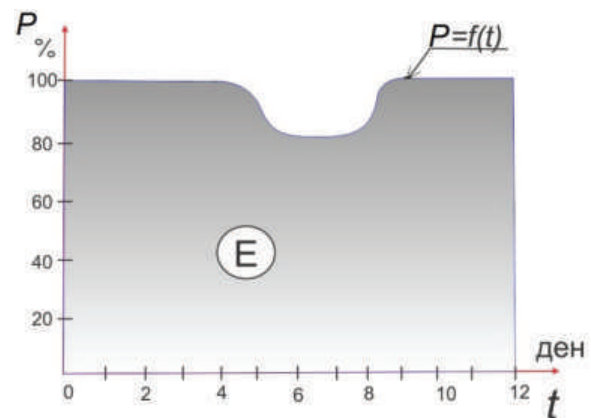
Седмичен дијаграм на потрошување моќност, слика 1.8, го покажува потрошувањето во текот на седумте дена од неделата.



Сл.1.8. Седмичен дијаграм

Во понеделник потрошувањето е 80% од среднонеделната моќност  $P_{sr}$ ; во вторник, среда, четврток и петок е 100%; во сабота 60% и во недела 40%. Површината од дијаграмот помеѓу ординатите на почетокот и крајот на неделата, апсцисата и линијата  $P=f(t)$ , ја дава потрошената енергија  $E$  во текот на неделата.

Годишниот дијаграм покажува дека потрошената моќност е речиси рамномерно т.е. 100% во текот на годината. Во месеците јуни, јули и август, потребата за моќност е за 20% помала во однос на останатите месеци во годината, слика 1.9.



Сл.1.9 Годишен дијаграм

### 1.3 Регулрање на протек

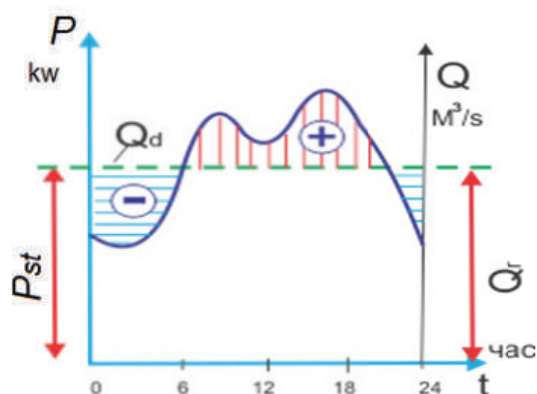
Дотекот на вода во реката е многу променлив по време. Кога би сакале да го користиме за производство на енергија и други потреби, треба да извршиме регулирање. Регулрање на протек на една река е со изградба на прегради (брана), слика 1.10, каде спротивно се формираат акумулациски базени.



Сл.1.10. Постоечка ХЕЦ “Тиквеш” и проектирани ХЕЦ “Галиште” и ХЕЦ “Чебрн” на Црна река

Притоа треба да се внимава на максимално прилагодување на потребното водено количество за произведената и потрошената електрична енергија. Регулацијата на протекот може да е: дневно, седмично, годишно, повеќегодишно и сл.

**Дневно** регулирање на протекот има за задача релативно постојаниот протек во реката, да го прилагоди на потребното водено количество на дневното променливо производство на моќност. За да се изврши вакво регулирање потребно е да се формира акумулациски базен. Во него се акумулира вишокот водено количество во часовите кога потребата за вода е мала за производство на електрична енергија. Истото тоа водено количество се користи во часовите кога дотекот од реката не ја задоволува потребата за неа, сликата 1.11.



Сл.1.11.Дневно регулирање

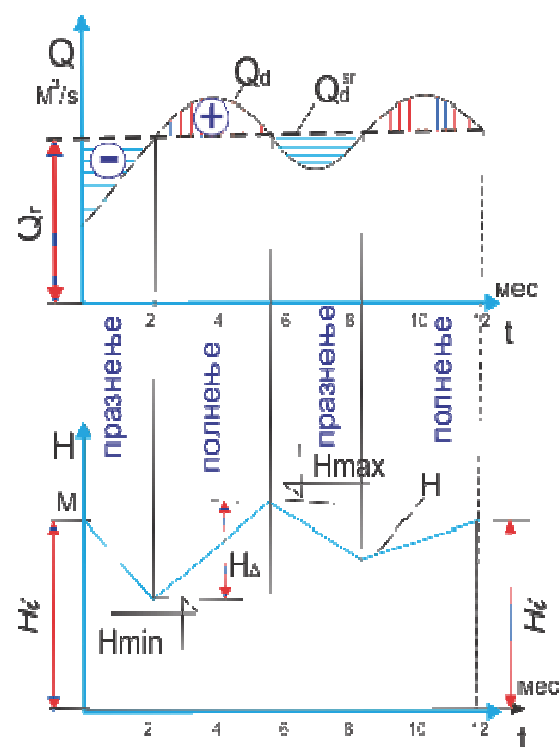
Ако дотекот во реката се совпаѓа со воденото количество со кое се произведува средна моќност во текот на денот, тогаш регулирањето на протекот е најдобро  $Q_r = Q_d$ ,  $P_{sr}$  се произведува од  $Q_d$ .

**Годишното** регулирање на протек е во спрега со голем акумулациски базен, бидејќи протекот во реката се менува секој ден, а потрошената моќност е приближно

еднаква во текот на годината. Во одреден период од годината во него се акумулира водено количество, кое во друго време се користи за трансфер во електрична енергија, кога дотекот од реката е помал од потребата.

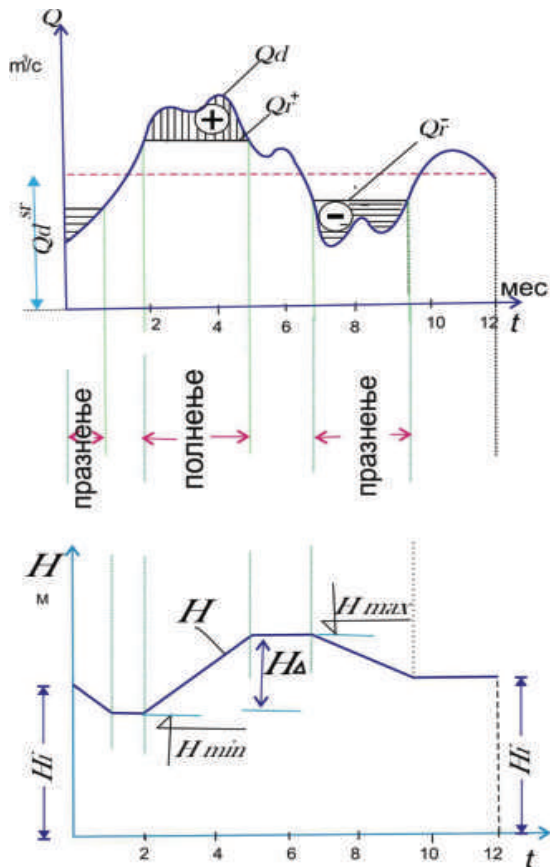
Годишното регулирање на протекот може да е потполно и делумно.

За да се изврши **потполно** годишно регулирање на протекот во реката, сликата 1.12, треба средно-годишниот протек да одговара на регулираното количество,  $Q_r = Q_d^{sr}$ .



Сл.1.12.Потполно годишно

Кај **делумното** регулирање во одреден период од годината протекот се регулира т.е. се задржува (полни или празни) во акумулацискиот базен. Во друго време, без регулирање, се користи дотекот од реката онака како што надоаѓа, а нивото во акумулацискиот базен останува непроменето, слика 1.13.



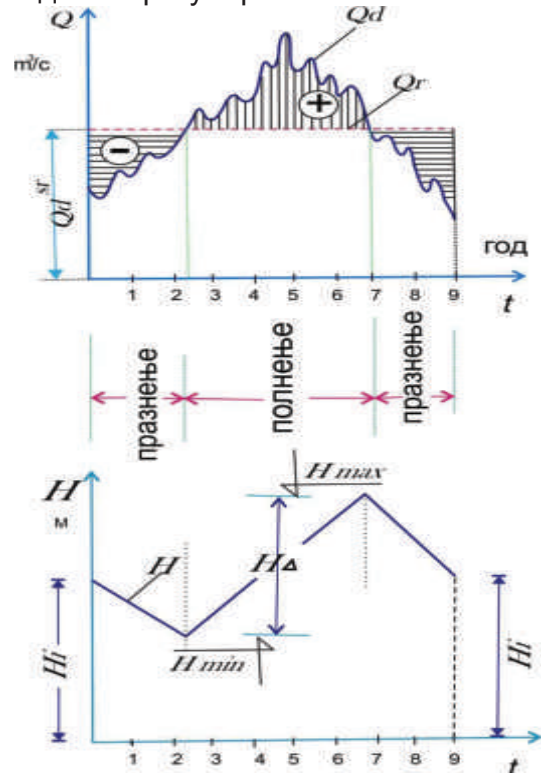
Сл.1.13.Делумно годишно

Повеќегодишно регулирање на протекот обезбедува водено количество за подолг временски период, со голем акумулациски базен, слика 1.14. Кај нас скоро сите акумулации имаат голема зафатнина во однос на годишниот дотек на реките на кои се формираат. Тоа значи дека регулирањето на протекот е за повеќе години.



Сл.1.14. Акумулација „Козјак“

Хидролошките проучувања укажуваат дека циклусот на промена на влажни и сушни години трае од 7 до 11 години. И ова регулирање е потполно или делумно. На сликата 1.15 е прикажано потполно повеќегодишно регулирање.



Сл.1.15.Повеќегодишно регулирање на протекот

Кај нас исклучок е акумулацискиот базен “Матка” на р.Треска кој протекот го регулира седмично (неделно) за потребите на ХЕЦ.



Произведувачите на електрична енергија ги користат природните ресурси како енергенси: вода, ветер, сонце, дрво, јаглен, нафта и радиоактивни елементи.

Според карактерот на производниот процес и односот кон потрошувачите термоелектраните се кондензациони и топлани.

Протечните електрани немаат корисен простор за временска прераспределба на протекувањата.

Големи потрошувачи на електрична енергија се: целокупната индустрија, рударството, железницата и големите градови со јавно осветлување.

Плоштината помеѓу ординатите на 0 и 24 часот, апсцисната оска и линијата на потрошување моќност  $P=f(t)$ , е количеството на енергија за тој ден  $E$ .

Дотекот на вода во реката е многу променлив по време.

Регулирањето на протекот е: дневно, седмично, годишно, повеќегодишно и сл.

Во одреден период од годината во акумулацискиот базен се акумулира водено количество, кое во друго време се користи за производство на електрична енергија, тогаш кога дотекот од реката е помал од потребниот.



*I. Упатство:* Во секое прашање ќе најдеш празна линија на која треба да го напишеш одговорот.

1. Наброи барем три горива за производство на електрична енергија:

- a) \_\_\_\_\_
- б) \_\_\_\_\_
- в) \_\_\_\_\_

2. Наброј ги дијаграмите за потрошување на моќност:

- a) \_\_\_\_\_
- б) \_\_\_\_\_
- в) \_\_\_\_\_
- г) \_\_\_\_\_

*II. Упатство:* Одлучи која алтернатива е најдобра за да се доврши реченицата или да се одговори на прашањето. Заокружи.

1. Најмало потрошување на сила во текот на неделата е во:

- a) *понеделник;*
- б) *недела.*

2. Кај нас 80% електричната енергија се произведува од:

- a) *нафта;*
- б) *јаглен;*
- в) *вода.*

3. Регулирањето на протекот е со:

- a) *акумулациски базени;*
- б) *деривациски канали.*

*самооценување на тестот*

Група на прашања	Број на прашање	Можни поени	Освоени поени
I	1	3	
	2	4	
II	1	1	
	2	1	
	3	1	



## ГРАФО-НУМЕРИЧКА ЗАДАЧА

дневен дијаграм на потрошена моќност и енергија

- За предложениот потрошувач:  
 \*да се нацрта дневен дијаграм на потрошена моќност  $P=f(t)$  ;  
 \*да се пресмета коефициент на дневна нерамномерност  $\alpha$   
 \*да се пресмета дневното количество на потрошена енергија  $E$ .

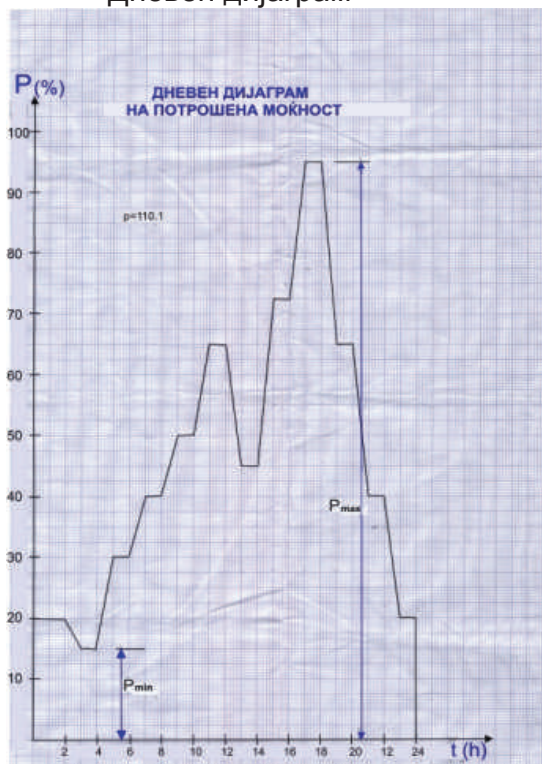
Кога е познато :

$t$	$h$	1-2	3-4	5-6	7-8
$P$	%	20	15	30	40
$t$	$h$	9-10	11-12	13-14	15-16
$P$	%	50	65	45	70
$t$	$h$	17-18	19-20	21-22	23-24
$P$	%	95	65	40	20

Забелешка:  
Задачата се црта на милиметрова.

Решение:

\*Дневен дијаграм



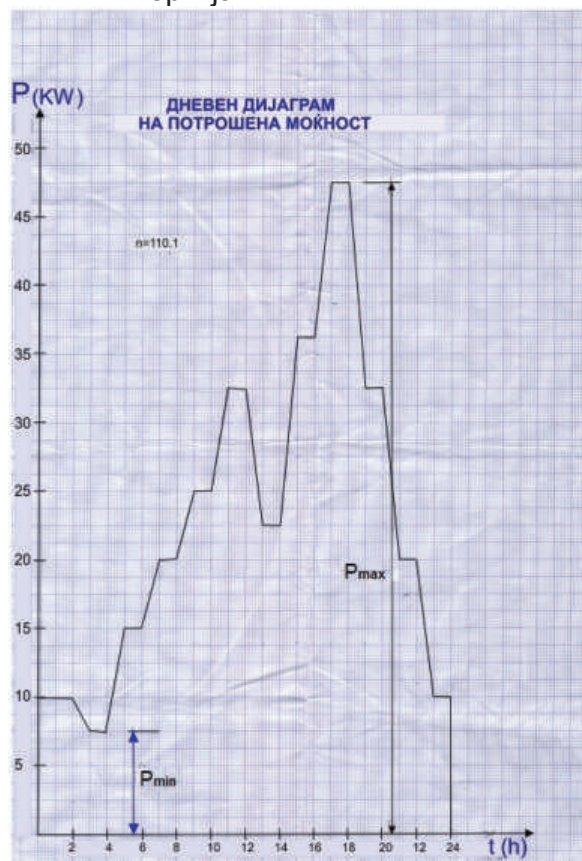
На координатни оски  $P/t$ , каде за моќност (на ординатата) на  $2 \text{ sm}$  се нанесуваат поделби од по 10%, а за времето (на апсцисата) на  $1 \text{ sm}$  се внесува 2 часа. Потоа се впишуваат големините на потрошена моќност од час во час, истите се поврзуваат со линија,  $P=f(t)$ . На линијата се обележуваат најголемата  $P_{max}$  и најмалата  $P_{min}$  потрошена моќност во текот на денот.

\*Коефициент на дневна нерамномерност  $\alpha$

Најголема потрошена моќност е  $P_{max}=95\%$  и најмала потрошена моќност во текот на денот е  $P_{min}=15\%$ . Коефициентот на дневна нерамномерност е

$$\alpha = \frac{P_{min}}{P_{max}} = \frac{15}{95} = 0,16$$

\*Енергија  $E$



За да се пресмета енергијата потрошена во текот на денот, потребно е моќноста да се изрази во  $kW$ . Затоа се црта нов дневен дијаграм, каде апсцисата и линијата на потрошување остануваат непроменети, а се менува вредноста на моќноста, т.е.  $10\% = 5 kW$ . Енергијата се пресметува ако се избројат сите квадратчиња ограничени со координатните оски и линијата на потрошена моќност (или со планиметрирање, или со плоштини на геометриски слики). Вкупниот број квадратчиња е:

$$n = 110,12$$

Плоштината на едно квадратче е:

$$e = 5 \cdot 2 = 10 \text{ } kW \cdot h$$

енергијата е:

$$E = n \cdot e = 110,12 \cdot 10 = 1101,2 \text{ } kW \cdot h$$



## 2. Брани

Стабилни и безбедни брани

### 2.1. Филтрација кај брани

Струјни линии

Еквипотенцијални линии

Хидродинамичка мрежа

Филтрација кај насипани брани

Процедна површина

Намалување на филтрација во телото на браната

Намалување на филтрација под телото на браната

Спречување на филтрацијата во акумулациониот простор

Филтрација кај бетонски брани

Заштита од филтрација

### 2.2. Стабилност на косините кај насипани брани

Лизгање и деформација на косините и основната почва

Класични методи

Коефициент на сигурност

Рамнина на лизгање

Методи

Современи методи

Метод на конечни елементи

Оптоварувања на браната

### 2.3. Стабилност на бетонски брани

Постојани сили

Сопствена тежина

Сила од хидростатички притисок

Тежина на водата над водената површина

Сила на потисокот  
Непостојани сили  
Сила од брановите  
Сила од ледена покривка  
Сила од хидростатички притисок од прелеаната вода  
Сеизмичка сила  
Случаи на оптоварување  
Коефициент на лизгање

Запомни

Тест

Графо-нумеричка задача



## 2. Брани

Браните преградувајќи ги водотеците овозможуваат акумулирање на милиони кубни метри вода. Затоа треба да се стабилни и безбедни, за сè што се наоѓа низводно од нив. Од особена важност е стабилноста и филтрацијата во и под браните. Овие појави зависат од видот на материјалот и неговите механички карактеристики, начинот на градење, како и основата на која се фундирани браните. На сликата 2.1 е прикажана механизација на градилиште на брана.

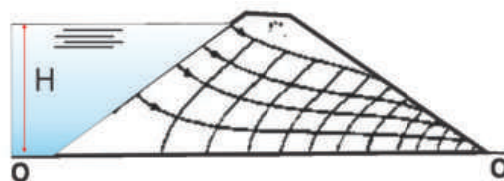


Сл.2.1.Механизација на градилиште

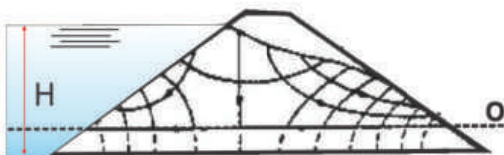
### 2.1 Филтрација кај браните

Движењето на водата од водената кон воздушната страна, низ порите од насипот, е по одредени струи - *струјни линии*. Порите се исполнети со вода под притисок, кој зависи од големината на хидростатичкиот притисок, на спротиводната косина. Местата во браната со ист потенцијален притисок, поврзани со замислени линии ги даваат *еквипотенцијалните линии*. Мрежата од струјни и еквипотенцијални линии е *хидродинамичка* и практично е составена од квадрати, слика 2.2:

а



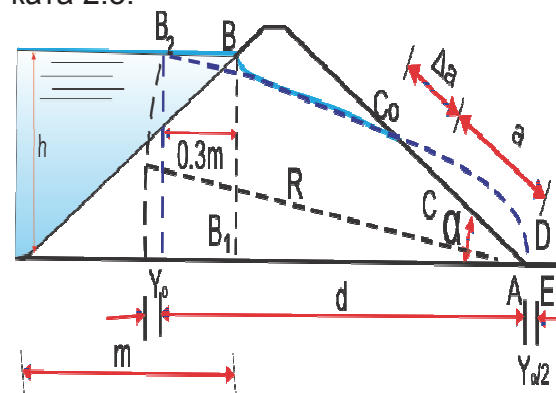
б



Сл.2.2.Хидродинамички мрежи: а - акумулација полана со вода и б- при нагло снижување од максимално на минимално ниво на вода

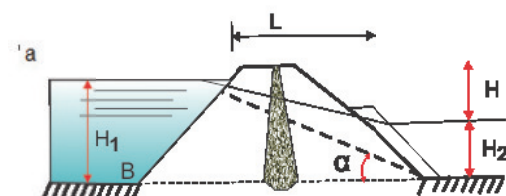
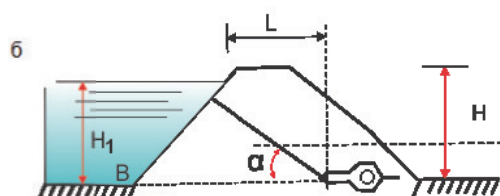
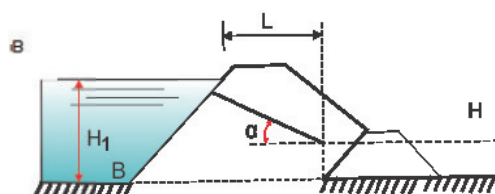
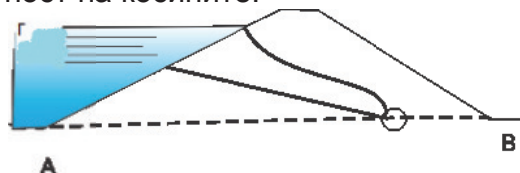
Оваа мрежа овозможува едноставно, брзо и точно пресметување на порниот притисок, филтрираното водено количество и потисокот.

Филтрацијата кај *насипаните брани* се појавува во телото и под него, во основната почва. Таа може да е толку голема, што ја доведува во прашање стабилноста на браната, т.е. земјата многу се расквасува што ѝ се менува структурата, а носивоста и се намалува. Насипаниот материјал е наквасен со вода до одредена височина во телото на браната, *процедна површина* (филтрациона линија), види ја сликата 2.3:



Сл.2.3.Процедна површина во брана

Практично филтрацијата не може сосема да се спречи, но може да се сведе на најмала можна големина, слика 2.4. Заради тоа потребно е поголемо внимание при определување на геомеханичките параметри, а не да се наголемува вредноста на коефициентот на стабилност на косините.



Сл.2.4. Намалување на филтрација: (а) јадро; (б)(в) дренажна призма; (г) дренажна цевка.

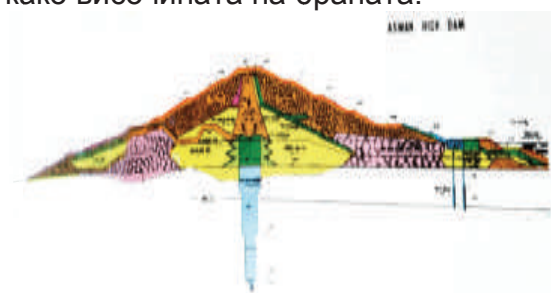
Се вградуваат материјали со различен коефициент на водопропусливост во зони, противфилтрациони тела - екран, јадро (од материјал со мала водопропусливост), но се градат и дренажи (од камен, дренажни цевки), за собирање на процендата вода.

Филтрација може да се случи и некаде во акумулацискиот простор. Заради тоа потребно е обемно геолошко проучување не само на местото на идната брана, туку и на теренот во идниот акумулациски базен. Во акумулацијата „Маврово“, слика 2.5, спротивно од браната, заради карстните појави се губеа огромни водени количества. Санацијата со инјектирање во карстот и армирано-бетонска прекривка на теренот сосема ја спречи оваа појава.



Сл.2.5. Вештачко езеро и насипана брана „Маврово“

Сликата 2.6. прикажува брана „Асуан“ на р.Нил, една од најголемите насипани брани, по зафатнина и должина на круната (6km). Во неа се вградени камен и земја, со различен коефициент на водопропусливост, дренажни тела од камен и сл. Инјекциската завеса под браната има приближно иста должина како височината на браната.

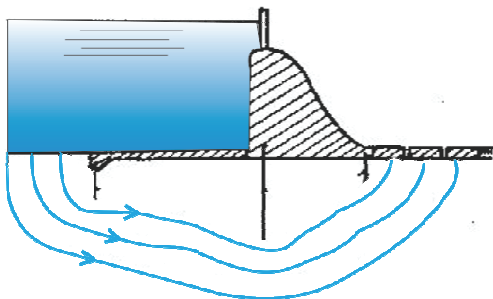


Сл.2.6. Асуанска брана

Филтрацијата кај *бетонските* брани зависи од МБ и од процентот на порите во бетонската маса. Филтрираната вода има физичко и хемиско влијание на бетонот. Додека на напрегањата и стабилноста на браната влијае потисокот (заради структурата на бетонот).

Заштита од филтрацијата кај бетонските брани е со градење на дренажни галерии, слика 2.14 (тема 2. редовна), во близина на водената површина на разни коти од височината на браната. Истотака со вградување на специјални бетони, хидроизолација и епоксиден малтер во активните зони на телото на браната, слика 2.16 (тема 2. редовна).

Шпундова ограда под телото на браната и бетонски тепих на просторот спротивно од браната, слика 2.6, го продолжува патот на филтрираната вода под телото на браната.



Сл.2.6.Шпундова ограда под телото на брана и бетонски тепих

На сликата 2.7 прикажана е масивно брана на р. Јангце, каде се решаваат бројни проблеми за заштита на вградениот бетон, особено што браната е прелевна, а постројката речна. Во темата 2 (редовна) подетално е разработено.



Сл.2.7. Брана на р.Јангце

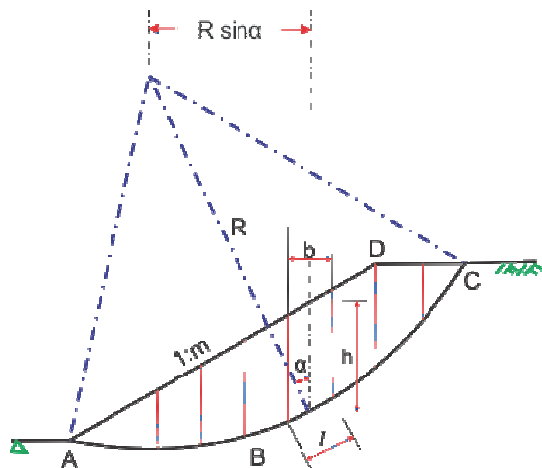
## 2.2. Стабилност на косините кај насипаните брани

Лизгање и деформација на косините е општа појава кај насипаните брани, особено под влијание на хидростатичкиот притисок. Деформации и нарушување на стабилноста може да се појави и во основната почва под браните со голема маса (камени брани).

Стабилност на косините (водената и воздушната), кај насипаните брани се пресметува со класични и современи методи.

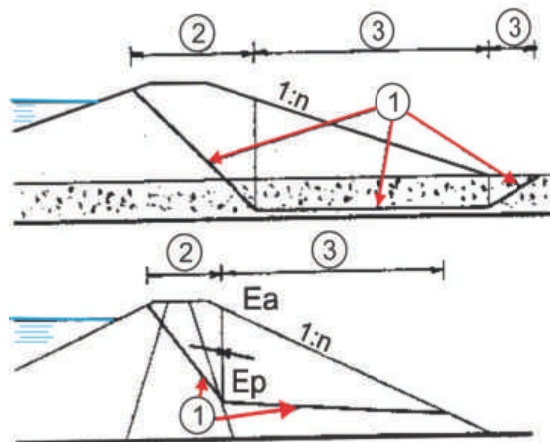
*Класичните* методи, стабилноста на косината ја изразуваат преку коефициент на сигурност против лизгање " $F_s$ ". Тие уште се нарекуваат и методи на гранична рамнотежа, бидејќи ја проверуваат стабилноста од силите кои влијаат на претпоставената рамнина на лизгање. *Рамнината на лизгање* е искршена, дел од круг или друг вид на крива и комбинација од претходните. Кај хомогените брани се применува кружна површина на лизгање, а призмата е поделена на ламели. Се применуваат методите:

шведска, слика 2.8, фелиниусова, модифициран метод на Бишоп и сл.



Сл.2.8.Шведска метода

Методот на клин, слика 2.9, е добар за камено-земјени и земјени брани фундирани на тенок слој слабоносив земјан материјал.



Сл.2.9.Метод на клин со искршени рамнини на лизгање (1); (2) активна и (3) пасивна призма

Современите методи ги надминале теориите на еластичност и пластичност на материјалот, заради бројните нивни недостатоци. Современиот метод на конечни елементи комбиниран со компјутерска техника, овозможува определување на напрегања и деформации на произ-

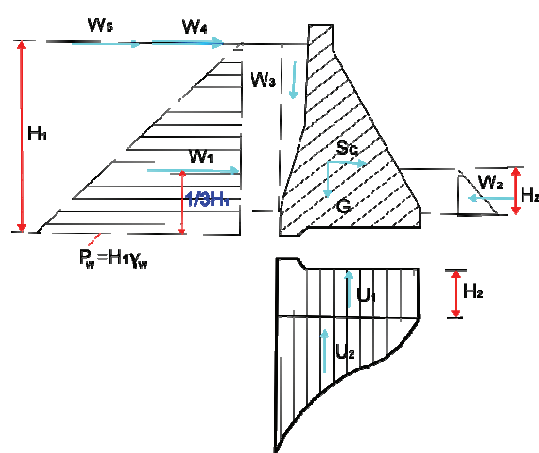
волни геометриски форми и променливи особини на материјалот во одделни зони на браната.

Стабилноста на косините се испитува при разни оптоварувања на браната: непосредно по изградба кога акумулацискиот базен е празен; кога базенот е полн со вода и за време на експлоатација при нагло намалување од максимално до минимално ниво на вода во базенот.



### 2.3. Стабилност на бетонски брани

За да се определи стабилноста на бетонските брани, потребно е најпрво да се пресметаат силите кои влијаат во рамнина нормална на оската на браната. На теоретскиот попречен пресек (триаголник) на делот со најголема височина, најчесто со должина еден метер, влијаат *постојани* и *повремени* сили, види ја сликата 2.10.



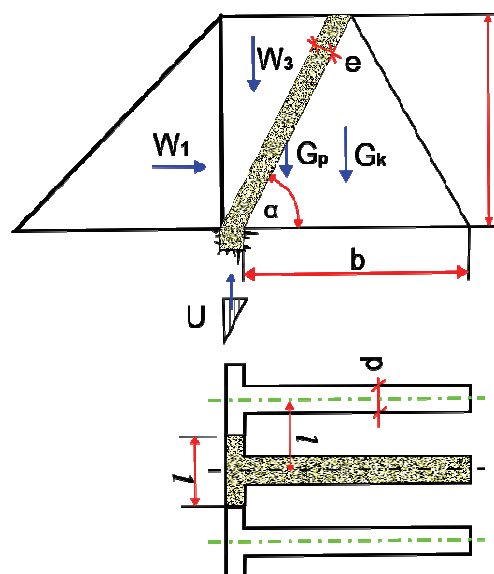
Сл.2.10. Сили кај масивни брани

*Постојани* сили се: сопствената тежина (маса) на браната  $G$ ; силата од хидростатичкиот притисок на спротиводната површина  $W_1$ ; сила од тежината на водата која налега над водената површина  $W_3$  и силите на потисокот под браната  $U_1$  и  $U_2$ .

*Непостојаните* сили се од некои појави во акумулацијата: сила од брановите  $W_4$  под влијанието на ветерот на спротиводната површина; сила од ледена покривка со извесна дебелина  $W_5$ ; кај непрелевните брани на воздушната површина не се појавуваат сили на хидростатички притисок, но кај прелевните тоа е силата  $W_2$ ; непостојана сила која се јавува ретко,

но во секој случај треба да се земе предвид е сеизмичката сила  $S_s$ .

Кај контрафорните брани силата  $W_3$  е многу голема заради големиот наклон на спротиводната површина, па ја наголемува стабилноста, слика 2.11:



Сл.2.11. Сили кај контрафорни брани

Стабилноста и состојбата на напрегањата на масивните брани се испитува за следните случаи: непосредно по изградба на браната кога е товарена само со сопствената тежина и сеизмичката сила; за време на експлоатација со полн акумулациски базен до максимално ниво и појава на сите можни сили.

Стабилноста на браната против лизгање се проверува со коефициент на сигурност  $k_y$ . Во случај на гранична рамнотежа кога  $k_y = 1$ , широчината на основата  $b$  е еднаква на 0,6 до 0,75 од височината на браната  $h$ , за карпеста подлога; ако браната е темелена на глина и песок, тогаш основата  $b$  е многу поголема ( тема 2 редовна).



Движењето на водата од водената кон воздушната страна е низ порите од насипот по одредени струи - струјни линии.

Филтрацијата кај насипаните брани се појавува во телото и под него, во основната почва.

Практично филтрацијата не се спречува сосема, но може да се сведе на најмала можна големина.

Филтрацијата кај бетонските брани зависи од МБ и од процентот на порите во бетонската маса.

Стабилност на косините кај насипаните брани се пресметува со класични и современи методи.

Рамнината на лизгање е искршена, дел од круг или друг вид крива и комбинација од претходните.

Испитувањето на стабилноста на косините се извршува при разни оптоварувања на браната: непосредно по изградба кога акумулациониот базен е празен; кога базенот е полн со вода и за време на експлоатација при нагло намалување од максимално до минимално ниво на вода во базенот.

На теоретскиот попречен пресек (триаголник) на делот со најголема височина, најчесто со должина еден метар, влијаат постојани и повремени сили.

Сила која се јавува ретко, но во секој случај треба да се земе предвид е сеизмичката сила  $S_s$ .



*I. Упатство:* Во секое прашање ќе најдеш празни линии на кои треба да го напишеш одговорот.

1. Како ја изразуваат стабилноста на насипаните брани, класичните методи?

а) \_\_\_\_\_

2. Која непостојана сила се јавува ретко, а може да ја сруши браната.

а) \_\_\_\_\_

3. Наброј барем две причини од кои насипаните брани се рушат:

а) \_\_\_\_\_

б) \_\_\_\_\_

*II. Упатство:* Заокружи кои алтернативи се најдобри да се доврши реченицата или да се одговори на прашањето.

1. Филтрацијата кај бетонските брани зависи од:

а) *марката на бетонот;*

б) *процент на пори.*

2. Стабилноста на браните се испитува при оптоварувањата:

а) *непосредно по изградба;*

б) *акумулацијата е полна;*

в) *за време на експлоатација.*

3. Рамнината на лизгање е...

а) *цилиндрична;*

б) *искршена;*

в) *дел од круг;*

г) *друг вид крива.*

*самооценување на тестот*

Група на прашања	Број на прашање	Можни поени	Освоени поени
I	1	1	
	2	1	
	3	2	
II	1	2	
	2	3	
	3	3	

## ГРАФО-НУМЕРИЧКА ЗАДАЧА

### брани

Реката е преградна со бетонска масивна-гравитациска брана:

\*да се нацрта надолжен профил во размер 1:1000

\*да се нацртаат напречни профили во размер 1:1000

\*да се пресмета плоштина за напречните профили;

\*да се пресмета зафатнина на браната

Кога се познати:

-ситуација 1: 2500

-кота на круна на брана 255;

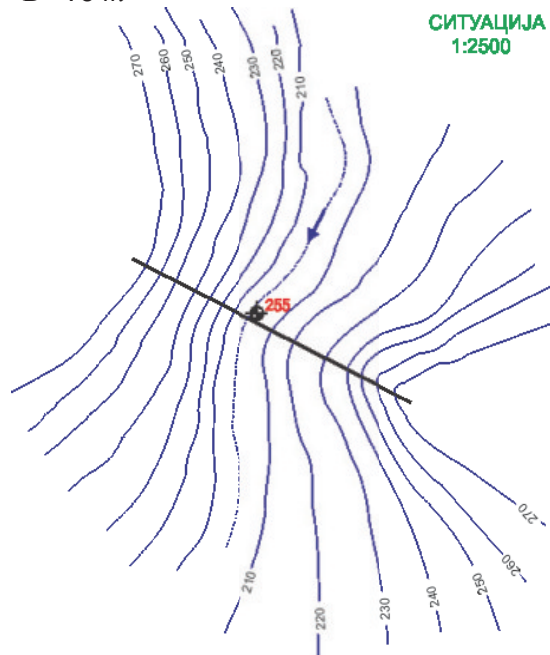
-кота на дното на брана 202;

-наклон на спротиввидна косина  $m=\infty$

-наклон на воздушна косина  $n=0,7$

-широчина на круна на брана

$B=10\text{ m}$



Забелешка:

Задачата е добро да се работи на милиметарска хартија. Сè што се однесува на начинот на цртање на напречниот пресек на бетонска ма-

сивна брана, преземено е од графо-нумеричката задача за темата 2 (редовна настава), т.е. се однесува за цртање и на останатите видови брани ([пробај да нацрташ земјена брана](#)).

Решение:

\*Надолжен профил

На листот се црта размерник за коти, вертикална права на која се обележуваат поделби на секој  $sm$ , почнувајќи од 200, па се до 260. На размерникот се пронаоѓа котата на круната на браната 255 и се црта права, преку целиот лист. Под размерникот се цртаат хоризонтални графи во кои се впишуваат коти и растојанија.

Линијата на теренот, се пренесува од ситуација. Од ситуација во Р 1:2500, на локацијата на оската на идната брана се мерат растојанија меѓу изохипсите. Растојанијата се наголемуваат за 2,5 пати и се внесуваат на соодветната кота, со надоврзување, на листот на надолжниот профил.

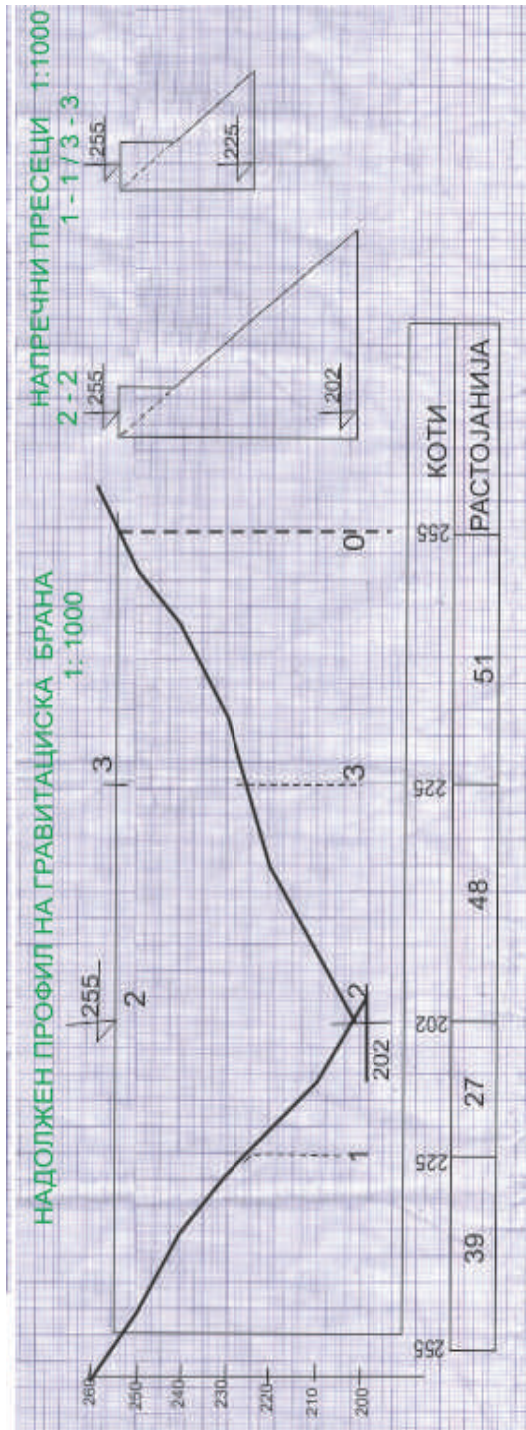
На кота 210, каде се бреговите на реката, приближно во средината на растојанието, се наоѓа котата на дното на браната 202.

Откако теренската линија е нацртана, се избираат локации на профилите 1-1; 2-2 и 3-3. Нивното растојание и коти се впишуваат во графите за растојание и коти под надолжниот профил.

\*Напречни профили на брана

На листот се црта размерник за коти, вертикална права на која се обележуваат на секој  $sm$ , почнувајќи од 200, па се до 260. На размерникот се пронаоѓаат котите на круната на браната 255 и на дното 202 (за

профилот 2-2), а 225 (за профили-те 1-1 и 3-3). Спротиводната косина е вертикална, а воздушната со наклон 1:0,7 (потсети се на задачата од тема 2 редовна).



\*Плоштина на профилите  
За профил 2-2 се пресметува  
плоштината во  $m^2$ :

$$A_2 = \frac{n}{2} (KKB - K_{dno}) + \frac{B^2}{n * 2}$$

$$A_2 = \frac{0,7}{2} (255 - 202) + \frac{10^2}{0,7 * 2} = 1054,58$$

Профили 1-1 и 3-3 имаат иста  
плоштина во  $m^2$  бидејќи се наоѓаат  
на иста кота на дното:

$$A_{1/3} = \frac{n}{2} (KKB - K_{1/3}) + \frac{B^2}{n * 2}$$

$$A_{1/3} = \frac{0,7}{2} (255 - 225) + \frac{10^2}{0,7 * 2} = 386,43$$

\*Зафатнина на браната

Зафатнината на браната се  
пресметува во табела, притоа од  
надолжниот профил се чита рас-  
тојанието меѓу профилите  $L$ . Ова  
растојание  $L$  помножено со средна-  
та површина  $A_{sr}$  ја дава зафатни-  
ната  $V$  меѓу два соседни профила.

п	A	$A_{sr}$	L	V
0	0	193,22	39	7535,58
1	386,43	720,51	27	19453,77
2	1 054,58	720,51	48	34584,48
3	386,43	193,22	51	9854,22
0	0			

Вкупната зафатнина на бетонската  
гравитациона брана е  $71246,05 m^3$





### **3. Придружни објекти кај браните**

#### **3.1. Затвораџи**

##### **3.1.1. Површински затвораџи**

Материјал  
конструкции  
Табласт  
Гредаст  
Сегментен  
Секторски  
Цилиндричен  
Покривни  
Клапна  
Пловечки  
Подвижни решетки  
Вреќести

##### **3.1.2. Длабински затвораџи**

Локација  
Конструкција  
Рагни  
Сегментни  
Рамен затвораџ што покрива  
отвор на цевка  
Дисковиден  
Игличест  
Конусен (телескопски)  
Подвижни цилиндри  
Сверни  
Цилиндричен со урамнотежен  
прити сок

#### **3.2. Објекти за зафаќање вода**

Во акумулација

- Во брана
- На брег
- 3.3. Објекти за ублажување на негативни ефекти**
- 3.3.1. Водена комора
  - Задача
  - Базен
  - Прелев
  - Решетка
  - Затвораи
  - Брзотек
  - Испуст за нанос
- 3.3.2. Водостан
  - Задача
  - Цилиндричен
  - Водостан со стеснување
  - Водостан со комори
  - Диференцијален
- 3.4. Машинска зграда**
  - Дел од хидроелектрана
  - Прибрански/речни
  - Деривациски
  - Надземен дел
- Запомни
- Тест
- Графо-нумеричка задача

### 3. Придружни објекти кај браните

Браните, како градежни објекти имаат најголеми димензии и ангажираат големи инвестиции. Со нив се градат поголем број придружни објекти, со намена да ја зафатат и спроведат водата до местото на користење, во соодветната водостопанска дејност. Во зависност од водостопанската дејност, потребни се објекти со специфична намена. За производство на хидроенергија, покрај опишаните во тема 3 (редовна настава), потребни се некои специфични како затвораачи, водостан, водена комора и сл.

#### 3.1 Затвораачи

Затвораачите го прекинуваат течењето на водата; го регулираат воденото ниво и количество; се евакуира поплавниот бран, телата што пливаат и наносот. Тие може да се поставени на самата брана (прелев, зафат, темелен испуст) и надвор од телото на браната (зафат, темелен испуст, канал, тунел, водостан, водена комора, турбина). Затвораачите ги затвораат отворите на површинските и длабинските објекти.

##### 3.1.1 Површински затвораачи

Површинските (подвижни, мали брани) затвораачи, се лоцирани на отворите на површинските објекти (преливи, зафати, канали и сл). Притисокот од водата, преку конструкцијата на затвораачот, се предава на странични масивни столбови. Условите што треба да ги задоволи добриот затвораач се: водо-

непропусливост; составот меѓу затвораачот и отворот добро да се затнува; придвижување со голема брзина; минимални трошоци на експлоатација; да овозможи непрекинато функционирање на останатите објекти и сл.

Материјали од кои се изработени површинските затвораачи се: челик, алуминиум, дрво, пластика, импрегнирана ткаенина и комбинација од претходно наброените.

Конструкции затвораачи што се применуваат, зависат од големината на отворот што го покриваат т.е. широчина и височина, местоположбата на отворот, хидролошки и климатски услови. Такви конструкции се: табласти, гредести, сегментни, цилиндрични, секторски,

*Табластите* (рамни) затвораачи, слика 3.1, најмногу се применуваат заради простата конструкција и сигурност при работа. Најчесто ги затвораат отворите на круната на браната со широчина околу 15 m и височина околу 7 m. Таблите се комбинација од челик и дрво (алуминиум). Тие лесно се подигаат преку соодветен механизам, рачно или на друг погон. Недостаток на овие затвораачи е што пропуштањето на мразот е можно при потполно ослободување на отворот (со што неповратно се губи големо водено количество).



Сл.3.1.Табласт затвораач

*Гредести* затворачи, слика 3.2, по функција се помошни и ремонтни, па се градат паралелно со некој од останатите видови. Тие се составени од повеќе секции, кои се рамни (храстови греди). Покриваат отвори со должина до 8 *m*.



Сл.3.2.Гредест затворач

*Сегментните* затворачи во однос на останатите повеќе се применуваат, особено кај преливи преку брана, за затворање на бродски преводници и сл. Тие ги покриваат отворите со ширина до 40 *m*, и височина до 14 *m*, меѓу кои има помасивни разделни ѕидови (столбови), прикажано на слика 3.3.

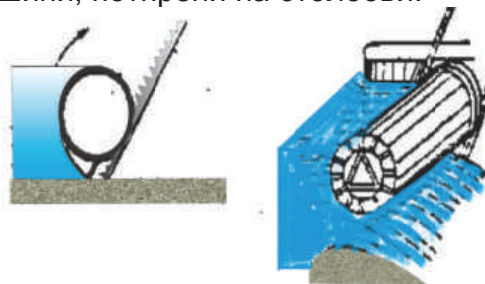


Сл.3.3.Сегментен затворач

За придвижување на сегментот е потребна помала сила; побрзо се отвара и затвара; наносот полесно се пропушта; при протекување на водата се јавуваат помали вибрации и сл. Конструкцијата на затворачите е составена од челична решетка во

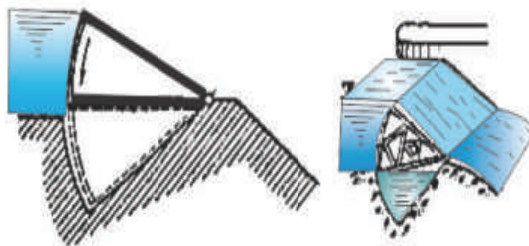
форма на сегмент прекриена со челичен лим и потпрена на краци. Целата оваа конструкција се завртува нагоре околу зглобови поставени на крајни масивни столбови, а под неа протекува вода.

*Цилиндричните* затворачи, слика 3.4, покриваат отвори со ширина до 60 *m* и височина до 13 *m*. Бидејќи дијаметарот на металниот цилиндер ретко поминува 5 *m*, тој се комбинира до максималната височина со штит или клапа. За да се ослободи текот на водата низ отворот, цилиндерот лесно се тркала нагоре по коси (до 70°), запчести шини, потпрени на столбови.



Сл.3.4.Цилиндричен затворач

*Секторскиот* затворач, слика 3.5, се спушта во специјална ниша, го ослободува отворот делумно или целосно, за да протече водата, мразот и телата што пливаат, над него.



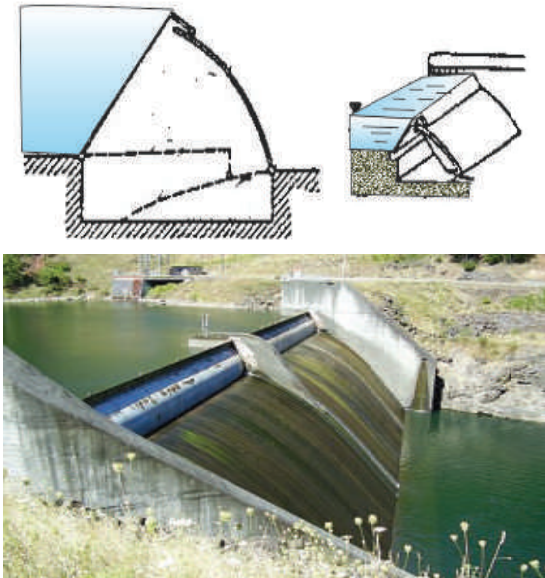
Сл.3.5.Секторски затворач

Придвижувањето на секторот е хидрауличко, што е многу едноставно и евтино. Поради можноста да се покрие отвор со ширина до 65*m* и височина до 11*m* и точното регулирање на горната вода, затворачите



често се применуваат. Бидејќи тие се поставуваат на круната на браната, таа треба да е многу широка, што е главен недостаток.

*Покривните* слика 3.6 затвора-чи се составени од два подвижни дела. Тие се вртат околу хоризонтална оска и во подигната положба формираат конструкција во вид на покрив. Кога се спуштени во нишата го ослобо дуваат отворот со ширина до 45 m и височина до 7 m.

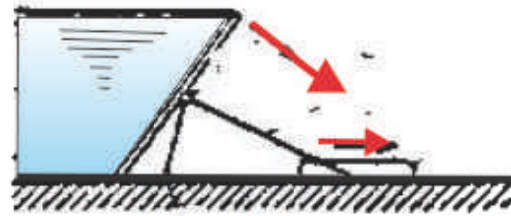


Сл.3.6.Покривни затворачи

Затворачите овозможуваат точно регулирање на горната вода, лесно го пропуштаат мразот и други тела што пливаат за многу кратко време. Покривните затворачи имаат сложена конструкција која им е главен недостаток.

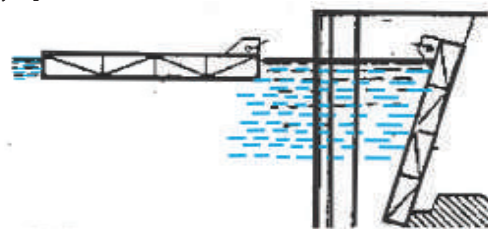
*Клапна* затвораот, слика 3.8, е рамна или криволиниска преграда која се завртува околу хоризонтална оска прицврстена за прагот. Отворот што го покриваат е широк до 50m и висок до 7m. Затворачите овозможуваат точно регулирање на горната вода и телата што пливаат. Клапна затвораците имаат сложена

конструкција и монтажа, што е главен недостаток.



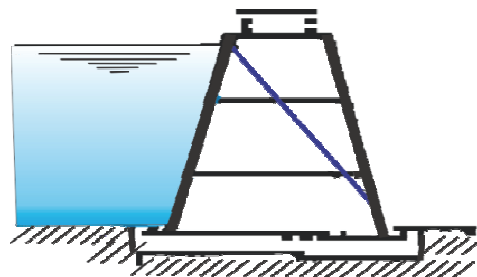
Сл.3.8.Затворач клапна

*Пловечки затворач*, слика 3.9, е призматичен (платформа) што постојано плива во акумулацискиот базен. Со пловење се довлекува до отворот (со димензии како кај табластите затворачи) и го покрива. Можно е завртување на платформата околу оската за која е прицврстена. Платформата е лесна решеткаста конструкција, покриена со челичен лим или пластични материјали.



Сл.3.9.Пловечки затворач

*Подвижните решетки* слика 3.10, се поставени една до друга на 1 до 1,5 m во низ вертикално, а во однос на текот, паралелно.



Сл.3.10.Подвижни решетки

Пред нив се поставуваат гредички или посебни ролетни. Кога се ослободува отворот за пропуштање вода, нанос, мраз или пловни тела, решетките се спуштаат на дното од водениот пат во ниша. Кај овие затвораи нема ограничување на широчината на отворот.

*Вреќестите* затвораи се изработени од ткаенина која формира цилиндер, исполнет со воздух или течност, анкеруван за прагот. Практично нема ограничување во широчината на отворот, заради малата височината. Иако трајноста на затвораите е до 10 години, тие се едноставни за конструирање и ракување, со ниска цена, види слика 3.11.



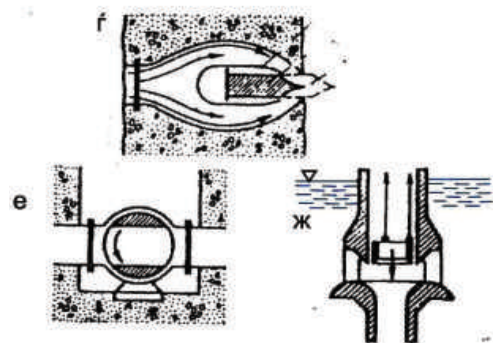
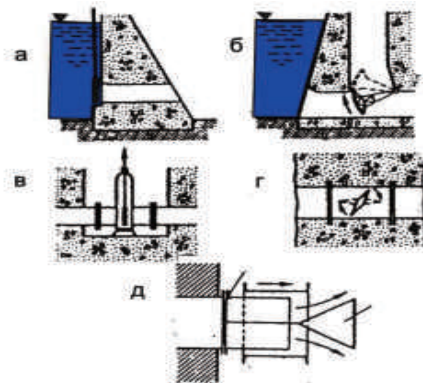
Сл.3.11.Вреќести затвораи

### 3.1.2. Длабински затвораи

Длабинските (потопени) затвораи се поставуваат на места каде треба да се прекине или регулира текот на водата. Секогаш се изложени на големи хидростатички притисоци. Локацијата на затвораите е на влезот од доводните тунели; на цевоводот под притисок непосредно пред турбините; на влезот и излезот од темелниот испуст и на други слични места.

Конструкцијата и видот на затвораите зависи од намената, местоположбата и притисокот на кој се

изложени. Тоа се: рамни (табласти); сегментни; рамен затвораи што покрива отвор на цевка; дисковиден; игличест; конусен (телескопски); подвижни цилиндри; сверни и цилиндричен со урамнотежен притисок, прикажани на слика 3.12, а подолу објаснети:



Сл.3.12.Длабински затвораи

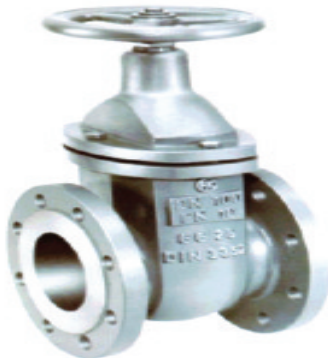
*Рамните* затвораи (а) се поставуваат на темелните испусти и цевоводите под притисок, кои се на длабочина до 50 m, а брзината на водата до 25 m/s. За помали брзини на водата и помали димензии на таблата со добри затинки, притисокот може да достигне до 80 m. Таблите се челични или од преднапрегнат бетон. Рамните затвораи се најчесто главни или ремонтно-хавариски, како на слика 3. 13.



Сл.3.13.Рамен длабински затворач - лево, сегментен површински - десно

*Сегментните* затворачи (б) се поставуваат на влезот од тунелот за зафаќање вода и на крајот од темелниот испуст. Во однос на рамните затворачи ги имаат следните предности: добро се спротиставуваат на високите притисоци; потребна е помала сила за придвижување; конструкцијата е постабилна на вибрации и сл. Недостатоци се сложена конструкција и висока цена.

*Рамни затворачи што преградуват отвор на цевка* (в) слични се на водоводните. Сместени се во кукиште со дијаметар до  $1,5\text{ m}$ , а притисокот е до  $50\text{ m}$ . Изработени се од леано железо и челик, исто како и цевководите, слика 3. 14.



сл.3.14.Рамен затворач-шибер

*Дисковиден* затворач (г) е предтурбински, а поретко на крајот од темелниот испуст. Дискот (рамен

или во вид на леќа) се завртува околу хоризонталната или вертикалната оска, слика 3.15. Дијаметарот на дискот и притисокот кој го прима (до  $150\text{ m}$ ) се компатибилни. Недостаток на затворачот е пропуштањето на вода по периметарот на дискот, иако се поставува гумена затинка.



Сл.3.15.Диск затворач-вертикален

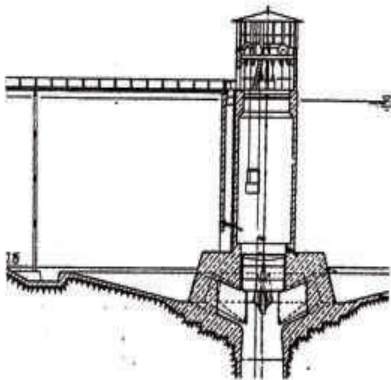
*Конусниот* затворач (д) се состои од подвижен цилиндер и неподвижен конус на крајот. При движење на цилиндерот, тој го ослободува протечниот пресек, така што млазот вода се распрскува од неподвижниот конус. Притоа се задушува енергијата на млазот. Кај овие затворачи ограничувања на дијаметри и притисоци нема.

*Игличастиот и сферичниот* затворач (ѓ) (е), точно го регулираат протекот низ водопроводните објекти, преливи и темелни испусти. Затворачот се состои од челично тело во кое е сместен неподвижен и подвижен дел (клип), кој го затвора протечниот пресек. Можен е секаков притисок, за мали дијаметри.

*Цилиндрични* затворачи (ж) се поставуваат на кула водозафат од акумулација. Притисокот што дејствува на цилиндерот има радијална насока, така што се урамнотежува и практично не трпи притисок. За дијаметри на цилиндерот до  $10\text{ m}$ , при-



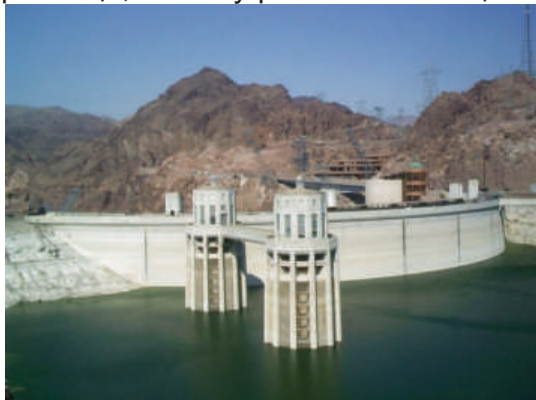
тисокот може да достигне до 100 m.  
Прикажано на слики 3.16 и 3.17.



Сл.3.16.Цилиндричен затворач

### 3.2. Објекти за зафаќање вода

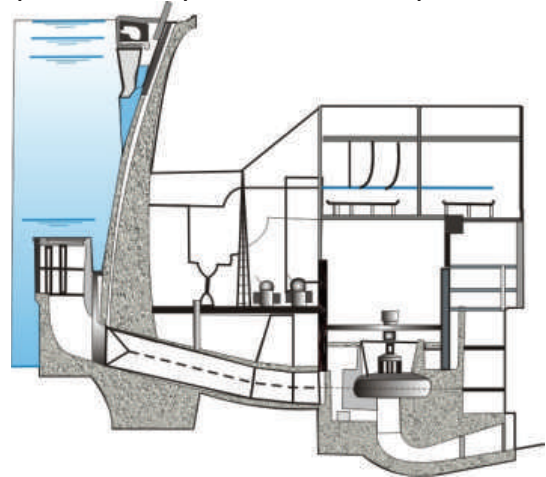
Објектите за зафаќање вода (влезни градби), ја зафаќаат водата од акумулацијата или од преградениот водотек, за по нив да тече низ доводот (канал, тунел, цевовод) кон турбините. Конструкцијата на зафатот треба да спречи зафаќање покрај вода, нанос и тела кои пливаат или лебдат во водата. Локацијата на зафатот е во акумулациско езеро; во брана (на брана) и во рид (на брег). Тие може да се површински (без притисок) и длабински (со притисок). Зафатот е составен од влезен дел со решетка и затворачница, а многу ретко таложница.



Сл.3.17.Зафат во акумулација-кула

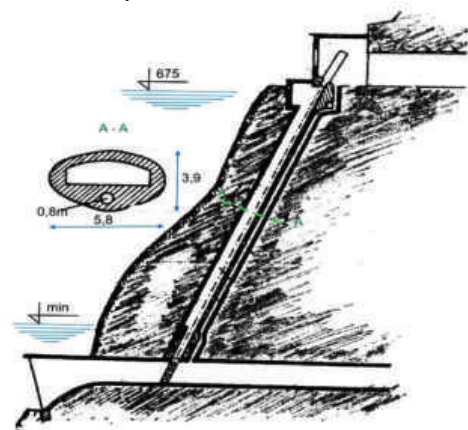
Зафатот во акумулација (кула) се применува за зафаќање поголемо водено количество, ослободено од нанос, од разни длабочини под нивото на водата, слика 3.17. Кулите водозафат се градат кај постројки со насипани/бетонски брани и неповолна геологија на брегот.

Зафатот во брана се гради само кај бетонските, по што следува краток цевовод под притисок и електрана (постројките се прибрански), слика 3.18. Кај речните постројки зафатот е површински и без притисок.



Сл.3.18.Зафат во брана

Зафат на брег, слика 3.19, се гради кај сите видови брани, но најчесто насипани брани. Брегот е со добра геологија, додека постројките се деривациски.



Сл.3.19.Зафат на брег



*Зафатот од река* е лоциран во нејзиниот горен тек, каде воденото количество е релативно мало, а има доста нанос. Конструкцијата зависи од хидролошките и теренски услови. Составена е од праг, решетка, затвораи и таложница.

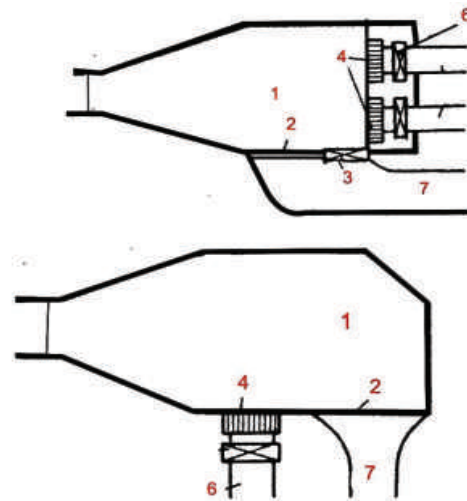
### 3.3 Објекти за ублажување на негативни ефекти

Објекти за ублажување на негативните ефекти од нестационарните појави кај долгите деривации на постројките се водена комора и водостан. Кога турбините престануваат/започнуваат во работа овие објекти се спречуваат водениот удар да се појави во деривацијата и истата да се сруши. Водената комора/водостанот имаат задача безбедно да ги поврзат деривациите канал/тунел со цевоводот под притисок.

#### 3.3.1. Водена комора

Водената комора има задача безбедно да ги поврзе деривациските канали со цевоводот под притисок и да овозможи токот од гравитациски да премине во течење под притисок.

Од наброените функции на водената комора следува дека нејзината конструкција треба да е составена од следните делови: базен; прелив со брзотек; решетка и затвораи кон цевоводот под притисок; испуст за нанос со затвораи и сл. Локацијата на овие делови зависи од теренските услови, воденото количество и положбата на електраната, види слика 3,20 и следен опис:



Сл.3.20.Водени комори-основа

*Базенот* (1) е со големи димензии, што овозможуваат бавно движење на водата, со брзина 0,2 до 0,5  $m/s$  за да се исталожи наносот на наклонетото дно.

*Преливот* (2) со *брзотек* (7) овозможуваат прелевање на поголемиот протек, мразот и другите тела што пливаат, за пократко време.

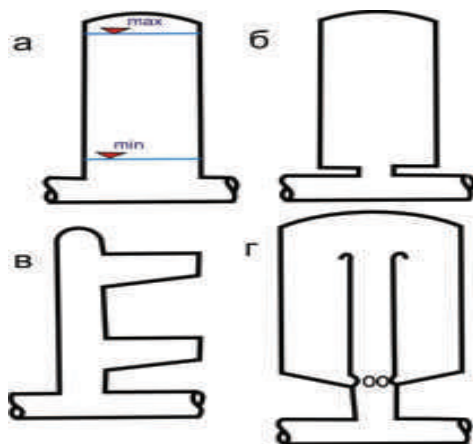
*Решетката* (4) и *затвораиот* (6), на почетокот на цевоводот под притисок овозможуваат запирање на тела кои пливаат или лебдат во водата, односно, прекинување на дотекот кон турбините.

*Испустот за нанос* (3) се наоѓа најниско во базенот. Низ него повремени со подигање на затвораиот се испушта наталожениот нанос.

### 3.3.2.Водостан

Водостаните се градат на крајот од тунелите, а на самиот почеток од цевоводот под притисок, кај деривационите постројки. Со водостанот се намалува или сосема исклучува пренесувањето на притисокот од водениот удар во тунелот и цевоводот, при моментно затворање на турбината. При вклучување на турбината, за да проработи користи вода од водостанот сè до моментот кога ќе се овозможи рамномерен и постојан дотек од тунелот, т.е. од акумулацијата.

Набројаните проблеми се решаваат во зависност од хидролошките, топографските, геолошките и енергетските услови со разни видови конструкции на водостани, прикажани на сликата 3. 21, а подолу опишани.



Сл.3.21.Видови водостани

*Цилиндричниот* (а) водостан, е најпрост конструктивен вид. Конструкцијата е цилиндер (кула, шахта), со голема зафатнина. Се користи за мали водени количества, мали падови и кратки тунели.

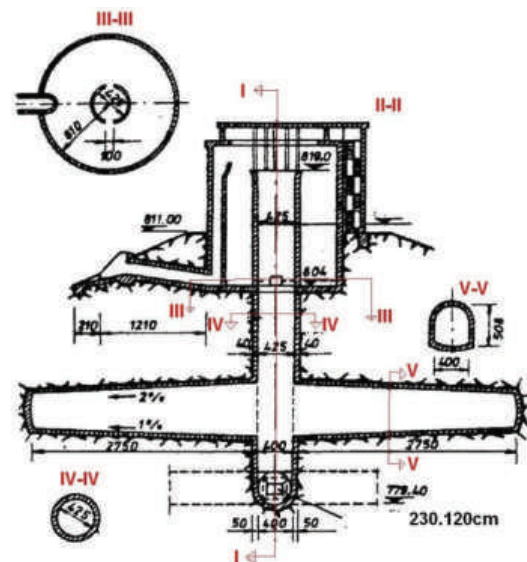
Водостан со *стеснување* (б) на влезот меѓу доводот и цилиндерот има подобрени услови на тече-

ње, со помали загуби и димензии. Почесто се користи во комбинација со другите видови водостани.

Водостани со *комори* (в), во вид на базени или резервоари, се градат кај терени со добри геолошки услови. Цилиндерот е со скромни димензии, а коморите по потреба горна и долна, или само една. Вакви водостани се во состав на постројки со голем или среден пад; при големи промени на нивото на вода во акумулацискиот базен и кај долги тунели.

*Диференцијалниот* (г) водостан, има централен цилиндер од кој водата прелива во надворешен цилиндер. Овој водостан овозможува мирна работа на турбината и штеди вода. Се применува за постројки со голем пад и теренски услови кои не се така добри.

На сликата 3.22 е прикажан комбиниран водостан со стеснување (пригушувач), две долни комори, а во горниот дел е диференцијален.



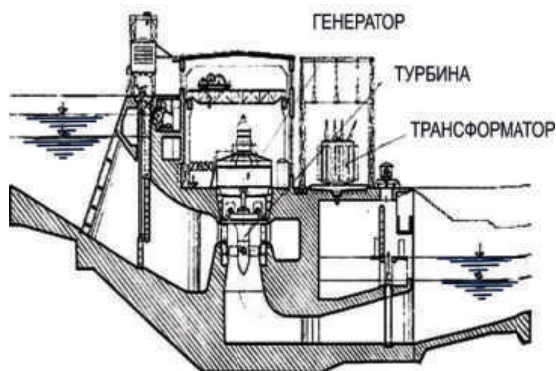
Сл.3.22.Комбиниран водостан

### 3.4. Машинска зграда

Машинската зграда е дел од хидроелектраната, во која се произведува електрична енергија. Во неа се сместени: генераторите, турбините и сите потребни апарати за нормално работење. Машинската зграда во однос на браната ги има следните положби: прибранска и деривациска.

Прибранските се во непосредна близина на браната. Машинската зграда и браната се во непосредна близина тие се независни објекти, слика 3.18. По краткиот цевовод под притисок (секаков материјал) има каплови, францисови или дијагонални турбини.

Речните електрани имаат краток довод и одвод, слика 3.23. Турбините се каплови со инсталиран проток по агрегат до  $700 \text{ m}^3/\text{s}$ . Спиралата и дифузерот се бетонски. Преку машинската зграда може да прелева вода, ако падот е до  $40 \text{ m}$ .



Сл.3.23.Речна машинска зграда

Деривациските машински згради, слика 3.24, се оддалечени од браната за должина на деривацијата, а се наоѓаат над или под земја. Се избира локација во непосредна близина на реципиент, во кој водата се излева прку долна вада (краток канал/тунел). Заради дол-

гата доводна деривација и високите падови, пред турбините (францисови, пелтонови) има затворачи (описани погоре во оваа тема).



Сл.3.24.Деривациска машинска зграда

Надземниот дел од зградата во најголем дел е машинска сала, монтажен простор, командни и службени простории, работилници и разводно построение.



Сл.3.25 Генератор и дел од команди во машинска сала



Со површинските затвораџи се прекинува течењето на водата; се регулира воденото ниво и количество; се евакуира поплавниот бран, телата што пливаат и наносот.

Гредестите затвораџи по функција се помошни и ремонтни, па се градат паралелно со некој од останатите видови.

Длабинските затвораџи се: рамни (табласти); сегментни; рамен затвораџ што покрива отвор на цевка; дисковиден; игличест; конусен (телескопски); подвижни цилиндри; сферни и цилиндричен со урамнотежен притисок.

Локацијата на зафатот за вода е во акумулациско езеро; во брана (на брана) и на рид (брег).

Зафатот во брана се гради само кај бетонските брани.

Водената комора овозможува токот од гравитационен да премине во течење под притисок.

Водостаните се градат на крајот од тунелите, а на самиот почеток од цевководот под притисок, кај деривационите постројки.

Машинската зграда во однос на браната ги има следните положби: прибранска и деривациска.

Заради долгата доводна деривација и високите падови пред турбините (францисови, пелтонови) има затвораџи.



*I. Упатство:* Во секое прашање ќе најдеш празна линија на која треба да го напишеш одговорот.

1. Која е намената на гредестиот затвораџ:

а) \_\_\_\_\_

б) \_\_\_\_\_

2. Каде се поставува цилиндричен длабински затвораџ?

а) \_\_\_\_\_

3. Наброј барем два длабински затвораџи:

а) \_\_\_\_\_

б) \_\_\_\_\_

*II. Упатство:* Одлучи која алтернатива е најдобра за да се доврши реченицата или да се одговори на прашањето, заокружи.

1. Површински затвораџи се:

а) *клапна;*

б) *дисковиден;*

в) *табласт;*

г) *врекест.*

2. Локацијата на водената комора зависи од:

а) *теренот;*

б) *акумулацијата;*

в) *протек;*

г) *електрана.*

3. Конструктивни видови на водостан се...

а) *диференцијален;*

б) *пловечки.*

*самооценување на тестот*

Група на прашања	Број на прашање	Можни поени	Освоени поени
I	1	2	
	2	1	
	3	2	
II	1	3	
	2	3	
	3	1	



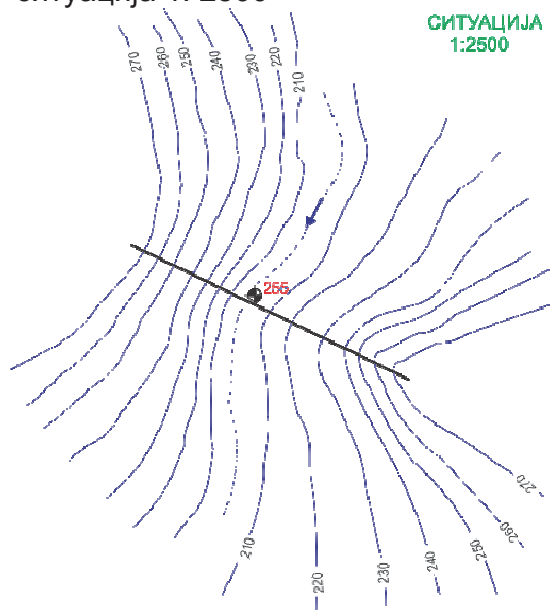
## ГРАФО-НУМЕРИЧКА ЗАДАЧА

### водопроводни објекти

За деривацијата цевовод под притисок кај прибранска постројка:

- \* да се избере најекономичен дијаметар на напречниот пресек;
- \* да се изврши димензионирање;
- \* да се нацрта линија на протек ;
- \* да се нацрта ситуација 1: 2500

Кога се познати:  
-ситуација 1: 2500



Q	i	n
m <sup>3</sup> /s	m/m	
12	0,001	0,03

Забелешка:

Прибранските и речни постројки имаат краток цевовод под притисок, потсети се на тема 1 (редовна), посебно на сликите 1.4 и 1.8; а пак од оваа тема на сликите 3.18 и 3.23. Цртањето на ваков цевовод, во пресек и ситуација, е сврзано со елементи кои во овој учебник не се разработени. Затоа на ситуацијата ќе се нацрта браната од графо-ну-

меричката задача во тема 2 (изборна).

Решение:

\* Кружен профил

Формулите за геометриски и хидраулички големини се:

$$A = 0,25D^2\pi$$

$$O = D\pi$$

$$R = 0,25D$$

$$c = \frac{1}{n} \sqrt[6]{R}$$

$$V = c\sqrt{iR}$$

$$Q = A \cdot V$$

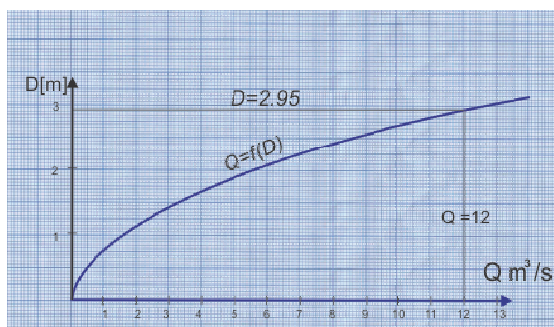
\*Димензионирање

Q	m <sup>3</sup> /s	1,98	5,82	12,56
V	m/s	0,63	0,82	1,0
c		29,71	31,17	33,33
n		0,03	0,03	0,03
i	m/m	0,001	0,001	0,001
R	m	0,5	0,75	1,0
O	m	6,28	9,42	12,56
A	m <sup>2</sup>	3,14	7,06	12,56
D	m	2	3	4

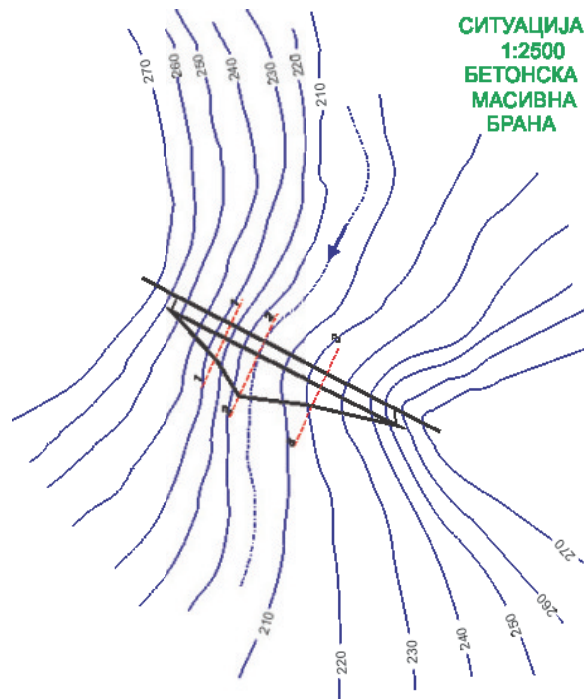
Најдобро е димензионирањето да е во табела. Претпоставуваме три дијаметри и за нив се определува протек.

\*Линија на протек

Линијата на протек се црта на координатен систем  $D/Q$ , каде за дијаметар размерот е  $2 \text{ sm}$  за  $1 \text{ m}$ , а протекот  $1 \text{ sm}$  за  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ . За секој претпоставен дијаметар и пресметан протек (од табелата), се добиваат пресечни точки. Низ овие точки поминува линијата на протек. Од неа се отчитува за протек  $12 \text{ m}^3/\text{s}$ , дека одговара дијаметар  $2,95 \text{ m}$ . Усвоен дијаметар  $3 \text{ m}$ .



завршува со линии кои ги следат изохипсите на котата на круната на браната 255 на двата краја на браната. Ова е еден од начините на пренесување на браната на ситуација. Вториот начин е со пимена на котирана проекција, од предметот нацртна геометрија.



\*Ситуација

На линијата на преградното место се нанесуваат нормални прави на местото (котата) на пресеците 1-1 (202); 2-2 (225) и 3-3 (225). Пота од напречните пресеци се мери должината на основата 21 и 37,1. Истите големини се делат со размерата. Добиените должини се нанесува од преградната линија кон водотечната страна на соодветниот пресек. Добиените точки се поврзуваат со линија, за да се добие пресекот на телото на браната со теренот (воздушната ножица). Паралелно со линијата на преградното место кон водотечната страна се нанесува широчината на круната. Се



- 4. Природни текови**
  - Протек, нанос, отпадоци
- 4.1. Нанос во речното корито**
  - Појава на нанос
  - Таложење на наносот
  - Потекло
  - Движење
  - 4.1.1. Суспендиран нанос
    - Формирање
    - Следење на наносот
    - Специјален фаќач за нанос
    - Концентрација на наносот
    - График на транспортираниот нанос
  - 4.1.2. Влечен нанос
    - Потекло
    - Гранична брзина
    - Гранична брзина за разни видови нанос
    - Влечна сила
    - Гранична влечна сила
    - Количество влечен нанос
  - 4.1.3. Својства на наносот
    - Карактеристики на наносот
    - Гранолометриска крива
    - Коеф. на рамномерност по Крамер
    - Густина
    - Форма на зрната
- 4.2. Хидрауличка пресметка**
  - Спирално струење
  - Рејнолдсов број

Фрудов број  
Рамномерно стационарно те-  
чење  
Равенки за непроменливост  
на протекот и енергијата  
Шезиева равенка за брзина  
на водата  
Протек  
Коеф. на рапавост

Запомни

Тест

Графо-нумеричка задача



#### 4. Природни текови

Протекот во водотеците по поројни дождови напролет и наесен нагло се наголемува. Заедно со водата во речното корито дотекува големо количество нанос, разни отпадоци, па дури и цели дрва, како на сликата 4.1.



Сл.4.1.Пороен водотек

#### 4.1. Нанос во речното корито

Појавата на нанос во реката е од особена важност при нејзиното регулирање. Ако пак реката се прегради со брана за да се формира акумулациски базен, а водата од него се користи во водостопанството, потребно е да се има сознание за видот и количеството на наносот, бидејќи може да го наполни базенот дури до корисниот простор, а воедно да ги оштети објектите кај постројките.

Таложето на наносот во долниот тек и во околината на утоката (делтата) кај пловните реки наложува потреба од преземање на хидротехнички и агротехнички мерки. Проблеми со наносот се јавуваат и кај каналите, пристаништата и сл.

Наносот во коритото на реката потекнува од речниот слив (*про-*

*мивен, суспендиран*) и од самото речно корито (*влечен*). Врската помеѓу потеклото и движењето на наносот е дадено на следна та шема:



##### 4.1.1. Суспендиран нанос

Наносот од сливот (промивен, суспендиран) се формира во времето кога паѓаат интензивните поројни дождови. Тие ги мијат цврстите прашинести почвени честички од површината на сливот, ги пренесуваат до речното корито, а во него се транспортираат во вид на суспензија. На сликата 4.2 прикажан е водотек со многу суспендиран нанос, после поројни дождови во сливот.



Сл.4.2.Суспендиран нанос ја менува бојата на водата во текот

Промивниот нанос е показател за ерозијата во сливот. Тој постојано се следи, се одредува неговата концентрација, количество и дистрибуција. Со специјален фаќач (шише, балон), со познат волумен се зафаќа од одредени места во напречниот пресек на реката, прикажан на сликата 4.3:

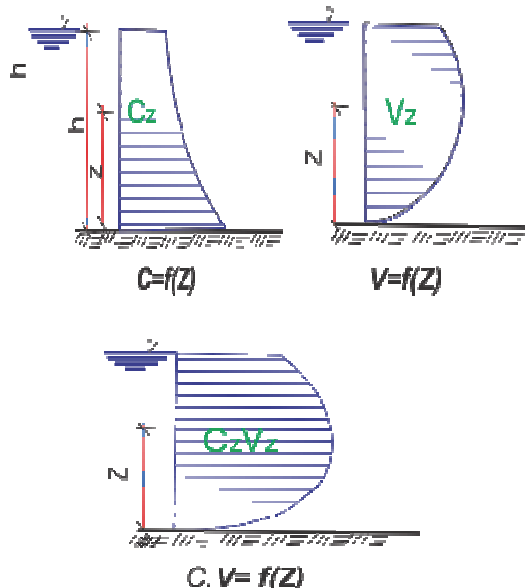


Сл.4.3.Фаќач на нанос во водотек

Зафатениот волумен  $V$  вода и нанос, се филтрира или остава да испари водата. На остатокот од цврстата материја се одредува масата  $m$ . Концентрацијата на суспендираниот нанос  $C$  е количник од масата и волуменот.

$$C = m/V \quad kg/m^3$$

Ако на мерниот профил, количеството на суспендиран нанос се изрази со графикот  $C=f(z)$ , а брзината на водата со  $V=f(z)$ , тогаш транспортираниот нанос е  $C \cdot V=f(z)$ , прикажано на слика 4.4.



Сл. 4.4.Графички приказ на наносот и брзината на водата во водотек

#### 4.1.2.Влечен нанос

Речниот нанос (влечен), што потекнува од самото корито е последица на ерозијата на бреговите и дното на коритото, воедно тој е показател за стабилноста на речното корито и морфолошките процеси. Овој нанос се влече по речното дно, низводно, но и лебди во водата како суспензија. Влечениот нанос во коритото се појавува кога енергијата на текот премине во критична влечна сила и брзината на водата во гранична.

Гранична брзина е онаа при која започнува движењето на наносот. Големината на брзината зависи од карактеристиките на наносот. Во следната табела 4.1 дадена е граничната брзина  $V_g$ , за разни видови нанос при длабочина на водата  $1 m$ . Ако длабочината е поголема од  $1 m$ , брзината треба да се поправи.

вид на нанос	$d (mm)$	$V_g(m/s)$
прашина	0,005	0,20
ситнозрн песок	0,05	0,30
среднозрн песок	0,25	0,45
крупнозрн песок	1,00	0,60
ситен чакал	5,00	1,00
среден чакал	30-40	1,60-1,80
сред.гол.камења	150	3,35
крупни самци	400	4,75

Таб.4.1.Гранична брзина за соодветен нанос

Силата на водениот тек (влечна сила) го придвижува наносот што се наоѓа на дното од реката. Таа е пропорционална на земјиното забрзување  $g$  и густината на водата  $\rho_v$ . Со наголемување на длабочината на водата  $h$  и падот на дното  $i$ , се наголемува и влечната сила  $\tau$ .

$$\tau = g\rho_v hi \quad N/m^2$$

Во еден миг, кога силата на водотекот ќе ја надмине силата на отпорот се придвижуваат зрната од наносот. Таа сила е критична влечна сила  $\tau_c$ , а зависи од видот на наносот (густина  $\rho_s$  и дијаметар  $d$ ) и кинематичките елементи на текот. Приближно се определува по следната формула:

$$\tau_c = 0,06g(\rho_s - \rho_v)d \quad N/m^2$$

Силата на водениот тек може да е толку голема што придвижува камењата (карпи) со маса од неколку тона, прикажано на сликата 4.5:

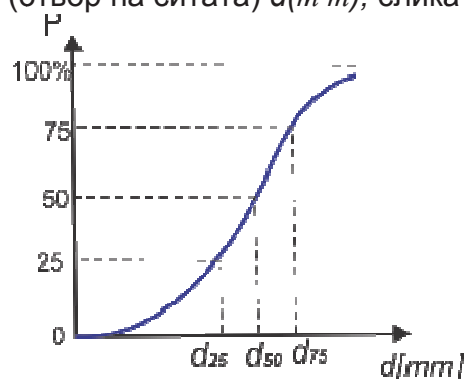


Сл.4.5.Карпи во водениот тек

Одредувањето на *количеството* на влечениот наносот е многу тешко, било тоа да е со формули или пак да се мери, а добиените големини не се сигурни. Се земаат проби од нанос што се движи по речното дно со специјални направи, или пак во коритото се остава обележан нанос кој се следи во времето.

#### 4.1.3. Својства на наносот

Наносот го карактеризираат: густина, облик и големина на зрната. Големината и застапеноста на зрна со одредени дијаметри наједноставно се определуваат со просејување низ сита. Добиените податоци се претставуваат со гранолометриска крива на координатен систем  $p/d$ , каде е процентна застапеност на нанос со одреден дијаметар  $p(\%)$  и дијаметар на зрната (отвор на ситата)  $d(mm)$ , слика 4.6:

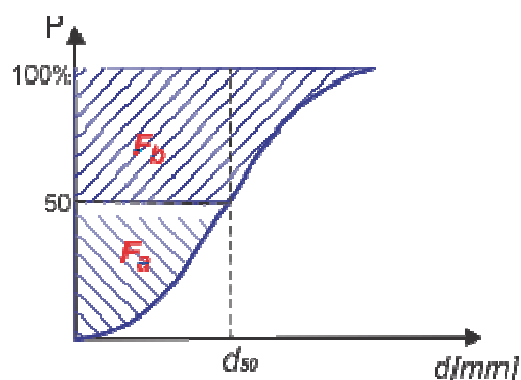


Сл.4.6.Гранолометриска крива

Карактеристика на наносот е процентуална застапеност на средниот дијаметар,  $d_{sr}$ , слика 4.6:

$$d_{sr} = 0,01(F_a + F_b) \quad [m\ m]$$

каде  $F_a$  и  $F_b$  се плоштини измерени од дијаграмот на просејување  $p = f(d)$ , како на сликата 4.7:



Сл.4.7.Застапеност на  $d_{sr}$

-коэффициентот на рамномерност според Крамер

$$m = F_a / F_b$$

- $m = 1$  еднороден нанос, линијата  $p = f(d)$  е вертикална, а тоа значи  $F_a = F_b$ , или;
- $m > 1$  наносот е ситнозрн;
- $m < 1$  наносот е составен од крупни фракции (крупнозрн) .

Густината на наносот зависи од минеролошкиот состав и големината на зрната, а приближна вредност е:

$$\rho_s \cong 2650 \text{ kg/m}^3.$$

Формата на зрната е најразлична, а влијае на движењето и таложењето на наносот. Споредба на поединечни зрна, секогаш е со сферичната форма.

## 4.2. Хидрауличка пресметка

Хидрауличката пресметка на природните речни корита и регулираните реки, пловни канали, бродски преводници и сл. е врз основа на движењето на водата.

Во реките во насока на течење на водата се јавува споредно попречно струење. Кај поголемите рамничарски реки, во правите делници струењето е спирално кон и од брегот. Во кривините течењето е изразито спирално, слика 4.8, во целиот напречен пресек, што предизвикува појава на меандри.



Сл.4.8.Спирално струење на водата

Математички струењето се изразува со рејнолдсовиот број:

$$R_e = \frac{Vh}{\nu}$$

и фрудовиот број:

$$F_r = \frac{\alpha Q^2 B}{gA^3}$$

или за широки речни корита

$$F_r = \frac{\alpha V^2}{gh}$$

Каде се:

- $V$  -средна брзина на водата
- $h$  -длабочина на корито
- $\nu$  -кинематички коеф. на вискозност
- $\alpha$  -коеф. на Кориолис (брзина )
- $Q$  -протек
- $B$  -водено огледало
- $A$  -протечен пресек
- $g$  -земјино забрзување

За поедноставно пресметување, течењето се набљудува како рамномерно стационарно. Тогаш хидрауличките параметри: протечен пресек  $A$ ;  $i$  надолжен пад;  $n$  рапавост на облогата, не се менуваат по време, следува дека  $V$  и  $Q$  се исто така непроменливи по должина на течењето.

Според овие карактеристики, применливи се равенките за непроменливост на протекот и енергијата:

$$Q = \text{const}$$

$$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + h_w = \text{const}$$

следува дека може да се примени шезиевата равенка за брзина:

$$V = c\sqrt{iR} \quad [m/s]$$

и протекот е:

$$Q = AV = Ac\sqrt{iR} \quad [m^3/s]$$

Преку коефициентот на рапавост се изразуваат отпорите на речното корито. Коефициентот на рапавост се пресметува со хидрометриско мерење на текот, но често даден е табеларно за разни карактеристики на коритото, како што следи табела 4.2.

опис на коритото	$n$
бетон обработен мазно	0,015
бетон необработен	0.017
бетон торкретен	0,019
фугирана сидарија	0.020
сува сидарија	0,030
нафрлан кршен камен	0,033
чист профил во чакал	0,025
трева и по некое стебло	0,027
крупен чакал, трева, грмуш	0,050
цели зарастени, круп самци	0.080
мочурливи реки	0,133
поројни реки	0.200

Таб. 4.2. Коефициент на рапавост за разни карактеристики на коритото





Наносот во коритото на реката потекнува од речниот слив (промивен, суспендиран) и од самото речно корито (влечен).

Речниот нанос (влечен), што потекнува од самото корито е последица на ерозијата на бреговите и дното на коритото.

Таложето на наносот во долниот тек и во околината на утоката (делтата) кај пловните реки наложува потреба од преземање на хидротехнички и агротехнички мерки.

Гранична брзина е онаа при која започнува движењето на наносот.

Наносот го карактеризираат: густина, облик и големина на зрната.

Математички струењето на водата во речното корито се изразува со рејнолдсовиот број и фрудовиот број.

Преку коефициентот на рапавост се изразуваат отпорите на речното корито.

Шезиевата равенка за брзина на водата е:

$$V = c\sqrt{iR} \quad [m/s]$$



*I. Упатство:* Во секое прашање ќе најдеш празна линија на која треба да го напишеш одговорот.

1. Големо количество на нанос може да го наполни акомулацискиот базен дури до

а).....

2. Промивниот нанос се зафаќа со специјален фаќач

а).....

б).....

3. Влечната сила го придвижува наносот кој се наоѓа

а).....

*II. Упатство:* Одлучи која алтернатива е најдобра за да се доврши реченицата или да се одговори на прашањето, заокружи.

1. Одредување на количеството на влечениот нанос е со:

а) *обележан нанос;*

б) *балон.*

2. Големината и застапеноста на зрна со одредени дијаметри наједноставно се определуваат со:

а) *сита;*

б) *вреќи.*

3. За поедноставно пресметување, течењето се набљудува како рамномерно стационарно, тогаш применливи се равенките за непроменливост на:

а) *протекот;*

б) *енергијата.*

*самооценување на тестот*

Група на прашања	Број на прашање	Можни поени	Освоени поени
I	1	1	
	2	2	
	3	1	
II	1	1	
	2	1	
	3	2	



висинската разлика е:

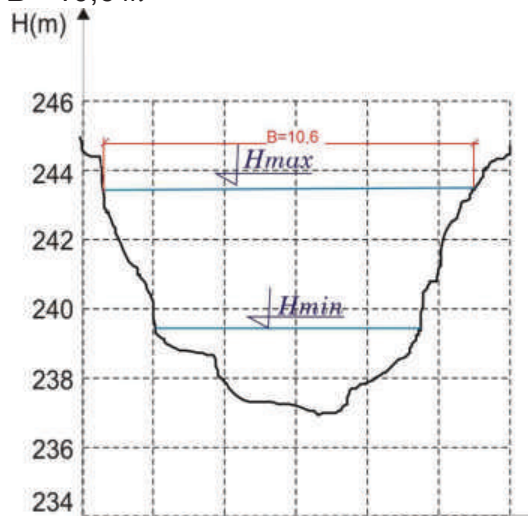
$$h = 243,75 - 243,50 = 0,25 \text{ m}$$

падот е

$$i = h : L = 0,25 : 62,4 = 0,004$$

\*Средна длабочина

Од напречниот пресек се мери должината на воденото огледало при максимален водостоеж,  $B = 10,6 \text{ m}$



Средната длабочина се пресметува со цел да се знае ориентационо длабочината на водата во идното регулирано речно корито.

$$H_{sr} = A_{max} : B = 45 : 10,6 = 4,25 \text{ m}$$



## **5. Регулациски градби**

Едноставни елементи

Проектирање

### **5.1.Траса**

Елементи на трасата

Кривини

### **5.2. Надолжен профил**

Дефиниција

Елементи на надочжниот

Надолжен пад

Стабилен пад

### **5.3. Напречен профил**

Големина на профилот

Широчина на воденото огледало

Прост трапезен профил

Двојно трапезен

Минор

Мајор

### **5.4. Поројни водотеци**

Карактеристики

Делници на поројот

Собирна област

Транспортна делница

Плавина

Мирен тек

#### **5.4.1. Уредување на пороите**

Прва фаза

Втора фаза

Трета фаза

Стабилизациони прегради

Монолитни прегради

Решеткасти прегради

Запомни

Тест

Графо-нумеричка задача



## 5. Регулациски градби

Иако регулациските градби на водотеците, слика 5.1, се составени од многу едноставни елементи, многу е сложено да се вклопат параметрите како што се: режим на водата во текот, катастрофално големите води, морфолошките карактеристики, инвестициите, одржувањето и сл. Затоа се спроведува студија со која се проучува уредувањето на некој водотек од поширок аспект на сливното подрачје.



Сл.5.1. Уредувањето на водотекот и околината за водени спортови и рекреација

Проектната документација ги дефинира објектите на регулацијата на речното корито со економски показатели, кои ја покажуваат оправданоста на инвестицијата. Во основниот проект се разработуваат и дефинираат: трасата, надолжен профил, попречни пресеци, прагови и сл. На крајот се планира организацијата на градењето.

## 5.1.Траса

Врз основа на морфолошките проучувања се трасира регулираното речно корито. Притоа треба да се запазат следните елементи:

- трасата да поминува низ најниските места на речната долина, да се овозможи гравитационо дотекување на површински води;
- трасата да го прати нерегулираното корито, за да се заштеди во земјани работи, а експропријацијата да се сведе на минимум;
- трасата да е составена од правци и криви, при што соседните кривини да имаат спротивна насока, со ублажување и променлив радиус;
- кривините не треба да имаат ни премала ни преголема закривеност, за да се спречи дополнителна ерозија од матицата на текот или засипување од забавување на водата. За помали реки и потоци се препорачува, од искуство, кривини дел од круг со минимален радиус :

$$r_{\min} = 41,5R^3\sqrt{B} - B$$

$r_{\min}$  -минимален радиус

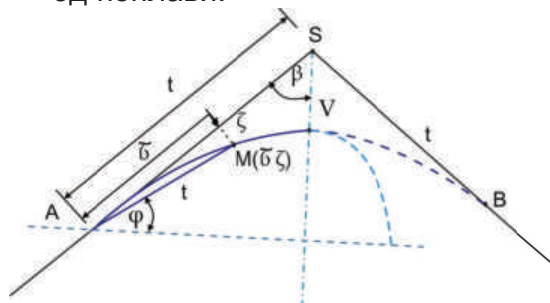
$R$  -хидраулички радиус

$B$  -ширина на воденото огледало

За останатите водотеци во зависност од локалните услови се користат повеќе геометриски криви: кружна, квадратна и кубна парабола, клотоида и лемниската (како на сликата 5.2).

- трасата да се прилагоди на веќе изградени објекти, мостови, брани, прагови, а да се води сметка за притоците и испустите на канализацијата;

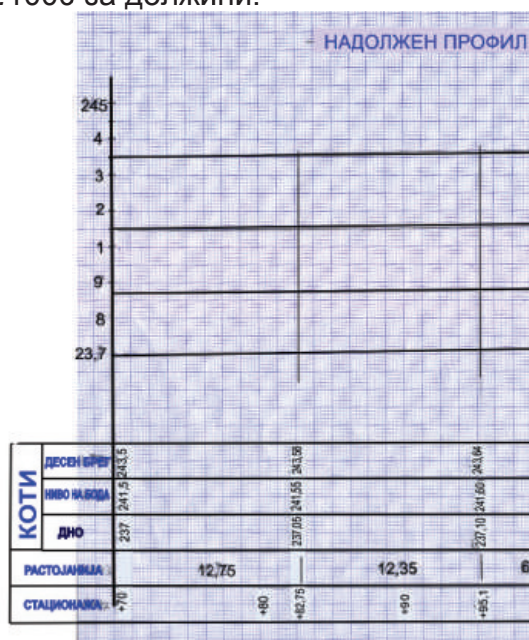
- трасата во урбанизираните подрачја да се прилагоди на урбанистичкиот план и да се изврши добра стабилизација за заштита од поплави.



Сл.5.2.Крива - лемиската

## 5.2. Надолжен профил

Надолжниот профил, слика 5.3, на регулираното корито е развиена цилиндрична површина. Се црта во размер, 1:100 за височини и 1:1000 за должини.



Сл.5.3.Надолжен профил ги содржи следните елементи: теренска линија; нивелета на регулирано корито (дно); линија на бреговите или насипите; ниво на меродавните води;

диспозиција на објектите (прагови, мостови и сл). Линиите и нивоата се изразени и со нумерички големини.

Постојниот надолжен пад на реката не се менува при уредувањето. Мали корекции на падот се можни кај реки што меандрираат и имаат мал пад, се скратува трасата, а се наголемува падот на дното. Кај реки со голем пад и ерозивна сила, се градат каскади каде се концентрира текот, а се намалува падот по должина на речното корито.

Бидејќи надолжниот пад влијае на големината на брзината на водата, транспортот и таложето на наносот и стабилноста на коритото, се избира пад кој овозможува оптимални услови на течење и стабилно корито. Стабилниот пад е функција од граничната влечна сила и критичната брзина, длабочината на водата и гранулацијата на наносот. Неговото пресметување произлегува од шезиевата равенка:

$$i_s \leq \frac{V_g^2}{C^2 R}$$

$V_g$  -гранична брзина

$C$  -шезиев коефициент

$R$  -хидраулички радиус

## 5.3. Напречен профил

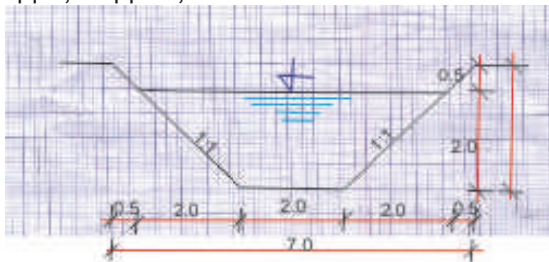
Големината на напречниот профил на регулираното корито зависи од големината на протекот, количеството на нанос, надолжниот пад на реката и видот на облогата.

Широчината на воденото огледало на речното корито, без разлика на формата на напречниот профил, произлегува од условот истото да ги пропушта меродавно високите води, а движењето на во-

дата да се изрази со шезијевата формула за брзина.

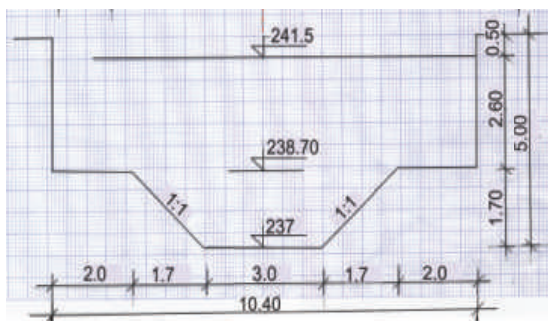
Форми на напречниот профил на регулирано корито кои се релативно стабилни, а зацврстувањето е полесно и поевтино, се трапезна и двојнотрапезна. Со останатите форми, триаголна и полукружна се уредуваат малите водотеци со влечен нанос, а правоаголната со скапи потпорни сидови се применува за градски делници.

*Простиот трапезен* профил ја пропушта меродавно големата вода со длабочина  $h$  и ширина на дното  $b$ , прикажан на сликата 5.4. Наклонот на бреговите  $m$ , е 1:1 за бетон и камена облога во бетон; за калдрма во суво 1:1,5; затревена косина 1:2. Надвишувањето  $\Delta h$  над нивото на меродавно големата вода е од 0,30 до 0,75  $m$ .



Сл.5.4.Трапезен профил

*Двојнотрапезен* профил е составен од минор корито (ја пропушта двегодишно гелемата вода) и мајор корито (ја пропушта меродавно големата вода), слика 5.5.



Сл.5.5.Сложен профил

Длабочината на водата  $h$  и  $h_1$  се пресметуваат, откако се усвои широчината на дното  $b$  и широчината на бермата поголема од 3,0  $m$ . Наклонот на бреговите и надвишувањето е исто како кај простиот профил.

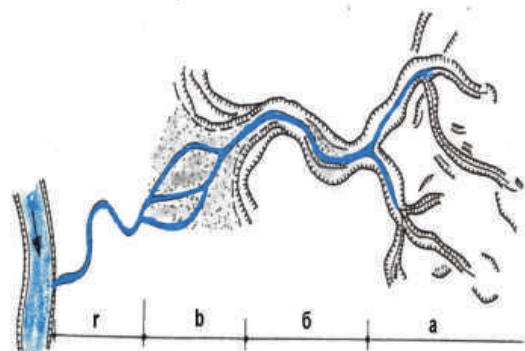
#### 5.4. Поројни водотеци

Поројните водотеци се формираат во планинските или ридските области на горниот тек на потоците и реките. Тие повремено или постојано имаат вода, која надоаѓа моментално со разорна сила, се излева и влече нанос, слика 5. 6.



Сл.5.6.Пороен водотек

Карактеристичните делници на пороен водотек се прикажани на сликата 5.7.



Сл.5.7.Делници на пороен водотек



(а) собирна област - во горниот тек, со површинска ерозија на сливот, еродиран материјал во време на интензивни дождови во главно корито и транспорт на истиот;

(б) транспортна делница - е средниот тек каде коритото длабоко се вкопува, се снабдува со дополнителни маси нанос покрај веќе транспортираниот;

(в) плавина - се намалува надолжниот пад, речната долина се проширува, се таложи крупниот нанос;

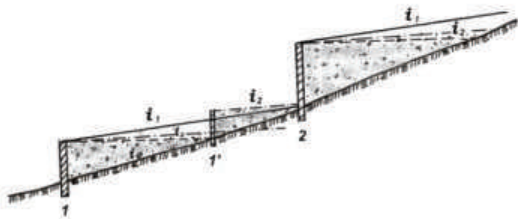
(г) мирен ток - не претставува веќе порој, има суспендиран нанос.

Движењето на поројот е густа хаотична маса од вода и камења, дури и големи самци и блокови карпи. Таков порој е Џепчискиот, во близина на Тетово, познат како најактивен во Р. Македонија.

#### 5.4.1. Уредување на пороите

Уредувањето на пороите е со градежни мерки (во фази) во самото корито и со агротехнички мерки во целиот слив.

Во првата фаза, слика 5.8, се градат повисоки каскади и стабилизациони прагови, а сливот се пошумува, затревува и сл. Притоа се намалува надолжниот пад на дното на поројот со пополнување со нанос, а текот се смирува.



Сл.5.8.Прва фаза (каскади, прагови)

Во втората фаза, се преземаат мерки за насочување на текот и заштита на бреговите (како што е опишано во претходните теми 5 - редовна, со напери и надолжни објекти).

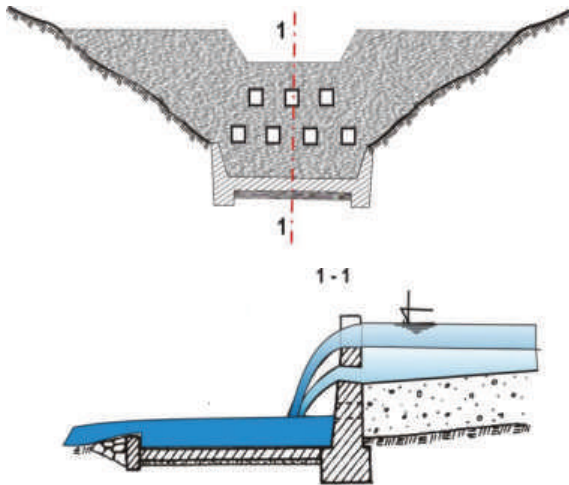
Третата фаза, на веќе смирената активност на водотекот и стабилизираниот пад, преминува на дефинитивно уредување на трасата и напречниот профил (облоги од камен, бетонски блокови и сл.)

Стабилизационите прегради, слика 5.9, се изработуваат од локален материал (дрво, камен, бетон) длабоко вкопани и добро заштитени од ерозија.



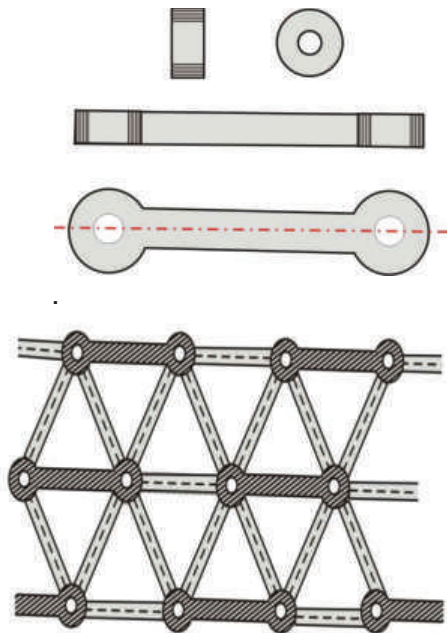
Сл.5.19. Бетонска преграда

Монолитните прегради се изработени од бетон или од реден камен со залиени фуџи со цементен малтер, како на сликата 5.10. Тие се ефикасни бидејќи отворите во нив (барбакани) го пропуштаат протекот и поситниот нанос, а покрупниот го задржуваат. Пропуштениот протек дотекува во слапиште со добро зацврстено дно, така што не ја поткопува преградата. Со време просторот позади се исполнува со нанос до највисоката кота на прагот. Така надолжниот пад на поројот се намалува.



Сл.5.10.Монолитни прегради, подолжен пресек и напречен пресек 1-1.

Решеткасти прегради од монтажни армирано-бетонски елементи се многу ефикасни, прикажани на сликата 5.11.



Сл.5.11 Армирано-бетонски елементи, кои составени ја чинат просторната водопропуслива решетка - преграда

Кај нив водата се разбива во млазеви притоа се намалува нејзи-

ната влечна сила, а наносот се таложи интензивно.



Сл.5.12.Решеткаста преграда

Сликата 5.13, прикажува водотек кој е веќе смирен со прагови и каскади.



Сл.5.13.Смирен водотек со прагови





Трасата да е составена од кривини и правци, при што соседните кривини да се со спротивна насока, со ублажување и променлив радиус.

Иако регулациските градби на водотеците се составени од многу едноставни елементи, многу е сложено да се вклопат параметрите како што се: режим на водата во текот, катастрофално големите води, морфолошките карактеристики, инвестициите, одржувањето и сл.

Надолжниот профил на регулираното корито е развиена цилиндрична површина.

Минор корито ја пропушта двегодишно гелемата вода.

Постојниот надолжен пад на реката не се менува при уредувањето.

Поројните водотеци се формираат во планинските или ридските области на горниот тек на потоците и реките.

Во втората фаза на уредување на пороите, се преземаат мерки за насочување на текот и заштита на бреговите (како што е опишано во претходните теми, со напери и надолжни објекти).



*I. Упатство:* По секое прашање ќе најдеш празни линии на кои треба да го напишеш одговорот.

1. Простиот трапезен профил ја пропушта

а).....

2. Колку карактеристични делници има пороен водотек ?

а).....

3. Двојнотрапезен профил е составен од:

а).....

б).....

*II. Упатство:* Одлучи која алтернатива е најдобра за да се доврши реченицата или да се одговори на прашањето. Заокружи.

1. Трасата на регулацијата во речната долина поминува низ:

а) најниските места;

б) најнеповолните места.

2. Во кој размер се црта надолжниот профил?

а)1:100:1000

б)1:10:100

*самооценување на тестот*

Група на прашања	Број на прашање	Можни поени	Освоени поени
I	1	1	
	2	1	
	3	2	
II	1	1	
	2	1	

## ГРАФО-НУМЕРИЧКА ЗАДАЧА

### регулиран водотек

Средниот тек на реката се регулира. Напречниот пресек на реката е комбиниран, од трапезен за малите води до правоаголен за големите води и димензиониран.

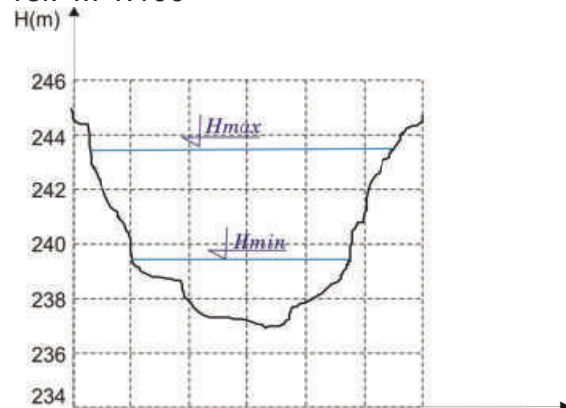
\* да се нацрта ситуација М 1: 250,

\* да се нацрта надолжен пресек М 1:100:250

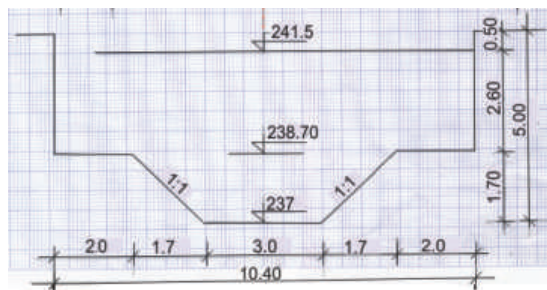
Кога се познати:

-ситуација М 1:250

-напречен пресек на природен водотек М 1:100



- кота на максимално ниво 243,50;
- кота на минимално ниво ..239,40;
- кота на дно ... ..237..
- кота на десен брег
- напречен пресек М 1:100



Забелешка:

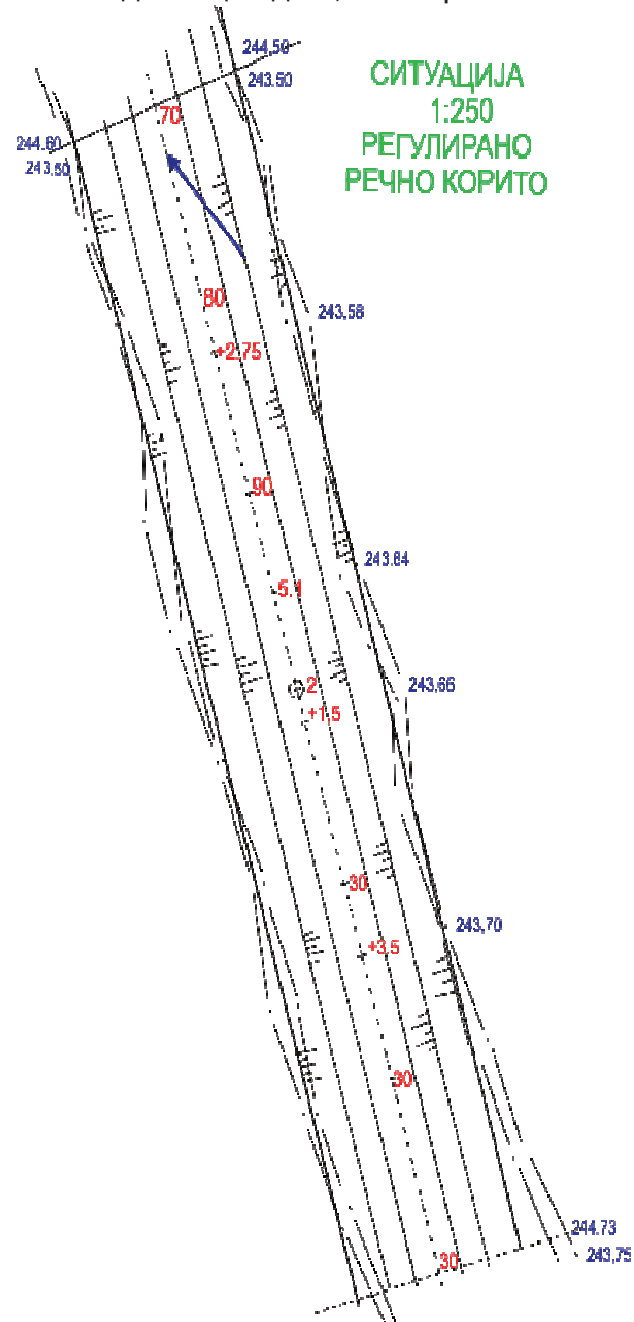
Напречниот профил е димензиониран во графо-нумеричката за-

дача регулиран водотек, тема 5 (редовната настава).

Решение:

\*Ситуација М 1 : 250

Оската на трасата на регулацијата е права, бидејќи разгледуваната делница од 62,5 m е права.



При димензионирање водено е грижа за воденото огледало на нерегулираниот водотек  $V=10,6 m$ , а со димензионирањето е добиена приближно иста големина  $V=10,4 m$ .

Од тука оската на идната регулација е приближно во средина на ситуацијата на коритото.

Стационажата расте за  $10 m$  на секои  $4 sm$ . Од мерениот профил се нанесуваат паралелно со оската на трасата големините:

-воденото огледало  $V = 10,4 m$

-широчина на берма  $b_1 = 2 m$

-широчина на дно  $b = 3 m$

Така се добиваат бреговите на регулираната река.

\* Надолжен пресек 1:100:250

На милиметова хартија се цртаат графи за нумеричкиот дел, и тоа: ставицонажа; растојанија; коти на дно, кота на висока вода; коти на десен и лев брег. Стационажата, растојанието и котите на бреговите се читаат од ситуација.

Котите на дното и нивото на високата вода се пресметуваат од познат пад  $i = 0,004$  и растојанија меѓу карактеристичните точки.

Потоа се цртаат линиите на дното, високата вода и бреговите.





## **6. Хидротехнички мелиорации**

### **6.1. Објекти кај насипите**

Рампи  
Отвори  
Пропусти  
Испусти  
Надвишување

### **6.2. Заштита на насипите**

Поткопување  
Филтрирација

Запомни

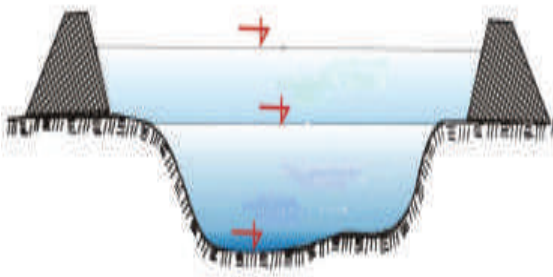
Тест

Графо-нумеричка задача



## 6. Хидротехнички мелиорации

Системите за одводнување, наводнување и заштита од поплави се состојат од бројни објекти со разна намена и големина, што зависи од локалните услови. Заштитата од поплави со насипи, го зголемува попречниот пресек на речното корито за височина на насипот, слика 6.1. Притоа се заштитуваат околиното земјиште и објектите од плавење.



Сл.6.1.Зголемување на попречниот пресек на реката со насип

### 6.1. Објекти кај насипите

Објектите кај насипите овозможуваат непрекината комуникација на службени лица, население, возила и вода.

*Рампите* овозможуваат пристап од страната на реката со бранетото подрачје и со круната на насипот. Тие се изградени од истиот материјал како и насипот. Широчината на рампите е до 3 m, а наклонот од 1:10 до 1:20.

*Отворите* во насипите ги поврзуваат патиштата од двете страни на насипот, кога тој е со поголема височина или сообраќајот по насипот е со поголем интензитет. Тие целосно се изработени од бетон

и армиранбетон, (плочаст пропуст), прикажано на слика 6.2 .



Сл.6.2.Отвор-пропуст

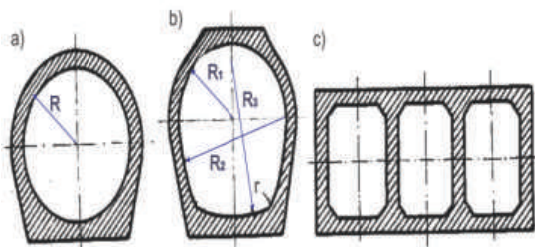
*Пропустите* ја пропуштаат водата од или кон реката според намена на системот и условите на водостоежот. Влезниот објект (зафат) е на почетокот на главниот канал за вода за наводнување, прикажано на сликата 6.3. Протекот на вода се регулира со табласт затворач од страната на водата. Бидејќи течењето од реката е гравитациско, ваквиот пропуст има доминантна положба на теренот.



Сл.6.3.Влезен објект (зафат)

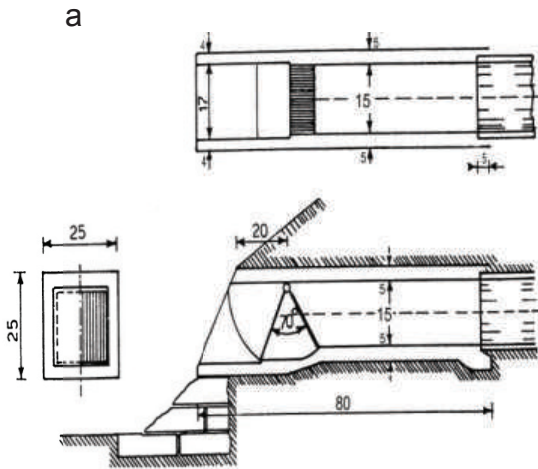
*Испустите* ја пропуштаат водата од бранетото подрачје кога тоа се одводнува од вишок вода (подземна, надземна). Тоа се обични цевки (пластични, бетонски, армирано бетонски), слика 6.4:





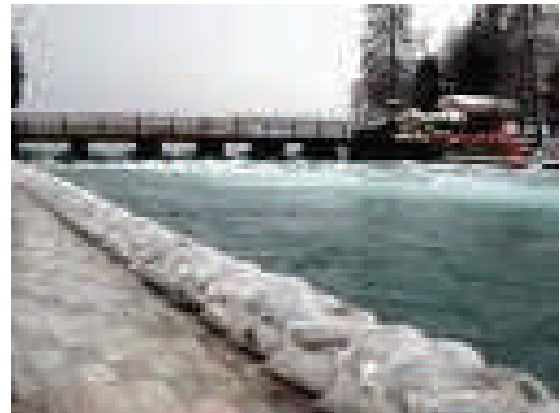
Сл.6.4.Цевки за испуст

Цевките се лоцирани на најниска кота на подрачјето, снабдени на крајот со решетка или жабечки затворац, како на сликата 6.5 (основа и пресек). Водата тече гравитациски, но и со притисок преку пумпа (кога бранетото подрачје е пониско од реката).



Сл.6.5.Цевкаст испуст: а - основа и б - пресек

*Надвишување* на насипот е потребно во случај на појава на високи води (да се спречи прелевање), при појава на високи бранови (ползење) и сл. Надвишувањето е со доградба од земјан насип или вреќи исполнети со земја и песок, слика 6.6. Ова надвишување може да достигне височина до 80sm. Се применува и два реда колци споени со штици или прачки, чиј меѓупростор е исполнет со земја.



Сл.6.6. Надвишување со вреќи полни со песок на насипот на р. Дрим

Во поново време се користат контејнери од жичана мрежа, обложени од внатре со текстил или најлон, а потоа исполнети со земја и камен, како на сликата 6.7.



Сл.6.7.Надвишување со контејнери од жичана мрежа полни со земја

## 6.2. Заштита на насипите

*Поткопување* на насипот од високите води со голема влечна сила се заштитува со камена облога со и без залиени фуги, слика 6.8.



сл.6.8.Камена облога на насип со залиени фуги

Во табелата 6.1, за одреден вид на камена облога, прикажана е можната големина на влечна сила.

камена облога	влечна сила $N/m^2$
нафрлан	24
реден 0,25 - 0,3м	15 до 40
бетонски блокови	15 до 40
крупен реден	до 150

Таб. 6.1. Вид на камена облога и соодветна влечна сила

*Филтрирацијата* на вода низ телото на насипот е поради неструктурно вграден земјан материјал.

Процедување низ и под телото на насипот се случува и низ ходници прокопани од кртови и глумци. Иако најефикасна заштита од оваа појава е екран од асфалт-бетон на спротиводната површина, слика 6.8, поретко се применува заради високата цена.



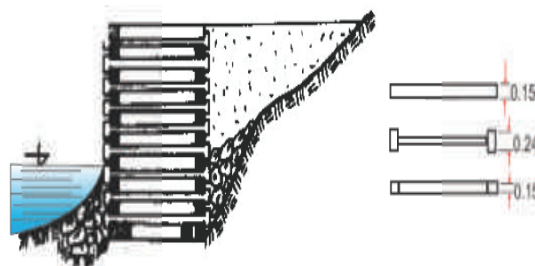
Сл.6.8 Асфалт-бетонски екран

Во последно време за заштита од процедување низ телото на насипот се користи импрегнирано платно (како екран), слика 6.10. по косина од страната на водата, анкерувано на круната на насипот.



сл.6.10.Импрегнирано платно на косината од страната на водата

Често се побиваат два реда колци од страната на реката, а меѓупросторот се исполнува со земја и песок, како на сликата 6.11.



Сл.6.11.Колци од страната на реката меѓу нив земја и песок

Може едноставно да се редат вреќи една до друга на косината, како на сликата 6.12



Сл.6.12.Вреќи полни со земја на косината од страната на водата

Во темите 2 и 7 (редовна настава) и 3 (изборна), опишан е начинот на вградување на земјаниот материјал, против филтрационата заштита и стабилноста на насипот.



Рампите се изградени од истиот материјал како и насипот.

Пропустите ја пропуштаат водата од или кон реката според намена на системот и условите на водостоежот.

Камената облога го заштитува насипот од поткопување од високите води со голема влечна сила.

Надвишувањето е со доградба од земјан насип или вреќи со земја; два реда колци споени со штици или прачки, чиј меѓупростор е исполнет со земја; контејнери од жичана мрежа, обложени со текстил или најлон, исполнети со земја и камен.

Екран од асфалт-бетон на спротиводната површина е најефикасна заштита од филтрирација низ телото на насипот.

Испустите се цевки пластични, бетонски, армирано бетонски.



*I. Упатство:* По секое прашање ќе најдеш празни линии на кои треба да го напишеш одговорот.

1. Од кој материал се изградени рампите кај насипите?

а).....

2. Каде на насипите се поставуваат вреќи со земја?

а).....

б).....

*II. Упатство:* Одлучи која алтернатива е најдобра за да се доврши реченицата или да се одговори на прашањето. Заокружи.

1. Од кој материал се изработени цевките на испустите

а) *пластика;*

б) *бетон;*

в) *армиран-бетон;*

г) *челик.*

2. Камената облога на косината е заштита од

а) *поткопување;*

б) *сообраќај.*

*самооценување на тестот*

Група на прашања	Број на прашање	Можни поени	Освоени поени
<i>I</i>	1	1	
	2	2	
<i>II</i>	1	3	
	2	1	



## ГРАФО-НУМЕРИЧКА ЗАДАЧА

### Одбранбени насипи

Реката што се излева да се огра-ничи со насипи на двата брега, да се определи:

- \* растојание меѓу насипите  $l$ ;
- \* истото да се нацрта во размер 1:100:1000;
- \* да се нацрта напречниот пресек на насипот во размер 1:100.
- \* да се нацрта ситуација М 1:250

Кога се познати:

- долина на плавената површина (инундација)  $L = 0,08 \text{ km}$
- длабочина на вода при излевање на водата од реката  $H = 1,2 \text{ m}$
- потребна длабочина (височина) на насипот  $h = 2,5 \text{ m}$
- кота на воздушна ножица 245,3
- кота на спротиводна ножица 244,6
- кота на оска на насип 245,0
- широчина на круната  $b = 2,5 \text{ m}$
- наклон на спротиводна косина 2,8
- наклон на воздушна косина 2,2
- ситуација М 1:250

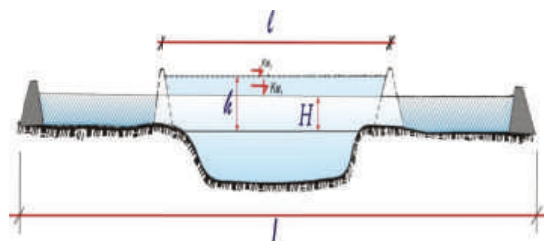
Забелешка:

Од практична страна добро е да се црта на милиметарска хартија. Применуваме формула од тема 7.2.1. од редовна настава. Исто така користи објаснување за графо-нумеричката задача од тема 7 (редовна). Растојанието меѓу насипите и напречниот пресек на насипот, се цртаат така како што е објаснето во графо-нумеричката задача на тема 2 од овој учебник (редовна и изборна настава). Во прилог на оваа задача да се нацрта во М 1: 50 испустот на сл.6.5

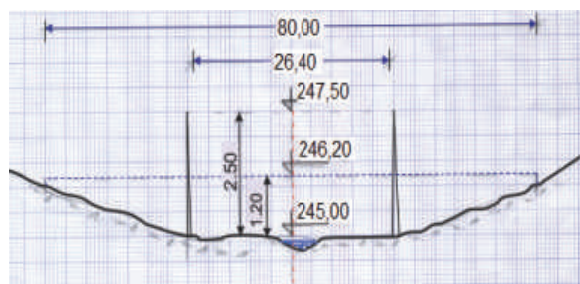
Решение:

\* Растојание меѓу насипите

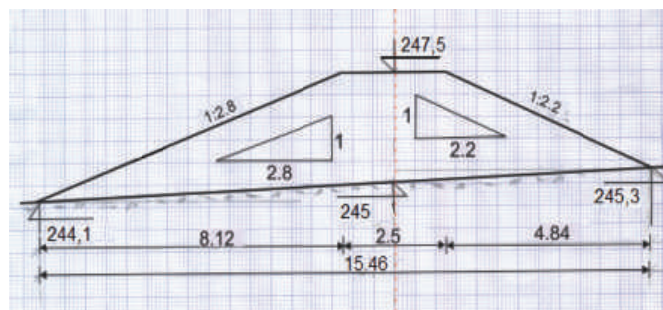
$$l = L \sqrt{\left(\frac{H}{h}\right)^3} = 80 \sqrt{\left(\frac{1,2}{2,5}\right)^3} = 26,4 \text{ m}$$



\*Растојание меѓу насипи  
1:100:1000

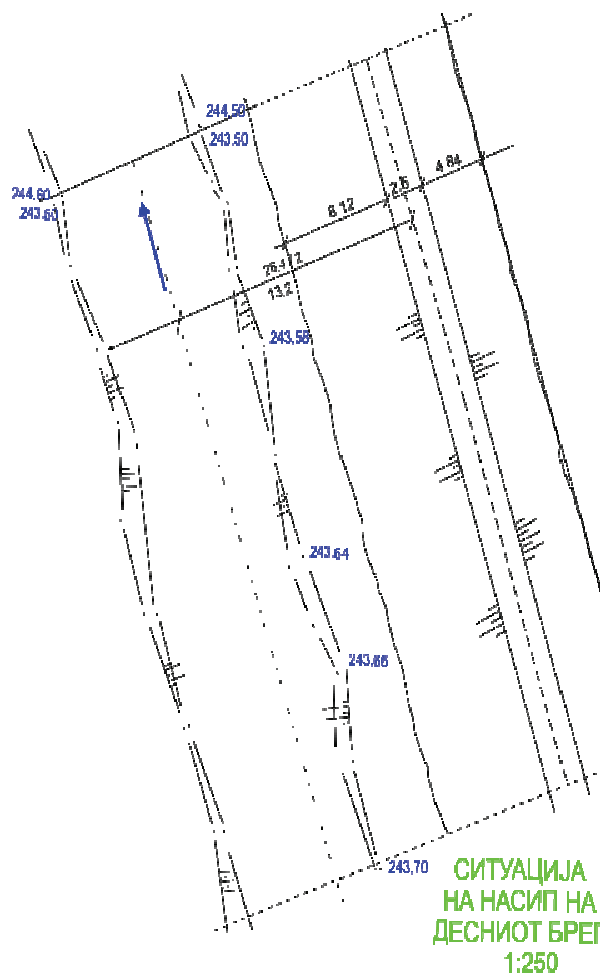


\*Напречен пресек на насип  
1:100





\*Ситуација 1: 250





## 7. Наводнување

Добра вода за наводнување

### 7.1. Водени ресурси

Некои споредби на ресурсите

Површински води

Подземни

Отпадни

#### 7.1.1. Квалитет на водата

Основни особини

Физички

Температура

Суспендиран нанос

Загадени

Хемиски

Корисни елементи

Штетни елементи

Биолошки

Колиформни бактерии

БПК

### 7.2. Количество вода за наводнување

Вегетациски период

Норма на наводнување

Норма на полевање

Турнус

Времетраење на полевањето

Број на полевања

Хидромодул на наводнување

### 7.3. Објекти кај системите за наводнување

7.3.1. Влез во цевка од канал

7.3.2. Шаhti

7.3.3. Аквадукти

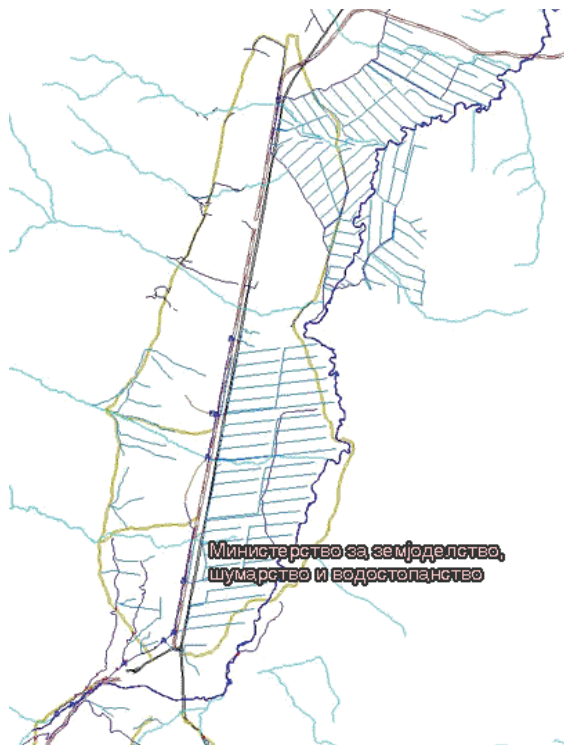
Запомни

Тест

Графо-нумеричка задача

## 7. Наводнување

Наводнувањето, влијае на наголемување на приносот од растенијата. На сликата 7.1 прикажана е ситуација на систем за наводнување на Полог. Овој систем зафаќа вода од р.Вардар (во горниот тек) и нејзините десни притоки.



Сл.7.1. Систем за наводнување на Полог

Старо правило е дека вода во која опстојуваат билките и животните, особено онаа која луѓето ја пијат, е добра за наводнување. Но, најновите истажувања укажуваат за наводнување со води, кои никако не се за пиење (отпадна).

### 7.1. Водени ресурси

Земјиштето се наводнува со површинска вода (потоци, реки, езера); подземна (извори, со слободно ниво, под притисок); атмосферска (дожд, снег) и отпадна (градска канализација, индустриска, сточни фарми). Водените ресурси ретко се соодветни за наводнување. Речната вода има слаба минерализација, но содржи големо количество суспендиран нанос, подземната вода обратно, а водата од акумулациите е помеѓу двете. Во отпадната вода има штетни, но и корисни хемиски материи и микроелементи.



Сл.7.2 Наводнување со површински води

Површинската вода, најмногу се употребува за наводнување, слика 7.2. Реките и акумулациите, се полноводни во времето на топење на снеговите и поголемите врнежи што се совпаѓа со времето на вегетација. Тие содржат разни растворени и суспендирани материи, кои може да се корисни (органиско потекло), но и многу штетни (радиоактивни елементи).

Подземните води во поплитките земјани слоеви се од инфилтрираните дождови или површински води, па затоа имаат многу про-

менлив квалитет и квантитет. Оние пак, води што доаѓаат од поголема длабочина имаат поголема тврдост заради растворените Ca, Mg, Cl, Si, Na, карбонати и бикарбонати. Без разлика од која длабочина потекнуваат, тие се поскапи за експлоатацијата, имаат несоодветна температура и поголема тврдост. Наводнувањето со подземни води е можно при соодветен посадочен материјал.



Сл.7.3 Базен, ретензија, за чување на вода за наводнување

Отпадните води по пречистување и дезинфекција (по можност евтино - три лагунарен систем) се употребливи за наводнување. Од големите градови отекува забележително количество отпадна вода. Од сите загадувачи што се среќаваат во отпадните води најштетни се тешките метали. Од органските загадувачи има бавнорастворливи соединенија, инсектициди, хербициди и други средства за заштита на растенијата. Големо е присуството на патогени микробиолошки организми. Користењето на отпадните води за наводнување го доведуваат во опасност здравјето на работниците во земјоделските стопанства како и на консументите на земјоделските производи, но за среќа

штетните материи ги има повеќе во листовите отколку во плодовите.

Атмосферските води по природен пат го влажнат земјиштето преку цела година, но времето на појава не е секогаш кога растенијата имаат потреба од неа.

### 7.1.1. Квалитет на водата

Квалитетот на водата влијае на земјиштето што се наводнува (водопропусливост, засолување, закиселување и сл.), но и на опремата за наводнување (таложеење, зачепување, корозија и сл.) .

Квалитетот на водата се оценува според основните особини дадени во табелата 7.1.

Физички	хемиски	биолошки
растворени соли	тешки метали	колиформни бактерии
суспендиран нанос	адсорпција натриум	патогени бактерии
температура	анјони	БПК
боја	катјони	
матност	микроелементи.	
тврдост	реакција	

Таб.7.1.Основни особини на водата

Физичките особини на водата, температура и суспендираниот нанос, се примарни во однос на останатите за водата за наводнување.

*Температурата* на водата од околу 30°C е оптимална, но без штета по билките се минималната 20 и максималната 35°C, ако се полева рано наутро и доцна навечер. Површинските води имаат температура која ги прати промените на температурата на воздухот. Подземните води имаат константна температура во текот на целата година, но понекогаш до 70°C.

Суспендираниот нанос од минерално и органско потекло предизвикува штети во системите за наводнување (дождење), но ја подобрува хранливоста на почвата. Наносот со пречник од 0.1 до 0.005 mm ја подобрува структурата на тешките земјишта. Органскиот нанос со пречник помал од 0,005 mm е корисен за песокливи почви, како ѓубриво.

Загадените води имаат променета боја, матност, мирис, вкус и температура, а уште се несигурни во биолошки смисол.

Хемиската анализа на водата го одредува присуството на соли; анјони и катјони (калциум, магнезиум, натриум, хлориди, сулфати); ѓубрива (нитрати, амонијак, фосфати, калиум); тешки метали; радиоактивни елементи; реакцијата на водата е приближно неутрална од 6,5 до 8,5. Калциумот е корисен ако е растворен, особено во гипсот, бидејќи ја подобрува структурата на земјиштето. Азотот е хранлив елемент кој заедно со водата го подобрува приносот. Јоните на хлорот, натриумот и борот се отровни, особено за повеќегодишните насади. Наводнување со минерализирана вода го засолува земјиштето. Поголемото количество натриум во водата ја алкализира земјата.

Растенијата (во развојот и приносот) се различно осетливи на присуството на хемиски состојки. Пример: домати се умерено осетливи на засолување, полуосетливи на натриум, отпони на бор и сл.

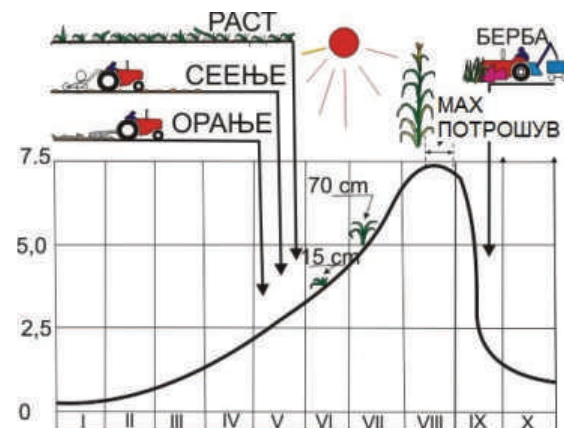
Биолошкиот квалитет на водата најчесто се одредува за отпадната од населбите и од прехранбената индустрија. Тоа се води богати со органски материи, фекалии и микроорганизми. Индикатор за присуство на бактерии се колифор-

мните бактерии (аеробни, незаразни). Патогените бактерии предизвикуваат заразни болести (колера, тифус, дезинтерија). Биолошката потреба за кислород БПК укажува на аеробни процеси при распаѓање на органски материи.

## 7.2. Количество вода за наводнување

Растенијата при евапотранспирација користат вода од врнежите, подземната вода во активниот слој и наводнување. Режимот на наводнување на растенијата се менува во текот на годината заради промена на климата, земјоделските и агротехничките услови. Во тема 8 редовна, табела 8.1. дадено е водено количество mm за едно залевање на разни култури и почви. Воденото количество за наводнување зависи од вегетациониот период на земјоделските култури.

Пример: вегетациониот период на пченка е прикажан на дијаграм, каде на апсцисата е времето во месеци, а на ординатата среднодневно потрошување на вода во mm, слика 7.4.



Сл.7.4. Потрошување на вода во вегетациониот период на пченка



При наводнување карактеристични се следните поими:

*Норма на наводнување* ( $V_n$ ) - количество вода со која се наводнува еден хектар засеана површина за целиот вегетациски период.

$$V_n = ET - (P_e + W + W_k) \quad m \quad m$$

Каде:

$ET$  - водено количество за евапотранспирација за време на вегетациониот период;

$P_e$  - ефективни врнежи;

$W$  - складирана вода во активниот земјан слој;

$W_k$  - капиларна подземна вода.

*Норма на поливање* ( $D_n$ ) – водено количество за едно полевање

$$D_n = (w_p - w_{min})h_a \quad sm$$

Каде:

$w_p$  - полска влажност на почвата;

$w_{min}$  - потребна минимална влажност во земјиштето;

$h_a$  - длабочина на активниот слој на земјиштето за одредено растение.

Оваа норма на полевање е нето, но во практиката се зголемува за коефициентот на искористеност на системот  $\eta$  и се нарекува *брuto норма на полевање*.

$$D_b = \frac{D_n}{\eta}$$

*Турнус* ( $T$ ) е време меѓу две полевања, едно по друго.

$$T = \frac{D_n + P_e}{u_p} \quad \text{денови}$$

Каде:

$P_e$  - ефективни врнежи за време  $T$   $m \quad m$ ;

$u_p$  – дневно потрошување на вода за евапотранспирација  $mm/den$ , кое се пресметува по форму

лата:

$$u_p = 0,034 u_m^{1.09} D_n^{-0.09}$$

при што:

$u_m$  - е максимално месечно потрошување т.е. максимална евапотранспирација.

*Времетраење*  $t$  на полевање се определува во зависност од агротехнички потреби, ова време не треба да е подолго од турнусот.

$$t = \frac{D_n}{J}$$

каде  $J$  е интензитет на впивање :

$$J = k \left( 1 + \frac{P}{y} \right)$$

$k$  - коефициент на филтрација;

$y$  - длабочина на впивање;

$$P = h + H_k$$

$h$  - височина на водениот столб над земјиштето при полевање

$H_k$  -капиларен потенцијал

*Број* на полевања  $n$  приближно може да се пресмета од:

$$n = \frac{V_n}{D_n}$$

*Хидромодул на наводнување* е водено количество кое треба да полее единица површина во единица време.

$$q = \frac{10000\Delta h}{T} \quad l/s*ha$$

Каде:

$\Delta h$ - одговара на максималното

дневно потрошување на вода  $u_p$ ;

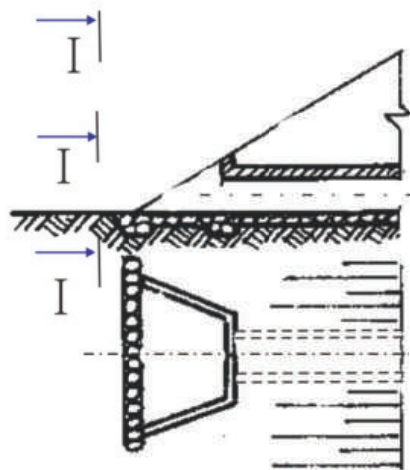
$T$ - време на работа на системот во денот.

### 7.3 Објекти кај системите за наводнување

Системите за наводнување, особено деталната мрежа, се состои од многубројни објекти и елементи без кои не би можела да функционира. Иако постојат некои основни правила, каде какви објекти ќе се применат, сепак најмногу зависи од локалните топографски и наводнителни услови. Така, има објекти кои ја спроведуваат водата преку суводолици-аквадукти; сифони, слика 8.8, тема 8 изборна настава; регулациони објекти; арматури; пумпни станици итн. Во понатамошните предавања ќе бидат дадени некои поедноставни објекти и елементи.

#### 7.3.1. Влез/излез во цевка од канал

Постојат повеќе видови на типски влезови/излези во цевка, слика 7.5, што зависи од протекот кој треба да протече.



Сл.7.5. Влез/излез: основа и надолжен пресек I-I.

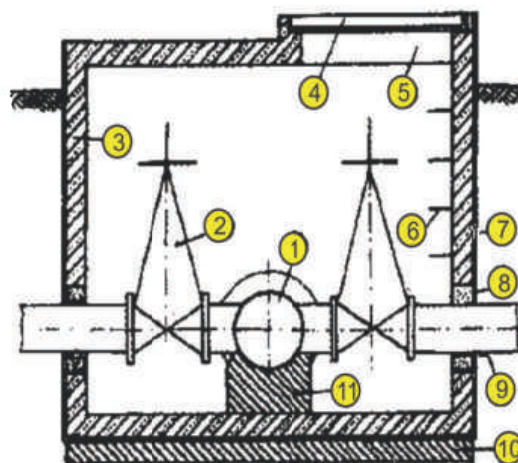
Овој објект е од особена важност, заради филтрацијата од каналот кон цевката помеѓу насипот и облогата на цевката. Процедување

има и на местата на поврзување на самите цевки.

Често, заедно со водата додекува нанос кој се таложи и го намалува протечниот пресек на цевката. Цевките се армиранобетонски со кружен пресек и пречник од 0,5 до 2,0m.

#### 7.3.2. Шахти

Шахтите, слика 7.6, се поставуваат на сите цевководи за да може во нив да се сместат арматурите (затворац, воздушен вентил, испушен вентил, хидрант и сл.).



Сл.7.6. Шахта – пресек, во која се сместени: (1) е разгранување (чепарошка); (2) затворац; (3) армирано бетонска шахта; (4) капак; (5) отвор; (6) скали; (7) хидроизолација; (8) цементен малтер; (9) аспфалтна затинка; (10) бетонска подлога; (11) бетонски темел-анкер.

Тие се армирано-бетонски излиени на самото место или од монтажни елементи. Во основа се кружни, правоаголни или во некоја друга форма, со најразлични димензии. Во нив службените лица влегуваат преку капак малку подигнат од те-

рент, се симнуваат по скали до арматурите.

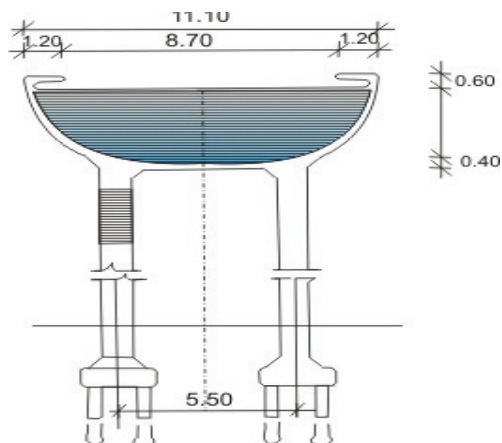
### 7.3.3.Аквадукти

Структурата на аквадуктите е слична со патните и железнички мостови. Разлика е во горниот строј, слика 7.7, кој е прилагоден на протекување на вода низ водонепропусен сад.



Сл.7.7.Аквадукт

Напречниот пресек на аквадуктите е правоаголен, трапезен, полукружен или сферичен, како на сликата 7.8. Тие се градат од метал, армиран-бетон, преднапрегнат бетон и монтажни елементи.



Сл.7.8.Сферичен пресек на аквадукт



Старо правило е дека вода која луѓето ја пијат е добра за наводнување.

Земјиштето се наводнува со површинска вода; подземна; атмосферска и отпадна.

Подземните води без разлика од која длабочина потекнуваат поскапи се за експлоатацијата, имаат несоодветна температура и поголема тврдост.

За среќа, штетни материи има повеќе во листовите отколку во плодовите.

Оптимална температура на вода за наводнување е околу 30°C.

Индикатор за присуство на бактерии се колиформните бактерии (аеробни, незаразни).

Норма на наводнување ( $V_n$ ) - е количество на вода со која се наводнува еден хектар засеана површина за целиот вегетационен период.

Типски влезови/излези во цевка, се од особена важност, заради филтрацијата од каналот кон цевката, помеѓу насипот и облогата на цевката.



*I. Упатство:* Одлучи која алтернатива е најдобра за да се доврши реченицата или да се одговори на прашањето, заокружи.

1. Кои од водите се површински?
  - а) реки;
  - б) езера;
  - в) извори;
  - г) дожд.
2. Квалитетот на водата со која се наводнува влијае на:
  - а) земјиштето;
  - б) опремата за наводнување;
  - в) здравјето на земјоделските работници.
3. Каква температура треба да имаат водите за наводнување?
  - а) околу 30°C
  - б) околу 20°C
  - в) околу 70°C.

*II. Упатство:* Во секое прашање ќе најдеш празна линија на која треба да го напишеш одговорот.

1. Шахтите се поставуваат на сите цевководи за да може во нив да се сместат: .....
2. Напиши ја формулата за хидро модул на наводнување .....
3. Дефинирај го поимот турнус. ....

*самооценување на тестот*

Група на прашања	Број на прашање	Можни поени	Освоени поени
I	1	2	
	2	3	
	3	1	
II	1	1	
	2	2	
	3	2	

## ГРАФО-НУМЕРИЧКА ЗАДАЧА

### Водено количество за наводнување

За овоштарник кој се наводнува со систем капка по капка, да се определат:

- \*дневно потрошување на вода  $u_p$
- \*растојание на капалки  $r$
- \*дневно количество на капалка  $V$
- \*број на капалки  $N$
- \*норма на наводнување  $D_n$
- \*турнус  $T$
- \*протек  $Q$
- \*хидромодул на наводнување  $q$
- \*да се нацрта ситуација во размер 1:1000

Кога се познати:

- \*ситуација 1: 2500
- \*наводнувана површина  $A=5 \text{ ha}$
- \*дневна потреба за вода  $u=5 \text{ mm/d}$
- \*растојание на плодоред  $R=2,5 \text{ m}$
- \*штедрост на капалка  $q_k=1-5 \text{ l/s}$
- \*длабочина на активен слој  $h_a=0,8 \text{ m}$
- \*полска влажност  $w_p=12\%$
- \*коэффициент на филтрација  $k=0,5 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
- \*коэффициент на искористеност на системот  $\eta=0,85$
- \*коэффициент на рамномерно распределување  $C_u=0,9$
- \*процент на влажност на почвата  $P=0,6$



Забелешка:

За решавање се користат формули од темата 7.2. Во прилог на оваа задача може да се нацрта во М 1:50 шахта прикажана на слика 7.4.

Решение:

\*Дневна потреба за вода

Бидејќи системот е капка по капка дневната потреба за вода од едно овошно дрво

$$u_p = p \cdot u = 0,6 \cdot 5 = 3 \text{ m m/d}$$

\*Растојание на капалки

Со оглед дека се наводнуваат овошни дрва растојанието на капалките е усвоено

$$r = 1,2 \text{ m}$$

а една капалка наводнува површина

$$a_k = R \cdot r = 2,5 \cdot 1,2 = 3 \text{ m}^2$$

\*Дневното водено количество на капалка за едно дрво е

$$V = a_k \cdot u_p = 3 \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 0,009 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$V = 9 \text{ l/d}$$

Ако усвоиме капалка со најмала штедрост  $q_k = 1 \text{ l/h}$  за еден ден од капалката ќе истече

$$Q_k = 24 \cdot q_k = 24 \cdot 1 = 24 \text{ l/d}$$

што е повеќе од потребното дневно количество вода за овошката.

\*Број на капалки

Вкупниот број капалки за површината што се наводнува е

$$N = \frac{A}{a_k} = \frac{50000}{3} = 16\,666$$



\*Норма на наводнување

Најпрво се определува бруто нормата за едно полевање, која не се троши целосно, туку е помала за третина:

$$D_b = \frac{2}{3} p w_p k h_a = \frac{2}{3} 0,6 * 0,12 * 0,8$$

$$D_b = 0,038 \text{ m}$$

$$D_b = 38 \text{ mm}$$

а потоа нето норма

$$D_n = D_b * \eta * C_u = 38 * 0,9 * 0,85$$

$$D_n = 29 \text{ mm}$$

\*Турнус

Најголемото времетраење меѓу две залевања е

$$T = \frac{D_n}{u_p} = \frac{29}{3} = 9,6 \text{ den}$$

Ако полевањето е еднаш, тоа ќе трае

$$t = \frac{D_b}{q_k} a_k = \frac{38}{1} 3 = 114 \text{ h}$$

Во турнусот од 9 дена има 230 часа, следува дека полевањето ќе трае половина од времето на залевање, т.е. дневно по 12 часа или секој втор ден по 24 часа .

\*Протек

Ако целата мрежа работи едновремено тогаш

$$Q = N * q_k = 16\ 666 * 1 = 16\ 666 \text{ l/h}$$

$$Q = \frac{16\ 666}{3\ 600} = 4,3 \text{ l/s}$$

Системот капка по капка има двапати поголема штедрост отколку што им е потребно на овошките, па

ќе се наводнува со половина протек 2,15 l/s

\*Хидромодул на залевање

Ако системот за наводнување не е капка по капка хидромодулот би се пресметал:

$$q_n = \frac{10000 * u_p}{3600 * 24 * C_u \eta}$$

$$q_n = \frac{10000 * 5 * 10^{-3}}{3600 * 24 * 0,9 * 0,85}$$

$$q_n = 0,75 \text{ l/s*ha}$$

за овој систем хидромодулот би бил помал, со што главната цел е постигната: се штеди вода.

$$q = q_n * p = 0,75 * 0,6 = 0,45 \text{ l/s*ha}$$



## 8. Одводнување

Составни делови на системите

### 8.1. Одводни канали

Напречен пресек

Длабочина на вода во канали

Чистење

Облога

Промена на микрорелефот

### 8.2. Објекти кај системите

Патеки

Патишта

Сифони

Затворачи

### 8.3. Модул на отекување

Меродавен протек

Критична висина на дожд

Критично време

Модул на истекување

Вкупен протек

### 8.4. Димензионирање на каналите

Рамномеро стационарно

течење

Брзина

Протек

Запомни

Тест

Графо-нумеричка задача

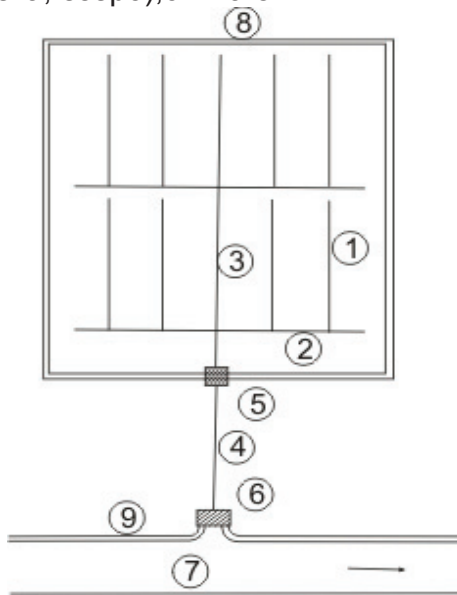
## 8. Одводнување

Површинското одводнување со систем канали го интензивира истекувањето на врнежите (дневно до 100 mm). Притоа земјината површина на која тие паѓаат не овозможува отечување или понирање.



Сл.8.1. Катлановско блато

Одводнителните системи, се составени од собирни, одводни и главни канали, кои собраната вода ја испуштаат во приемник (поток, река, езеро), слика 8.2.



Сл.8.2. Одводнителен систем со канали: собирни (1), одводни (2), главни (3)(4), пропуси, затвораџи (5), сифони, преливи, пумпни станици (6) приемник (7) обемен насип (8)

За подобра функција на системите има пропуси, затвораџи, сифони, преливи, пумпни станици и сл.

### 8.1. Одводни канали

Одводните канали имаат трапезен напречен пресек, правоаголен слика 8.3, (постојан протек) и двојнотрапезен (за променлив протек).



Сл.8.3. Правоаголен пресек

Длабочината на каналите и длабочината на водата во нив, зависи од видот на земјоделските култури; нивниот коренов систем и видот на земјиштето. Најмала длабочина на каналите е 1,5m, а најголема 2,5m, додека најмала длабочина на водата од 50 sm. Надвишувањето на каналот над највисокото ниво на вода е 0,50m. Заради матноста на водата, каналите се пополнуваат со нанос, па потребно е наголемување на длабочината за 10 до 30sm. Најмалата широчина на дното е 30sm. Косините имаат наклон од 1 : 1 до 1 : 3, што зависи од видот на земјиштето. Овие елементи се прикажани на слика та 8.4:





## 8.2. Објекти кај системите

На каналската мрежа од системите за одводнување има бројни објекти од кои најчести се пропусти, мостови, патеки, патишта, сифони, табласти затворачи (устави), брзотеци и сл. Многу од овие објекти се среќаваат кај системите за наводнување, тема 7.3.1 (влез/излез од цевка во канал), кај насипите, тема 6.1 (отвори, пропусти, испусти).



Сл.8.7 Цевка поставена на канал за да послужи како пешачки премин

*Патиштата*, слика 8.8, за поинтензивен сообраќај покрај каналите, имаат поголема широчина од 3 m и надвишување над каналот за 50 sm. Задолжително се изработува коловоз од добро збиен толчаник.



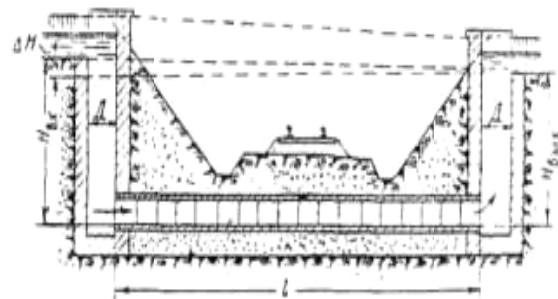
Сл.8.8.Пат покрај одводен канал

*Патеките*, слика 8.9, покрај одводните канали имаат мала широчина до еден метар, со мало насипување над околниот терен за 10 до 20 sm.



Сл.8.9. Патека покрај канал

*Сифоните*, слика 8.10, се лоцирани под места каде треба да се совлада куса препрека (суводолина, водотек, канал, сообраќајница). Од гравитациски тек во каналот, во сифонот (цевка), текот преминува во течење под мал притисок. После сифонот текот продолжува гравитациски. Составени се од една или повеќе цевки (од армиран-бетон, метал, пластика) и влезна и излезна шахта. Сифоните се поекономични од аквадуктите.

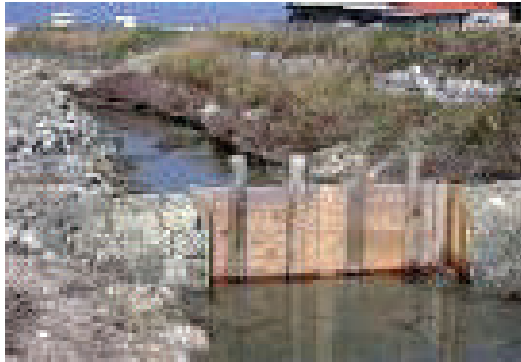


Сл.8.10 Сифон под железничка линија

*Затворачи* (устави) најчесто од табли или гредички, слика 8.11, го регулираат и прекинуваат проте-



кот на вода во каналите. Тие ги изолираат одделните одводнувани површини, додека не истече водата до потребната длабочина.



Сл.8.11. Затварач од гредички

При одводнување од големи површини, големо е и воденото количество. За полесно и побрзо истекување на ова водено количество, се поставуваат устави, како на слика 8.12. Ваква конструкција на устава и прелев, овозможува истекување и прелевање на било кое водено количество.



Сл.8.12. Устава и прелев на канал

### 8.3. Модул на истекување

За пресметување на одводната мрежа се применува методот на акумулација и кинематичкиот метод. Примената на овие методи наложува потреба да се пресмета *меродавниот протек*. Овој протек е последица на паднатиот дожд со:

- $h$  mm височина
- $t_p$  den. времетраење

Дождот уште се нарекува меродавен (критичен) бидејќи треба да се избере од набљудувања најмалку 20 години:

$$h = at_k^n \sqrt{\frac{n}{k}}$$

За овој дожд се дадени коефициентите на доток  $k$  и нумеричките коефициенти  $a$  и  $n$  (кои зависат од интензитетот, времетраењето и зачестеноста на дождот).

Ако е:

$A$  - површина на сливот  $km^2$ ;

$L$  - должина на текот  $km$

$V$  - зафатнина на вода што паднала на таа површина  $m^3$ ;

Тогаш, критичното време потребно една капка што паднала на најоддалечената точка да истече од површината се пресметува по формулата на авторот Пасини:

$$t_k = 0,24\sqrt{A * L}$$

*Модулот на истекување* од еден хектар се мери во  $l/s * ha$  и се пресметува по формулата:

$$q = 0,1157 \frac{mhK}{t_p + t_k}$$

Каде што:

- коефициент на истекување е:

$$K = \frac{Q_i}{V}$$

-коэффициент на бранот е:

$$m = \frac{q}{q_{sr}}$$

$Q_i$  - интегрален протек;

$Q_{sr}$  - среден протек;

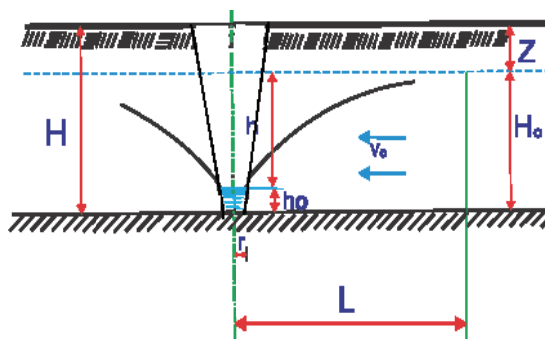
$Q$  - вкупен протек за сливот

$$Q = qA \quad l/s$$

#### 8.4. Димензионирање на каналите

Растојанието помеѓу собирајните канали се определува исто како растојанието помеѓу дренажите-смукачи во темата 9 (редовна настава):

$$L = 2(H - Z) \sqrt{\frac{k}{q}} \quad m$$



Димензионирањето на каналите е на познат начин, повеќепати назначен во темите, бидејќи каналите се објекти кои ги има во сите водостопански дејности.

Течењето на водата се набљудува како рамномерно стационарно. Тогаш карактеристиките на каналот: протечна површина  $A$ ;  $i$  надолжен пад;  $n$  ( $\gamma$ ,  $m$ ) рапавост на облогата, не се менуваат по вре-

ме, следува дека брзината  $V$  и протекот  $Q$  се исто така неменливи по должина на течењето. Од тука се применливи равенките за непроменливост на протекот:

$$Q = const$$

и енергијата:

$$z + \frac{p}{\gamma} + \frac{V^2}{2g} + h_w = const$$

А тоа е примена на шезијевавата равенка за брзина:

$$V = c\sqrt{iR} \quad [m/s]$$

и протекот:

$$Q = AV = Ac\sqrt{iR} \quad [m^3/s]$$

при коэффициент на брзина по авторот Манинг,

$$c = \frac{1}{n} \sqrt[6]{R}$$

$n = 0,025$  за цврсто земјиште  
 $n = 0,040$  за обраснати канали

но и други автори:

Гангли-Кутер

$$C = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}}$$

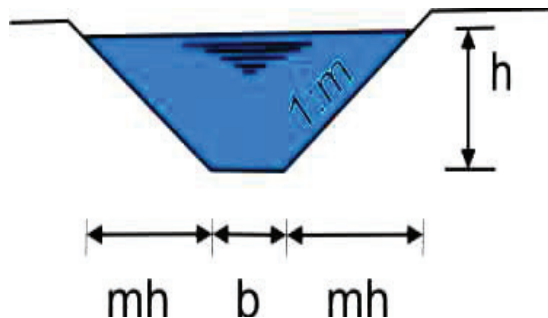
$\gamma = 1,30$  за цврсто земјиште  
 $\gamma = 1,75$  за обраснати канали;

и Басин

$$c = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}}$$

$m = 1,5$  за цврсто земјиште  
 $m = 2,0$  за обраснати канали

Додека геометриските голе-  
мини за трапезен напречен пресек  
на каналот се (веќе познати):



протечен пресек

$$A = (b + mh)h \quad m^2$$

наквасен обем

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

хидраулички радиус

$$R = \frac{A}{O} \quad m$$



Од главниот канал, собраната вода се испушта во приемник (поток, река, езеро).

Одводните канали имаат трапезен напречен пресек за постојан протек.

Минимална брзина на водата во каналите е  $0,5 \text{ m/s}$ .

Најмалку еднаш годишно каналите треба да се чистат од нанос и вегетација.

Патеките покрај собирни одводни канали се со мала широчина до еден метар, со мало насипување над околниот терен за 10 до 20 *sm*.

Модулот на истекување од еден хектар се мери во  $\text{ml/s} \cdot \text{ha}$  и се пресметува по формулата:

$$q = 0,1157 \frac{mhK}{t_p + t_k}$$

Шезиевата равенка за брзина на водата е:

$$V = c\sqrt{iR} \text{ [m/s]}$$



*I. Упатство:* По секое прашање ќе најдеш празни линии на кои треба да го напишеш одговорот.

1. Главниот канал водата ја испушта во приемниците

- а).....
- б).....
- в).....

2. Колку пати годишно се чистат каналите?

- а).....

*II. Упатство:* Одлучи која алтернатива е најдобра за да се доврши реченицата или да се одговори на прашањето. Заокружи!

1. Ако протекот е променлив, тогаш напречниот пресек е:

- а) трапезен;
- б) двојнотрапезен.

2. Шезиевата равенка за брзина на водата е:

- а)  $V = c\sqrt{iR}$
- б)  $V = c \cdot R$

**самооценување на тестот**

Група на прашања	Број на прашање	Можни поени	Освоени поени
I	1	3	
	2	1	
II	1	1	
	2	1	

### ГРАФО-НУМЕРИЧКА ЗАДАЧА

#### Водено количество за одводнување

Обработлива површина по-долго време е плавена со дождовна вода која пречи на земјоделските работи и треба да се одводни, да се определат:

- \*критично времетраење на дожд  $t_k$
- \*меродавниот дожд  $h$
- \*модул на истекување  $q$
- \*водено количество за еден смукач
- \*димензии на трапезни канали - смукачи
- \*напречен пресек М 1:50

Кога се познати:

- должина на еден смукач  $L=1,5 \text{ km}$
- површина на еден смукач  $A=120 \text{ ha}$
- просечна длабочина на смукачите  $h_s=1,3 \text{ m}$
- просечна брзина на водата во каналите смукачи  $V_s=0,5 \text{ m/s}$
- необложен канал зарастен со трева  $n=0,027$
- коэффициент на истекување  $K=0,7$
- коэффициент на бранот  $m=2$
- дозволено ниво на подземна вода под нивото на теренот  $z=0,8 \text{ m}$
- времметраење на дождот е исто со критичното време  $t_p$

Забелешка:

За решавање се користат формулите од темата 8.3 и 8.4. [Во прилог на задачата може да се нацрта напречниот пресек на собирниот канал во М 1: 50.](#)

Решение:

\*Критично времетраење

По формулата на Пасини се пресметува:

$$t_k = 0,24\sqrt{A * L}$$

$$t_k = 0,24\sqrt{1,9 * 1,2} = 0,316 \text{ den}$$

\*Меродавен дожд

Височината на меродавниот дожд е:

$$h = 26,3 t_k^{0,42}$$

$$h = 26,3 * 0,316^{0,42} = 16,2 \text{ mm}$$

\*Модул на истекување

Бидејќи се познати елементите кои го карактеризираат дождот и истекувањето, модулот на истекување се пресметува:

$$q = 0,1157 \frac{mhK}{t_p + t_k}$$

$$q = 0,1157 \frac{2 * 16,2 * 0,7}{2 * 0,316} = 4,16$$

$$q = 4,16 \text{ l/s*ha}$$

\* Протек за еден смукач

$$Q = qA = 4,16 * 120 = 499 \text{ l/s}$$

$$Q = 0,499 \sim 0,5 \text{ m}^3$$

\*Димензионирање на смукач  
Од формулата за протек

$$Q = A \cdot V \text{ m}^3/\text{s}$$



и за позната брзина  $V=0,5$

$$0,5 = A \cdot 0,5$$

попречниот пресек е:

$$A = 1 \text{ m}^2$$

а длабочината на водата:

$$h = h_s - z = 1,3 - 0,8 = 0,5 \text{ m}$$

бидејќи формулата за протечен пресек е:

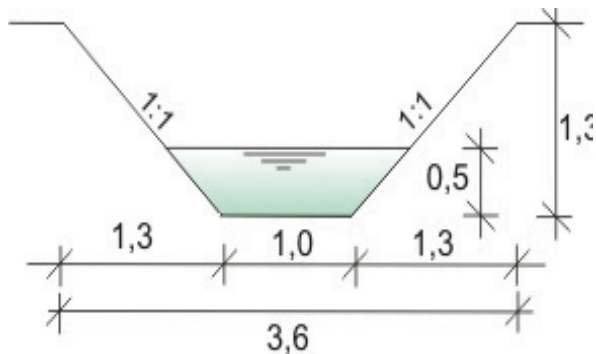
$$A = (b + mh)h$$

$$1 = (b + 2 \cdot 0,5) \cdot 0,5$$

широчината на дното на каналот  
смукач е:

$$b = 1 \text{ m}$$

\*Напречен пресек на смукач  
М 1 : 50



### Литература

1. Авракумовиќ Д  
Наводнавање  
Београд 1994
2. Вучиќевиќ Д  
Уређење бујичних токова  
Београд 1995
3. Група автори  
Техничар 5
4. Ѓорѓевиќ Б  
Коришчење водених снага  
Београд 1984
5. Илиевска-Христова Б  
Хидротехнички објекти  
(редовна) работен материјал  
Скопје 2001
6. Илиевска-Христова Б  
Хидротехнички објекти  
(изборна) работен материјал  
Скопје 2004
7. Кос З  
Хидротехничке мелиорације  
тла  
Загреб 1987
8. Кос З  
Хидротехничке мелиорације  
тла  
Загреб 1989
9. Најдановиќ Н  
Механика тла  
Београд 1967
10. Нонвајлер Е  
Насуте бране  
Загреб 1983
11. Нонвајлер Е  
Клижење и стабилизација  
косина  
Загреб 1987
12. Петковски Г, Петковски В  
Енергетски предизвик  
Скопје 1985
13. Танчев Љ  
Хидротехнички објекти  
1992
14. Шоклевски Ж  
Уредување на водотеците  
Скопје 1986
15. Шоклевски Ж  
Пловни патишта и  
пристаништа  
Скопје 1990

