

## 2.3. Квалитет на водите

Бидејќи претходно третираните параметри азот и фосфор во поглед на нивната елиминација во комуналните пречистителни станици - како и БПК<sub>5</sub>-редукцијата - имаат суштинско влијание врз состојбата на водите, целисходно е на ова место да се разгледува опопределувањето на квалитетот на водите.

Принципиелно мора да разликуваме дали се определува

- биолошкиот или
- хемискиот квалитет на водата

Двете оппределувања не би требало да се разберат како конкуренција на едното во однос на другото, бидејќи и само биолошкото како и само хемиското определување во многу случаи ќе се покаже како незадоволително.

### 2.3.1 Биолошки квалитет на водите

Уште на почетокот на ова столетие KOLKWITZ и MARSSON почнаа со помош на сапробни системи да воспоставуваат релации помеѓу заедниците на организмите во една вода и загадувањето на водата. Овој концепт со мали измени се применува уште и денеска. Сапробии се при тоа организми кои се хранат од материи предиспонирани за гниење. Нивното присуство односно нивното отсуство може да се поврзе со интензивирањето на процесите на гниење (а во кореспонденција со тоа и со смалувањето на содржината на кислород).

Системот на сапробии изграден е спрема тоа со индикаторски организми, кои се карактеристични за еден одреден квалитет на водите.

Еден организам е при тоа дотолку повеќе погоден како индикатор колку потесно е неговото подрачје на преживување во поглед на промените на средината, т.е. колку тој поеднозначно може да биде класифициран кон еден одреден квалитет на водата. Индикаторите можат при тоа во нивната функција да допуштат како позитивен (присутни се), така и негативен заклучок (не се присутни). Сл. 3.22 дава еден груб преглед за организмите индикатори.

Една суштинска предност на биолошкото одредување е што инертноста на еколошкиот систем овозможува исто така со едно временско растојание од неколку недели да се уочи и а постериори анализира едно еколошко оштетување. Спротивно на тоа, хемиските анализи водат по правило до моментални снимки на состојбата, што не е помалку важно, но има друг вид на вредност.

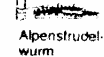
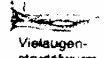
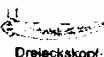























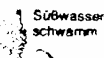
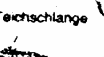
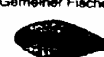



















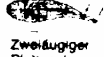








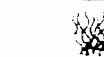


Со помош на биолошкото одредување на квалитетот на водите се изработуваат карти за квалитетот на водите за период од околу 5 години. Овие карти даваат за водените токови преку претставување со бои на 4-те класи на квалитет и нивните меѓустепени (Табела 3.4) еден општ целокупен впечаток за оптоварувањето на водите со хранливи материи, кои водат кон конзум на кислород.

Детална документираност, особено за одредени хемиски параметри или вид и количина на оптоварувачките материи, не е содржана и не е намеравана во ова претставување. На пр. не се земено во обзир

- оптоварувања со соли,
- топлотни оптоварувања,
- хигиенско-бактериолошки аспекти.

- присуство на токсични или тешко разградливи ретки (во траги) материи, кои составот на организмите сеуште познато не го менуваат.

Класа на квалитет

I	 Alpenstrudelwurm  Vielaugenstrudelwurm  Dreieckskopfl-strudelwurm  Quellenschnecke  Flußperlmuschel  Larve von Unter mit Saugnapfen  Lümmckenlarve  Ecdyonurus  Rhithrogena semicolorata  Habropteloides modesta  Epeorus  Dinocras  Pera marginata  Silo  Agapetus  Sencostoma  Rhyacophila
I-II	 Flußschwimm-schnecke  Habropnebia  Ephemera  Fam. Ephemerellidae  Nemoura  Fam. Periodidae  Leuctra  Lepidostoma hirtum  Hakenkäfer
II	 Süßwasser-schwamm  Teichschlange  Gemener Fischegel  Großer Schneckenegel  Flußnapschnecke  Teichnapschnecke  Quellen-Biesenschnecke  Posthorn-schnecke  Eiförmige Schlamm-schnecke  Langföhrlenge Schnauzenschnecke  Spitzschlamm-schnecke  Posthorn-schnecke  Flußmuschel  Erbsemmuschel  Kugelmuschel  Wandermuschel  Hydropsyche  Anabolia nervosa  Fam. Baetidae  Gemener Flohkreb  Flußflohkrebs  Bachtaumelkäfer
II-III	 Zweiäugiger Plattegel  Langföhrlenge Schnauzenschnecke  Kugelmuschel  Flußflohkrebs  Bachtaumelkäfer
III	 Rohrleget  Physa acuta  Wasserassel  Waffenlegetlarve
III-IV	
IV	 Schlammröhrenwurm  Rattenschwanzlarve  Zuckmückenlarve

Сл. 2.22 Организми индикатори за макроскопско-биолошко одредување на квалитетот на водата

Определувањето на квалитетот на еден водотек се врши преку определување на составот на животинските заедници во водата. Со помош на сретнатите организми во водата се пресметува еден така наречен сапробиски индекс  $S_L$  на вкупната биоценоза, со чија помош се врши сврстување во вкупно 7-те класи на квалитет. Табела 2.4 дава за тоа еден преглед.

Табела 3.4 Биолошко класифицирање на водените токови

Класа на квалитет Боја спрема LAWA	Органско оптоварување	Сапробиски степен Сапробиски индекс	Карактеристика	Водечки организми (избор)
I сина	неоптоварена до многу малку оптоварена	олигосапробна 1,0 до <1,5	водата едвам загадена; завршена оксидација, минерализација;	Бактерии: < 100 во ml вода. Плави алги, песочни алги ( <i>Asterionella Formosa</i> ), зелени алги, црвени алги; ротатории; глисти ( <i>Srenobia alpina</i> ), речна школка
I-II зелено/ сина	малку оптоварена	олигосапробна до β-мезосапробна 1,5 до <1,8	водата бистра и богата со O <sub>2</sub>	Margaritifera margaritifera; водена болва ( <i>Holopedium gibberum</i> ); Инсектни ларви ( <i>Perla bipunktata</i> ); риби силно зависни од O <sub>2</sub> ; пастрмки
<b>B</b> зелена	умерено оптоварена	β-мезосапробна 1,8 до <2,3	водата умерено загадена; процесот на оксидација односно минерализација во тек; потрошувачката на O <sub>2</sub> мала	Бактерии: далеку под 1 000 000 во ml вода. Плави алги, песочни алги, зелени алги ( <i>Synura uvella</i> ), протозои; полжави ( <i>Ancylus fluviatilis</i> ); инсектни ларви ( <i>Cleon dipterum</i> ), <i>Hydropsyche lepida</i> ); риби во голема разноврстност.
II-III жолто/ зелена	критично оптоварена	β-мезосапробна до α-мезосапробна 2,3 до <2,7	водата јако загадена; силни оксидациони процеси; преовладува присуство на аминокиселини настанати при разградбата; O <sub>2</sub> содржина повисока (особено дење), ноќе опаѓање	Бактерии: помалку од 1 000 000 во ml вода. Плави алги ( <i>Oscillatoria spp.</i> ), песочни алги, зелени алги, гливи; протозои ( <i>Paramecium caudatum</i> , <i>Spirostoma ambiguum</i> ); кучешки пијавици <i>Herpobdella octoculata</i> ; топчести школки <i>Sphaerium corneum</i> , <i>Stratiomis camaeleon</i> ; лињак ( <i>tinca</i> ), <i>krap</i> , <i>jagula</i> .
III жолта	јако загадена	α-мезосапробна 2,7 до <2,9	водата извонредно јако загадена; голема потрошувачка на O <sub>2</sub> ; претежно појава на процеси на гниење преку редукција и делење; формирање на H <sub>2</sub> S; висока содржина на органски материји; богата седиментација	Бактерии: далеку над 1 000 000 во ml вода, меѓу нив топчести бактерии, сулфурни бактерии. Гливи <i>Sphaerotilus natan</i> ; плави алги ( <i>Beggiatoa alba</i> ); протозои ( <i>Amoeba limax</i> , <i>Euglena viridis</i> ), меѓу нив многу <i>Cilia</i> -организми, црвена глиста ( <i>tubifex tubifex</i> ), мувини ларви ( <i>Chironomus thummi</i> ); ларва од мува губретарка ( <i>Eristalix tenax</i> ); мали риби
III-IV црвено/ жолта	многу јако загадена	α-мезосапробна до полимезосапробна 3,2 до <3,5		
IV црвена	прекумерно јако загадена	полисапробна 3,5 до 4,0		

### 2.3.1.1 Сапробиски индекс

За одредување на овој индекс упатно е прво коректно земање на проба. Тоа го бара и точното водење на протокол за подоцнежната интерпретација на резултатите, кој протокол најмалку треба да содржи:

- име на лицето кое зема проба, датум и час,
- вода и место на испитувањето,
- временски услови (облачност, врнежи, ветер),
- температура на воздухот,
- хидро-градежни поединости (на пр. брани, изграден брег),
- брзина на течење во cm/s или m/s,
- заматување, евентуално обоеност,
- миризба, создавање на пена,
- црн железен сулфид под камења или во тиња (укажува на анаеробни процеси),
- присутност на алги?
- присуство на водни и крајбрежни билки - кои?
- околина на водата, взаемно содејство, на пр. со земјоделство и уличен сообраќај.

Индикаторите, кои треба да се соберат за одредување на квалитетот на водата, ги има исто така

- на водни и крајбрежни билки, кои навлегуваат во водата - такви би требало да ги има на местото на земање на пробата,
- на или под камења или други цвсти предмети во водата,
- на дното и
- во тињата на дното.

Видовите на индикаторите се при тоа врз основа на емпириски испитувања така утврдени, што можат да се идентифицираат со голо око или со проста лупа (10-кратно зголемување).

Во праксата организмите се собираат на тој начин што билниот состав на местото на испитувањето со еден кешер или густо сито петпати се провлекува и петпати се просејува мостра од тлото. Од подигнати камења или слично се симнуват нафатените организми (загуби за време на подигањето треба по можност да се избегнуваат).

Наодот потоа се обработуваат на тој начин што прво се утврдуваат видовите на организмите и нивната зачестеност *h*. За зачестеноста важат следните фактори:

- 1: поединечен наод (не повеќе од две животни)
- 2: малку (3 до 10 животни)
- 3: малку до средно (11 до 30 животни)
- 4: средно (31 до 60 животни)
- 5: средно до многу (61 до 100 животни),
- 6: многу (101 до 150 животни),
- 7: масовно (над 150 животни)

Кон секој поединечен вид на индикатор, на една скала од 1 до 4 приодреден е еден видоспецифичен сапробиа-индекс *s*, кој го дава степенот на оптоварувањето на водата, во која соодветниот вид претпочита да живее (колку погелема е вредноста, толку пооптоварена е водата).

Освен тоа, на индикаторите може да им се припише исто така уште еден фактор *g*, кој ја дава "индикационата" тежина. Овој фактор опфаќа една скала од 1 до 5, при што 5 е најголемата тежина и се припишува на такви видови, чие присуство ед-



нозначно може да се доведе во врска со состојбата на оптоварувањето, т.е. на видови кои покажуваат мала толеранција при промени на квалитетот на средината. При едноставни определувања на квалитетот на водата, можеме да се откажеме од примената на овој фактор.

Сапробиа-индексот  $S_L$  на вкупната животна заедница се одредува со помош на определените величини

$s$  = видоспецифичен сапробиа-индекс

$h$  = зачестеност на секој вид

$g$  = индикациона тежина на секој вид

спрема следната формула:

$$S_L = \frac{\sum_{i=1}^n s_i \cdot h_i \cdot g_i}{\sum_{i=1}^n h_i \cdot g_i}$$

### 2.3.1.2 Класи на квалитетот на водите

Спрема LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, Заедница на покраините - за вода, Германија), класите на квалитетот на водата, кои произлегуваат од резултантниот сапробиа-индекс, се карактеризираат како следи:

**Класа I:** неоптоварена до многу малку оптоварена

Подрачја од водите со чиста, постојано скоро заситена со кислород и сиромашна со хранливи материи вода; мала содржина на бактерии; умерено густо настанета, претежно од алги, мов, глисти Turbellaria и инсектни ларви; води за икрење на пастрмки и други слични риби (Фамилија salmonidae).

**Класа I до II:** незнатно оптоварена

Подрачја од водите со незнатна анорганска и органска допрема на хранливи материи без позначаен конзум на кислород; густа и најчесто голема разноликост на видовите; води за икрење на пастрмки и други слични риби (Фамилија salmonidae).

**Класа II:** умерено оптоварена

Подрачја од водите со умерено загадување и добро снабдување со кислород; многу голема разноликост на видовите и густина на индивидуите како алги, полжави, ракчиња, инсектни ларви; билни сорти покриваат поголеми површини; води за богат риболов.

**Класа II до III:** критично оптоварена

Подрачја од водите, чие оптоварување со органски, кислород конзумирачки материи предизвикува критична состојба; можно е умирање на рибите поради недостаток на кислород; Опфаѓање на бројот на видовите кај макроорганизмите; некои видови тежат кон масовен развој; алгите често покриваат поголеми регии; често сеуште води за богат риболов.

**Класа III:** силно загадена

Подрачја од водите со силно анорганско, кислород конзумирачко загадување и најчесто со ниска содржина на кислород; локални насобирања на гнилежна тиња; површински распространети колонии на влакнести бактерии кои егзистираат во отпадна вода и стационарни животинки-трепкачи (Ciliata, Ciliophora, Infusoria) го надвладуваат постоењето на алги и повисоки билки; само неколку животински макроор-

ганизми, нечувствителни на недостаток од кислород, како сунѓери, пијавици, водни ракчиња, се појавуваат масовно; мали улови на риба; со периодично умирање на рибите треба да се смета.

**Класа III до IV:** многу силно загадена

Подрачја од водите со далеку ограничени услови за живот заради многу силно загадување со органски, кислород конзумирачки материи, често интензивирани со токсични влијанија; повремено тотално отсуство на кислород; матење со лебдечки материи од отпадна вода; раширени наслаги на гнилежна тиња, густо настанети со мувини (*hironomidae*) ларви и црвени глисти (*Tubifex tubifex*); Повлекување на влакнестите бактерии кои живеат во отпадна вода; риби нема трајно, едино локално ограничено.

**Класа IV:** прекумерно загадена

Подрачја од водите со прекумерно загадување со органски, кислород конзумирачки отпадни води; процесите на гниење преовладуваат; кислород на долго време само во многу мали концентрации присутен или потполно отсутен; Настанети претежно со бактерии, едностанични животинки од групата праживотинки (*Flagellata, Mastigophora*) и слободни трепкачи (*Ciliata, Ctenophora, Infusoria*); риби нема; при силно токсично оптоварување биолошко опустошување.

За разлика од проценката на водените токови, кај мирните води се зема во разгледување само оптоварувањето со хранливи материи и нивното влијание врз билансот на кислородот (трофички степен):

**Олиготрофни езера:**

Чисти езера, сиромашни со хранливи материи и мала продукција на планктони, кои на крајот на стагнациониот период и во длабина уште се заситени со 70% кислород.

**Мезотрофни езера:**

Езера со мала понуда на хранливи материи, умерена продукција на планктони и видливост од над 2 m во длабина, кои во длабоки води на крајот на стагнациониот период се заситени со 30 до 70% кислород.

**Еутрофни езера:**

Езера богати со хранливи материи, во длабоките води на крајот на стагнациониот период сиромашни со кислород (0 до 30% заситување), во површинската вода презаситени со кислород, со длабочина на видливост најчесто под 2 m и со висока продукција на планктони.

**Политрофни езера:**

Езера со многу висока, постојано слободно расположива понуда на хранливи материи; длабоките води веќе во лето без кислород и со повремен развој на сулфуроводороди, површинските води повремено силно со кислород презаситени; длабочинска видливост многу мала; масовен развој на фитопланктонот.

### 2.3.2 Хемиско одредување на квалитетот на водата

Како што веќе претходно беше споменато, биолошките определувања на квалитетот на водата се дополнуваат со одредување на хемиски и физикално-хемиски параметри. Овие при тоа имаат воглавно за цел да ги објаснат причините за одредениот квалитет на водата со помош на биолошките методи и да се утврдат животоограничувачките фактори или штетните материи.

Определувањата се преземаат со помош на:

- Брз тест, често само со квалитативни или полуквантитативни резултати. Овие се практични за локално определување на квалитетот на водата и доволни за добивање на првични појдовни точки.

- Лабораториски испитувања со поточни квантитативни резултати. Овие бараат знатно повисоки трошоци и напор за земање, конзервирање и чување на пробата.

Освен тоа треба да се разликува одредување на

- поединечни параметри и

- сумарни параметри (на пр. БПК<sub>5</sub>) - при што сумарниот параметар спроводливост за вкупното јонско оптоварување е малку индикативен за констатација на класата на квалитетот на водата.

Следните параметри играат важна улога за хемиското оценување на квалитетот:

а) Заситувањето со кислород, односно абсолютната содржина на растворен кислород. Содржината на кислород е често ограничувачки фактор за организмите. Со превисока биомаса-продукција на постројките може времено да настапи презаситување со O<sub>2</sub>. И ова може исто така да има штетно влијание.

б) Одредување на температурата. Таа има една важна релација со содржината на O<sub>2</sub>, бидејќи

- растворот на кислородот со покачувањето на температурата опаѓа и истовремено

- се забрзуваат процесите при кои се конзумира кислород.

в) БПК<sub>5</sub>-вредноста, односно делумно и краткотрајната БПК<sub>2</sub>-вредност. Треба да се внимава на тоа дека ниска БПК-вредност се утврдува и кај бактериолошко труење.

г) PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-концентрацијата, како чест лимитирачки фактор одговорен за еутрофијата.

д) Способноста за врзување на киселини (СВК) односно карбонатната тврдина или киселинскиот капацитет (до рН 4,3). При тоа важи: СВК во mol/l = карбонатна тврдина во dH·0,18.

ѓ) Определувањето на рН-вредноста. Некои материи имаат рН-зависен токсичитет, на пр. NH<sub>4</sub><sup>+</sup>/NH<sub>3</sub> при покачувањето на рН-вредноста или нитрит и феноли при опаднувачки рН-врдности. рН-вредноста во водите би требало да лежи помеѓу 6,5 и 8.

е) Слободна јаглородна киселина. Важи:

$$c(\text{CO}_2) = \text{SVK} \cdot 2 \cdot F_c$$

При тоа F<sub>c</sub> е еден рН-зависен фактор, чија примена претпоставува едно точно определување на рН-вредноста. Sprema BAUR важи:

**Табела 3.5** Вредности на хемиските параметри кои може да се очекуваат во зависност од биолошката класа на квалитет (германски пропис)

Биолошки квалитет на водите (од теренски протокол I)	I	I - II	II	II - III	III	III - IV	IV
Температура на водата во °C	12 ...	14	15 ...	18	21 ...	23	24
Заситување со кислород во %	100 ...	85	85 ...	50	40 ...	20	< 10
БПК <sub>5</sub> -вредност во mg/l	1 ...	2	2 ...	8	8 ...	20	> 20
алкална	7,0 ...	7,5	8,0 ...	8,5	9,0 ...	9,5	10,0
pH-вредн. кисела	7,0 ...	6,5	6,5 ...	6,0	5,5 ...	5,0	< 5,0
мерна вредн.							
Амониум (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) во mg/l		< 0,1	0,1 ...	1			> 2
Нитрит (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) во mg/l		< 1,0	0,2 ...	0,5	4,0	6,0	8,0
Нитрат (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) во mg/l		< 1,0	1 ...	5			> 5
Ортофосфат (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ) во mg/l		< 0,03		< 0,5	0,5		
Хлорид (Cl <sup>-</sup> ) во mg/l		< 80	80 ...	500	1500 ...	3500	> 3500
Способност за врзување на киселина во mmol/l	1,0 ...	0,5	0,5 ...	0,25	0,1 ...	0,03	0,05
Вкупна тврдина во mmol/l	са. 3,6		са. 5,3		са. 7,1		
Содржина на железо mg/l	0 ...	0,1	0,1 ...	0,2	са. 0,5		1,0

**Табела 3.6** Вредности на хемиските параметри кои може да се очекуваат во зависност од биолошката класа на квалитет (германски пропис)

Класа на квалитет	Хемиски параметри			
	БПК <sub>2</sub> (конзум на O <sub>2</sub> ) во mg/l	БПК <sub>5</sub> во mg/l	NH <sub>4</sub> -N во mg/l	O <sub>2</sub> - минимуми во mg/l
I	0,5	1	ев. само во траги	> 8
I - II	0,5 ... 1,1	1 ... 2	са 0,1	> 8
II	1,1 ... 2,2	2 ... 6	< 0,3	> 8
II - III	2 ... 5	5 ... 10	< 1	> 4
III	4 ... 7	7 ... 13	0,5 до повеќе mg/l	> 2
III - IV	5 ... 10	10 ... 20	повеќе mg/l	< 2
IV	> 8	> 15	повеќе mg/l	< 2

На крајот во табела 3.7 претставени се еден наспроти друг аспектите на биолошкото и хемиското определување на квалитетот.

**Табела 3.7** Споредба на биолошкото и хемиското оценување на квалитетот на водите

Биолошко оценување на квалитетот	Хемиско оценување на квалитетот
<p>Определување на просечни вредности за составот на водите. Долгорочни искази се можни зависно од животниот век и степенот на развој на организмите.</p> <p>Анализата веднаш дава просечни вредности на квалитетот на водите.</p> <p>Овозможуваат опопределување на класата на квалитетот.</p> <p>Се утврдуваат промени на животинските заедници.</p> <p>Високи содржини на хранлива сол се докажуваат дури во подоцнежни стадиуми на развојот на сапробиите.</p>	<p>Моментални снимки. Штетни материи може да се опфатат само во временскиот момент на актуелното оптоварување.</p> <p>Потребни се редовни анализи, ев. месечни мешани проби или континуирани мерења; можат да се утврдат трендови на развојот.</p> <p>Причини за промените мора да бидат утврдени. Утврдување на видот и количината на штетните материи - воколку уште присутни.</p> <p>Високи содржини на хранлива сол можат да бидат веднаш определени.</p>

### 3 Пречистување на индустриски отпадни води

#### 3.1 Водостопанство на индустриските претпријатија

Тоа претставува комплекс на водоснабдувачки и канализациони системи за осигурување на нормална производствена дејност на секое индустриско претпријатие

Според намената разликуваме вода за

- пиене,
- хигиенски цели, и
- технолошки цели

Најголем удел во индустриските претпријатија претставува водата за технолошки цели, која може да биде вода за

- ладење на машини и продукти,
- хидротранспорт,
- реакциска средина,
- растворување и др.

Одводот на одработените води се врши преку канализациони системи.

Зачувувањето на природната средина бара технологии без или со минимално количество на отпадни води.

При проектирањето на пречистителни постројки мора да се има предвид:

- составот и својствата на отпадната вода,
- количеството,
- можноста за одвод во градската канализација,
- можности за рециркулационо искористување,
- можности за повторна употреба за индустриски и земјоделски цели,
- режимот на водоприемникот (ресипиентот) и неговиот неопходен степен на пречистување

##### 3.1.1 Состав и количество на индустриските отпадни води

Според начинот на создавање и нивниот состав разликуваме:

- 1) Индустриски води за производствени цели во самиот технолошки процес,
- 2) хигиенско - санитарни води од санитарните чворови на административните и производствените згради, столовите, базените и тушевите.
- 3) атмосферски води (дожд и топење на снег)

Индустриските води можат да бидат: загадени и незагадени (условно).

Загадените индустриски води имаат разновиден состав и својства:

Количински показатели:

- количина на карактеристични компоненти од соодветното производство (нафта, фекалии, површински активни материи, отровни материи, радиоактивни материи и др.),

- количина на органски материи изразена во БПК и ХПК.
- активна рекација на водата,
- степен на минерализација,
- интензивност на обоеност,
- температура на водата.

Според степенот на агресивност разликуваме:

- силно агресивни,
- слабо агресивни, и
- неагресивни отпадни води.

Влијание врз составот и количеството на отпадните води имаат:

- Видот и квалитетот на системот за водоснабдување. Поголемо искористување на водата во рецикулациони системи значи помалку отпадни води.
- Видот на претпријатијато, големината на претпријатието, технологијата на производството, видот на инсталациите, системот на водоснабдувањето, издашноста на изворите и др.

**Определување на количината на отпадни води според разработени норми:**

За *производствени води*:

$$Q_{\text{ср/ден}} = \frac{mM}{1000} [m^3/d]$$

$$Q_{\text{макс/час}} = \frac{mM_1K_4}{T \cdot 3600} [l/s]$$

- m - норма за отпадна вода по единица производ или суровина во  $m^3$ ,
- M - количина на суровина за едно деноноќие,
- $M_1$  - исто за смената со најголемо производство,
- T - број на часови на смената со најголемо производство,
- $K_4$  - коефициент на часовна нерамномерност.

За *санитарни води* според нормите за одводни води по 1 работник:

- За работници во погони со топлотно оддавање повеќе од  $84 \cdot 10^3 [J/m^3 h]$  (вжештени погони):

45l / работник за 1 смена

60l за 45 min по смената

- За сите останати погони ("студени погони"):

25l / работник за 1 смена

40l за 45 min по смената

Количеството на санитарна вода се определува по следните формули:

а) Од погоните:

$$Q_{\text{ср/ден}} = \frac{25N_1 + 45N_2}{1000} [m^3/d]$$

$$Q_{\text{макс./час}} = \frac{25N_3K_4' + 45N_4K_4''}{T \cdot 1000} [m^3/h]; \quad Q_{\text{макс./час}} = \frac{25N_3K_4' + 45N_4K_4''}{T \cdot 3600} [l/s]$$

б) Од тушевите:

$$Q_{\text{ср/ден}} = \frac{40N_5 + 60N_6}{1000} [m^3/d]$$

$$Q_{\text{макс./час}} = \frac{40N_7 + 60N_8}{45 \cdot 60} [l/s]$$

$N_1, N_2$  - број на работници во едно деноноќие (<sup>2</sup> - топли, <sup>1</sup> - ладни погони),

$N_3, N_4$  - исто за смената со најголем број на работници,

$K_4', K_4''$  - коефициент на часовна нерамномерност за топлите и ладните погони.

Во недостаток на конкретни показатели се зема:  $K_4' = 3$ ,  $K_4'' = 2,5$

$N_5, N_6$  - број на работници кои користат туш во едно деноноќие,

$N_7, N_8$  - исто за 1 смена.

### Незагадени води

За некои гранки претставуваат најголем процент (до 90%) од општото водно стопанство. Тука спаѓаат:

- води за ладење на машините и производите,
- води од компресорски постројки и разменувачи на топлина.

Ваквите води практично не се загадени, а се затоплени. Нивниот состав и количина се различни и зависат од усвоената производствена технологија.

### Дождовни води

Нивното количество и состав зависи од: климатските, географските, топографските услови и поволниот избор на местоположбата на индустрискиот комплекс.

За димензионирање на канализационите мрежи и пречистителните станици треба да се знае:

- целото деноноќно водно количество,
- режимот на неговата распределба по часови.

Одводот на отпадните води може да е:

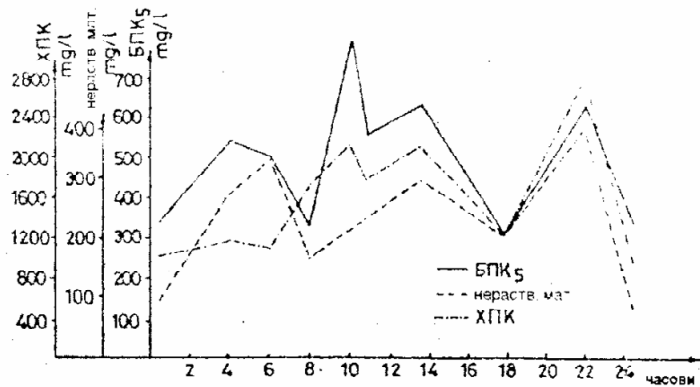
- <sup>а</sup> рмномерен или
- нерамномерен

во една смена или деноноќие (зависно од видот и технологијата). Некои индустриски гранки вршат *периодични* испуштања на многу загадени и токсични води (еднаш во смена, деноноќие или седмица).

Освен промената на количината, треба да се знае и промената на составот и квалитетот на отпадните води во едно деноноќие, час или седмица, како и физичко-хемиските показатели и специфичните загадувачки компоненти (токсични, површин-

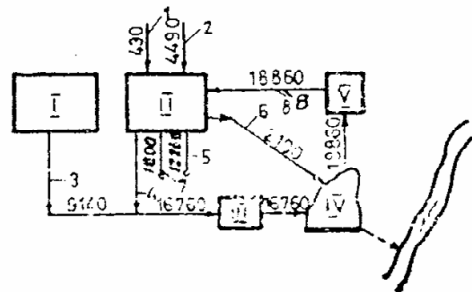


ско активни, радиоактивни и сл.). Види сл. 3.1 за една хемиско-фармацевтска фабрика.



Сл. 3.1 Промена на показателите за отпадните води од една хемиско-фармацевтска фабрика

Се прави **шема на билансот** за потребите од вода и за одведувањето на отпадните води.



Сл. 3.2 Шема на билансот за потребите од вода и рециркулационо користење на отпадните води

I. населено место; II. хемиски комбинат; III. постројка за биолошко пречистување; IV. постројка за допречистување; 1. питка вода; 2. речна вода; 3. и 4. загадени санитарни и индустриски води; 5. загуба на вода во производството; 6. незагадени производни и дождовни води; 7. концентрирани води; 8. рециркулациони води.

### 3.2 Системи и шеми за канализација на индустриски претпријатија

Разликуваме

- внатрешна и
- надворешна канализација

Внатрешната канализација ги опфаќа канализационите мрежи и објекти :

- канализациони мрежи
  - пумпни станици,
  - локални пречистителни станици за отпадните води од погоните
- кои се наоѓаат на територијата на индустрискиот објект.

Надворешната канализација ги опфаќа канализационите мрежи и објекти

- канализациони мрежи,
- постројки,
- пречистителни станици,

кои се надвор од индустриската површина. Надворешната канализација се користи заеднички од повеќе индустриски претпријатија.

При изборот на системот и шемата на канализацијата на индустриски претпријатија треба да се устрои:

- 1) Количината, составот и својствата на отпадните води од одделните погони и општо од индустрискиот објект како и нивниот режим на одведување (часов график).
- 2) Можноста за намалување на количината на загадените води од индустрискиот објект со рационализација на производствената технологија.
- 3) Можностите за повторно искористување на отпадните води во системот за рецикулационо водоснабдување или за технолошки цели во друг вид на производство, кое дозволува користење на води со пониски квалитети.
- 4) Целисходноста за извлекување и искористување на ценети материи, содржани во отпадните води.
- 5) Можностите за разделување на потоците на производствените води од аспект на повторно користење на незагадените води и пречистување на загадените.
- 6) Можностите за евентуално зголемување на производствените капацитети, а со тоа и на количеството на загадените води.
- 7) Можностите за целисходност за заедничко пречистување на водите од повеќе индустриски претпријатија и населени места во реонот.
- 8) Можностите и целисходноста за користење на допречистени отпадни води во технолошки процеси на други производства и за наводнување.
- 9) Целисходноста за пречистување на водите од поединечните погони и производства во локални пречистителни постројки.
- 10) Целисходноста за примена на еден или друг метод на пречистување.
- 11) Способноста на водоприемникот (респиентот) за самопречистување, условите за одводот на индустриските отпадни води и неопходниот степен на таквото пречистување.

Канализацијата на индустриските води обично се изведува како целосно разделен систем. Кога составот на отпадните води тоа го дозволува и кога постои сложена канализациона мрежа во населеното место, може, по исклучок, да се примени мешовита канализација.

Зависно од количеството и степенот на загаденост, водите се одведуваат обично во неколку *самостојни потоци*:

*Слабо загадени води*, кои содржат еден или повеќе загадувачи: кисели води; алкални води; води кои содржат токсични материи; јако минерализирани води; води кои содржат масла и масти, влакна, површинско активни материи и т.н.

*Санитарните води* се одведуваат и пречистуваат одделно. Кога индустриските води се блиску по состав со санитарните, тогаш нивното одведување е можно во заеднички поток и заедничко пречистување.

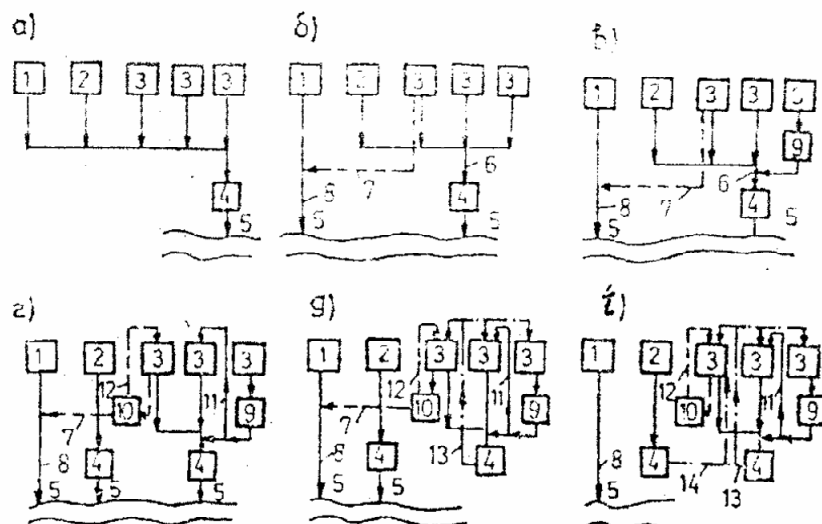
*Дождовните води од незагадените територии* на индустриските претпријатија се одведуваат самостојно и без пречистување до водоприемникот. Дождовните води од *загадените површини* се одведуваат заедно со загадените индустриски води и се пречистуваат во општи пречистителни постројки пред пуштањето во водоприемникот.

Заедничко пречистување на санитарните и индустриските води не е секогаш можно. Водите од погоните за галванизација, на пр., содржат хром и цијанид; од производството на киселини имаат рН = 2 до 3, а водите од фабриките за волна содржат масти, влакна и др. При такви случаи се наложува изградба на локални (погонски) пречистителни постројки: неутрализатори, постројки за обезвреднување на хромот и цијанидите, задржувачи на масти, нафта, влакна и др. После локалното пречистување, одделните протоци може да се помешаат и заеднички пречистат.

Разделувањето на отпадните води на одделни потоци може да биде практично од различни соображенија: санитарни барања, опасност од пожар, опасност од експлозија, опасност од зачепување и лом на каналите и цевководите и др. Ако се обединат води кои содржат сулфурна киселина со води кои содржат вар, се образува калциев сулфат, кој се одвојува како талог и предизвикува зачепување на каналите. При мешање на потоци со температура над 40 °C може да се добие експлозивна смеша.

Исто така нецелисходно е да се мешаат потоци кои содржат големо количество примеси на минерали, нафта, масла и др., со санитарни отпадни води. Таквото мешање пречи на извлекувањето на корисните материи од отпадните води и ја усложнува технологијата на пречистувањето. Затоа во повеќето индустриски претпријатија - металуршки, хемиски, нафтнопреработувачки, за целулоза и хартија, прехранбената индустрија и др., канализацијата се проектира како поединечна, т.е. со одделни мрежи за производствените, санитарните и дождовните води. Незагадените води по оладувањето може да се вклучат во рециркулациониот систем за водоснабдување. Загадените индустриски води може исто така (делумно или целосно) да се вклучат во рециркулациониот систем.

На сл. 3.3 се прикажани различни канализациони системи.



Сл. 3.3 Шеми на канализациони системи на индустриски претпријатија

а - заеднички канализациони систем; б - разделен канализациони систем за дождовните и санитарно-производствените води; в - разделен канализациони систем со дождовна и санитарно-производствена мрежа и локални пречистителни постројки; г - разделен канализациони систем со дождовна, санитарна и производствена мрежа, локални пречистителни постројки и делумно рециркулационо искористување на водата; д - разделен канализациони систем со дождовна, санитарна и производствена мрежа, локални пречистителни постројки и целосно рециркулационо искористување на производствените води; е - разделен канализациони систем без одведување на производствените и санитарните води.

1 - дождовни води; 2 - санитарни води; 3 - производствени води; 4 - пречистителни постројки; 5 - испуштање во водоприемникот; 6 - мрежа за санитарни и производствени отпадни води; 7 - незагадени производствени отпадни води; 8 - мрежа на дождовни води; 9 - локални пречистителни постројки; 10 - постројки за ладење на незагадените производствени отпадни води; 11 - мрежа на рециркулационо водоснабдување и локално пречистување на производствените отпадни води; 12 - мрежа за рециркулационо водоснабдување и ладење на незагадените производствените отпадни води; 13 - мрежа за рециркулационо водоснабдување и пречистување на производствените отпадни води; 14 - мрежа за рециркулационо водоснабдување и пречистување на санитарните отпадни води.

### 3.3 Заедничко одведување и пречистување на отпадните води од индустриски претпријатија и населени места

Кога индустриските претпријатија се лоцирани во населени места или близу до нив, најнапред треба да се проучи можноста за вклучување на отпадните води во комуналната канализација и заедничко пречистување на индустриските и комуналните отпадни води. Комплексното решавање на канализацијата на дадена територија во многу случаи е поудобно и има предности во техно-економски и санитарен поглед.

Во случаите кога индустриските претпријатија се во непосредна близина до населените места, како и едно од друго, треба да се извршат техно-економски испиту-

вања и споредби на варијанти за централизиран и децентрализиран канализациони систем и за изградба на поединечни или групни пречистителни станици.

Заедничкото одведување и пречистување на индустриските и комуналните отпадни води е можно и допустливо само при определени услови. Тоа се решава за секој одделен случај.

За да се вклучат индустриските води во комуналната канализација, тие треба да одговараат на следните барања:

- 1) Да не содржат груби нерастворени примеси, кои што можат да се таложат или да испливаат и да ја зачепат и оневозможат комуналната канализација.
- 2) Да немаат корозивно дејство врз цевководниот материјал и сите постројки од системот.
- 3) Да не содржат запаливи материи (бензин, нафта и др.), отровни и гасообразовни примеси, кои можат да образуват експлозивни смеси во канализационата мрежа и постројките.
- 4) Температурата на индустриската вода да не надминува 40 °C.
- 5) Водите да не содржат бактериски загадувања - бактерии на сибирски стомачен чир, сап и други микроорганизми предизвикувачи на болести.
- 6) Да не содржат радиоактивни и други токсични материи над допуштените концентрации. Пред вклучувањето на таквите води, вредните примеси треба да се отстранат.

Концентрациите на вредните материи се определуваат во лабораторија по соодветни методи.

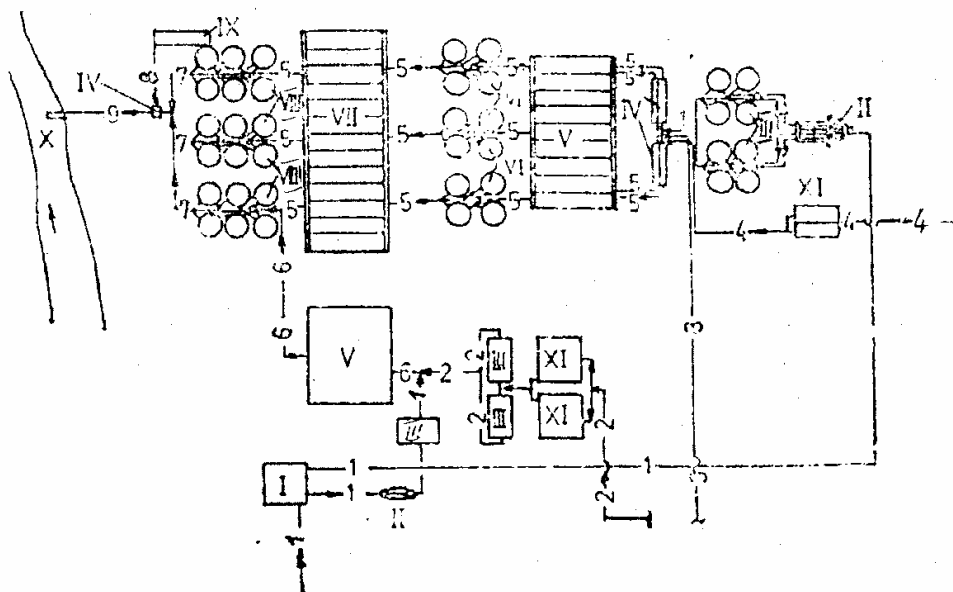
Производствените отпадни води кои не одговараат на наведените услови се подложуваат на претходно пречистување: усреднување на количината и карактеристиките, неутрализација, механичко или физичко-хемиско чистење, разредување, обезвреднување и др.

За да се осигура нормална работа на комуналните пречистителни станици за заедничко пречистување на индустриските и комуналните води, треба да се запазат следните услови:

- Смешаните води да имаат температура од 6 до 30 °C.
- Активната реакција pH да е од 6,5 до 8,5; општата концентрација на соли да е под 10 mg/l.
- Биолошката потреба од кислород (БПК) да не надминува 500 mg/l при пречистување во биофилтри и 100 mg/l при пречистување во биобазени со разреден довод на водата во истите.
- Водите да не содржат нерастворени масла, смоли, мазут и тешко растворливи површинско активни материи, кои практично не можат да се окиселат во постројките за биолошко пречистување.
- Хемиската потреба од кислород (ХПК) да не надминува 1,5 од БПК.
- Да се сочува минималниот сооднос на БПК:азот:фосфор = 100:5:1. Ако тој сооднос не е запазен, се добиваат биогени елементи во вид на амонијачна вода и др.

При заедничко биолошко пречистување на отпадните води, механичкото пречистување може да биде заедничко или одвоено. Одвоено се врши кога има експлозивно опасни индустриски отпадни води, при хемиско и физичко-хемиско пре-

чистување на индустриските отпадни води и кога се наложува одвоено третирање на комуналните и индустриските отпадни води.



Сл. 3.4 Технолошка шема на пречистителна станица за отпадни води од група индустриски претпријатија и населено место

- I - решетка и пумпна станица,
- II - задржувач на песок,
- III - примарни таложници,
- IV - мешачи,
- V - биобазени од прв степен,
- VI - секундарни таложници
- VII - биобазени од втор степен,
- VIII - терцијални таложници,
- IX - хлорна станица,
- X - разредено влевање,
- XI - хомогенизатори.

- 1 - отпадни води од населено место
- 2 - отпадни води од ф-ка за синтетички влакна
- 3 - отпадни води од рафинерија за нафта
- 4 - отпадни води од ф-ка за пластмаси и изолаторски материјал
- 5 - мешање на отпадните води од индустриски објект и населено место
- 6 - мешање на отпадните води од комбинат за синтетички каучук и населено место
- 7 - пречистени отпадни води
- 8 - додавање на хлор
- 9 - пречистени и обеззаразени отпадни води

### 3.4 Искористување на индустриските отпадни води и извлекување на вредните материи од истите

При проектирањето на комплексот на канализациони и пречистителни постројки кај индустриските претпријатија треба да се проучат и решат следните *основни прашања*:

- можност да се намали количеството и снижи концентрацијата на отпадните води,
- максимално искористување на отпадните води за производствени и други потреби, без да се одведат во водоприемниците,
- можности и начини за извлекување на вредните материи од отпадните води.

Некои видови индустриски отпадни води, кои содржат органски материи, успешно можат да се искористат во земјоделството за потребите од наводнување. Тие се користат самостојно или помешани со комуналните отпадни води после претходното пречистување. Најподобни за наводнување се водите од фабриките за компирен скроб, месо-преработувачките комбинати, фабриките за минерални ѓубрива и др.

Заради високата содржина на азот, фосфор и калај во тие води, нивното искористување за наводнување ја зголемува плодородноста на почвата и земјоделските приноси се зголемуваат за два до три пати.

Отпадните води од рударската индустрија содржат голем процент на минерални материи и не се подобни за наводнување, бидејќи нивната хранливост е незначителна, токсичните материи влијаат негативно на почвената микрофлора. Освен тоа, при висока концентрација на матриите се нарушува структурата на почвата.

Отпадните води од кожарските комбинати се опасни во санитарен поглед, и нивното користење за наводнување не е допустливо.

Води со висока концентрација на органски загадувања (месо-преработувачки комбинати и сл.) пред користењето за наводнување треба да се разредаат до одреден степен, а во некои случаи претходно да се подвргнат на биолошко и механичко пречистување.

Водите од фабриките за скроб и за преработка на овоштие и зеленчук брзо гнијат, затоа се разредуваат со вар. Искористувањето на отпадните води за наводнување задолжително се усогласува со санитарните органи.

Ефикасен метод за намалување на загаденоста на отпадните води е извлекувањето на вредните материи, кои остануваат во нив при процесот на производството. Вредните материи се извлекуваат не само заради пречистување на водата, туку и за нивното искористување.

Отпадните води од разни индустрии содржат метали, масти, хемиски продукти, влакна и др., кои можат да се искористат во стопанството. Таквото извлекување и повторното искористување е одговорна задача со висок економски ефект.

Од отпадните води на фабриките за примарна преработка на волна се извлекуват масти, кои се искористуваат за производство на линолин - ценет продукт за медицинската, електронската, парфимериската и други индустрии.

За извлекување на вредните примеси од отпадните води се применуваат различни методи: механички, физичко-хемиски и хемиски. Тие се усвојуваат кога ќе се утврди технологијата на производството, економските фактори, санитарните барања и локалните услови.

### 3.5 Начини за намалување на количеството и загаденоста на индустриските отпадни води

Основните начини за намалување на количеството и загаденоста на отпадните води се следните:

- 1) Разработка и усвојување на нови безводни (суви) производни технологии,
- 2) Усовршување на суштинските технолошки процеси,
- 3) Усвојување на поново и поусовршено инсталирање,
- 4) Усвојување на апарати за воздушно ладење и замена на ладењето со вода,
- 5) Повторно (рециркулационо) искористување на пречистените индустриски отпадни води во системот за ладење и во други технолошки цели.

Специјалистите од целиот свет сега го насочуваат вниманието кон решавање на задачите на еколошките технологии. Тие основни задачи се поврзани со разработка и усвојување на такви технологии и методи, кои дозволуваат потполно да се отстранат или значително да се намали трошењето на водата. Новите технологии се создаваат врз основа на потполно, комплексно, искористување на излезните суровини и материјали.

Насоките по кои оди развојот и усовршувањето на технологиите и инсталирањето, во зависност од видот на отпадните води, се следните:

- 1) Водата за ладење - се заменува со воздух за ладење,
- 2) Промивни води - се зголемуваат квалитетите на излезните суровини и продукти, исклучувајќи ја неопходноста од промивање, или водата за промивање максимално се намалува. Се усвојуваат нови безводни растворители. Се усвојуваат нови шеми и инсталации и се приклучува регенеративно одделение или деструктивно распаѓање на компонентите, загадувачките суровини и продуктите.
- 3) Водата, содржана во суровините и излезните продукти - се намалува со претходно обезводнување на суровините и продуктите.
- 4) Реакциски отпадни води: се бараат еколошки основани решенија преку добивање на продукти по други реакции, кои се одвиваат без одделување на вода. Таквите решенија не секогаш се технолошки можни и економски издржани.
- 5) Меласни раствори: Технолошките процеси се спроведуваат во безводни средини, се применуваат "суви" начини за добивање на продуктите (на пр. хартија), повеќекратно се користат меласните раствори и.т.н.
- 6) Водни екстрати и абсорбциони течности - се користат многукратно, водата се заменува со безводни раствори, се врши регенерација на екстрагентот и абсорбентот и.т.н.
- 7) Други видови на отпадни води - се користат повеќекратно со меѓупречистување, водата за миење на инсталациите се заменува со безводни раствори и др.

Во многу индустриски претпријатија, а посебно во хемиските комбинати, до 85% од консумираната вода се користи за ладење на продуктите и апаратурите. Во последните години, со оглед на економијата на водата и заштитата од загадување, се преминува кон широко усвојување на апарати за воздушно ладење, кое е поподобно.



### 3.6 Искористување на отпадните води во системите за рециркулационо водоснабдување

Еден од основните начини за намалување на потребата за свежа вода и количините на отпадната вода е усвојувањето на рециркулационо водоснабдување во индустриското производство. Најправилното решение за заштита на водните текови од загадување е воведувањето на производствени технологии без отпадни води. Такви технологии се усвојуваат во многу земји и нивната предност е докажана. Пред одведувањето во водоприемниците, индустриските води се подложуваат на пречистување, кое ги исполнува санитарните норми по сите показатели. При рециркулационото водоснабдување од водите се отстрануваат само примесите кои пречат на технолошките процеси.

Во циклусот можат да се применат три категории на отпадни води, кои соодветствуваат на *три основни шеми* на водоснабдување.

*Првата шема* се применува кога отпадните води се само затоплени, а не се загадени (сл. 3.5 а). Во такви случаи водата се лади во разладните постројки и кон неа се додава свежа вода за покривање на загубите од испарување и распрскување. Кога се сака, таа се подвргнува и на омекнување, одсолување, хлорирање и др.

*Втората шема* се применува кога водата не е затоплена, а е загадена (сл. 3.5 б). Во тие случаи таа се подвргнува на пречистување (таложeње и филтрација), после што поново се враќа во производството.

*Третата шема* е најсложена и се применува кога водата е затоплена и загадена. Пред нејзиното враќање во производството таа се лади, се пречистува до неопходниот степен и кон неа се додава свежа вода (сл. 3.5 в).

Критериумите за оценување на ефикасноста на системот за рециркулационо водоснабдување се три:

- количеството на додадена свежа вода,
- количеството на искористена рециркулациона вода, и
- загубите на вода во системот

Искористеноста на водата се изразува со коефициентот:

$$K_{\text{иск}} = \frac{Q_{\text{изв}} + Q_{\text{с}} - Q_{\text{отп}}}{Q_{\text{изв}} + Q_{\text{с}}} \leq 1$$

каде е:

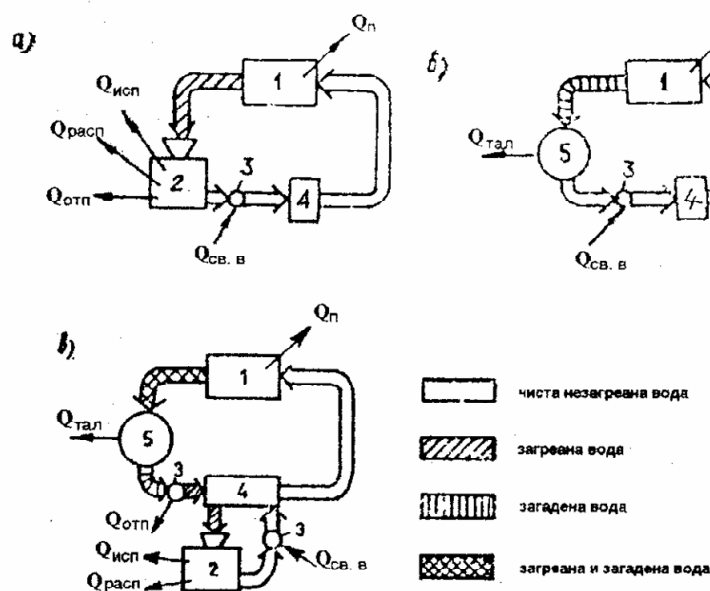
- $Q_{\text{изв}}$  - водно количество од изворот на водата
- $Q_{\text{с}}$  - водно количество кое доаѓа со суровината
- $Q_{\text{отп}}$  - водно количество кое се одведува во водоприемникот

За некои производни претпријатија  $K_{\text{иск}}$  достигнува до 0,95, а при технологии без отпадни води  $K_{\text{иск}} = 1$ .

Степенот на искористување на рециркулационата вода се определува со изразот:

$$P_{\text{рец}} = \frac{Q_{\text{рец}}}{Q_{\text{рец}} + Q_{\text{изв}} + Q_{\text{с}}} \cdot 100$$

каде  $Q_{\text{рец}}$  - количество на вода, вклучено во рециркулациониот систем.



Сл. 3.5 Шеми на рециркулационо водоснабдување

1 - фабрика	$Q_{\text{п}}$	- производствени загуби на вода
2 - разладна кула	$Q_{\text{исп}}$	- загуби на вода од испарување
3 - комора	$Q_{\text{расп}}$	- загуби од распрскување на водата
4 - пумпна станица	$Q_{\text{отп}}$	- отпадно количество на вода
5 - пречистителни постројки	$Q_{\text{св. в}}$	- количина на свежа вода, која се додава
	$Q_{\text{ТАЛ}}$	- количина на вода во таложниците

Загубите на вода во проценти се изразени со зависноста

$$P = \frac{Q_{\text{изв}} + Q_{\text{с}} - Q_{\text{отп}}}{Q_{\text{изв}} + Q_{\text{с}} + Q_{\text{ред}}^{\text{РЕК}} + Q_{\text{доп}}} \cdot 100$$

каде  $Q_{\text{доп}}$  = водно количество кое дополнително се користи во производството.

### 3.7 Услови за испуштање на индустриските води во водоприемниците

Условите за испуштање на отпадните води во водоприемниците (реки, езера, мориња) се регулираат со закон. Водотоците, базените, подземните води и крајбрежните морски води се поделени на четири категории:

*I категорија* - води кои се користат за пиечки потреби, во индустриите кои бараат води со питки особини, за пливачки базени и сл.

*II категорија* - води кои се користени за напуштање на сопиноч, за воден спорт, за пловачки базени, за рекреативни, а слично исто води за индустријата

*III категорија* - води кои се користат за наводнување, во индустријата (во зависност од барањата по пречистувањето) и др.

*IV категорија* - води кои не одговараат на барањата на првите три категории и чие користење е можно само со специјално одобрение во секој конкретен случај.

Дозволените вредности на некои основни показатели, на кои треба да одговараат водите во ресипиентите по мешањето со отпадните води во местото на користењето на водите дадени се во табелите 3.1 и 3.2

**Табела 3.1** Дозволените концентрации на некои основни показатели на загаденост во водоприемниците

No	Показател на загаденост	единична мерка	категирија		
			I	II	III
1	растворен кислород	mg/l	>6	>5	>3
2	БПК	mg/l	<5	<10	<25
3	суспендирани материи	mg/l	<20	<30	<80
4	растворени материи	mg/l	<1100	<1500	<1500
5	pH		6,5-8,5	6,5-8,5	5,5-9,0
6.	Колонифорни бактерии	с/с/с <sup>3</sup>	< 1,0	< 1,0	< 0,001

**Табела 3.2** Максимално дозволени концентрации на загадувачки материи во водоприемниците, mg/l

No	материја	категирија		
		I	II	III
1	слободен сулфурводород (H <sub>2</sub> S)	не се допушта		0,1
2	хлорни јони	250	300	400
3	сулфатни јони	250	250	300
4	општа тврдост (германски степен)	250	300	400
...	...	...	...	...

### 3.8. Мешање на отпадните води со водоприемниците

Пресметките за испуштање на отпадните води во водоприемниците се вршат за најнеповолните услови:

- За нерегулирани реки - при средно месечно количество во текот на најсушниот месец при 95% обезбеденост,
- за регулирани реки - при гарантирано минимално количество позади браната на вештачкото езеро,
- за морињата, езерата и резервоарите - при нивно најниско ниво и при најнеповолна насока на течењето.

Од местото на испуштањето до местото на влевањето на отпадните води, тие се мешаат само со извесен дел од водите на водоприемникот. Степенот на мешање зависи од редица фактори:

- видот на приемникот,

- количеството и брзината на движењето на водата во него,
- количеството на отпадните води,
- нивниот начин на испуштање (крејбрежно, поројно, концентрирано или разредено и др.

При испуштањето на отпадните води во реки, количеството на речната вода, која учествува во процесот на мешањето со отпадните води, се определува според коэффициентот на мешање  $a$ :

$$a = \frac{Q_M}{Q} \quad (*)$$

$Q$  - средно месечно количество на вода на реката за време на најмаловодниот месец при 95% обезбеденост во местото на испуштањето на отпадните води,  $m^3/s$ .

$Q_M$  - количество на речната вода, која се меша со отпадните води до местото на водоземањето од реката,  $m^3/s$ .

Степенот на разреденост во местото на водоземањето се определува по формулата:

$$n = \frac{a \cdot Q + q}{q} = \frac{Q_M + \xi}{\xi}$$

каде  $q$  - е средно часовно количество на отпадните води,  $m^3/s$ .

За определување на коэффициентот на мешање при испуштање на отпадните води може да се користи формулата на Rodsiler. (\*)

Мешањето на отпадните води во водите на езерата и вештачките езера се разликува значително од она при испуштањето во реки. Во такви случаи се користи методологијата на Руфел, разработена врз основа на теоретски испитувања на Макаев и Караушев. Основна движечка сила, со чија помош се врши мешањето на отпадните води со водите на езерото или вештачкото езеро, е ветерот. При триење-то помеѓу воздухот и водната површина се задвижуваат водни слоеви и се создаваат поволни услови за мешање.

Околу местото на испуштање на отпадните води доаѓа до начелно мешање, кое зависи од количеството на отпадните води, од брзината на движењето при нивното испуштање, од длабочината и брзината на течењето во резервоарот на која се врши испуштањето. Како резултат на понатамошното мешање со посредство на турбулентната дифузија, настаната под дејство на ветерот, се врши основното мешање.

Начелното и основното мешање се определуваат во зависност од начинот на испуштањето на отпадните води.

При испуштање на отпадните води близу до брегот во висина на горната третина од длабочината на резервоарот или во плитководниот крајбрежен дел при средна брзина на ветерот од  $5,5 \text{ m/s}$ , коэффициентот на начелно мешање се определува по формулата:

$$n_H = \frac{q + 0,0118H_{cp}^2}{q + 0,00118H_{cp}^2}$$

каде:

$q$  - е средното количество на отпадните води

$H_{cp}$  - средна длабочина на крајбрежната зона на водниот резервоар, во кој се врши мешањето, m.

Коефициентот на основното мешање во такви случаи се определува по формулата:

$$n_{осн} = 1 + 0,412 \left( \frac{L}{\Delta x} \right)^{0,627 + 0,0002 \frac{L}{\Delta x}}$$

каде:

$L$  - растојание од испуштањето на отпадните води до границата каде концентрациите на загадените материи не треба да надминат допуштени вредности за усвоената категорија на приемникот, m;

$$\Delta x = 6,53 H_{cp}^{1,167}$$

Производот на двата коефициента го дава коефициентот на целосното мешање:

$$n_T = n_H \cdot n_{осн}$$

При испуштање на отпадните води во долната третина на длабочина  $H_{cp}$  коефициентите на начелното и основното мешање се определуваат по формулите:

$$n_H = \frac{q + 0,0087 H_{cp}^2}{q + 0,000435 H_{cp}^2}$$

$$n_{осн} = 1,85 + 2,32 \left( \frac{L}{\Delta x} \right)^{0,41 + 0,0064 \frac{L}{\Delta x}}$$

каде:

$$\Delta x = 4,4 H_{cp}^{1,167},$$

а пак

$$n_T = n_H \cdot n_{осн}$$

Не се препорачува испуштање на отпадните води во средната третина на  $H_{cp}$ , бидејќи таму брзината на течењето е најмала.

Средната длабочина на крајбрежната зона на загадување  $H_{cp}$ , се определува со мерење на длабочината на безенот во таа зона. Широчината на зоната на загадување зависи од средната длабочина на водниот резервоар.

Табела 3.3 Широчина на зоната на загадување

Средна длабочина на водниот резервоар	3 - 4	5 - 6	7 - 8	9 - 10
Широчина на загадената зона, m	100	150	200	250

### 3.9 Определување на неопходниот степен на пречистување на индустриските отпадни води

За правилно определување на неопходниот степен на пречистување на отпадните води пред нивното испуштање во водоприемниците треба да се располага со подробни податоци за количеството и составот на отпадните води, видот на приемникот, количеството и степенот на загаденост на неговата вода, хидролошките податоци и др. Концентрациите на загадените материи во местото на користење на водата на приемникот треба да бидат помали од допуштените.

Неопходниот степен на пречистување на отпадните води обично се определува според следните основни показатели:

- Концентрација на суспендирани материи,
- содржина на растворен кислород во приемникот
- БПК на помешаните води - на приемникот и на отпадните води, рН - вредноста на водата на приемникот, температурата на водата на приемникот, токсични материи, миризба, вкус, боја и др.

Допуштената концентрација на загаденост за одделни показатели при влевањето на отпадните води во реки се определува од следното билансно равенство:

$$q \cdot c_{\text{отп.в.}} + a \cdot Q \cdot c_n \leq (a \cdot Q + q) \cdot c_{\text{доп}}$$

или

$$c_{\text{отп.в.}} \leq \frac{a \cdot Q}{q} (c_{\text{доп}} - c_n) + c_{\text{доп}} \quad [g/m^3]$$

каде:

$c_{\text{отп.в.}}$  - концентрација на загаденост за даден показател во пречистените отпадни води,

$c_n$  - концентрација на загаденост за истиот показател во водата на приемникот (реката) пред испуштањето на отпадните води (пред местото на испуштање),  $g/m^3$ .

$c_{\text{доп}}$  - допуштена концентрација на загаденост за истиот показател во водата на реката по испуштањето на отпадните води, во зависност од категоријата на реката,  $g/m^3$ .

$a$  - коефициент на мешање, се определува по формулата на Родсилер.

$Q$  - средно месечно водно количество на реката при најмалку водниот месец при 95% обезбеденост во местото на испуштање на отпадните води,  $g/m^3 \cdot u^3/s$

$q$  - средно часовно количество на отпадните води,  $g/m^3 \cdot u^3/s$

При испуштањето на отпадните води во непроточни приемници (езера, вештачки езера, мориња), допуштената концентрација на загаденост се определува по формулата

$$c_{\text{отп.в.}} \leq n_{\text{Д}} (c_{\text{доп}} - c_n) + c_n \quad [g/m^3]$$

каде  $n_{\text{Д}}$  е коефициент на тотално мешање.

Неопходниот степен на пречистување се определува по формулата

$$\eta = \frac{c_0 - c_{\text{отп.в.}}}{c_0} \cdot 100\%$$

каде  $c_0$  е концентарција на загаденост за даден показател во отпадните води пред пречистувањето, g/m<sup>3</sup>.

### 3.10 Основни методи за пречистување на индустриските отпадни води

Разликуваме две основни методи:

- Регенеративни
- деструктивни

*Регенеративни методи* се применуваат со цел да се извлечат вредните материи. Кон овие методи спаѓаат и некои физичко-хемиски методи: *јонска размена, екстракција*.

*Деструктивни методи*: Разбивање на загадувачките материи и нивна преобразба во безвредни (нештетни) за водата соединенија по пат на *оксидација* и *редукција*. Продуктите кои при тоа се формираат се одделуваат во вид на *гасови* или *талози* или остануваат во растворена состојба. Тука спаѓаат:

*Биолошко пречистување* во *аеробни* или *анаеробни* услови и методи на *хемиско пречистување*

За пречистување на отпадните води во зависност од нивната загаденост се применуваат:

- механички
- хемиски,
- физичко-хемиски,
- биолошки методи.

*Механичко пречистување*: Одделување на нерастворени примеси: *процедување, таложење, филтрирање*, и одделување на растворените примеси со *хидроциклони* и *центрифуги*.

*Хемиско пречистување*: се применува кога одделувањето на загадувачките материи е можно само преку процес на хемиска реакција помеѓу загадувачите и регенсите додадени во отпадните води. Тука спаѓаат:

- неутрализација,
- оксидација,
- електрохемиска оксидација.

Физичко-хемиско пречистување:

- коагулација (флокулација),
- сорбција,
- екстракција,
- евапорација,
- флотација,
- јонска размена,
- кристализација,
- дијализа,
- дезактивација,

- дезодорација,
- обезсолување

Исто така:

- електролиза,
- обратна осмоза

*Комбинации со другите методи:*

- коагулација - сорбција,
- коагулација - флотација - сорбција,
- коагулација - јонска размена

Биолошко пречистување:

- аеробно (базен со активна тиња, биолошки филтер, разни постапки)
- анаеробно (разни техники)

и. т. н.