

УНИВЕРЗИТЕТ СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЈ

МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ - СКОПЈЕ

СИСТЕМИ ЗА ПРЕЧИСТУВАЊЕ НА ОТПАДНИ ФЛУИДИ

Зоран Марков



Скопје, 2011

СОДРЖИНА

1. ВОВЕД	3
1.1. Што е тоа отпадна вода?.....	3
1.2. Извори.....	3
1.3. Промени во дотокот.....	4
1.4. Физички карактеристики.....	5
1.5. Хемиски карактеристики.....	8
1.6. Цврсти материи.....	12
1.7. Хемиски состав на водата.....	14
1.8. Изведба и функција на една комунална пречистителна станица.....	16
2. ПРЕЛИМИНАРНО ПРЕЧИСТУВАЊЕ	18
2.1. Решетки и сита за механичко пречистување.....	18
2.2. Отстранување на песокот и сличните материи.....	23
3. ПРИМАРНО ПРЕЧИСТУВАЊЕ	27
3.1. Опис на процесите.....	27
3.1.1. Фактори кои влијаат врз отстранувањето на таложливите цврсти материи.....	27
3.1.2. Фактори кои влијаат врз отстранувањето на цврстите материи кои пливаат.....	29
3.2. Опрема.....	30
3.2.1. Седиментациони резервоари (таложници).....	30
3.3. Очекувани резултати од работата на таложниците.....	33
3.4. Отстранување на тињата.....	34
3.5. Отстранување на материите кои пливаат во водата.....	36
3.6. Хидраулични параметри.....	36
4. СЕКУНДАРНО (БИОЛОШКО) ПРЕЧИСТУВАЊЕ	37
4.1. Процеси со активна тиња.....	37
4.1.1. Нитрификација.....	39
4.1.2. Денитрификација.....	40
4.1.3. Биолошко отстранување на фосфорот.....	41
4.2. Конфигурација на реакторот (БАТ).....	42
4.2.1. Системи со целосно мешање.....	42
4.2.2. Проточни системи.....	42
4.2.3. Сериски реактори.....	43
4.2.4. Наизменични пакетни системи (Sequencing Batch Reactors – SBR).....	43
4.2.5. Оксидациски канал (ров).....	44
4.3. Биолошки филтри.....	45
4.3.1. Прокапници и биолошки кули.....	45
4.3.2. Ротирачки биолошки филтри.....	50
4.4. Комбинирани процеси.....	53
5. БИОЛОШКО ОТСТРАНУВАЊЕ НА ХРАНЛИВИТЕ МАТЕРИИ	56
5.1. Општо.....	56
5.2. Биолошко отстранување на азотот.....	58
5.2.1. Нитрификација.....	59
5.2.2. Денитрификација.....	61
5.2.3. Технички решенија за отстранување на азотот.....	65
5.3. Подобро биолошко отстранување на фосфорот.....	65
5.3.1. Биохемиски процес.....	69
5.3.2. Влијанија.....	69
5.3.3. Комбинирани процеси за отстранување на азотот и фосфорот.....	70

6. ПРОЦЕСИ ЗА ПРИРОДНО ПРЕЧИСТУВАЊЕ	71
6.1. Вовед.....	74
6.2. Езерца за пречистување.....	74
6.3. Системи за пречистување низ земја.....	76
7. ФИЗИЧКО-ХЕМИСКИ ПОСТАПКИ НА ПРЕЧИСТУВАЊЕ	80
7.1. Вовед.....	80
7.2. Основи на процесите на коагулација и флокулација.....	80
7.3. Седиментација.....	81
7.4. Филтрација.....	82
7.5. Подесување на рН вредноста.....	83
7.6. Опис на техничките решенија и опремата.....	83
7.6.1. Преглед на коагулантите.....	83
7.6.2. Мешање на коагулантите.....	85
7.6.3. Уреди за флокулација.....	88
7.6.4. Уреди за седиментација.....	89
7.6.5. Уреди за подесување на рН вредноста.....	91
7.6.6. Уреди за филтрирање.....	91
8. КЛАСИФИКАЦИЈА НА ВОДИТЕ	95
9. ИНДУСТРИСКИ ОТПАДНИ ВОДИ	100
9.1. Општо.....	100
9.2. Израмнување на протокот и оптоварувањето.....	100
9.3. Отстранување на цврстите материи.....	105
9.4. Отстранување на масти и масла.....	106
9.4.1. Општо.....	106
9.4.2. Извори на масти и масла.....	108
9.4.3. Техники за пред-третман.....	109
9.4.4. Можности за повторно користење на отстранетите масти и масла.....	114
9.5. Управување со рН вредноста.....	115
9.5.1. Општо.....	115
9.5.2. Киселост и алкалност.....	117
9.5.3. Принципи на мерење на рН вредноста.....	117
9.5.4. Избор на средства за неутрализација.....	118
9.5.5. Проектирање на систем за рН контрола.....	121
9.6. Јонска размена.....	126
9.7. Адсорпција.....	129
10. БИБЛИОГРАФИЈА	133

1. ВОВЕД

1.1. Што е тоа отпадна вода?

„Отпадната вода“ потекнува од домаќинствата, отпад од луѓето и животните, индустриските претпријатија, од атмосферските врнежи, како и од инфилтрирање на подземните води. Отпадната вода во принцип е вода од водоснабдителниот систем која истекува после нејзината употреба од страна на заедницата. Таа е 99,94% вода по маса [1]. Останатите 0,06% е материја, која е растворена или измешана во водата. Во најголема мерка тоа е истата количина на вода која се доведува до заедницата и е загадена по различни основи.

Ефикасната работа и управување на пречистителна станица за отпадни води (ПСОВ) бара темелно познавање на составот на водата што дотекува (**инфлуентот**), пречистената вода (**ефлуентот**), како и внатрешните процесни текови од страна на стручните лица (оператори) кои го водат процесот на пречистување. За да се стекне со тоа знаење операторот ги определува карактеристиките на суровата отпадна вода и останати датоци преку собирање и анализа на репрезентативни примероци низ целата постројка.

Карактеризацијата на инфлуентот, ефлуентот и внатрешните процесни текови му ги обезбедува на персоналот на ПСОВ информациите кои се потребни за правилно управување со процесите на пречистување. Во зависност од големината на ПСОВ и составот на инфлуентот, за карактеризацијата на отпадната вода можеби се потребни неколку едноставни испитувања или повеќе комплексни испитувања во добро опремена лабораторија, која што може да се наоѓа во состав на постројката или да се ангажира надворешна акредитирана лабораторија.

1.2. Извори

Отпадната вода може да се категоризира според тоа дали потекнува од домаќинствата, комерцијални или индустриски извори. Таа се носи до постројката за пречистување со помош на колекторски систем изолиран од атмосферската канализација, но понекогаш се применува комбиниран систем (канализација), со кој се собираат двата типови на вода. Ваквиот комбиниран систем може да ги измени карактеристиките на отпадната вода и со тоа ќе бидат погодени процесите на пречистување во постројката.

Водата од домаќинствата воглавно се собира од резиденцијални, неиндустриски бизниси и институционални извори. Со исклучок на мали ПСОВ кои опслужуваат исклучиво резиденцијални заедници, повеќето постројки пречистуваат делумно и комерцијална и индустриска отпадна вода. Отпадната вода од доминантно потекло од домаќинствата има тенденција да биде прилично униформна по составот. Се разбира дека составот се разликува помеѓу различни заедници во зависност од социјалните, економските, географските и климатските услови. Составот и количината на “домашната” отпадна вода може да варира периодично заради влијанието на значителната флукуација на луѓе, како на пример во големи институции, студентски населби или туристички места.

Повеќето канализации во населените места ја одведуваат заедно водата од домашните санитарни извори, како и од индустриските и комерцијални извори. **Индустриските отпадни води** вообичаено содржат супстанции кои се добиени од суровините, полупроизводите, нус-продуктите, како и крајните производи на индустриското производство или производните процеси. Овие води се менуваат со промените во планот на производството. Индустриските отпадни води се попроменливи во однос на тие од домаќинствата. Отпадните води од

фабриките за храна, на пример, кои што вообичаено содржат високи концентрации на растворени органски состојки, често предизвикуваат екстремни варијации во оптоварувањето на ПСОВ заради сезонскиот карактер поврзан со периодот на жнеење на житариците. Овие отпадни води можат да имаат ниско хранливо ниво (недостаток на азот), што може негативно да влијае на биолошките процеси во постројката за пречистување. **Од комерцијалните извори**, како што се продавници и слично, воглавно се одведува иста отпадна вода со домаќинствата, но складиштатата или дистрибуциските центри можат да произведуваат отпадна вода, која може да варира по својот состав и количина.

Инфилтрација и дотек на надворешна вода може да влијаат врз хидрауличкото оптоварување. Таа вода навлегува во канализацијата низ споеви кои што протекуваат, пукнатини или дупки во цевките. Подземната вода е чест извор на инфилтрација, посебно кога земјата е заситена со вода. Атмосферската вода навлегува во системот преку шахти кои не заптиваат доволно добро или се напукнати.

1.3. Промени во дотокот

При проектирање и водење на една ПСОВ е неопходно да се знае дали инфлуентот се доведува преку одвоен или комбиниран колекторски систем, бидејќи атмосферските води во комбинираниот систем можат негативно да влијаат врз хидрауликата на постројката. Дури и одвоени санитарни канализациските системи можат да добијат прилив од атмосферски води или инфилтрација од подземни води. Овие приливи предизвикуваат сезонски варијации на протокот. Овие ефекти се под влијание на староста, одржувањето и типот на колекторскиот систем. Комбинираните системи предизвикуваат големи промени во протокот на отпадна вода заради врнежи или топење на снегот. Дополнително на овие хидраулични влијанија врз постројката, промени можат да настанат од органската материја и растворените загадувачи кои се содржат во атмосферска вода од улиците и останатите непропустливи површини. Ефектите на хидрауличното и оптоварувањето од загадувачите се посебно изразени во првите часови на врнежи после сушен период.

Дотокот на отпадни води вообичаено варира со определена конзистентност во текот на денот, неделата, годишното време и годината. Дневната промена на дотокот значително зависи од големината и изгледот на колекторскиот систем. Генерално, колку е помал системот, толку се поголеми варијациите. Меѓу останатите фактори кои влијаат на оваа нерамномерност, се вбројуваат бројот и типот на пумпните станици, типот на индустријата која се опслужува, како и карактеристиките на населението. Дневното оптоварување на постојките е воглавно од 8 до 10 часот наутро, 12 до 14 ч. и помеѓу 16 и 19 ч. Минимални протоци се забележуваат во доцните вечерни и раните утрински часови. Врвните и минималните оптоварувања се изгладуваат со зголемување на должината на колекторскиот систем. Во зависност од големината на системот, типичните дневни врвни протоци се за 50-200% поголеми од дневните просеци.

Иако карактеризацијата на отпадните води според изворот обезбедува некои општи информации за инфлуентот, овие информации се недоволни за водење на процесот или пак за задоволување на стандардите за одобрение за работа. За таа цел е неопходно испитување на инфлуентот, ефлуентот и процесните текови во постројката за точно определување на нивните физички, биолошки и хемиски карактеристики. Биомониторингот на ефлуентот од постројката може да ја одреди неговата токсичност.

1.4. Физички карактеристики

Во физички карактеристики на отпадните води се вбројуваат температурата, бојата, мирисот и заматеноста. Последните три можат да бидат веднаш проверени визуелно и преку мирисот, дури и пред да се изведе некакво испитување.

Температурата на отпадната вода ја покажува количината на топлинска енергија која е содржана во неа. Таа е обично нешто потопла од водата од чешма, бидејќи содржи (меѓу другото) и загреана вода од домаќинствата и од други извори. Доколку таа се носи подземно низ колекторски систем, температурата на инфлуентот вообичаено се приближува до температурата на земјата. Соодветно, во лето нејзината температура е повисока од таа во зима. Годишниот просек на температурата на отпадната вода се наоѓа во интервалот од 10 до 20°C.

Генерално, стапката на билошка активност зависи од температурата. Како што се зголемува температурата, микроорганизмите го зголемуваат трошењето на органските материи и кислородот од отпадната вода. Брзината на реакциите приближно се зголемуваат со пораст на температурата за секои 10°C, сè додека високата температура не почне да ги намалува (инхибира) биолошките активности.

Значителен пораст на температурата за кус временскиот период вообичаено наведува на присуство на индустриски доток, додека значителен пад на температурата често е поврзан со доток на атмосферски води. При водењето на ПСОВ во подрачја со големи флутуации на температурата лето-зима, мора да се внимава на ефектот што при тоа се има врз активноста на микроорганизмите, која расте со температурата.

Бојата на отпадните води зависи од количината на растворени, измешани и колоидни материи (материи кои се рамномерно дисперзно измешани со неа на микроскопско ниво) кои се присутни во неа. Нормалната сурова отпадна вода е сива. Доколку станува септична, ќе биде потемна, што претставува одличен индикатор дека е потребна поголема аерација. Други бои вообичаено укажуваат на присуство на индустриски дотоци. На пример, зелена, сина или портокалова може да потекнуваат од индустрии во кои се нанесуваат метални премази или галванизација. Црвена, сина или жолта е вообичаено поврзана со индустрија за бои, додека бела или непроѕирна е најверојатно од млечна индустрија. Познавањето кои типови на индустрија ги испуштаат отпадните води во дадениот колекторски систем и бојата на тие води е од непроценливо значење при водењето на постројката за пречистување.

Мирисот е крајно субјективен параметар, кој сепак може да понуди вредни информации. Човечкиот нос, кој што е чувствителен систем за детектирање на мириси, често може да ги почувствува состојките во отпадната вода. Свежата отпадна вода вообичаено има застоен мирис. Останатите мириси на отпадната вода, како на пример нафта, растворувачи или други невообичаени мириси, укажуваат на индустриско излевање.

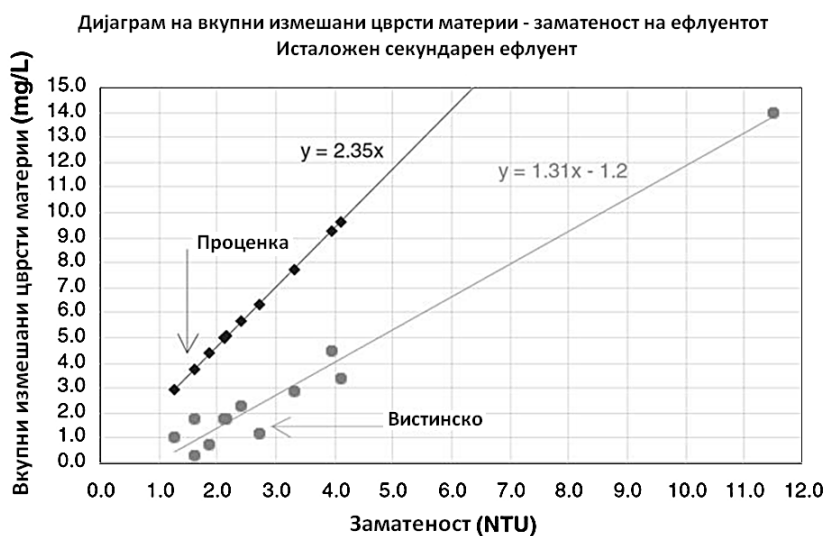
Со оглед на фактот дека некои од присутните компоненти би можеле да се токсични, мора да се пријде со претпазливост при мирисањето на отпадната вода, посебно кога станува збор за примероци затворени во садови (шишиња). Откривањето на невообичаените мириси во една постројка, посебно во затворени простории, бара строго придржување на сите процедури за заштита при работа.

Анаеробниот распад на отпадната вода создава сулфур-водород (H_2S), кој што има препознатлив мирис на расипано јајце. Кога тој е присутен во водата, мора да се преземат

мерки за зголемување на количината на кислород во водениот тек. Покрај тоа што присуството на H_2S укажува на процесни проблеми, загажува и од други причини. Тој е отровен при релативно мали концентрации, корозивен за бетонот и потенцијално експлозивен. Исто така, потребно е да се напомене дека е посебно опасен бидејќи го парализира чувството за мирис кога е присутен во поголеми количини. Во ваква ситуација, после почетното забележување на неговиот мирис, се добива чувство дека мирисот исчезнал. Доколку овој недостаток на мирис се протолкува како негово исчезнување, може да доведе до смртни последици. Метанот, кој што е уште повеќе експлозивен, може да го „придружува“ сулфур-водородот. Условите во кои се создаваат овие два вида на гас имаат потреба од кислород, што често води кон атмосфера со недостаток на кислород. Заради сите овие причини, при присуство на ваквите гасови, потребна е исклучителна претпазливост и најстрого можно придржување кон безбедносните процедури и упатства. Ова значи уреди за детектирање на гасот и уреди за вентилација.

Заматеноста (turbidity) се мери со соодветен уред и ја означува количината на измешани или колоидални материи во водениот поток, посебно при ниски концентрации на растворени цврсти материи. Заматеноста се мери во нефелометриски единици за заматеност (nephelometric turbidity units-NTU) со уредот кој се нарекува нефелометар. Заматеноста директно не зависи од концентрацијата на измешани цврсти материи, бидејќи обоеноста може да влијае врз мерењата. Сепак, едноставно може да се определи врската помеѓу заматеноста и измешаните цврсти материи за сите видови на анализирани средини. За таа цел се земаат примероци и прават анализи врз нив за да се определи количината на измешаните цврсти материи и тоа при различни вредности на заматеност (според сликата 1.1). Потоа се применува линеарна врска за определување на зависноста.

Сликата ја покажува „проценетата“ зависност помеѓу овие две големини според [2]. Кривата означена со „тековна“ е од реална ПСОВ и е добиена со собирање и анализирање на земените примероци. Со оглед на фактот што мерачите на заматеност лоцирани на излезот од секундарниот таложник кои даваат on-line податоци и веднаш алармираат при повисоки износи на пропуштени цврсти материи, можна е брза реакција за отстранување на проблемите. Во оваа насока секогаш е подобро да се утврди зависноста за соодветната постројка на која е поставен мерачот на заматеност.



Слика 1.1. Пример за проценка на врската помеѓу измешаните цврсти материи (total suspended solids - TSS) и заматеноста

Биолошки карактеристики

Бактериолошкото испитување го определува присуството на патогени организми (кои што предизвикуваат болести) или индикаторски бактерии за ваквите организми во суровата отпадна вода, процесните текови и пречистениот ефлуент. Со оглед на тоа што е невозможно испитување на сите можни патогени, прифатени се процедури со кои се вршат испитувања на т.н. *индикаторски бактерии*. Нивното присуство сигнализира можно присуство и на патогени организми.

Испитувањата за определување на биолошката активност вбројуваат: БПК (Биохемиска потреба од кислород), патогени и микроскопски испитувања.

Биохемиската потреба од кислород (Biochemical Oxygen Demand - BOD) ја покажува количината на кислород која е потребна за биолошка оксидација на материите во отпадната вода. Заради тоа што брзината на биолошката активност зависи од температурата и целосното стабилизирање на процесот може да трае и до 20 дена, БПК₅ методот е стандардизиран за услови од 20°C и траење од 5 дена. Ова испитување дава релативна мерка за количината на хранлива материја која е на располагање на биолошкиот систем, степенот на стабилизација на отпадната вода и можното влијание на ефлуентот врз реципиентот (водената средина каде што се испушта пречистената вода).

Определувањето на БПК₅ е значаен параметар и дава важна основа при определувањето на оптоварувањето на постројката, како и при самото нејзино проектирање. Според начинот на кој што се изведува БПК₅ тестот вообичаено го мери количеството на кислород потребно за оксидирање на органските материи во примерокот. Количината на кислород потребна за оксидирање само на јаглеродните органски материи (не азотот) се нарекува *јаглероден БПК*. Доколку се дозволи примерокот и понатаму да реагира, почнува да се случува втората фаза на биолошката оксидација, позната како *нитрификација*. Во тек на оваа фаза, друга група на бактерии го претвораат амониумот во нитит и нитрат со трошење на кислород. Времето кое е потребно за премин од јаглеродни во азотни реакции варира и зависи од примерокот. Доколку азотни организми се присутни на почетокот, можно е значително користење на кислородот од нивната страна уште во текот на првите 5 дена.

ПСОВ кои имаат т.н. секундарно пречистување, вообичаено се проектираат за отстранување на јаглеродниот БПК, но не и азотниот БПК. Сепак, азотните реакции често се случуваат и во некои веќе стабилизирани ефлуенти за време на пет-дневниот период на испитување. БПК₅ од водите за домаќинство, вообичаено се движи помеѓу 100 и 250 mg/lit, но и повеќе. Со оглед на тоа што азотната оксидација може да води кон значително повисок резултат за БПК₅ отколку што е реално за оксидација на органските субстанции, Агенцијата за заштита на животната средина на САД (U.S. EPA) има одобрено модифицирано БПК испитување со примена на азотен инхибитор за потиснување на реакциите на нитрификација.

Патогените се организми кои предизвикуваат болести и се во голема мерка присутни во суровата отпадна вода, процесните текови и пречистениот ефлуент. Нивното присуство се утврдува преку испитување на присуството на индикаторските организми, вклучувајќи вкупни и фекални колиформни бактерии, *Escherichia coli*, ентерококи, а во ретки случаи и фекална стрептокока.

Вирусите кои се испуштаат со фекалиите, урината, крвта и другите телесни течности, можат да ја загадат водата. Посебно се бројни и посебно важни за здравјето се вирусите кои што го

инфицираат гастролошкиот тракт кај луѓето, а се испуштени во отпадната вода од заразени индивидуи. Бидејќи вирусите се размножуваат само во рамките на живи клетки, нивниот број не може да се зголеми во отпадната вода. Пречистувањето на отпадната вода, нејзиното разблажување и природната деактивација понатаму го намалуваат бројот на овие вируси.

Кај комуналните пречистителни станици, вирусите се среќаваат поретко отколку бактериите и се многу потешки за мерење. Не се изведува никаква рутинска проверка на водата или отпадната вода за присуство на вируси. Ако се заклучи дека е потребно испитување, тоа мора да се изведе од страна на компетентен и високо стручен тим на вирусологи за вода.

Микроскопското испитување на отпадната вода и процесните текови може да даде важни информации за биолошките карактеристики на системот и е моќна алатка за контрола и управување на процесите, посебно за активната тиња. Испитувањето на тињата под микроскоп може да открие некои состојби кај тињата и да предупреди за тековни проблеми во процесот на пречистување. Микроскопското испитување може да открие појава на флокули (групирање на честички), прозирност на лебдечкиот слој на течност, постоење на некои микроорганизми или бактерии.

1.5. Хемиски карактеристики

Хемиските карактеристики на отпадната вода опфаќаат алкалност, хемиска потреба од кислород (ХПК), проводност, потенцијал за оксидација-редукција и рН вредност.

Алкалноста е мерка на способноста на отпадната вода да неутрализира киселини. Алкалноста се искажува како милиграми за литар калциум карбонат (mg/lit CaCO_3). Сепак и други состојки исто така придонесуваат кон алкалноста. Карактеристиките на водата со која се напојуваат домаќинствата и индустријата директно влијае врз алкалноста. На пример, висока во случај на „тврда“ вода (вообичаено кога станува збор за подземни извори) или екстремно ниска кога станува збор за „мека“, вода со која се напојува водоснабдителниот систем.

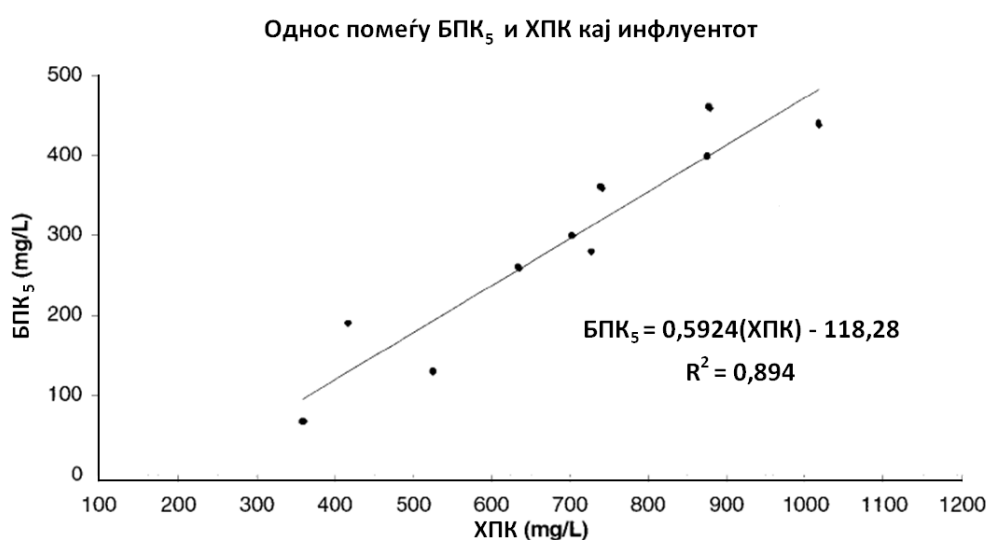
Отпадните води со повисока алкалност и овозможуваат на ПСОВ подобро да го поднесе дотекот на кисели индустриски води. Некои процеси во текот на пречистувањето, како на пример нитрификацијата при секундарното пречистување, ја намалува алкалноста и рН вредноста. Оттука, намалување на алкалноста во секундарните процесни постројки означува присуство на нитрификација во секундарните процеси. Соодветно, денитрификацијата генерира алкалност и може да придонесе кон пораст на рН вредноста. Затоа, систем за пречистување во кој се одвиваат и двата процеси (нитрификација и денитрификација) може да поврати дел од намалената алкалност, т.е. денитрификацијата ќе поврати околу 40% од намалената алкалност заради нитрификацијата.

Хемиска потреба од кислород (ХПК) - Chemical Oxygen Demand (COD) се дефинира како количина на оксидант кој што реагира со примерок на вода под определени услови (при што количината на потрошениот оксидант се изразува преку неговиот кислороден еквивалент). На кусо, ХПК овозможува да се измери колку кислород ќе биде потрошен во примерокот (потреба од кислород) за време од 3-4 часа. Оттука, ХПК испитувањето овозможува начин за брза проценка на БПК₅ на еден примерок.

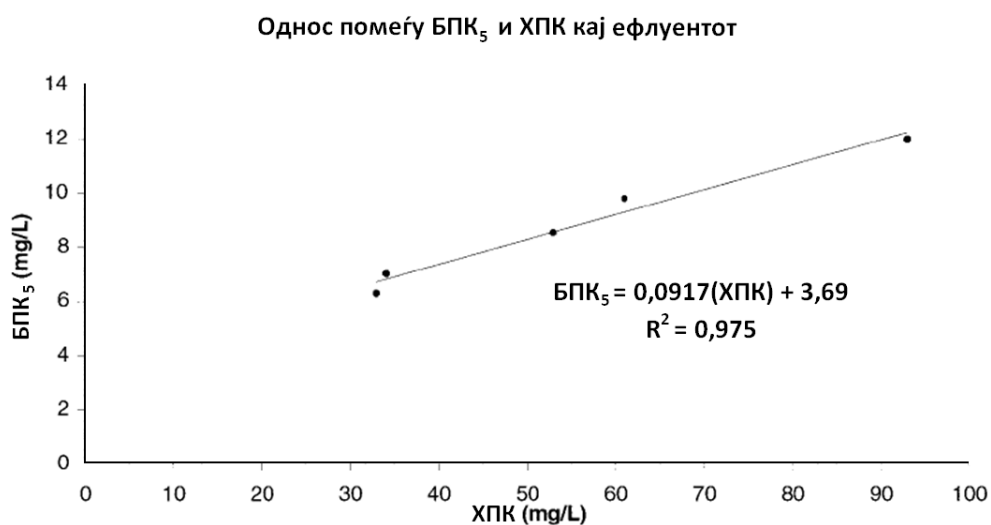
Врската помеѓу БПК и ХПК се разликува од постројка до постројка. Сепак, ХПК резултатите се секогаш повисоки од оние за БПК заради оксидацијата на сите органски материи. ХПК тестот за контрола на процесите мора да се изведува паралелно со БПК тестот за да се утврди

заемната врска. На овој начин се конструираат БПК-ХПК односи за секоја поединечна постројка. Овој однос се менува низ самата постројка од влез до излез и е вообичаено околу 0,5:1 за сурова отпадна вода, а може да се намали до 0,1:1 за добро стабилизирани секундарен ефлуент. Вообичаените вредности на ХПК за сурова отпадна вода се од 200 до 600 mg/lit O₂. Графиците на сликите 1.2. (инфлуент) и 1.3. (ефлуент) покажуваат резултати од реални мерења за определување на овој однос кај конкретна постројка, при што R² е „коэффициент на определување“, кој при линеарна зависност, е мерка колку линијата со која се апроксимирани мерните точки, добро ги претставува мерењата. Вредности над 0,85 се одраз на многу добра претставеност.

Постои и друг вид на испитување, познат како тест за определување на вкупното количество на јаглерод (total organic carbon - ТОС тест), кој што претставува алтернативен начин за проценка на БПК вредноста.



Слика 1.2. Резултати од мерења за определување на БПК-ХПК односот на инфлуентот за конкретна постројка



Слика 1.3. Резултати од мерења за определување на БПК-ХПК односот на ефлуентот за конкретна постројка

Проводноста (кондуктивноста) е мерка за способноста на водениот раствор да пренесува електрична струја. Проводноста на отпадната вода од домаќинствата генерално се движи помеѓу 50 и 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, иако некои индустриски отпадни води имаат проводност повисока и од 10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Проводноста на отпадната вода го покажува количеството на растворени неоргански материи во неа. Нормалниот опсег на нејзината проводност е поврзан со концентрациите на растворените цврсти материи во водата од системот за водоснабдување. Значително зголемување во проводноста на отпадната вода укажува на невообичаено излевање, најверојатно од индустриски извор. Преку мерење на проводноста може да се пресметаат времињата на струење на водата помеѓу пумпни станици или помеѓу други точки во колекторскиот систем. Оваа постапка опфаќа инјектирање на раствор од спроводлив материјал, како на пример сол, на водениот тек и мерење на времето кое изминува додека проводноста се покачи на некоја низводна точка.

Добивањето на сигурни податоци преку употреба на опрема за мерење на проводноста бара грижа за електродите за да се спречи грешка или неадекватна циркулација на примерокот. Проводности поголеми од 10000 до 50000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ или помали од 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$ се многу тешки за мерење.

Растворен кислород е едноставно молекуларниот кислород кој е присутен во водата или отпадната вода. Максималното можно количество на кислород во овие води е зависно од температурата. Постудена вода може да содржи повеќе растворен кислород отколку потоплата. Сепак, студената вода може всушност да содржи помалку растворен кислород отколку потоплата, во зависност од останатите услови во водата.

Растворениот кислород во некоја точка од системот за пречистување претставува една од детерминантите за тоа кои типови организми можат таму да живеат и да се развиваат. Со намалувањето на концентрациите на растворениот кислород, аеробните организми ја забавуваат својата активност. Таквите пониски концентрации им одат во прилог на т.н. **пловечки тињи**, кои се посебно проблематични и лошо седиментираат, групирајќи се поголеми целини. Превисоки концентрации на растворен кислород, пак, можат да резултираат со флокули тиња кои не се згручуваат и не седиментираат. Оттука, јасно е дека концентрацијата на растворениот кислород е суштински управувачки (контролен) фактор при пречистувањето на отпадните води и тој мора се одржува во граници кои им одговараат на потребните организми.

Одредени супстанции ослободуваат или примаат електрони кога супстанциите се растворени во раствор. Интензитетот или склоноста за ослободување електрони (оксидација) или примање на електрони (редукција) се нарекува **Потенцијал за оксидација-редукција (ПОР-ORP)**. Пример за ова е даден во табелата 1.1. Често се користи кусиот израз *redox potential* (oxidation-reduction potential) и се мери во милivolти.

ПОР го мери потенцијалот на системот за пречистување. Преку може да се идентификуваат тековните услови на работа и овозможува моментна реакција на критичните контролни уреди. ПОР се мери со мерач со запис на резултатите и ПОР потопена сонда. Може да се користи за мониторинг на влезната отпадна вода, примарниот ефлуент, аеробните уреди за пречистување и друго.

Суровата отпадна вода има вообичаено ПОР од -200 mV. Силно оптоварен инфлуент би имал околу - 400 mV, додека слабо оптоварен инфлуент (како на пример вода што содржи надворешни приливи) би има околу - 50 mV.

Табела 1.1. Пример за ПОР

Потенцијал за оксидација - редукција			
Електрична активност кај биолошките системи			
Анаеробна			
Ферментација	-200 mV	до	-50 mV
Аноксична			
Денитрификација	-50 mV	до	+50 mV
Аеробна			
Јаглеродна БПК	+50 mV	до	+225 mV
Нитрификација	+100 mV	до	+325 mV

Идеално, вредностите на ПОР за примарниот ефлуент на системот би требало да се еднакви со тие на непречистениот инфлуент. Негово намалување може да укаже на потребата од поголемо одведувањето на примарната тиња.

Изразот **pH** вообичаено се користи за прикладно претставување на концентрацијата на водородни јони во растворот, каде што pH се определува на следниот начин:

$$pH = - \log [H^+]$$

каде што $[H^+]$ е концентрацијата на водородни јони во растворот.

На пример, неутралната вода има $pH=7$, што значи дека концентрацијата на водородни јони е 10^{-7} mol/lit. Скалата за pH има опсег од 1 до 14, при што 7 е неутрална вредност. Вредностите под 7 укажуваат на кисела состојба, а оние над 7 - базична состојба. pH вредноста е исклучително важна при биолошкото пречистување на водата, бидејќи микроорганизмите остануваат доволно активни само во тесен опсег, генерално помеѓу pH 6,5 и 8. Надвор од овој опсег, pH може да ја попречи или целосно запре биолошката активност. Нитрификацијата е посебно осетлива на pH вредноста, додека биолошката активност се намалува на нула при вредности под 6.

Непречистената отпадна вода има pH вредност околу 7. Иако поголеми отстапувања можат да укажуваат на индустриски или други приливи кои не потекнуваат од домаќинствата, постојат и други услови кои придонесуваат кон оваа состојба. Анаеробните услови ја намалуваат pH вредноста на отпадната вода. Ниска pH вредност во комбинација со други услови, како на пример сулфидни мириси или црна боја, водат кон заклучок дека станува збор за септички услови во колекторскиот систем или низ процесите на пречистување. Само нитрификациските реакции во секундарните аерациони базени можат да ја намалат pH вредноста до таа мерка за да ја намалат биолошката активност во некои ниско-алкални системи. Обратно, денитрификациските реакции, сами по себе, ја зголемуваат pH вредноста. Покриени

оксидациски системи, исто така, можат да ја намалат рН вредноста, како резултат на насобирањето на јаглеродна киселина.

1.6. Цврсти материи

Во ПСОВ се применуваат механички и микробиолошки методи за отстранување на цврстите материи (ЦМ) или да ги доведат во состојба, така што ефлуентот ги задоволува законските услови. При тоа се применуваат сита, решетки, таложници, пумпи и филтри за отстранување на поголемите цврсти материи и лебдечките честички. Воглавно се користат билошки методи за да преостанатите помали цврсти материи се исталожат на дното на мирната вода или да се претворат во гас или вода. Овој процес на пречистување не е идеален. Заради тоа, мора да се споредуваат количините на цврсти материи во водата кои влегуваат во постројката со тие кои ја напуштаат за да се измери ефикасноста и ефективноста на системот и дали тој е во согласност со законските норми. Исто така, се мерат и промените на различните типови цврсти материи кај секоја од постапките во постројката, што овозможува лоцирање на потребата и преземање на потребни корекции во системот.

Вкупни цврсти материи се сите цврсти материи во отпадната вода. Можат да се групираат врз основа на тоа што „прават“ во водата: материи кои се таложат (тонат), материи кои не се таложат (лебдат или пливаат низ водата) или материи кои се раствораат во неа.

Значи:

$$\text{Вкупни ЦМ} = \text{Таложливи ЦМ} + \text{Неталожливи ЦМ} + \text{Растворени ЦМ}$$

Нерастворените ЦМ се нарекуваат Измешани (Суспендирани) ЦМ, па така

$$\text{Измешани ЦМ} = \text{Таложливи ЦМ} + \text{Неталожливи ЦМ}$$

За да се определи концентрацијата на вкупните ЦМ, прво мора да се определи нивната маса по единица волумен на следниот начин:

1. Се мери масата на сад, претходно исушен во печка
2. Садот се полни со познат волумен на отпадна вода
3. Се става садот во печка
4. Се загрева се додека не испари целата вода
5. Повторно се мери масата на сувиот сад со остатоците од цврстите материи

Со одземање на почетната маса на празниот сад се добива масата на вкупните ЦМ. Со делење на масата на ЦМ со волуменот на водата на почетокот на постапката, се добива вкупната концентрација изразена како маса по единица волумен (на пр. mg/lit).

Мерењето на вкупните ЦМ кои влегуваат во ПСОВ е важно бидејќи може да послужи како индикатор дека нешто невообичаено се случува во колекторскиот систем, како што се надворешни приливи од санитарни извори. На пример, доколку се воспостави база на податоци за вкупните ЦМ во инфлуентот и дојде до значителна промена на измерената вредност во однос на податоците од базата, јасно е дека станува збор за недозволен прилив или дефект на колекторскиот систем. Оваа разлика во однос на историските податоци од базата овозможува рана индикација на проблемот и навремено корективно дејство за спречување на дестабилизација на системот за пречистување.

Вкупните ЦМ, исто така, можат да се поделат според тоа дали можат да поминат низ филтер со одредена големина на отворите. Растворените ЦМ поминуваат низ филтерот заедно со водата. ЦМ кои се задржани од филтерот се нарекуваат измешани ЦМ. Измешаните ЦМ обично се видливи во водата и придонесуваат за нејзиниот нечист и непријатен изглед.

ЦМ кои лебдат низ водата, се вообичаено помали од оние кои потонуваат на дното или пливаат и се нарекуваат *колоидални ЦМ*. Тие остануваат распространети низ водата заради малата големина и специфичната тежина која им е скоро еднаква со таа на отпадната вода, како и заради електричниот полнеж кој тежнее да ги оттурне едни од други и го спречува нивното таложење. Измешаните ЦМ се посебно важни при третманот на отпадната вода, бидејќи е еден од критериумите според кој се оценува задоволувањето на законските прописи.

Растворените ЦМ, пак, освен доколку не ја бојат водата или не се присутни во многу големи концентрации, не се видливи во водата. Шеќер или сол, кога се растворени во вода се примери за овој вид на ЦМ. Генерално, растворените ЦМ и нивното влијание врз третманот на отпадните води се проценува преку други испитувања.

За да се определи концентрацијата на растворени ЦМ, се определува нивната маса на единица волумен на следниот начин:

1. Се мери масата на соодветен филтер, претходно исушен во печка
2. Се пропушта измерена количина отпадна вода низ филтерот
3. Се става филтерот со насобраните цврсти материи во печка
4. Се загрева се додека не испари целата вода и
5. Повторно се мери масата на сувиот филтер со остатоците од цврстите материи.

Со одземање на почетната маса на сувиот филтер се добива масата на растворените ЦМ. Со делење на масата на растворените ЦМ со волуменот на отпадната вода користен на почетокот на постапката, се добива вкупната концентрација изразена како маса по единица волумен (на пр. mg/lit).

Цврстите материи можат да се групираат и врз основа на тоа дали се палат на одредена температура. Тие ЦМ кои се палат се нарекуваат **запаливи ЦМ**, а оние кои остануваат се нарекуваат **фиксни ЦМ** бидејќи не се менуваат и покрај топлината на која се изложени.

Генерално, запаливите ЦМ се поинтересни заради тоа што даваат добра проценка колку органски материи се присутни во отпадната вода. Посебно заради фактот што органските материи се претвораат и третираат од страна на микроорганизмите. Според тоа, доколку се измери концентрацијата на запаливите ЦМ пред и после пречистувањето, се добива мерка за неговата ефективност.

Еден од примарните начини за отстранување на ЦМ од отпадната вода е да се остават едноставно да се исталожат на дното на резервоари, кои се нарекуваат **таложници**, а пречистената вода се излева преку работ на резервоарот. Ефективноста на ова таложење зависи од тоа колку добро се води системот во насока на одржување на најповолниот состав на микроорганизми, кои ќе придонесат кон таложење на ЦМ, како и контрола на нивната концентрација низ целиот пречистителен систем.

Доколку тињата од ЦМ е претешка, брзо тоне, па зад себе остава голем број на многу мали честички распространети низ водата, кои што потоа се изнесуваат со пречистената вода. Од

друга страна, ако микроорганизмите придонесуваат кон полесна тиња, таложето е пребавно или воопшто не се случува и повторно тињата се одведува со пречистената вода.

За оценување на таложливоста на активната тиња постои 30-минутен тест (Settled Sludge Volume-SSV test), кој е подетално објаснет во [2].

1.7. Хемиски состав на водата

Хемискиот состав на отпадната вода и интерните процесни текови дава широк спектар на информации кои се однесуваат на карактеристиките на отпадната вода и состојбата на процесите на пречистување. Хемиското испитување обезбедува информации за концентрацијата на специфични супстанции за кои истото се спроведува. Кога оваа информација ќе се примени со масениот проток се добива вкупното оптоварување на таа супстанца што овозможува подобар мониторинг и водење на процесите на пречистување.

Законската регулатива бара спроведување на повеќе хемиски анализи. Хемиските состојки можат да се поделат во повеќе категории, во зависност од целта на класификацијата.

Слободниот **хлор** не се сретнува вообичаено во отпадните води заради екстремната реактивност. Сепак, може да биде присутен во помалку реактивни форми, како хлорамини. Хлорот вообичаено се користи за дезинфекција. Мерењето на остатокот на хлор и разбирањето на значењето на резултатите може да понуди ефективни начини за контрола на процесот на дезинфекција. Приодите за мерење на остатокот на хлорот опфаќаат повеќе рачни и автоматизирани техники. При тоа, иако автоматизираната инструментација бара почеста калибрација, обезбедува континуалност на процесот, а се елиминира и потребата за чести рачни подесувања.

Азотот во отпадните води се сретнува во четири основни форми: **органски азот**, **амониум** (NH_4 во јонизирана и слободна форма), **нитрит** (NO_2) и **нитрат** (NO_3). Формата во која се наоѓа азотот во отпадната вода го покажува нивото на органска стабилизација. Непречистената отпадна вода има повисоки нивоа на концентрација на органскиот азот и амониумот, а скоро и да не содржи нитрити и нитрати. При метаболизацијата на органскиот азот, тој се менува прво во амониум и потоа, доколку се поволни условите, во нитрит и нитрат. Покрај тоа, биолошката маса консумира азот за раст на клетките и на тој начин отстранува дел од азотот.

Промените во распределбата на азотот може да понудат одлични информации за процесните услови во постројките на пречистување. Зголемувањето на концентрациите на амониум во примарните таложници често значи дека се јавуваат септички услови од преголемата акумулација на тиња. Зголемување, пак, на концентрациите на нитрити и нитрати во секундарните таложници значи дека се одвива процес на нитрификација. Обратно, намалувањето на нитратите е сигнал за денитрификација, што е поволен процес доколку се случува во процесот на билошко пречистување со активна тиња (пред секундарните таложници). Доколку, пак, се случува во секундарните таложници, е неповолно заради ослободувањето на азотните гасови кои ги потиснуваат цврстите материји кон површината. Пливачки ЦМ во секундарните таложници можат да бидат и последица на пловечка тиња. Определувањето на концентрацијата на нитрати во водата овозможува релативно брз начин на проверка и разликување помеѓу денитрификација и пловечка тиња.

Вообичаените концентрации на азот во непречистената вода од домаќинствата се движи помеѓу 20 и 85 mg/lit за вкупниот азот (збир на органскиот азот, амониумот, нитрати и нитрити); 8 до 35 mg/lit органски азот; 12 до 50 mg/lit амониум-азот. Концентрациите на нитрити и нитрати се многу пониски. Доколку во постројката се пречистуваат индустриски отпадни води со високо БПК оптоварување и ниски нивоа на азот, постои опасност дека отпадната вода ќе содржи прениски концентрации на азот, при што за целосна стабилизација на БПК ќе биде потребно да се донесе азот од друг извор.

Анализата на азотот во отпадните води вклучува неколку постапки и техники. Нивоата на органскиот азот се определува со изведување на т.н. Кјелдалова (Kjeldahl) азотна анализа, со која се мерат заедно органскиот азот и амониумот, а потоа се одзема вредноста на амониумот која се мери посебно. Нитрите се мерат директно. Концентрациите на нитратот се определуваат преку мерење на вкупните нитрати и нитрити и одземање на претходно определените нитрити. Амониум-азотот, исто така, може директно да се мери со примена на електрода.

Анализата на азотот низ целиот систем за пречистување ја покажува исправноста на процесот. Доколку амониумот не се метаболизира во нитрати и / или нитрити, системот не ја пречистува соодветно отпадната вода. Во тој случај, треба да се направат дополнителни испитувања за да се открие проблемот.

Фосфорот, како и азотот, има различни форми во отпадната вода и служи како основен елемент за билошки раст и репродукција. Фосфорот може да биде присутен како орто-фосфат, поли-фосфат и органски фосфат. Често се мери нивната вкупна концентрација, како вкупни фосфати. Ортофосфатот, како форма која е најмногу на располагање на биолошките организми, понекогаш е потребно да се контролира.

Нормалната отпадна вода од домаќинствата има вкупно ниво на фосфор во опсегот од 2 до 20 mg/lit, од кои 1 до 5 mg/lit органски фосфор и 1 до 15 mg/lit неоргански фосфор.

Преголемите концентрации на фосфор во површинските води водат кон исклучително интензивно развивање на алгите и еутрофикација на водата. Како резултат на овие негативни ефекти врз ресипиентот, фосфорот строго се контролира на излезот од пречистителната станица.

Сулфур-водородот, кој што често се вбројува меѓу факторите кои лошо влијаат врз здравјето, но и придонесува за корозија на цевките и другата опрема во постројките, мора континуирано да се контролира. Тој го дава мирисот на „расипано јајце“ кај септичките отпадни води и најдобро се контролира на влезот, пред да се испушти во колекторскиот систем на ПСОВ. Мерењата на неговата концентрација можат да укажат на озбилноста на потенцијалната корозија и на ефикасноста за програмите за негова контрола. Можат да се разликува вкупен во однос на растворлив сулфид и бара тековни мерења на рН вредноста за поточна квантификација. Сулфур-водородот може да се неутрализира со додавање на комерцијално достапни производи, како на пример пероксид, перманганат, а може да се користи и железен хлорид.

Мастите и маслата во ефлуентот на постројката можат да се резултат на пливачки материји во доводната вода. Тие можат да бидат внесени во постројката како дискретни пливачки честички, како емулзивен материјал или како раствор. Мастите и маслата можат да се класифицираат како поларни или неполарни. Поларните, вообичаено се биоразградливи и

потекнуваат од животни, додека неполярните се потешко биоразградливи и вообичаено потекнуваат од нафтени продукти. Мерењето на нивната количина пред и после ПСОВ дава основа за утврдување на ефикасноста на нивното отстранување. Доколку претерани количини масти и масла се внесат во секундарниот систем, компонентите со пониска густина се врзуваат со биомасата. Ова врзување може да предизвика слабо таложеење на билошките цврсти материи, при што конечниот резултат е нивно испуштање во ресипиентот.

Скоро е невозможно да се добие репрезентативен примерок на мастите и маслата заради површинската концентрација и нивното лепење на површините на уредите за земање примероци и садовите за чување. За таа цел, после рачното земање на примерокот, целокупниот сад се мие со раствор за да се соберат нафатените масти и масла.

Елиминирањето на мастите и маслата на самиот извор на нивно настанување преку уреди за нивно фаќање е најдобриот метод за нивно контролирање уште пред да се внесат во пречистителната постројка.

1.8. Изведба и функција на една комунална пречистителна станица

На слика 1.4 е претставена една вообичаена комунална пречистителна станица. Овие постројки се состојат од механички и биолошки дел.

Пред влезниот градежен дел, во кој се вградени решетките (евентуално и сита) претставен е и еден прелив за дождовна вода. Целта на оваа постројка е да ја штити КПС при појава на силни врнежи од хидраулично преоптоварување и поплавување. При тоа постојат:

а) Базени за преливна дождовна вода (БПДВ)

Тие го прифаќаат само првиот дел од водите при силни дождови. Дождовната вода од првиот налет на силни врнежи е посебно нечиста, заради нечистиот дотекод загадени површини и ефектот на чистењето на каналите. загадувањето на базенот за пречистена вода може со тоа знатно да се редуцира, иако еден дел од мешаната вода оди во него непречистен, кога капацитетот на БПДВ ќе биде надминат.

б) Базени за задржување на дождовната вода

Базените за задржување на дождовната вода се така димензионирани што, при силен дожд, водата (скоро секогаш) потполно можат да ја задржат.

Во двата случаја задржаната дождовна вода, по стивнување на врнежите, се третира во пречистителната станица. Во базените, се разбира, доаѓа до седиментација, така да тие секогаш мора да се чистат.

в) Базени таложници за избистрување на дождовната вода (БТДВ)

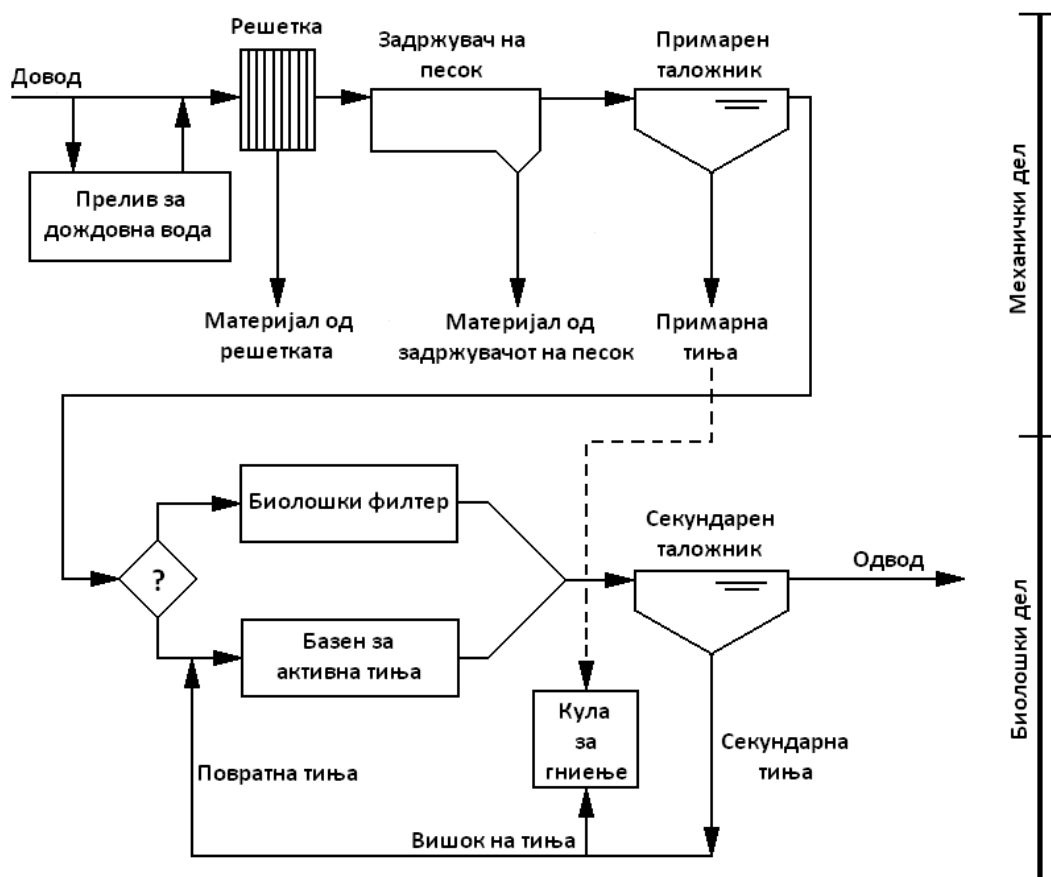
Овие се предвидуваат при одводни канализации кога одведената дождовна вода треба сепаратно да се пречисти пред да биде одведена во водоприемникот.

Во биолошкиот дел постапките *базен за активна тиња (БАТ)* и *биолошки филтер (БФ)* треба прво да се сфатат алтернативно. Изборот ќе зависи воглавно од биолошкото оптоварување на постројките и од расположивиот простор. Во некои случаи, кога капацитетот на базенот за

активна тиња не е доволен, може дополнително да се предвиди и биолошки филтер. На тој начин се добива една двостепена биолошка постројка.

Примарната тиња и вишокот на тиња од БАТ на ист начин се одведуваат кулата за гниење. Вишокот тиња од БАТ може ако е од секундарниот таложник поедноставно да се одведе и во примарниот таложник, а од таму да се извлече и одведе во кулата за гниење заедно со примарната тиња. Притоа примарниот таложник ја исполнува и функцијата згуснувач.

Понатамошниот третман на тињата од пречистителната станица преку згуснување, сушење и искористување или отстранување не е претставен на сл. 1.4 заради прегледност. Интегралниот третман на тињата се обработува на друго место.



Слика 1.4. Шематски приказ на комунална пречистителна станица [5]

2. ПРЕЛИМИНАРНО ПРЕЧИСТУВАЊЕ

Прелиминарното пречистување (третман) на отпадните води опфаќа механичко пречистување низ сита и решетки, отстранување на песокот и сличните материи, контрола на мирисот (кога има потреба за тоа) и мерење на протокот (слика 2.1). Отстранувањето на разните отпадни материи од водата, преку ситата и решетките, го штити целиот процес на пречистување кој се одвива низводно. Доколку откаже некој дел од оваа опрема, тогаш може да откаже и некој од процесите на пречистување. Постојат различни системи за механичко пречистување, со кои отпадната вода, која влегува како инфлуент, се подготвува за правилна примена на понатамошните напредни постапки на пречистување.



Слика 2.1. Шематски приказ на прелиминарното пречистување на отпадните води

2.1. Решетки и сита за механичко пречистување

Решетките ги отстрануваат поголемите цврсти парчиња и ѓубре (отпад), кои би можеле негативно да влијаат на работата на ПСОВ. Како прва постапка во постројката, **решетките** (trash/bar racks), слика 2.2, ја штитат опремата во постројката од оштетувања, како на пример затнување на цевки или оштетувања на пумпите и дифузорите за аерација кај уредите за отстранување на песокот и сличните материи. **Погусти решетки** (bar screens), слика 2.3, се користат се почесто за дополнително отстранување на цврсти материи и отпад. Колку материи ќе бидат собрани на самата решетка зависи од растојанието помеѓу стаповите и нивната големина, конфигурацијата и количината на отпадот. Доколку растојанието помеѓу стаповите на решетката е премало, ќе се зафатат и отстранат и органските материи кои што требаат да се третираат во понатамошните постапки, додека преголемото растојание ќе предизвика нивно пропуштање низ решетката и ќе предизвика проблеми во низводните процеси.

Отпадот што се собира на решетките, се отстранува во соодветни интервали со примена на рачни или автоматски методи на управување. Честотата на чистење зависи од повеќе променливи, како што се типот на колекторскиот систем (одвоен или комбиниран), демографските фактори, состојбата во која се наоѓа самиот колекторски систем, дијаграмот на дневно и годишно оптоварување (на пример присуство на лисја во есен).



Слика 2.2. Ретка решетка [3]



Слика 2.3. Густа решетка [3]

Отпадот од ретките решетки вообичаено се состои од дрва, гранки, камења и други покрупни материи. Отпадот, пак, кој се собира на погустите решетки се состои од крпи, мали пластични парчиња, лисја, хартија и други помали делови. Отпадот може да се транспортира со бесконечни ленти на друга локација во постројката или директно во контејнери. На крајот, отпадот се одложува на депонија или се согорува. Во последно време, во постројките се повеќе се користат преси за отпад или вакуумски контејнери за отстранување на водата од отпадот пред да се транспортира со цел да му се намали волуменот и тежината.

Ретките решетки се проектираат како ред на паралелни стапови со кружен или квадратен напречен пресек со меѓусебно растојание од 50-150 mm, поставени во канал. Стаповите можат да се постават под агол од 30 до 45 степени од вертикалата. Тие може да се чистат рачно или механички со робусни челични уреди за гребене (слика 2.4). Некои повеќеканални постројки користат едно гребло монтирано на мостен кран кое се движи помеѓу каналите. Ваквиот тип на решетки се поставуваат кај постројки во кои со водата се носи поголемо количество на покрупен отпад.



Слика 2.4. Челичен уред за гребене [4]

Густите решетки се слични со ретките, со тоа што имаат помало растојание помеѓу стаповите на решетката (18-50 mm). Тие се проектираат како стационарни градби вградени во бетонски канали и се монтираат во скоро вертикална положба и со челични уреди за нивно чистење. Овој тип на решетки вообичаено се поставуваат под агол од 15 до 30 степени од вертикалата за полесно функционирање на механизмот за чистење.

Најчестата вкупна широчина на каналот каде се поставуваат овие решетки варира од 0,6 до 4,2 m. Ефикасноста на отстранувањето на отпад и протокот низ решетката зависат од светлиот

отвор (растојанието) помеѓу стаповите на решетката. Колку е помало тоа растојание, се зафаќа повеќе отпад и се зголемува локалниот пад на притисокот во решетката. Димензионирањето на растојанието меѓу стаповите на решетката вообичаено зависи од процесите кои се одвиваат низводно од неа и најголемата големина на честички што може ефикасно и економично да се отстрани таму. Решетките со помало растојание изискуваат пошироки канали за да може зададениот проток да помине низ решетката.

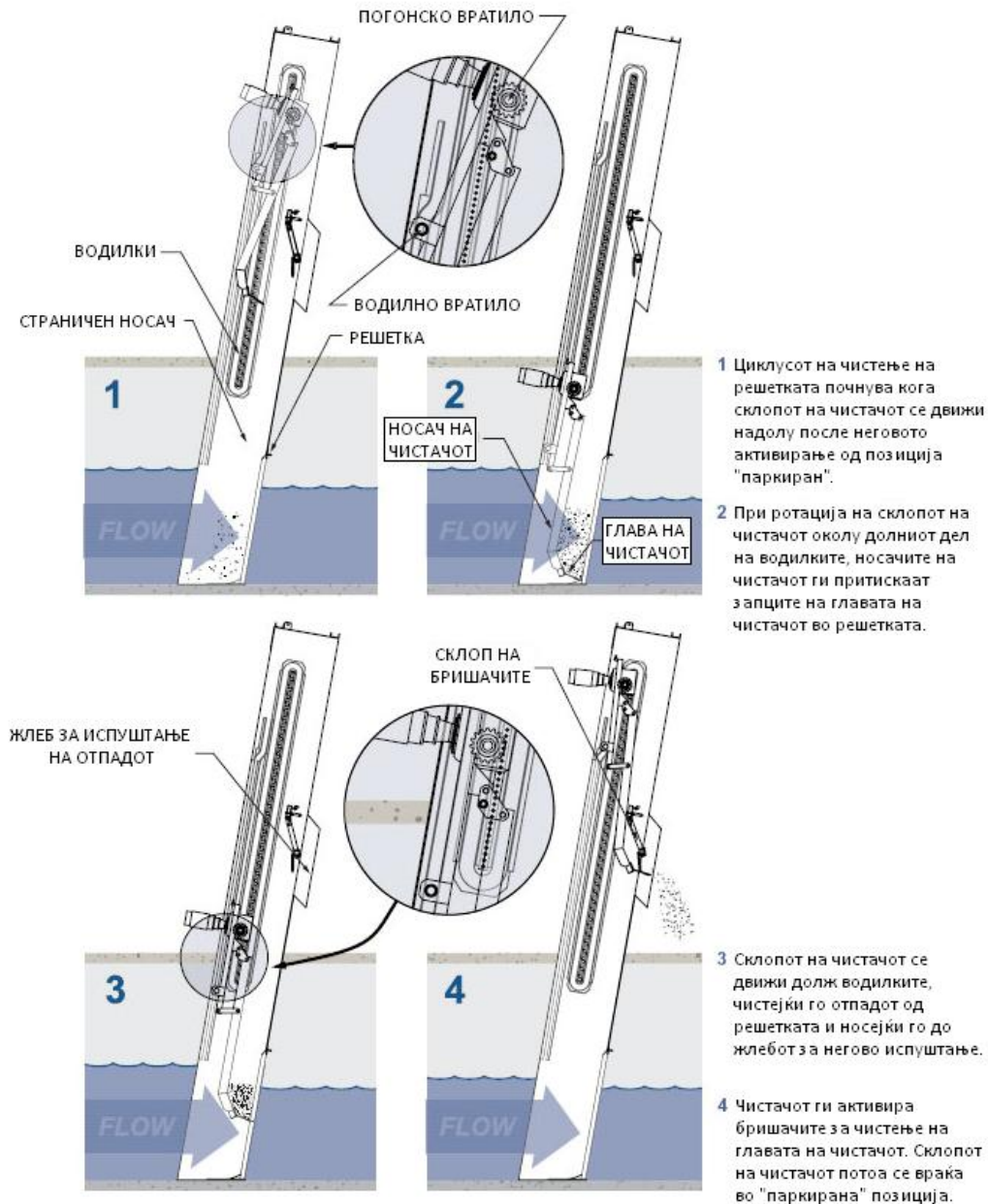
Повеќето постојки имаат два канали со решетки, посебно доколку имаат механичко чистење на решетките. Во ваков случај, доколку едниот уред е во дефект, другиот уред и канал се користат се додека не се отстрани проблемот. На каналите се вградени табласти затвораи со кои се овозможува пренасочување на водата, а од друга страна чистење, одржување и поправка на решетките и припадната опрема.

Доводот на непречистената вода треба рамномерно да се распореди на сите канали со решетки за да се обезбеди нивно рамномерно оптоварување. Нерамномерноста во оптоварувањето ќе предизвика потреба од почесто чистење на некои решетки од други.

На слика 2.5 е прикажана типична решетка со уред за механичко чистење од напред и со уред за гребнење на возводната страна. Ваквиот тип има назабен уред за чистење (гребло) кое е закачено на решетката и се движи надолу до дното на каналот. Кога ќе го достигне дното, со помош на кабли, челични јажиња или запченици се привлекува кон решетката. Тогаш, запците на греблото се поставуваат меѓу стаповите на решетката и во текот на неговото движење нагоре, го повлекуваат нафатениот отпад надвор од отпадната вода. Можна е и варијација на оваа изведба со механизам за чистење од задната страна, во тој случај запците навлегуваат меѓу стаповите и го извлекуваат отпадот.

Друг тип на решетки со механичко чистење се т.н. континуирани само-чистечки решетки. Тие се состојат од бесконечна лента на пластични или челични елементи (од нерѓосувачки челик) кои се провлекуваат низ отпадната вода и вршат чистење долж целата нивна должина. Ваквите уреди можат да имаат отвори мали и до 1 mm. Цврстите материи се нафаќаат на нив, а со вртењето на бесконечната лента, запците навлегуваат при нагорното движење и го собираат отпадот.

Во време на поголеми атмосферски врнежи, можна е потреба од зголемување на фреквенцијата на чистење на решетките или доколку постои можност, поставување на дополнителни решетки само во тој период.

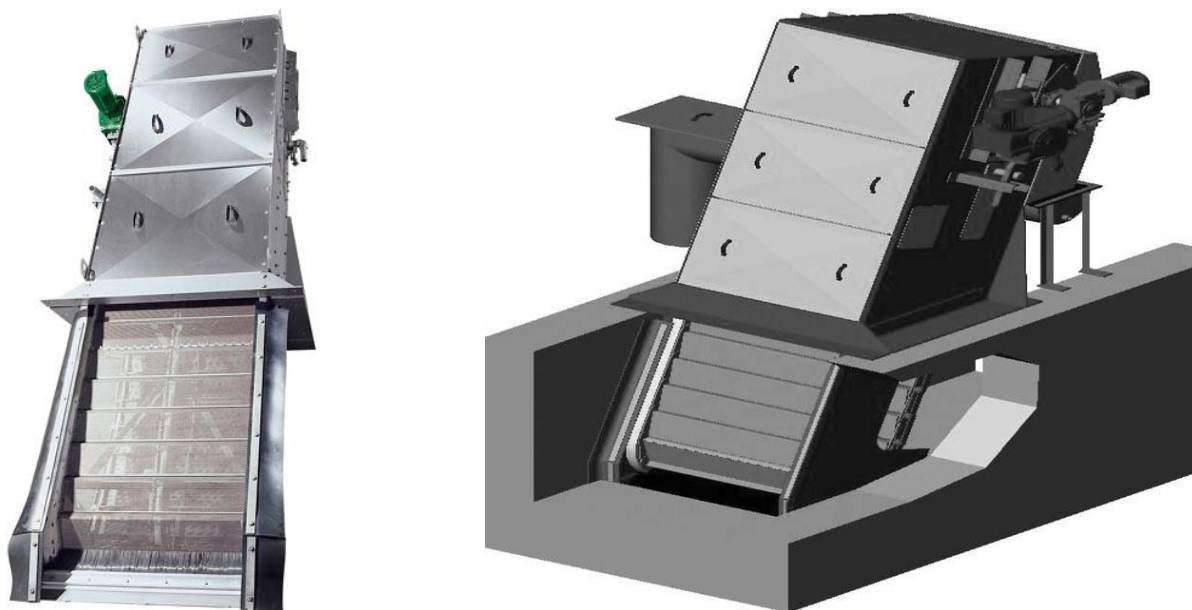


Слика 2.5. Густа решетка со предно чистење (Vulcan Industries, Inc.)

Управувањето со уредите за механичко чистење е вообичаено со електрични мотори и тоа рачно или автоматски. Автоматското управување може да биде преку прекинувач со тајмер, со сензор за нивото или програмабилен логички контролер (PLC). Најчесто се користи прекинувачот со тајмер (кога е познат бројот на потребни чистења во тек на еден ден), иако се почесто се вградуваат и PLC контролери. Уредите со тајмер не се погодни во случај на моментно зголемување на отпадот, заради што, паралелно со нив, се вградуваат и сензори кои го активираат уредот за чистење при поголем пад на притисокот во решетката (при поголема количина на отпад).

Ситата се почесто се монтираат на понови постројки и тоа како статични, така и во форма на барабан. Тие вообичаено се изработени од жица, перфорирани плочи или густо наредени стапови со отвори од 2 до 6 mm. Овие уреди обично се монтираат низводно од поретките

решетки. Отпадната вода се носи на врвот на ситото и цврстите материи се нафаќаат на неговата предна страна (слика 2.6). Водата минува низ ситото и истекува кон следните процеси. Цврстите материи се носат со бесконечна лента на конечно одлагање.



Слика 2.6. Сито за механичко пречистување (JWC Environmental)

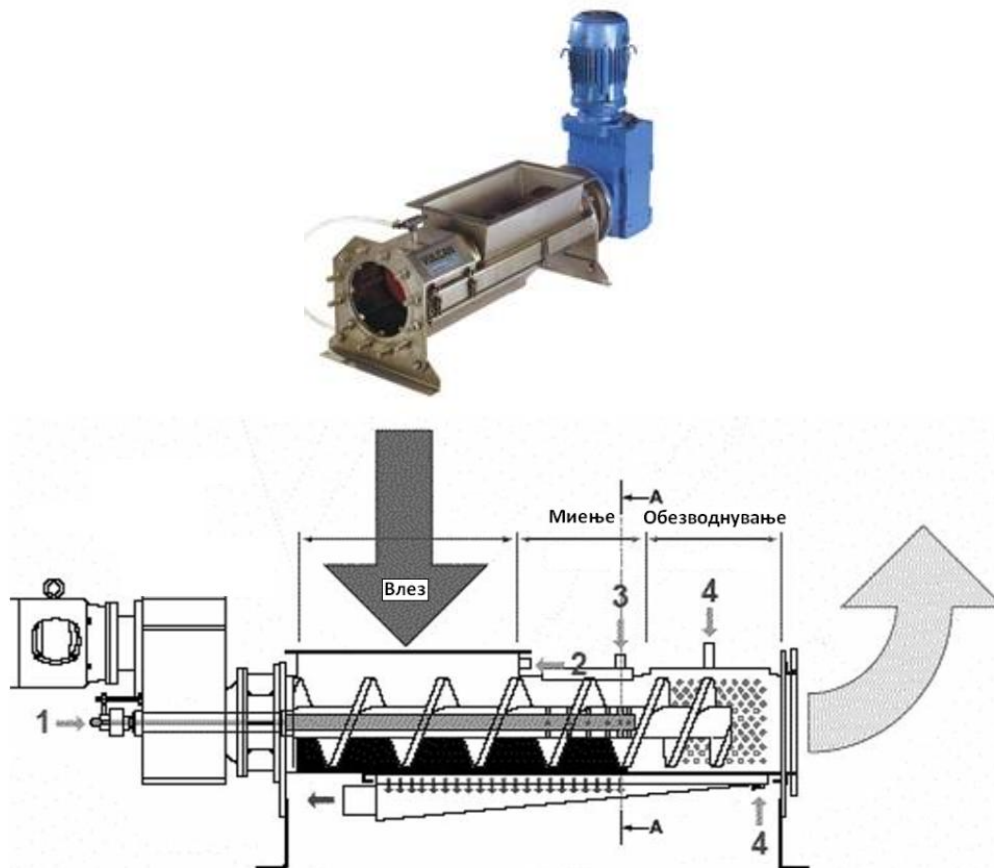
Ротирачко барабанско сито (слика 2.7) се состои од хоризонтален барабан во кој водата се носи од надвор или внатре. Во секој случај, цврстите материи се нафаќаат на ситото, а отпадната вода истекува низ малите отвори. Барабанот бавно се врти и се чисти од цврстите материи со помош на систем со прскање на вода.



Слика 2.7. Ротационо барабанесто сито (JWC Environmental)

Отпадот од ситата обично содржи повисоки концентрации на органски материи што бара почесто конечно одлагање за да се избегне непријатната миризба.

Пресите за отпадот го подготвуваат отпадот за одлагање на депонија преку отстранување на прекумерната количина на вода, но и преку намалување на неговиот волумен за поефикасно одлагање. Овие преси (сл. 2.8) се состојат од клипен, инкаст и клинест дел и работат со притисоци од 4500 до 6500 kPa.



Слика 2.8. Преса за отпад (Vulcan Industries, Inc.)

2.2. Отстранување на песокот и сличните материи

Овие материи во отпадната вода начелно се наоѓаат во форма на фини, дискретни, биолошки неразградливи честички, кои имаат брзина на таложење поголема од таа на органските цврсти материи. Во нив спаѓаат песок, јаглен, камења, зрна од кафе, филтри од цигари и други релативно нераспаднати органски и неоргански супстанции.

Нивното отстранување е клучен елемент на прелиминарниот третман на отпадната вода, ја штити опремата, го намалува затнувањето на цевките и ги штити подвижните делови на машинската опрема и пумпите од абразија и дополнително оштетување. Овој процес, исто така, спречува собирање на материјал во низводните процеси, како на пример во аерационите резервоари или други процеси во кои се третираат цврстите материјали, при што би се губел дел од нивниот корисен работен волумен.

Уредите во кои се издвојуваат песокот и останатите наведени материи од отпадната вода се нарекуваат **таложници за песок (песколовци)**. Потоа, исталожениот материјал се средува и сепарира од водата со помош на завојни конвејери, пумпи и циклони, за да конечно се измие за од него да се отстранат несаканите органски материи.

Отстранувањето на песокот започнува со негово таложење во четириаголни или кружни комори или со помош на центрифугална сила. Постојат три типа на комори за таложење: со рачно чистење, со автоматизирано машинско чистење и со воздушен виор, кои најчесто се сретнуваат.

Коморите со рачно чистење се користат кај најмалите постројки со протоци помали од 3,800 m³/ден. Овој тип се состои од најмалку два надолжни гравитациски канали со уреди за управување на излезите за регулирање на брзината на отпадната вода на приближно 0,3 m/sec. Точното одржување на оваа брзина понекогаш е тешко кај овие типови на комори. Доколку брзината е поголема од таа, неорганските материи нема да бидат отстранети. Обратно, пак, доколку брзината е помала од 0,3 m/sec, тогаш органските материи се таложат во самиот резервоар. Некои комори имаат инкасто дно за складирање на отпадот. Постојат и отвори на дното за празнење на резервоарите и рачно отстранување на отпадот со лопата.

Коморите со автоматизирано машинско чистење се од гравитациски тип и претставуваат резервоари со четириаголна или кружна форма. Повеќето четириаголни резервоари имаат уреди за управување на брзината на водата и машински уреди за чистење со челични јажиња. Отпадот се отстранува кон одводна инка и се носи со завојни пумпи или пневматски транспорт. Кружните комори поседуваат кружен механизам за собирање на отпадот, кој се носи во централниот инкаст дел и се одведува да истиот начин како и во претходниот случај.

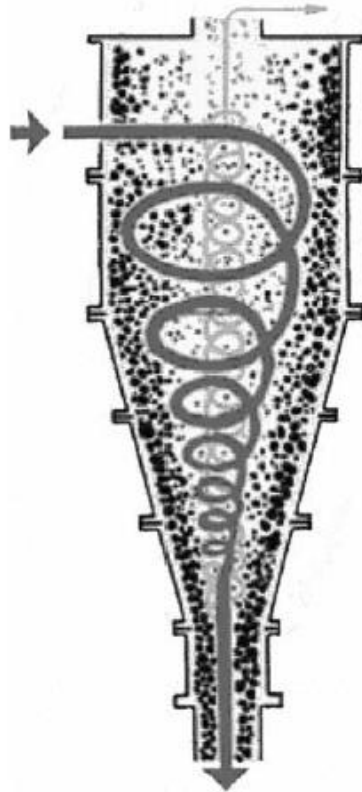
Аерираните комори обезбедуваат период на задржување на водата за зафаќање на песокот преку, со воздух поттикнато, ротационо движење на водата со брзина од околу 0,3 m/sec. Компримиранiot воздух, кој обично се доведува од процесите во постројката, влегува во комората преку дифузори во контролирана количина која ќе предизвика посакувана брзина на вртлогот за таложување на песокот. Обично е потребна брзина од 4,6 до 12,4 lit/s на метар должина од резервоарот за правилна работа на аерираната комора.

Во случај на затворена комора, неопходно е да се инсталира соодветна вентилација за да не се дозволи корозивната атмосфера да влијае на сите изложени елементи, како на пример електричната инсталација или управувањето.

Вртложните комори се вбројуваат во гравитациските типови на комори и тие предизвикуваат вртлог во отпадната вода во комората. Неорганските материи се отстрануваат во инкастиот дел на резервоарот, додека органските остануваат во растворот при што се однесуваат со ефлуентот од резервоарот. Некои од проектните решенија за вртложните комори се потпираат на природната хидраулика за достигнување на саканата брзина на вртење, додека други, покрај ова, користат и ротирачки миксер со лопатки за добивање на потребната сепарација. Песокот што се таложува во овие резервоари може да се изнесе со воздушни или пумпи за песок(тиња) во канал за одводнување на песокот, циклони, сепаратори на песок или друга опрема за отстранување на вишокот вода.

Циклоните (слика 2.9) ја користат центрифугалната сила во конусни уреди за сепарирање на песокот и органските материи од отпадната вода. Со помош на пумпа, со контролирана брзина, се внесува смесата од песок и слични материи заедно со органските супстанции во циклонот. Смесата дотекува тангенцијално блиску до горниот раб на циклонот. Брзината на дотококот создава вртлог кој што создава смеса со повеќе песок кај долниот, помал отвор, додека поголемиот волумен на смесата, кој што содржи воглавно запаливи материи се задржува горе. Струјата со песокот истекува кон просторот за миене на песокот, додека струјата од која што е отстранет песокот го напушта циклонот низ отворот блиску до врвот на уредот и се враќа кон процесот на пречистување. Во некои случаи, механички миксер го создава центрифугалниот ефект.

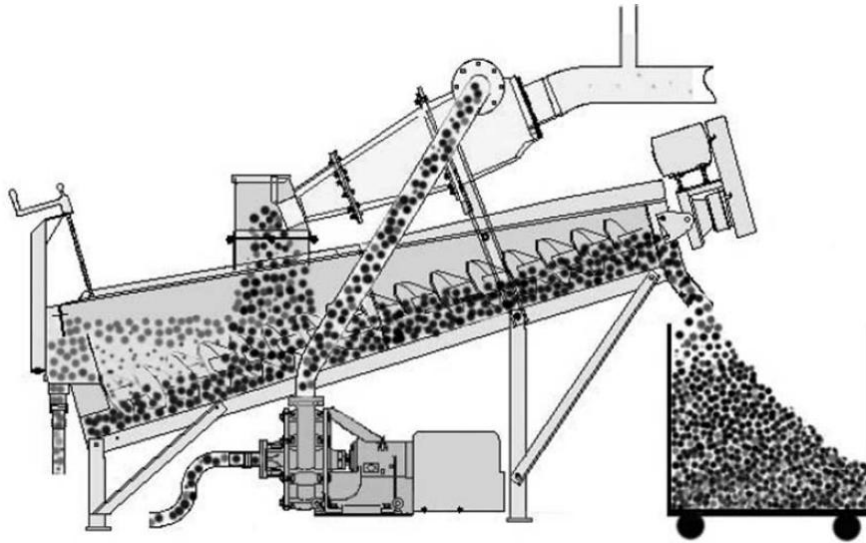
Отстранувањето на песокот во циклонот вклучува пумпа како интегрален дел од процесот бидејќи нема подвижни делови и зависи од континуираниот доток на течност. Волуменот на внесената смеса и резултантниот притисок на циклонот се критичните барања специфицирани од страна на самиот производител. Температурата, концентрациите на цврсти материи и други карактеристики на смесата може да бараат промена во големината на горната и долната бленда после монтажа и почетните искуства од работата. Во некои случаи, овие отвори се прават и подесливи.



Слика 2.9. Циклон (Weir Specialty Pumps)

Сепараторите за песок и останатите материи (слика 2.10) ефикасно ги отстрануваат сите органски материи. Завојните и сепараторите со решетки се покажале како сигурни и обично даваат како резултат производ кој е сиромашен со органски материи. За да се обезбеди ниско ниво на запаливи материи, понекогаш е потребна дополнителна количина на течност при самиот процес. Миењето на песокот се врши на долниот крај на сепараторот во резервоар во кој може да се подесува количината на вода над исталожениот песок. За оптимално миење, некои циклони имаат подеслив долен отвор за промена на количината на течност која се испушта со песокот.

Отстранетите цврсти материи од водата, од сепараторот се носат до контејнери каде се одлагаат.



Слика 2.10 Сепаратор за песок и слични материи (Weir Specialty Pumps)

Во прелиминарниот третман на отпадните води треба да се земат уште неколку постапки, како на пример **изедначувањето** (амортизирањето) **на прекумерни дотоци** на отпадна вода или **регулирање на мирисот** од неа.

Редуцирањето на флукуациите на протокот (дневни и атмосферски) во колекторскиот систем ја подобрува работата и перформансите на пречистителната станица. Привременото собирање на водата во постојната канализациска мрежа или примената на посебни постројки за изедначување на протокот (базени) позитивно влијае врз работата на опремата. Исто така, е неопходно да се балансира и оптимизира работата на решетките и коморите во случај на повеќе паралелни единици.

Мирисот често потекнува од зафатите на постојката заради долгото време на транзитирање на отпадната вода низ колекторскиот систем. При тоа може да се создаде сулфур водород и други анаеробни нуспродукти од распаѓањето кои можат да предизвикаат опасна состојба и симптоми во затворен простор. Секогаш кога е можно, треба да се елиминира дотокот на отпадна вода со септични карактеристики уште во колекторскиот систем. Во спротивно, ќе биде неопходно регулирање на мирисот преку хлоринација, железни соли, калиум перманганат, водород пероксид или аерација.

3. ПРИМАРНО ПРЕЧИСТУВАЊЕ

Примарното пречистување (третман) ги сепарира цврстите материи кои можат да се наталожат или да испливаат на површината на отпадната вода во седиментациони базени (таложници) каде што брзината на отпадната вода се намалува до дел на сантиметар во секунда. Други предности на примарниот таложник се изедначување (амортизирање) на вишокот на вода од надворешни извори, како и отстранувањето на биолошкото оптварување на водата (БПК) кое се содржи во исталожените цврсти материи.

За да се подобри таложењето (седиментацијата), пред таложниците се врши претходна аерација или се додаваат хемиски соединенија. Во некои постројки е инсталирана опрема за дозирање на хемикалии кои се додаваат во водата за зголемување на создавањето на флокули (групирани честички од цврсти материи), со што се подобрува таложењето. Сепак, кај повеќето постројки не се додаваат хемикалии кај примарните таложници.

3.1. Опис на процесите

Растворените честички можат да се поделат на зрнести (грануларни) и растресити (флокулни). Зрнестите (песок и тиња) материи се таложат со константна брзина, без промена во големината, формата или тежината. Во идеален случај, сите зрнести материи би требало да се отстранат претходно во коморите за отстранување на песок. Флокулните честички (органиски материи, флокули формирани од коагулант или биолошки раст), се растресуваат во тек на таложењето при што ја менуваат својата големина, форма и релативна густина. Кластерите (гроздовидна форма на збир од повеќе вакви честички) обично побрзо се таложат отколку поединечните честички. Таложливите цврсти материи, вклучително и делови на зрнестите или растреситите материи, се таложат при мирни услови за определено разумно време. Неталожливите цврсти и колоидалните материи не се исталожуваат во рамките на вообичаените времиња на таложење. За нивно таложење се применуваат хемикалии кои создаваат потежок талог.

Отстранувањето на материите кои пливаат, вклучувајќи и масла и скрама, им помага на низводните процеси во постројката, го намалува испуштањето на полутанти и го подобрува изгледот на пречистената отпадна вода. При мирни услови, дел од овие материи се таложат со тињата, додека остатокот останува да плива на површината и од таму се собира со посебни уреди (skimming).

3.1.1. Фактори кои влијаат врз отстранувањето на таложливите цврсти материи

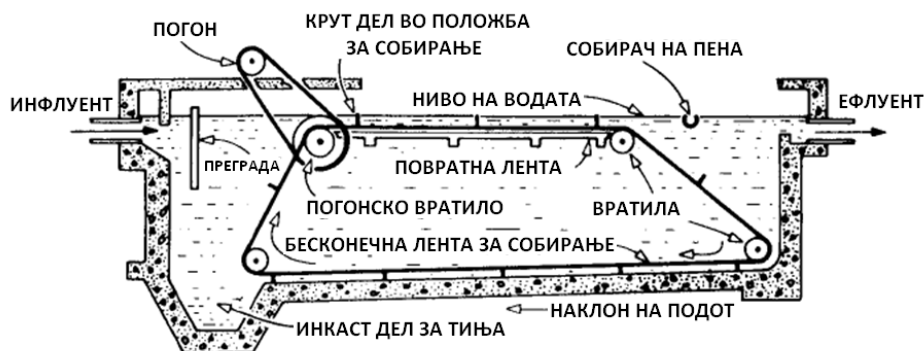
Ефикасноста на таложникот главно зависи од параметрите на хидрауличното оптоварување, како на пример количината на површински прелив на пречистена вода, времето на задржување на водата во резервоарите, нивната конфигурација, карактеристиките на отпадната вода и честичките во неа, температурата и количината на индустриски отпадни води во вкупниот износ.

Перформансите на таложникот зависат од неговата површина (должина и ширина или пречник), неговиот волумен и местоположбата на влезните и излезните градби (Слика 3.1). При секој доток на отпадна вода, површината на таложникот ја диктира количината на вода која се излева преку неговиот раб (површински прелив), додека волуменот на таложникот го

определува времето на хидраулично задржување. Додека брзината на отстранување на зрнестите материи, кои се таложат со воедначена брзина, зависи скоро исклучиво од површината на таложникот, брзината на отстранување на флокулните материи, кои се таложат со променливи брзини зависи од волуменот на таложникот и неговата површина. Брзината на површински прелив (Surface overflow rate-SOR) се пресметува како:

$$SOR \left(\frac{m^3}{m^2 \cdot d} \right) = \frac{Q \left(\frac{m^3}{d} \right)}{A (m^2)}$$

при што: Q е доток на отпадна вода, а A е површината на таложникот.



Слика 3.1. Пресек на четириаголен резервоар за примарно таложјење

Времето на хидраулично задржување (Hydraulic retention time-HRT) го претставува времето кое е потребно за единица волумен од отпадната вода да помине целосно низ резервоарот при зададен проток:

$$HRT (h) = \frac{V \left(\frac{m^3 \times 24 h}{d} \right)}{Q (m^3/d)}$$

Времето на задржување треба да е доволно за да овозможи скоро целосно отстранување на таложливите цврсти материи. Подолг престој на водата во таложникот нема да го подобри таложјењето и всушност може да биде пречка доколку се дозволи водата да стане септична (да трули).

Бидејќи димензиите на таложникот се константни, површинскиот прелив на пречистена вода и времето на задржување се менуваат во зависност од количината на отпадна вода што дотекува во него, што резултира со променлива ефикасност на отстранувањето на таложливите материи. Следствено, може да се промени и бројот на потребни единици (постројки) потребни за таложјење, доколку дотокот значително се менува.

Таложјењето зависи од свежината на отпадната вода, карактеристиките на честичките, температурата и количината и типот на индустриските отпадни води.

Цврстите материи во застоена (септична) вода потешко се таложат во однос на материите во „свежата“ отпадна вода заради тоа што биолошкото распаѓање во застоената отпадна вода ја намалуваат големината на честичките, а гелатинската маса што се создава со биолошката реакција тежнее да ги исплива честичките. Колекторскиот систем директно влијае врз

свежината на отпадната вода. Времето за кое што отпадната вода минува низ канализацијата зависи од физичките карактеристики на системот, како на пример нагибот и должината, бројот на пумпните станици и начинот на кој работи колекторскиот систем. Кај многу пречистителни станици непречистената отпадна вода се чува во канализацијата, наместо во резервоари и на тој начин се зголемува времето на нејзиното задржување во системот и се намалува нејзината свежина. Поголеми количини на индустриски отпадни води, кои трошат повеќе кислород, исто така, влијаат негативно на свежината на водата.

Карактеристики на честичките. Честичките кои имаат поголема специфична тежина се таложат побрзо од полесните, оние кои имаат поголем однос на површина врз тежина се таложат побавно, додека честичките со неправилна форма се таложат побавно заради поголемиот отпор на триење. Големината, формата и густината на честичките зависи од канализациската мрежа и типовите на возводните процеси на пречистување во постројката.

Температурата на отпадната вода влијае врз брзината на таложеење. Топлото време ја зголемува брзината на биолошката активност, со што се намалува свежината на отпадната вода во колекторскиот систем и се создаваат гасови во таложниците, кои го забавуваат таложеењето. Од друга страна, пониската вискозност на топлата вода во споредба со студената, им овозможува на честичките да се исталожат побрзо. При температура на водата од 27°C, брзината на таложеење е поголема за скоро 50 проценти од таа кога водата има 10°C.

Ефикасноста на примарниот таложник се намалува за време на зимските месеци заради високата вискозност, но и зголемената густина на студената вода. Брзината на таложеење се намалува со зголемувањето на густината на водата. Температурните и соодветните разлики во густината помеѓу водата во таложникот и новата вода која дотекува во него, можат да создадат водени струи како последица на разликата во густините. Овие струи можат да му пречат на процесот на таложеење на честичките.

Количината и типот на **индустриските отпадни води** можат да влијаат врз таложеењето, преку краткотрајно хидраулично и органско оптоварување, кое претставува големо нарушување (шок) за процесите на пречистување во постројката. Индустриските оптоварувања со органски материи во измешана или растворена форма, можат да предизвикаат септични услови и проблеми при таложеењето. Поголемите количини на отпадна вода, пак, ќе го зголемат површинскиот прелив и ќе ги намалат времињата на задржување, со што повторно настануваат проблеми со седиментацијата.

3.1.2. Фактори кои влијаат врз отстранувањето на цврстите материи кои пливаат

Ефикасноста на отстранувањето на мастите, маслата и скрамата од површината на отпадната вода зависи од конфигурацијата на резервоарот, карактеристиките на отпадната вода и типот и состојбата во која се наоѓа механизмот за нивно отстранување.

Преградите на излезот од примарниот таложник мораат да бидат континуирани и доволно длабоки да спречат мастите и скрамата да истекува под нив. Ефикасноста на отстранувањето на мастите не зависи многу од системот и опремата која се применува.

Температурата и рН вредноста се двете карактеристики на отпадната вода кои влијаат врз ефикасноста на отстранувањето на мастите и скрамата. При летни температури на отпадната вода или при рН вредности помали од 7 (кисели), мастите, маслата и скрамата имаат

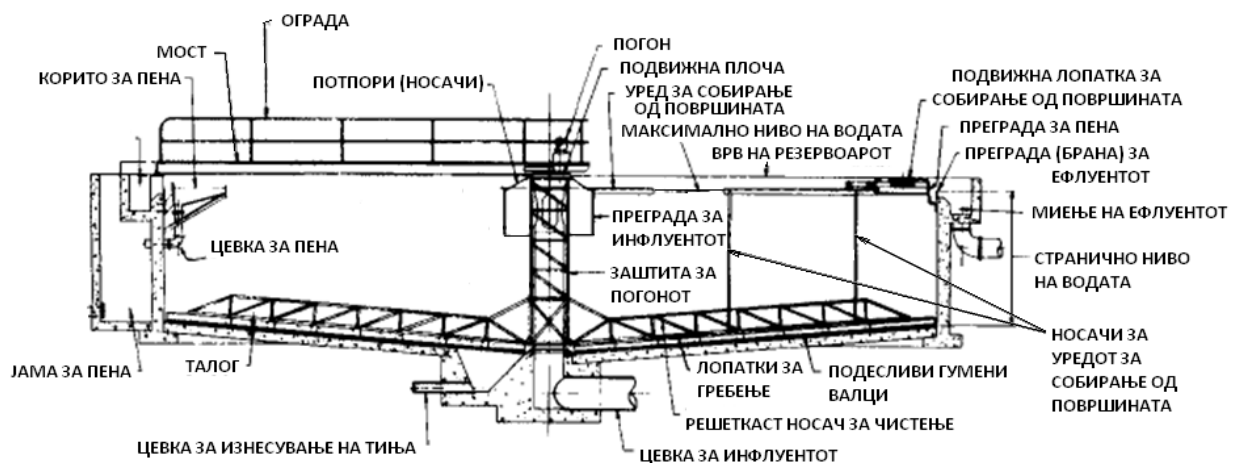
тенденција да останат во растворена состојба, а некои од нив и да се врзат со исталожената тиња наместо да пливаат на површината.

Во зависност од типот на резервоарот, механизмите за отстранување на пливачките материи се состојат од зафаќач на скрама, корито за скрама, тркало со лопатки, телескопски вентил или други слични механизми.

3.2. Опрема

3.2.1. Седиментациони резервоари (таложници)

Тие можат по својата форма да бидат правоаголни, кружни или квадратни. Кај правоаголните, отпадната вода тече од едниот крај на резервоарот кон другиот, а ножеви за стругање ја носат тињата која се таложи кон влезниот раб. Кај типовите со кружен и квадратен напречен пресек, отпадната вода обично дотекува во централниот дел и потоа радијално се шири кон надворешните рабови (слика 3.2), додека исталожените цврсти материи со гребене или на друг начин, се носат во центарот. Кај некои типови на кружни таложници (наречени базени за бистрење со периферен доток), отпадната вода дотекува од надворешниот раб и тече навнатре. Imhoff резервоарите имаат двојна функција на таложеење и анаеробно разградување, но ова се решенија со застарена технологија и не се сретнуваат многу често.



Слика 3.2. Пресек на таложник со кружен напречен пресек

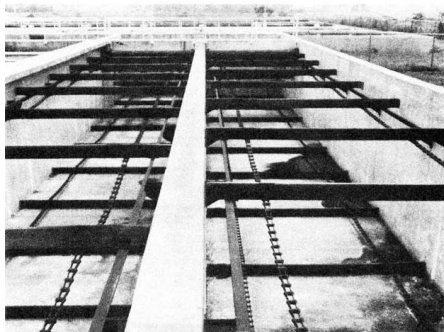
Исталожените материи треба да се соберат на некое место во таложникот од каде што можат да бидат изнесени од него. За оваа цел, кај примарните таложници се применува автоматизирано изнесување, со исклучок на некои мали постројки каде што тоа се врши рачно. При тоа се користи следната опрема:

- Носачи со синцири (правоаголни базени)
- Подвижен мост со решетки (правоаголни базени)
- Ротациони уреди за гребене (кружни и квадратни базени).

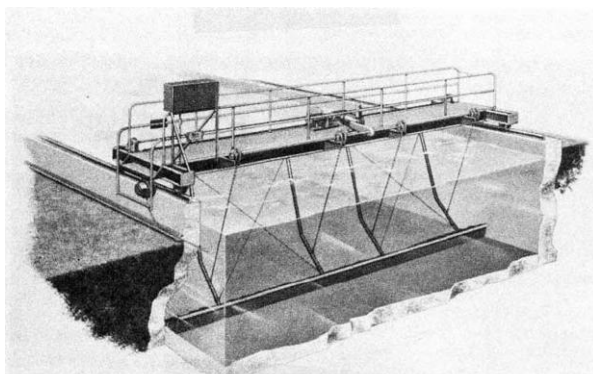
Тињата, обично, се одведува од таложниците со помош на пумпи, иако некогаш е можно да се реализира преку гравитационо струеење. Најчесто се користат волуменски пумпи. И тоа

клипни, завојни или мембрански. Сепак, во некои постројки се применува и центрифугален тип на пумпи или запчести волуменски пумпи.

Правоаголните таложници можат да се применат како единечни или повеќе единици поставени паралелно и имаат должина која е неколкукратно поголема од нивната широчина. Едно од решенијата за собирање на исталожената тиња во инскастиот дел на едниот крај на резервоарот (обично на влезниот), се состои од дрвени или неметални плочи, кои се поставуваат на паралелни челични носачи или неметални бесконечни ленти (слика 3.3). Друго решение предвидува уред за гребење на дното поставен на мостен кран монтиран на сидовите на таложникот (слика 3.4).



Слика 3.3. Правоаголен примарен таложник со дрвени или неметални плочи поставени на паралелни бесконечни ленти

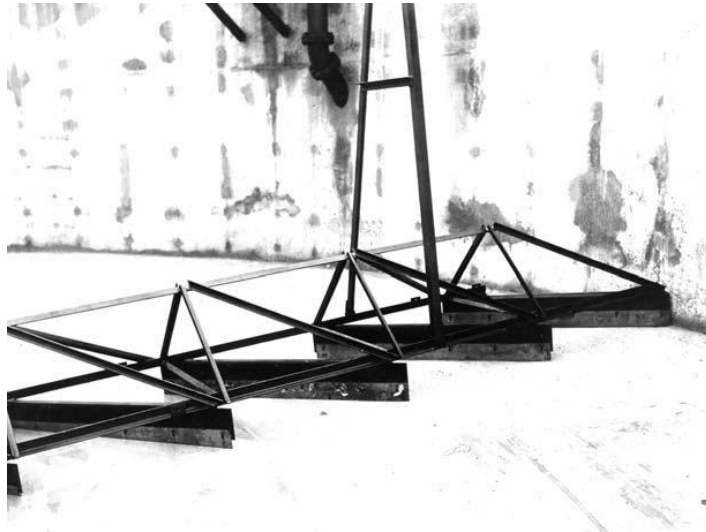


Слика 3.4. Правоаголен примарен таложник со уред за гребење на дното поставен на мостен кран

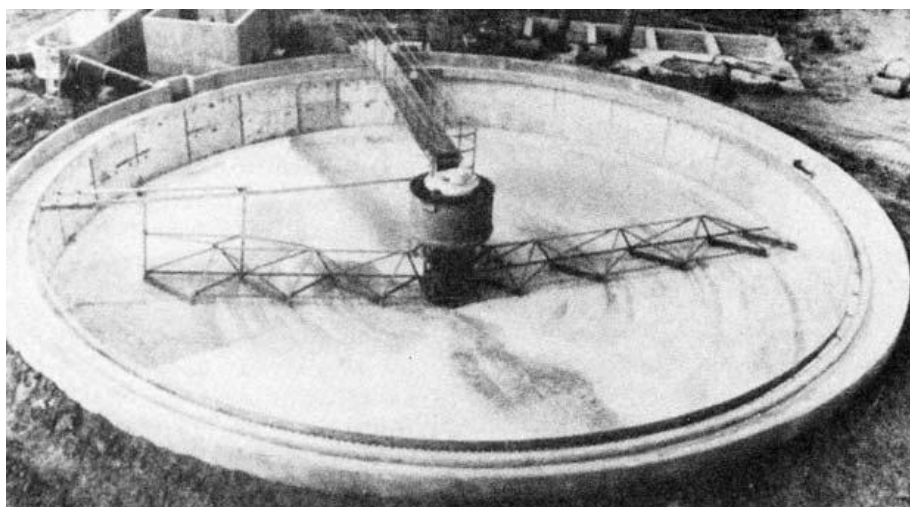
Бесконечните ленти и плочите се водат преку потопени водилки и лежишта и се погонуваат со мотор и регулатор на брзината. Плочите, во принцип, се монтирани така за да ги потиснуваат материите кои пливаат на површината кон излезниот крај на таложникот, а на враќање да ги потиснуваат исталожените цврсти материи кон влезниот крај (каде што влегува инфлуентот). Деловите од неметален материјал се почесто се користат при проектирање на нови постројки, но и при реконструкција на постоечките. Ваквата опрема има помала тежина, полесна е за одржување, а при тоа троши помала моќност при работата. Покрај тоа, таа е помалку подложна на корозија. Недостаток на неметалната опрема е можноста за нивно распаѓање на сончева светлина и подложноста на влијанија од температура и оптоварување. Во некои постројки, рамномерни распрскувачки млазеви со вода насочени кон водената површина, ги носат мастите и скрамата кон уредот за нивно отстранување.

Мостниот кран, со уред за површинско отстранување на масти и скрама (гребло), ги собира овие материји од отпадната вода, а со греблото кое е подолу поставено, ги носи овие материји во јама од каде што се одведуваат од постројката. Кога кранот се движи во насока на водената струја, потопеното гребло е подигнато, додека површинското е во вода. Кога кранот се движи во насока спротивна на насоката на струјата, уредите обратно делуваат, т.е. површинското гребло е подигнато, додека потопеното ја потиснува тињата во инкастиот дел на таложникот, од каде потоа се изнесуваат надвор од постројката.

Кај **кружните таложници**, најчесто отпадната вода се доведува низ централен довод, при што се намалува влезната брзина и протокот рамномерно се распоредува низ резервоарот (слика 3.2). Отпадната вода радијално струи од доводот кон преливот на надворешниот раб на резервоарот. Исталожените цврсти материји се собираат во инкаст дел во близина на средината на резервоарот со помош на механичка рака која се погонува преку вратило поставено во средината на резервоарот (слики 3.5 и 3.6) или со помош на уред кој ги собира материите од сидовите на резервоарот. Површинска лопатка (слика 3.7) ги одведува материите кои пливаат во собирникот на скрама (слика 3.2).



Слика 3.5. Кружен таложник со механизам за гребење на тињата



Слика 3.6. Механичка рака со која се носат исталожените цврсти материји кон центарот на таложникот



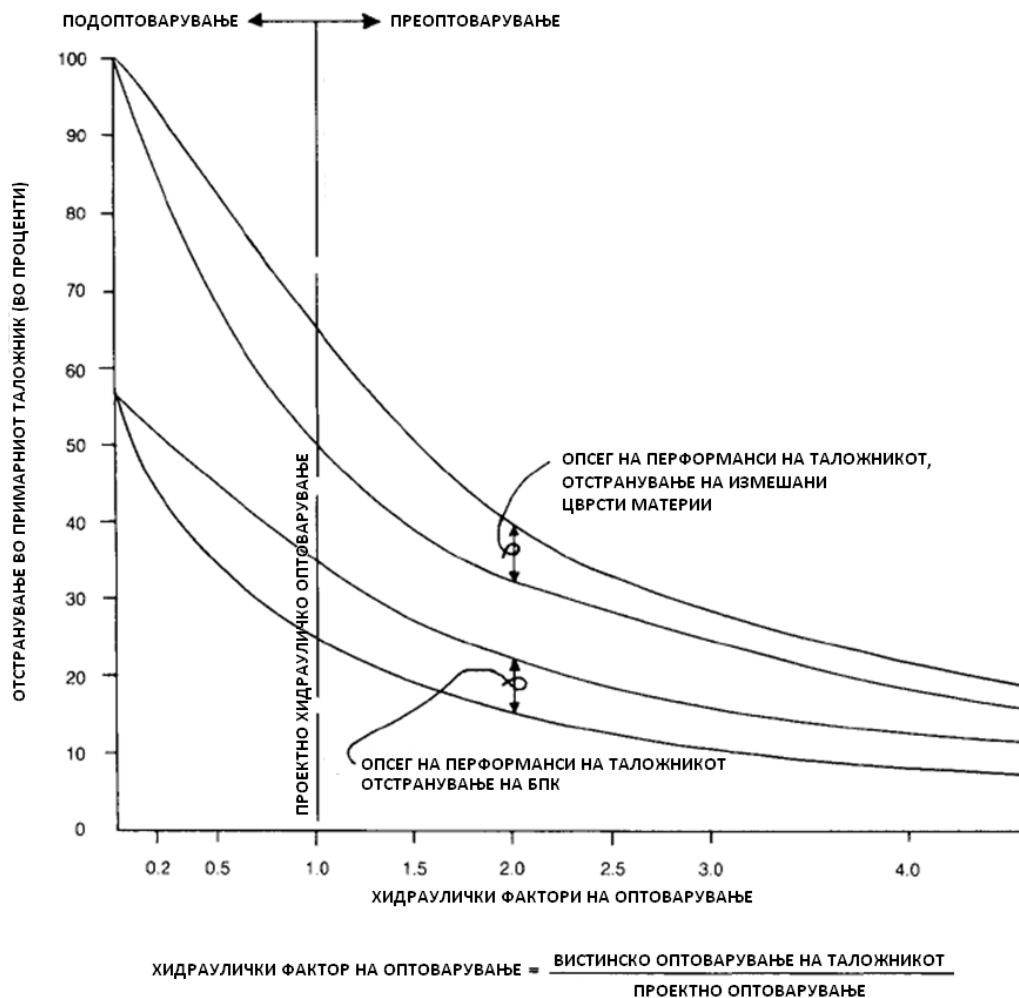
Слика 3.7. Уред за отстранување на масните од површината и прелив на ефлуентот кај кружен таложник

Квадратните таложници ги отстрануваат материите кои се таложат и пливаат на сличен начин како и кружните таложници, со таа разлика што се додадени делови за собирање на скрамата и тињата од аглите. Понекогаш, овие дополнителни делови од опремата можат да предизвикаат механички и проблеми при работата. Заради ова, некои проектни решенија на овие таложници предвидуваат заоблени агли со одредени радиуси наместо прави агли.

Припадната опрема опфаќа чистење на водовите за масти и тиња, пумпите, системи со млазеви за промивање и уреди за чистење на водовите. Промивањето на водовите, пумпите и јамите се врши со вода или воздух под висок притисок. Водовите за тиња, исто така, можат да се чистат со параа или жешка вода. Опремата за чистење на водовите опфаќа хидраулични уреди изработени од метал или пластика и соодветни позиции за поставување на уредот за чистење.

3.3. Очекувани резултати од работата на таложниците

Ефикасноста на отстранувањето на БПК оптоварувањето и измешаните цврсти материи на примарните таложници зависи од повеќе претходно опишани променливи, при што обично доминира површинскиот доток на атмосферски води. На сликата 3.8. е прикажана ефикасноста на отстранувањето на БПК и измешаните цврсти материи во зависност од факторот на хидраулично оптоварување – SOR , т.е. односот помеѓу реалната и проектната вредност на SOR . Сликата покажува дека при фактор на оптоварување од 1,0; отстранувањето на измешаните цврсти материи се движи помеѓу 50 и 65 %, додека БПК се отстранува од 25 до 35 %. Со употреба на хемиски средства може да се зголеми степенот на отстранување на цврстите материи до 75-85 %, со пропорционално намалување на БПК оптоварувањето.



Слика 3.8. Проценка на отстранувањето на БПК₅ оптоварувањето во примарните таложници при различни хидраулични оптоварувања (без хемикалии)

Ефикасноста на таложниците во однос на отстранувањето на масти и скрама е тешко да се измери и се сведува на визуелна контрола за нивното присуство/отсуство во водата која го напушта примарниот таложник.

3.4. Отстранување на тињата

Постојат два фактори кои влијаат врз постапката за отстранување на тињата, а тоа се нејзината густина (т.е. концентрацијата на цврсти материи) и количина. Количината зависи од густината и оптовареноста со цврсти материи, како и од ефикасноста на примарниот таложник.

Потребната **густина на тињата** која се изнесува од примарниот таложник зависи од типот на постројките кои се наоѓаат низвосно и кои треба да се справат со цврстите материи. Доколку тињата се пумпа во згустувачи, дозволена е и помала концентрација (0,5 до 1%). Но, доколку таа се пумпа во разградувачи или на процес за обезводнување, потребна е поголема (погуста) концентрација.

Поретка примарна тиња може непотребно да ги оптоварува низводните процеси. Со разумна контрола на отстранувањето на цврстите материи, може да се добие густина на тињата од 4 до 6%. Целта на таа контрола на процесот е да се определи нивото кое обезбедува густа тиња без негативно да се влијае на ефикасноста на таложникот, преоптоварување на опремата во колекторскиот систем или дозволување на распаѓање на дното на резервоарот за бистрење.

Количината на тиња која треба да се изнесе од примарниот таложник се определува преку мерење на измешаните цврсти материи во инфлуентот и ефлуентот, процентот на суви цврсти материи во испумпаната тиња, како и на протокот на отпадна вода. Методот за нејзино пресметување е даден во продолжение:

$$\text{Отстранети суви цврсти материи (kg/d)} = \frac{\frac{\text{mg}}{\text{lit}} \text{отстранети} \times \text{Проток} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{d}}\right) \times 1000}{10^6} \text{ или}$$

$$\text{mg/lit отстранети} \times \text{Проток (m}^3/\text{d)} \times 10^{-3}$$

$$\text{Отстранета влажна тиња (kg/d)} = \text{Отстранети суви цврсти материи} \times \frac{100}{\text{Суви цврсти материи (\%)}}$$

Од овие равенки може да се добие приближното траење на работа на пумпите при познат нивен капацитет. Вообичаениот недостаток на дневни аналитички информации го спречува секојдневното ажурирање на вредностите во овие равенки, но и проценетите вредности даваат важна информација за количината на тиња. Употребата на хемикалии, секако, ќе придонесе кон поголеми количини на тиња кои ќе треба да се отстранат.

Собирањето на тињата може да биде **континуирано** или **периодично** и зависи од типот на постројката, опремата и карактеристиките на отпадната вода. Доколку постројката е проектирана така што пумпа ретка тиња во згустувачите, собирањето мора да е континуирано. Доколку таложниците се квадратни или кружни, обично е неопходно да се собира континуирано бидејќи е подолго времето за носење на тињата во инкастите собирници отколку кај правоаголните таложници. Континуираната работа ја намалува опасноста од преоптоварување на механизмите со насобраните цврсти материи. Заради сите овие предности, континуираниот процес на одведување се користи кај најголемиот дел постројки.

Периодична работа може да биде неопходна во случај кога во примарните таложници се згустува тињата од секундарните процеси или доколку примарната тиња се пумпа директно кон уредите за нејзино разградување или обезводнување.

Пумпањето на тињата од примарните таложници обично се изведува со клипни, завојни или мембрански волуменски пумпи. Кај некои постројки се применуваат и центрифугални пумпи, а пумпањето во двата случаи може да биде континуирано или периодично. Доколку работат повеќе пумпи, секоја пумпа може да ја црпи тињата од по еден собирник паралелно. Во случај, пак, на една пумпа, таа треба да црпи тиња само од еден собирник во еден момент, бидејќи постои разлика во загубите кои треба да ги совлада помеѓу различните собирни водови која води кон нееднакво извлекување на тињата од поединечните таложници. Најдобро е почесто пумпање со кусо времетраење, додека поретко долготрајно пумпање треба да се избегнува бидејќи прекумерното количество тиња може да ги наруши процесите во анаеробниот разградувач. Идеално, пумпањето се сведува на скоро континуирана работа со цел рамномерно оптоварување на низводните процеси.

3.5. Отстранување на материите кои пливаат во водата

Мастите, маслата, пластиката и останатите пливачки материи мора континуирано да се отстрануваат од отпадната вода. Отстранетите материи од примарните таложници се пумпаат во различни објекти во самата пречистителна станица. Кај некои постројки, тие се носат во уреди за концентрирање или згустување. Концентрираните материи понатаму се носат на согорување или со камиони се однесуваат од постројката. Други решенија за овие материи е нивно обезводнување со помош на ременести преси, или пумпање во уреди за анаеробно разградување (решение кое се поретко се применува заради насобирањето на тиња во нив). Фреквенцијата на отстранување зависи од количината на пливачките материи во отпадната вода, варијациите на протокот во тек на денот и температурата на водата. Кај кружните таложници, заради нивното техничко решение, се врши континуирано отстранување, додека кај поголемиот број правоаголни таложници тоа се прави периодично (автоматски со тајмер или преку PLC). Некогаш е потребно почесто отстранување заради контрола на мирисот кој се ослободува од нив. Процесот на отстранување на пливачките материи мора да зафати доволно вода за да се овозможи транспортот на тињата низ водовите и цевките

3.6. Хидраулични параметри

Количините на површински прелив и хидрауличното време на задржување за да се овозможи правилно таложење варираат во следните граници: просечните вредност на SOR без активната тиња би требало да се движат од 32 до 49 $\text{m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{d}$, додека максималната SOR вредност не смее да надминува 122 $\text{m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{d}$. Ако активната тиња се таложи во примарниот таложник, тие вредности се намалуваат на 24 до 32 $\text{m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{d}$, односно максималните вредности од 49 до 61 $\text{m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{d}$. Времето на задржување е 1 до 2 часа.

Двата хидраулични параметри кои се управува примарниот инфлуент се протокот и бројот на таложници кои се користат. Со оглед на фактот дека најголемиот број постројки мораат да го примат целиот проток кој доаѓа, управувањето со него е ограничено. Сепак, промените на протокот можат да се намалат со промена на протокот кој се пумпа во пумпните станици во колекторскиот систем или на влезот во постројката. На овој начин се користи капацитетот на канализацискиот систем за складирање на водата. Некои постројки имаат еквилизациски базени со кои се регулираат часовните промени на протокот.

4. СЕКУНДАРНО (БИОЛОШКО) ПРЕЧИСТУВАЊЕ

Биолошкото пречистување на отпадните води, воглавно, се сведува на два типа на постапки, и тоа процеси со активна тиња и биолошки филтри.

4.1. Процеси со активна тиња

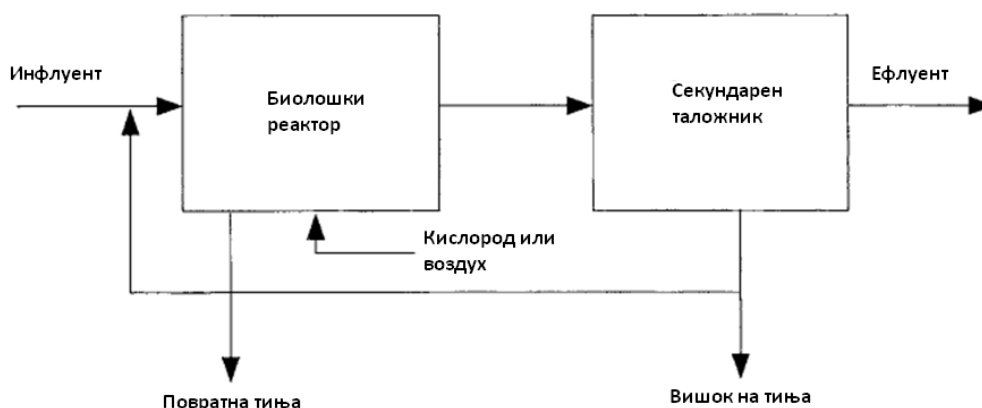
Процесите со активна тиња се сеуште најшироко применуваните од сите биолошки процеси за намалување на концентрациите на органските загадувачи во отпадната вода. Со текот на годините се создадени квалитетни стандарди за нивно проектирање базирани врз емпириски податоци. Еволуирало и самото сфаќање на процесот, од едноставно намалување на БПК оптоварувањето, до денешните решенија за отстранување на хранливите материи, како што се азотот и фосфорот. И покрај целиот овој напредок, многу постројки се соочуваат со проблеми во нивната работа.

Процесот со активна тиња се базира врз растот на измешаните материи во отпадната вода, воглавно е аеробен, при што се одржува висока популација на микроорганизми (биомаса) преку обезбедување на т.н. „повратна тиња“ од секундарниот таложник. Биомасата ги претвора биолошки разградливите органски материи и некои неоргански состојки во нови клетки на биомаса и продукти на метаболизмот. Биомасата се издвојува од пречистената вода во таложникот, при што дел се враќа во процесот како повратна тиња, а другиот дел (т.н. „вишок на тиња“) се одведува кон уредите за процесирање на отстранетата тиња. Пред процесот на биолошко пречистување, претходат механичките третмани: прелиминарното и примарното пречистување, кое може да отсуствува кај некои помали постројки за пречистување.

При тоа, се користат следните термини за опишување на состојбата на средината:

- Аеробна: присуство на кислород
- Аноксична: отсуство на кислород, но присуство на нитрити/нитрати
- Анаеробна: отсуство и на кислороди и на нитрити/нитрати

На сликата 4.1. е прикажана општа шема на конвенционален процес со активна тиња. Кај ваквата постапка, непречистената отпадна вода и повратната тиња (биомаса) се комбинираат, се мешаат и се аерираат во биолошки реактор (базен со активна тиња). Овој базен содржи микроорганизми, биолошки разградливи и неразградливи измешани, колоидални и растворливи органски и неоргански материи.



Слика 4.1. Општа шема на конвенционален процес со активна тиња

Микроорганизмите во главно содржат органска материја (70 до 80%). Овој систем се нарекува *систем на отворени култури* во кој организмите динамично се менуваат во зависност од условите околината.

Компонентите на отпадната вода биолошки се разградуваат или остануваат нетретирани (биолошки неразградливи материји) во биолошкиот реактор. После доволно време за соодветните биолошки реакции, мешавината се носи во секундарен таложник (уред за бистрење) во кој се врши гравитациона сепарација на тињата од пречистената вода. Потоа дел од таа тиња се враќа во биолошкиот реактор за да во него се одржува концентрацијата на биомаса за успешно одвивање на процесот, додека дел (вишокот на тиња), кој се јавува како резултат на континуираното синтетизирање (создавање) на микроорганизми, се носи на локациите за одлагање и третман на тињата. Управувањето со процесот на пречистување во базенот со активна тиња (БАТ) се врши преку намалување, зголемување или задржување на нивото на концентрацијата на биомасата во него.

Еден основен систем на пречистување во БАТ се состои од повеќе поврзани компоненти:

- Еден или повеќе БАТ во кои се проектирани за отстранување на јаглеродната органска материја од отпадната вода. Доколку е потребно, во нив може да се одвива и оксидација на амониумот, отстранување на азотот и фосфорот во зависност од барањата кои треба да ги постигне ефлуентот. Пред БАТ може да се наоѓаат аериран, аноксичен или анаеробен реактор проектиран за контрола на полнењето, денитрификацијата или селектирање на микроорганизми кои го третираат фосфорот, со што се воведува зголемено негово отстранување од отпадната вода.
- Извор на кислород и опрема за распространување на воздухот при атмосферски или надпритисок или со зголемена содржина на кислород во БАТ во количини кои се доволни за да се обезбеди потребното ниво на растворен кислород.
- Методи и начини за соодветно мешање на компонентите во БАТ.
- Таложник за одвојување и евентуално згустување на тињата која се отстранува од отпадната вода.
- Начин за собирање и враќање во БАТ на потребната повратна тиња и
- Начини за одведување на вишокот на тиња од системот.

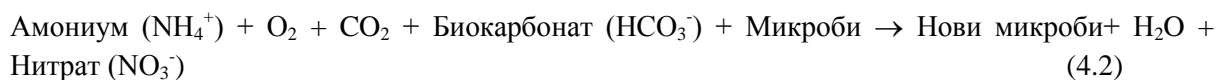
БАТ се проектираат врз база на времето на хидраулично задржување во реакторот, количината на биомасата која се задржува во системот, органското оптоварување и односот помеѓу органското оптоварување и биомасата (микроорганизмите).

Значи, принципот на разградување, поедноставено може да се прикаже на следниот начин [5]:

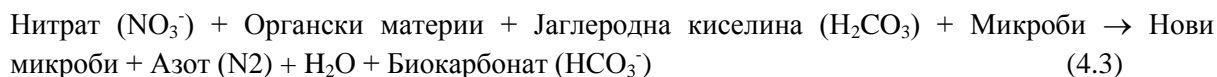


При што Субстрат се растворените, биолошки разградливи органски материји содржани во отпадната вода како хранливи материји за бактериите, O_2 е кислородот кој е суштински фактор за аеробното дејство на бактериите и новите микроорганизми се т.н. вишок на тиња, кој треба да се отстрани од системот.

Доколку во текот на овој процес се одвива и разградување на амониумот, тој процес се одвива во два чекори на следниот начин:



Конечно, аноксичната реакција која може да се одвива во таложникот или во друга посебно определена аноксична зона на биолошкиот реактор, кога е веќе присутен нитратот, може да се опише на следниот начин:



Процесот со активна тиња може да се проектира и води така да го отстранува јаглеродното БПК оптоварување (ЈБПК), да врши оксидација на амониумот во нитрат, да ги отстранува азотните состојки или да го отстранува фосфорот. При тоа, системот мора да има соодветна големина на биолошкиот реактор (БАТ), капацитет за оксидација и уреди за сепарација, кои ќе овозможат постигнување на саканите вредности во пречистената отпадна вода.

ЈБПК оптоварување ги опфаќа сите органски материи на база на јаглерод кои се наоѓаат во отпадната вода и се биолошки разградливи. Треба да се напомене дека БПК₅ вредноста претставува само дел од биоразградливите јаглеродни органски компоненти во отпадната вода (обично 60 до 65%). БПК се состои од растворени и од цврсти фракции (компоненти). Растворените фракции, најчесто, брзо се конзумираат од страна на микроорганизмите. Цврстите фракции можат да се врзат за биомасата и се разложуваат со брзина која зависи од нивниот состав. Големината на БАТ зависи и од вредноста на БПК и од брзината на нејзиното намалување. Високи концентрации на биомаса се пожелни и можат да резултираат со намалени големини на БАТ. Сепак, постои горна граница на концентрацијата на биомасата, која што може да се постигне во една постојка, која се определува врз база на капацитетот на системот за пренесување на кислород и големината на таложниците. Системите понекогаш се проектираат со процеси со збогатен кислород и предимензионирани таложници за да се намали големината на БАТ, но сепак, големината на сите компоненти во системот се определува со техно-економска анализа.

Доведувањето на кислородот е многу важен елемент во системот и неговата количина треба да одговара на потребата. Потребата од кислород се определува со БПК и мерењата на азотот (ако се предвидува нитрификација), но повторно мора да се напомене дека БПК₅ вредноста не е соодветен показател за вкупната потреба на сите јаглеродни соединенија. Постои променлива потреба од кислород во време и простор во БАТ. Затоа е потребен доволен капацитет за доведување на кислород за надминување на овие промени, доколку се бара пречистена вода со висок квалитет.

При вообичаена комунална отпадна вода, добро проектиран и управуван систем со активна тиња би требало да постигне ЈБПК квалитет на ефлуентот од 5 до 15 mg/lit. Суспендираните цврсти материи би требало да се наталожат во количини помали од 15 mg/lit. За постигнување постојана БПК вредност и суспендирани цврсти материи во концентрации под 5 mg/lit, потребно е понатамошно пречистување во т.н. терциерни системи за пречистување.

4.1.1. Нитрификација

Оксидацијата на амониумот во нитрат примарно се врши од аутотрофни бактерии во двостепен процес (равенка 4.2). **Нитросомонас** бактериите добиваат енергија од оксидацијата на амониумот во нитрит, додека **нитробактер** видот добива енергија од оксидацијата на нитрит

во нитрат. Овие реакции не создаваат голема енергија, па затоа се мали популациите на бактериите кои предизвикуваат нитрификација. Ова е причината што мора процесот со активна тиња да се проектира и води со поголеми времиња на задржување на тињата, односно да се спречи одведување на бактериите кои обезбедуваат непречено одвивање процесот на нитрификација надвор од системот. Процесот на нитрификација може да се проектира како комбиниран систем, каде што би се изведувало и отстранување на ЈБПК оптоварувањето и оксидацијата на амониумот, или како двостепен систем со два засебни чекори за двете одделни постапки.

Потребата од кислород за целосна нитрификација е висока. Кај вообичаена комунална пречистителна станица, нитрификацијата ќе ги зголеми потребните постројки за оксидација за 30 до 40% од тие што би биле потребни за отстранување на ЈБПК оптоварувањето. Нитрификацијата ќе троши околу 4,6 mg кислород/mg амониум-азот што се оксидира. Концентрациите на растворениот кислород во БАТ влијаат врз стапката на нитрификација. Тие стапки се намалуваат со намалувањето на растворениот кислород. Концентрациите на растворениот кислород би требало да се движат во границите од 2 до 3 mg/lit при добри перформанси на процесот на нитрификација, иако е прифатлива вредноста од 0,5 mg/lit при максимално оптоварување на отпадната вода.

Оптималниот раст на бактериите потребни во процесот на нитрификација се јавува при рН вредности помеѓу 6,5 и 8,0, иако има случаи на ефикасна нитрификација и надвор од овој интервал. Во текот на нитрификацијата се создаваат минерална киселост (NO_3^-). Доколку не е присутна доволна алкалност (базност), рН вредноста во системот ќе се намали и нитрификацијата ќе се забави. Затоа треба да се предвидат 50 до 100 mg CaCO_3 /lit за стабилна работа. Дополнителна алкалност може да се обезбеди преку хемиско додавање на сода, прав или магнезиум хидроксид.

Иако нитрификацијата може да се одвива при различни температури, намалувањето на температурата ќе ја забави брзината на реакцијата. Како резултат на тоа, во постудени климатски услови, треба да се зголеми времето за кое се задржуваат микроорганизмите во БАТ за да се задоволат ниските стапки на нитрификација. Во потопли климатски услови, нитрификацијата се одвива и при времиња на престој на тињата од 3 дена или покуси, додека во постудени услови, тој период е подолг и од 20 дена.

Системите за нитрификација кај отпадната вода во комуналните пречистителни станици можат да постигнат процент на отстранување на амониумот поголем од 90%, при што се добиваат концентрации на амониум помали од 1 gr N/lit [2].

4.1.2. Денитрификација

Денитрификацијата е биолошки процес во еден чекор со кој се редуцира нитратот во азотен гас (равенка 4.3). Азотните гасови (N_2 и останати азотни оксиди) кои се добиваат во тек на овој процес, се испуштаат од растворот, со што се намалува азотот во системот. Повеќе микроорганизми, кои се веќе присутни во комуналните отпадни води, можат да влијаат врз оваа реакција. Овие организми се хетеротрофни, т.е. потребна им е органска материја за раст. Тие се способни да го користат кислородот или нитратот, но термодинамички повеќе им одговара кислородот. Ова вообичаено се обезбедува во процесите со активна тиња преку проектирање на аноксична зона во системот на биолошкиот реактор. Органски јаглерод, како

на пример метанол, може да се додаде како дополнителен извор на јаглерод, или преку довод на вода со ЈБПК оптоварување. Треба да се напомене дека денитрификацијата може да се одвива и ненамерно во аноксична зона во таложникот каде се таложи тињата (што понекогаш предизвикува надуена тиња) или во каналите за повратната тиња. Денитрификацијата кај комуналните отпадни води бара амониумот прво да се оксидира во нитрат. Постојат бројни системи за нитрификација-денитрификација со примена на активна тиња. При тоа, можат да бидат единечни системи кои вклучуваат отстранување на ЈБПК, оксидација на амониумот и редукација на нитратот во неколку чекори со користење на еден процес на бистрење. Но, можат да се одвиваат и во повеќе фази (посебни постапки) со поединечна тиња од секој од процесите. И двата вида постапки постигнуваат висок степен на отстранување на азотот од 85 до 95% кај комуналните отпадни води.

Постапката на денитрификација е осетлива на температура, при што се забавува при пониски температури. Затоа, можно е потреба од промена на времето на престој на тињата при постудени климатски услови за да се обезбеди непречена активност. Овој процес создава алкалност и тоа $3,6 \text{ mg CaCO}_3$ алкалност/mg редуциран нитрат-азот.

4.1.3. Биолошко отстранување на фосфорот

Кај конвенционалните постапки со активна тиња за комуналните отпадни води, биомасата се храни со фосфорот и на тој начин го обезбедува својот раст и метаболизам, при што околу 2% од сувата маса на биолошката тиња е фосфор. Фосфорот не може да се претвори во гас кој испарува, па затоа мора да се изнесува со вишокот на тиња. Оттука, со одведувањето на оваа тиња, се одведуваат и 10 до 30% од фосфорот кај конвенционалните пречистителни станици. Процесот со активна тиња, сепак, може да се управува така, за да ги селектира микроорганизмите кои складираат прекумерни количини на фосфор во границите од 3 до 6%. Со отстранување на оваа тиња богата со фосфор, може да се добие ефлуент со концентрација на фосфор помала од 1 mg P / lit .

Процесот на селекција опфаќа анаеробен чекор кој резултира со ослободување на складираниот фосфор, проследен со аеробна фаза во која организмите консумираат големи количини на фосфор. Во анаеробната фаза, растворената ЈБПК се консумира од страна на организмите и се складира како органски полимер и иден извор на енергија. Потребната енергија за овој чекор на складирање се обезбедува од вишокот на фосфор кој се складира како поли-фосфор во аеробната фаза. При ослободувањето на енергијата во анаеробната фаза, фосфатите се ослободуваат во растворот. Кога ќе се влезе во аеробната зона, енергијата се добива од оксидација на складираните органски јаглеродни продукти и се иницира складирање на полифосфатите од страна на организмите. Постојат многу организми кои се способни за складирање на поголеми количини на фосфор во нивните клетки. Овие организми се наоѓаат во отпадната вода и можат едноставно да се селектираат со правилно проектирање и управување со системот. При такви услови, после процесот на биолошкото отстранување на фосфорот, ефлуентот би требало да има концентрации помали од 2, а најчесто помали и од 1 mg P/lit .

4.2. Конфигурација на реакторот (БАТ)

Конфигурацијата на реакторот воглавно се однесува на хидрауличните карактеристики на процесот. Системите со континуиран проток, често се категоризираат како проточни или целосно измешани системи, иако повеќето работат во неидеални услови на струење некаде помеѓу овие две крајни варијанти. Пакетните (batch) системи, пак, се однесуваат како проточните во однос на перформансите на биолошкиот процес.

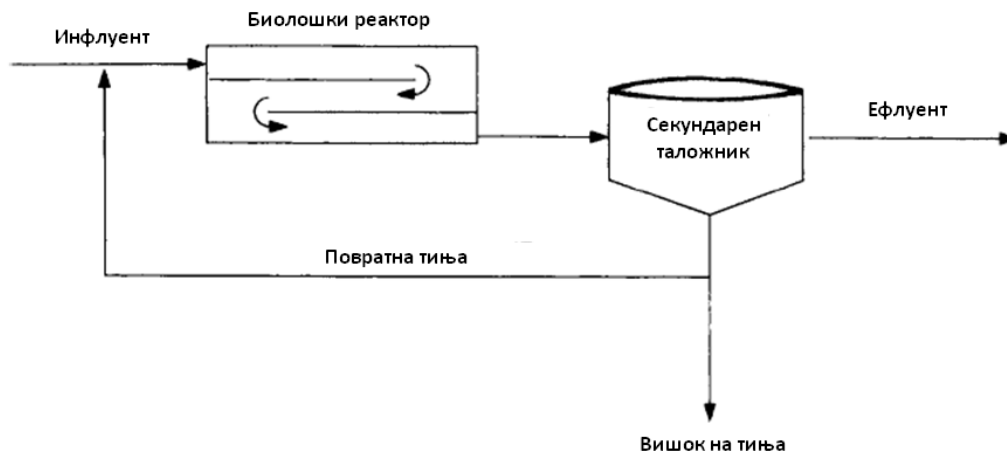
4.2.1. Системи со целосно мешање

Идеално, струење со целосно мешање, претпоставува дека составот на течноста е ист низ целиот волумен на реакторот. Непречистената вода моментно и целосно се меша со содржината на реакторот, така што концентрацијата на дадена компонента е иста и во излезната вода. Како резултат на тоа, потрошувачката на кислород, растворениот кислород, растворливата БПК, количината на цврсти материи, видовите на азотни соединенија, концентрациите на фосфор, рН вредноста, температурата и останатите карактеристики се идентични низ целиот реактор. Бидејќи концентрациите на БПК во ефлуентот се цел на работата на реакторот, системот има можност за широки промени во концентрацијата на ефлуентот. Струење со целосно мешање е многу тешко да се постигне, иако примената на квадратни или кружни реактори со интензивно мешање, доведува до услови блиски до посакуваните. Кон постигнување на целта се доаѓа и со повеќекратни локации на доток по периферијата. Аерација се обезбедува рамномерно низ целиот реактор преку опрема за механичка аерација или преку дифузна аерација.

Реакторите со целосно мешање имаат неколку недостатоци. Често се појавува проблемот на надуена тиња, кој се решава со т.н. селектори, кои обезбедуваат краткотрајна подготовка на повратната тиња и непречистената отпадна вода пред да влезе во биолошкиот реактор. Теоретски, процесот трпи и заради тоа што распаѓањето е побавно отколку кај проточните системи, што бара подолги времиња на задржување во реакторот за да се постигне ист квалитет на пречистената вода. Овие системи користат почесто при поголеми времиња на задржување (20-30 дена) или за пречистување на индустриски или мешани комунални и индустриски отпадни води, каде што се очекуваат големи промени во оптоварувањето.

4.2.2. Проточни системи

Кај ваков систем, честичките после влезот во системот, струјат рамномерно долж реакторот без да се растураат во флуидот (слика 4.2). Честичките ќе останат во реакторот за време кое е еднакво на теоретското време на задржување (Волумен V / Волуменски проток Q , V/Q). Како резултат на ова, концентрацијата на БПК и приемот на кислород ќе се намалуваат долж реакторот. Цврстите материи ќе се зголемуваат по должината на реакторот со создавањето на биомасата. Овој тип на струење се применува кај долги, тесни реактори со односи должина/широчина поголеми од 10. Проточните системи можат да се симулираат и со сериски поврзани базени или со правоаголни реактори со прекршување. Исто како и кај системите со целосно мешање, така и во овој случај, не е добро да се изведе целосно проточен систем.



Слика 4.2. Проточен систем со прекршен базен со активна тиња (реактор)

По дефиниција, оваа конфигурација резултира со високи органски оптоварувања и апсорбирање на кислород на влезот во реакторот. Затоа е потребно на влезот да се вградени уреди за довод на поголеми количини на кислород. Дистрибуцијата на кислородот долж реакторот може да се прилагоди за да се следи неговата потреба. Теоретски, проточниот реактор обезбедува повисок степен на отстранување по единица волумен отпадна вода. Покрај тоа, помалку е чувствителен на пловечка тиња, доколку има доволно кислород на влезот.

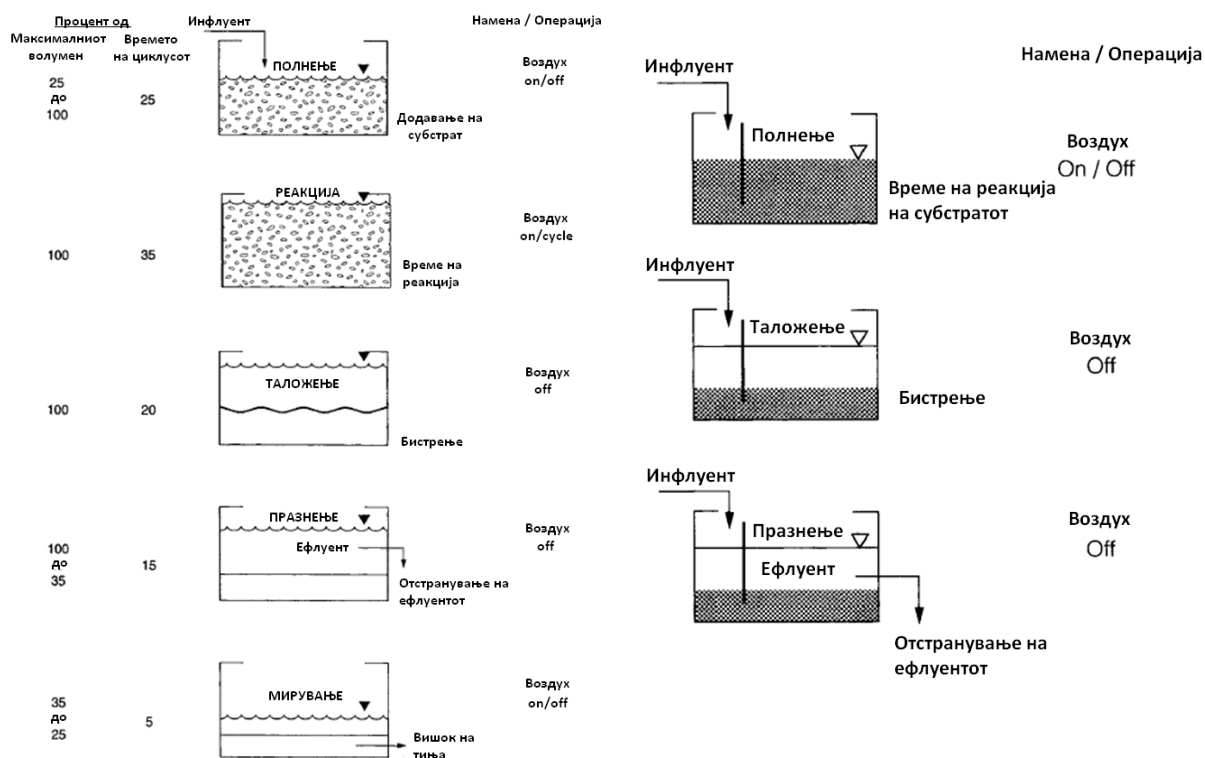
4.2.3. Сериски реактори

Конфигурација на сериски поврзани реактори се дефинира како два или повеќе реактори со целосно мешање кои работат во серија (последователно). Тоа може да се спореди со реактори со прегради или со прекршување во синусоидна форма. Ова техничко решение, со три или повеќе сериски реактори претставува обид за симулирање на проточни услови, кои имаат подобри кинематски карактеристики во однос на реакторите со целосно мешање, но и поволно влијае во однос на создавањето на пловечка тиња.

4.2.4. Наизменични пакетни системи (Sequencing Batch Reactors – SBR)

SB реакторот е систем со активна тиња кај кој и двата чекори на аерација и бистрење се одвиваат во самиот реактор. Таложето се одвива кога воздухот и мешалките се исклучени при затворен излезен вентил за пречистена вода. Се применуваат дискретни циклуси во однапред пропишани временски интервали, при што активната тиња останува во реакторот за време на сите циклуси. Кај конвенционалните системи, постојат пет чекори кои треба да се изведат: полнење, реакција, таложеење, празнење и мирување (слика 4.3). Како резултат на природата на процесот, мора да се обезбеди израмнување на дотокот и повеќекратни реактори за отстранување на континуирана работа. Мешањето и аерацијата се обезбедуваат со опрема која е слична на постројките со континуиран проток. Посебно проектирани преливи со вентили се неопходни за ефикасно истекување на пречистената вода. Системот со периодични циклуси и продолжена аерација овозможува инфлуентот континуирано да се носи во реакторот во сите циклуси (слика 4.3.б), но ефлуентот се одведува периодично.

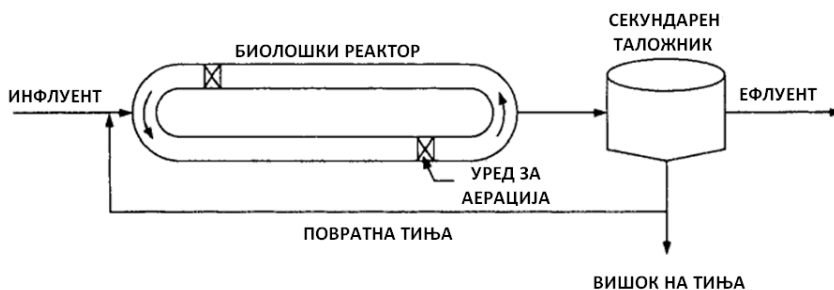
SBR вообичаено се проектира за помали протоци, 4000 m³/d или помалку и често како продолжен систем на аерација. Но, постојат и поголеми постројки кои се изградени и се движат помеѓу 150.000 и 700.000 m³/d.



Слика 4.3. а) Работа на еден циклус во типичен batch-реактор и б) систем со периодични циклуси и продолжена аерација

4.2.5. Оксидациски канал (ров)

Кај оксидацискиот канал, отпадната вода и микроорганизмите се пумпаат околу овална или кружна патека со четки, ротори или други уреди за механичка аерација и преку пумпни станици поставени на една или повеќе локации долж струниот ток (слика 4.4).



4.4. Оксидациски канал

Течноста струи низ каналот со брзина од 0,24 до 0,37 m/sec, при што прави еден круг за време помало од 15 минути. Повеќето оксидациски канали се проектирани за процеси со големи

времиња на задржување (скоро 24 часа), па затоа е кусо времето на циклусот и хидрауличниот систем може да се смета за целосно измешан. Овие канали можат да имаат изведба со единечен канал или повеќе взаемно поврзани концентрични канали. Наоѓаат голема примена кај мали и средни по големина заедници.

4.3. Биолошки филтри

Биолошкиот филтер – прокапник, биолошките кули и ротирачките биолошки филтри спаѓаат во групата на процеси на пречистување со неподвижен филм (филтер). Прокапникот се јавува како најстаро решение меѓу споменатите, но и како едно од најстарите решенија воопшто, кое што сеуште има широка примена. Денес се применуваат нови типови на филтри, па филтрите базирани на карпест медиум се нарекуваат **прокапници**, додека оние на пластичен медиум се нарекуваат **биолошки кули**. Прокапниците се вградуваат во процесите на пречистување користејќи нови методи или процеси, додека многу од старите карпести филтри се реконструираат за продолжена употреба.

Иако перформансите при примена на ротирачките филтри се покажале како добри, опремата која се користи при тоа била лесно подложна на дефекти.

Комбинираните процеси (на пр. прокапник-биолошка кула или ротирачки филтер и базен со активна тиња) можат да се сретнат само во САД на повеќе стотици локации и уште толку низ светот. Комбинираните процеси со филтер и активна тиња се обид да се искористат поволностите од двата вида постапки, како и да се минимизираат недостатоците од нив. Во многу случаи, комбинираните постапки се начин за намалување на трошоците на градба со избегнување на потребата од дополнителни резервоари, а придонеле и за елиминирање на прекумерните оптоварувања кај процесите со активна тиња во индустриски пречистителни постројки. Спојувањето на биолошките процеси решава многу проблеми, но истовремено продуцира и нови критериуми за контрола и нови грижи.

Биолошките процеси со неподвижен филм ги отстрануваат растворените органски материи и фино поделените органски цврсти материи од отпадната вода. Отстранувањето се реализира воглавно преку претворање на растворените и колоидални материи во биолошки филм кој се развива на самиот филтер. Непречистената комунална и индустриска отпадна вода вообичаено содржи таложливи цврсти материи, материи кои пливаат и останат отпад. Неуспехот да се отстранат овие цврсти материи пред отпадната вода да влезе во реакторите со неподвижен филм, може негативно да влијае врз нивната способност за пренос на кислород, да доведе до зачепување на филтерот или да создаде други дополнителни проблеми. Заради сето ова, пред отпадната вода да стигне до комбинираните или процесите со неподвижен филм, таа е подложена на механички процеси, како сита и решетки за отстранување на цврстите материи.

4.3.1. Прокапници и биолошки кули

Биолошките филтри – прокапници претставуваат обид за копирање на природниот процес на пречистување, кој се случува кога загадена вода е испуштена во речен тек, кој струи преку каменесто или карпесто речно корито. Кај процесот на природно пречистување, бактериите во коритото го отстрануваат раствореното органско загадување и ја пречистуваат водата. Од доцните 1880ти години прокапниците се сметале за главен метод за пречистување на водата. Принципот на карпесто речно корито бил применет при проектирањето на филтрите, при што коритото имало длабочина од 0,9 до 2,4 m. После намалената примена во 1960те и 1970те години, прокапниците поинтензивно се користат во следните две децении (70ти и 80ти

години), воглавно заради примената на нови типови на медиуми, кои почесто се применуваат од карпестиот медиум заради поголемата површина за биолошки раст и подобрената ефикасност на пречистувањето. Појавувањето на овие медиуми доведе до елиминирање на повеќето проблеми со карпестиот медиум, како на пример зачепувањето, неконтролираното создавање на т.н. мочуришна зона на филтерот, непријатниот мирис и присуството на муви на филтерот. Како последица на ова, скоро сите прокапници изградени во доцните 1980ти години користат нови медиуми и се нарекуваат **биолошки кули**.

Постојат четири основни категории на дизајн на филтрите врз основа на органското оптоварување врз прокапникот /биолошката кула. Кај првите три категории, ниско, средно и високо-оптоварени филтри, филтерот го отстранува скоро целото БПК оптоварување (табела 4.1). Кај четвртата категорија (груб филтер), тој е вообичаено во комбинација со друг чекор за биолошко пречистување (вообичаено активна тиња, ротирачки или друг филтер), каде што се одвива поголемиот дел од отстранувањето на БПК оптоварувањето.

Табела 4.1. Категории на филтри-прокапници

Работни карактеристики	Категории на филтри - прокапници			
	Ниско оптоварени	Средно оптоварени	Високо оптоварени	Груби филтри
Органско оптоварување, kg БПК/д	<25	25 - 40	40 - 100	100 - 300
Тип на филтер ^a	Карпест или високо-ефикасен	Карпест или високо-ефикасен	Карпест или високо-ефикасен	Високо - ефикасен
Нитрификација ^b	Да	Делумна	Не се очекува	Не
Потребен е комбиниран процес ^c				
— За секундарно пречистување	Не	Не се очекува	Се очекува	Да
— За терцијално пречистување	Да	Да	Да	Да
Типови кои обично се применуваат ^d	ФП / КЦМ АБФ	ФП / КЦМ АБФ	ФП / КЦМ ФП / РБФ Двофазни филтри	ФП / АТ БФ / АТ ГФ / АТ Двофазни филтри

^a Високо-ефикасни = пластични или дрвени

^b При 26°C и без втора фаза или комбиниран процес

^c Означува примена на комбиниран или двофазен процес

^d ФП / КЦМ = филтер прокапник - контакт со цврстите материји; ФП / АТ = филтер прокапник - активна тиња;

АБФ = активен биолошки филтер; ФП / РБФ = филтер прокапник - ротирачки биолошки филтер;

БФ / АТ = биолошки филтер - активна тиња; ГФ / АТ = груб филтер - активна тиња.

Категориите на филтрите /биолошките кули обично се определуваат според БПК₅ оптоварувањето кое се носи на филтерот поделено со волуменот на работниот медиум на филтерот, на следниот начин:

$$\text{Органско оптоварување (БПК}_5) = \frac{\text{Доведено БПК}_5 \text{ оптоварување (kg/d)}}{\text{Волумен на работниот медиум (m}^3)} \quad (4.4)$$

каде што:

Доведено БПК₅ – kg БПК₅ / d во примарниот ефлуент = БПК₅ во примарниот ефлуент (mg/lit) × проток (lit/d)

Волумен на работниот медиум = површина во основа (m²) × длабочина на медиумот (m)

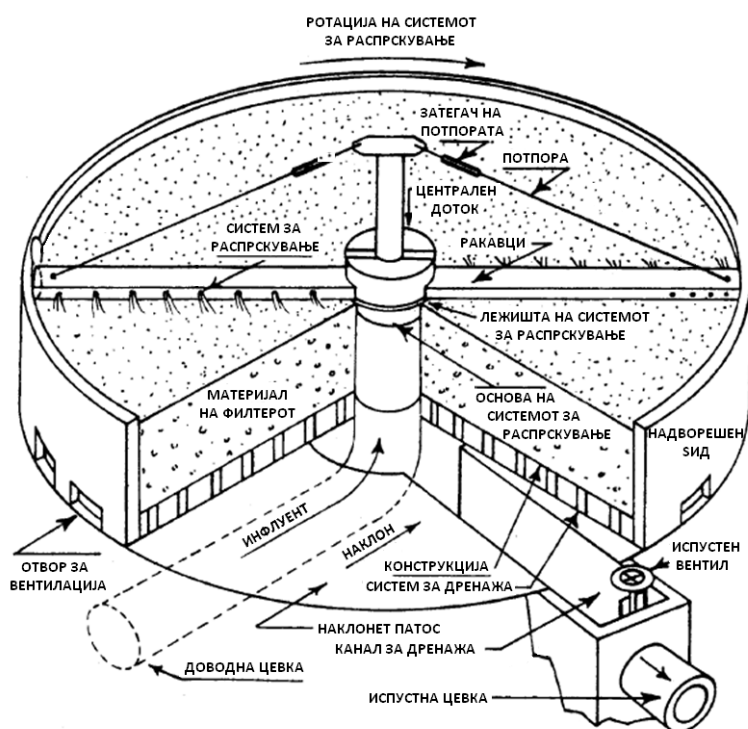
Опис на опремата. Терминот прокапник вообичаено се користи за филтри кои имаат карпест работен медиум и се релативно плитки (1,2 до 3,0 m). Процесите кои користат пластика или друг вештачки материјал како работен медиум се нарекуваат биолошки кули или биокули и имаат длабочина поголема од 3 m. Сличниот термин, биофилтер, понекогаш се користи за филтерски кули кај кои биолошките цврсти материи од систем со биолошка тиња се рециклираат низ работен медиум.

Следните шест основни компоненти се заеднички за сите системи со прокапници и биокули:

- Систем за разведување (дистрибуција)
- Работен медиум на филтерот
- Систем за одведување на пречистената вода (дренажа)
- Градба која ја задржува водата
- Пумпна станица или вентил за дозирање
- Секундарни таложници

Основните компоненти се прикажани на слика 4.5.

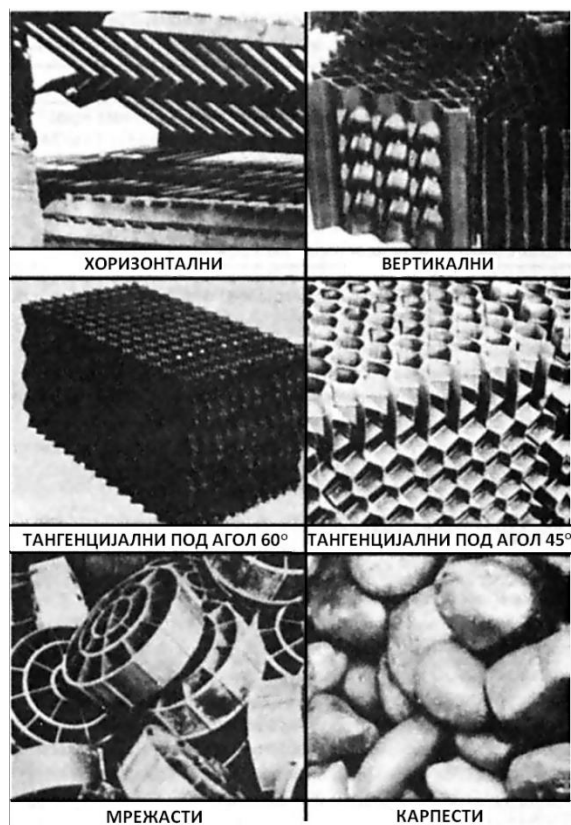
Два основни типови за разведување на отпадната вода се системите со фиксен млазник и ротирачки систем. Првите биле често користени во првата половина на 20-тиот век, но нивната примена кај современите прокапници е ограничена. **Системите со фиксен млазник** се состојат од цевководен систем, кој ја доведува отпадната вода и рециклираната отпадна вода од пумпната станица до млазниците за распрскување. Постојат поголем број на технички усовршувања на овој процес, како на пример пружини, топки или други механизми, кои служат за рамномерно распрскување на отпадната вода при променлив доток. Дури и со овие усовршувања, обезбедувањето на рамномерно распрскување е потешко изводливо отколку кај ротирачките системи. Друг проблем кој се среќава кај системите со млазник е потешкиот пристап за негово чистење и безбедносните аспекти на тоа прашање.



Слика 4.5. Делови на филтер-прокапник

Ротирачките системи за распрскување на отпадната вода се состојат од централен извор (обично изработен од метал) поставен на основа. Вообичаено има два или повеќе краци кои ја доведуваат отпадната водата до отворите (блендите) со различен напречен пресек и ја распрскуваат врз површината на работниот медиум. Потисокот на водениот млаз ги движи краците напред. Во последно време, некои ротирачки системи се опремени со електричен мотор кој го погонува системот и служи за прецизна контрола на брзината на распрскување на отпадната вода. Овој погон може да се користи континуирано или само во случај на застој во работата. Со намалување на брзината на распрскување може да се спречи затнување, намалени перформанси и непријатни мириси, посебно кај високо оптоварени филтри. Со монтирање на мотори може да се подобрат перформансите и кај постоечките прокапници и био-кули. Друг понов метод кој се користи за попрецизно управување со распрскувањето на отпадната вода кај прокапниците се пневматски управувани затворачи кои ги отвораат и затвораат отворите на двете страни на краците. При промена на дотокот, преку автоматско подесување на отвореноста на блендите, се постигнува константна брзина на распрскување.

Постојат повеќе видови на материјали, кои се користат како **работен медиум кај филтрите** и кои го поддржуваат биолошкиот раст. Најчестите видови се прикажани на слика 4.6. Медиумите обично се класифицираат како високо ефикасни (со голема површина и слободен простор на единица волумен од филтерот) или стандардни (карпести).



Слика 4.6. Работни медиуми кај филтри-прокапници [2]

Филтрите со пластичен работен медиум се изработуваат за тангенцијално струење од 60 и 45 степени или со мрежаста форма (random media). За отстранување на јаглеродното БПК оптоварување, површината на филтрите обично изнесува од 89 до 105 m^2/m^3 работен медиум и процент на слободен простор од 92 до 97% од вкупниот волумен. Постојат и филтерски медиуми за нитрификација (после отстранувањето на БПК) со површина поголема од 131

m^2/m^3 . Врз основа на бројни студии за споредба на работните медиуми кај прокапниците, заклучено е дека медиумите за тангенцијално струење обезбедуваат најдобра распределба на протокот, посебно при ниско органско оптоварување.

Карпестиот медиум може да се состои од материјал од природните корита на реките или од на и искршен камен (карпа). Најголемиот број од нив имаат околу $150 \text{ m}^2/\text{m}^3$ површина и помалку од 40% слободен простор.

Значајна разлика помеѓу карпестите и пластичните медиуми е специфичната тежина, која кај првите изнесува околу $1282 \text{ kg}/\text{m}^3$, во споредба со 32 до $48 \text{ kg}/\text{m}^3$ кај пластичните. Дополнителни мерки кои се преземаат кај пластичните филтри се UV адитивите на изложениот површински слој на пластика, подебели пластични сидови за пониските делови, каде што се зголемува оптоварувањето, како и во некои случаи, заштита на површинскиот слој од ефектите на хидрауличната сила на распределителот.

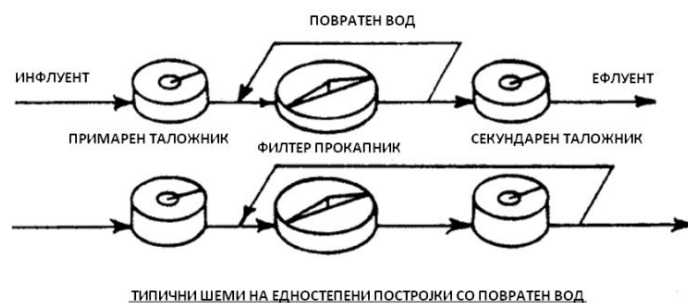
Во минатото малку се посветувало значење при проектирањето на секундарните таложници. Иако е јасно дека нивната функција многу поважна кај системите со активна тиња, сепак и кај прокапниците или био-кулите претставуваат важен сегмент во пречистувањето.

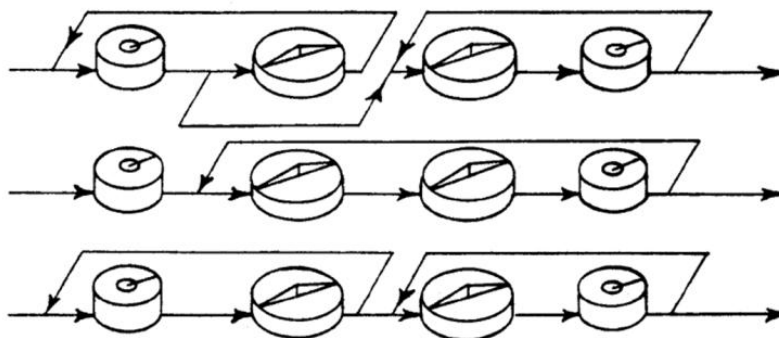
Успешноста на биолошките филтри вообичаено не се мери само преку отстранувањето на БПК оптоварувањето, туку и преку способноста на секундарниот таложник да ги одвои измешаните цврсти материи од пречистената вода. Најдобри резултати во практиката се добиваат со големи преливи и со плитки страни (2,4 до 3 m). Соодветните таложници кај системите со активна тиња се подлабоки (3,0 до 3,7 m) и имаат многу помали брзини на прелив.

Еден од начините за управување со процесот на пречистување кај биолошките филтри е рецикулацијата на дел од пречистената вода назад во филтерот/биокулата. Со ова се постигнуваат повеќе ефекти:

- Се намалува силата со која отпадната вода го оптоварува филтерот
- Се разблажува токсичниот отпад, доколку е присутен
- Се задржува популацијата на микроорганизми на филтерот
- Се обезбедува воедначена дистрибуција на протокот и
- Се спречува сушење на филтерот.

На слика 4.7. се прикажани најчестите начини (шеми) на рецикулација. Доколку се појави непријатен мирис од примарниот таложник или цевководите, со рецикулација на ефлуентот од филтерот до овие локации, може да се поправи состојбата. При тоа мора да се внимава на преоптоварувањето на таложниците.





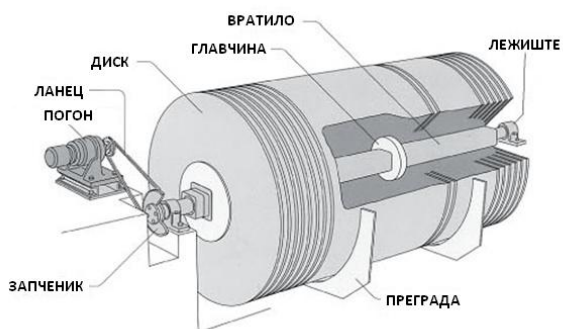
ТИПИЧНИ ШЕМИ НА ДВОСТЕПЕНИ ПОСТРОЈКИ СО ПОВРАТЕН ВОД

Слика 4.7. Шеми на рецикулација (повратен вод) кај филтри-прокапници

Начинот на кој се управуваат секундарните таложници може значително да влијае врз работата и перформансите на прокапниците. Иако работата на таложникот кај системи со неподвижен филм не е од суштинско значење, како кај системите со активна тиња, сепак мора да се внимава на крајното таложее. Тињата мора брзо да се изнесува од крајниот таложник пред да настане гасификација или пред нитирфикацијата да предизвика испливување на цврстите материи. Длабочината на тињата во секундарниот таложник треба да се ограничи на 0,3 до 0,6 m. Одведувањето се врши со континуирано или периодично пумпање.

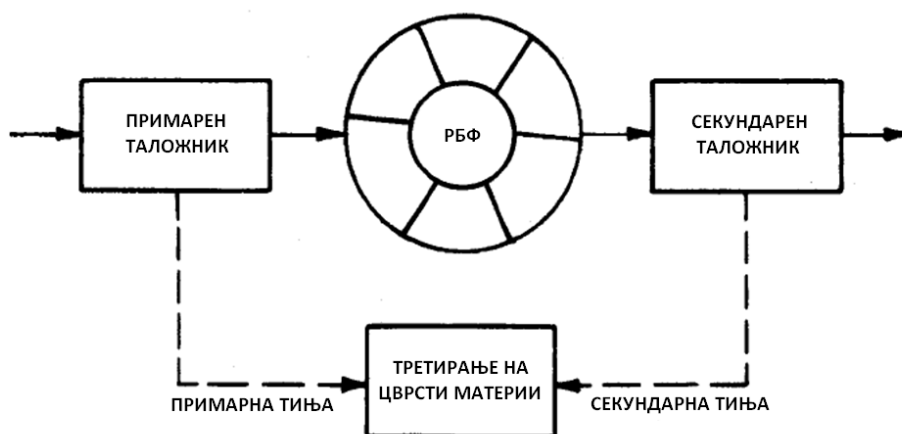
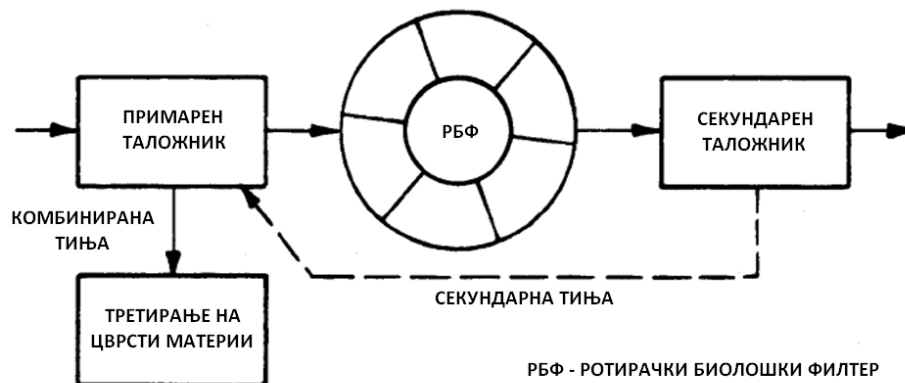
4.3.2. Ротирачки биолошки филтри

Работниот медиум кај ротирачките биолошки филтри (РБФ) се состои од пластични дискови поставени на долги, хоризонтални ротирачки вратила (слика 4.8). Биолошка скрама, слична како кај прокапниците и био-кулите, постои на работниот медиум. Но, за разлика од неподвижните филтри, во овој случај, работниот медиум ротира во мирната отпадна вода и потоа излегува надвор од неа, каде што организмите добиваат воздух од околината кој им помага да ги консумираат органските материи во отпадната вода. Овој тип на биолошки филтри на широко се користат низ светот, а само во САД има околу 600 постројки за комунални и индустриски отпадни води. Најголемиот дел од нив се проектирани за отстранување на БПК₅ оптоварувањето, но мал дел и за отстранување на азотот и азотните соединенија. На самите почетоци на примената на овие постројки во доцните 1970ти и раните 1980ти години, често се случувале механички проблеми и органско преоптоварување. Но, потоа се развиени стандарди кои ги намалуваат или елиминираат најголемиот дел од проблемите, иако сеуште се јавуваат механички проблеми.



Слика 4.8. Ротирачки биолошки филтри

Текот на водената струја при пречистувањето кај РБФ е сличен со поголемиот број од останатите биолошки системи, бидејќи доброто прелиминарно и примарно пречистување се од суштинско значење во отстранувањето на цврстите материи кои би ја нарушиле работата на РБФ (слика 4.9).



Слика 4.9. Шематски приказ на процесот на пречистување кај ротирачки биолошки филтри

Мора да постои секундарен таложник кој ги отстранува цврстите материи од пречистената вода. Цврстите материи кои се таложат во него потоа можат да се рециклираат во примарниот таложник за дополнително таложење или да се испумпаат директно во системите за нивно третирање (слика 4.9). Изразот *вратило* обично се користи за да се опишат заедно металната конструкција и дискот со филтерскиот медиум. Дискот се изработени од кружни пластични плочи со голема густина (околу 3.6 t во пречник, иако се сретнуваат и во поголеми димензии). Плочите се поврзани и склопени на хоризонтални вратила и обично имаат должина од 7,6 m. На секое вратило има површина од околу 9300 m² на која може да се развиваат микроорганизмите. Работни медиуми со помали густини се применуваат обично за отстранување на јаглеродното БПК₅ оптоварување, додека погустите се применуваат за нитрификација на амониумот.

Вратилата на РБФ се погонуваат механички или пневматски со воздух под притисок, при што околу 40% од филтерот е потопен во отпадната вода. Самото пречистување на отпадната вода се изведува со обично поместување и под дејство на земјината тежа. Бактериите и останатите

микроорганизми кои се природно присутни во отпадната вода се нафаќаат и растат на површината на ротирачкиот филтер. Биолошкиот филм се одвојува во водата кога биомасата ќе порасне до степен кога филтерот не може да ја задржи. Одвоениот био-филм и останатите измешани цврсти материи се одведуваат со водата и се отстрануваат во секундарниот таложник.

Биолошката скрама на првите филтри е дебела од 0,15 до 0,33 cm. Здравата биомаса на првите филтри има светло кафеава боја, додека биомасата на последните филтри има црвеникава или златна боја. Биомасата може да биде скоро невидлива кај постројките со мало оптоварување. Доколку биомасата има бела или сива боја, тоа е индикација за постоење на надуена тиња, т.е. нездрава средина.

Системите со РБФ обично се состојат од следните видови опрема:

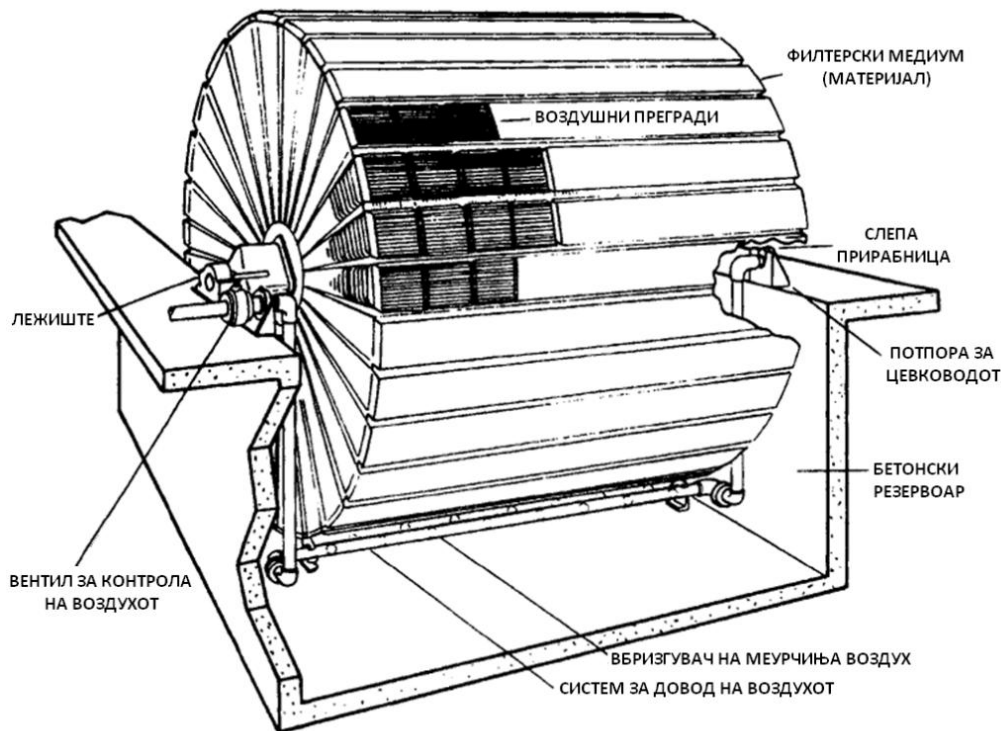
- Резервоар
- Прегради
- Филтер
- Капак
- Погон
- Влезни и излезни цевковод

На сликата (4.10) се прикажани компонентите на опремата која вообичаено се користи кај РБФ. Називите на некои делови од опремата може малку да се разликуваат според тоа кој ги произведува. Брзината на ротација на вратилата се движи помеѓу 1,0 и 1,6 min⁻¹. Иако би била потребна помала енергија за помали брзини на вртење, при тоа би се намалила способноста за пренесување на кислородот. Утврдено е дека поставеноста на вратилото во однос на дотокот на отпадна вода во некои случаи придонесува за подобрување на пречистувањето (на пр. нормално поставено вратило во однос на дотокот), а пак, во други случаи, дека нема никакво влијание.

Работата на секундарните таложници кај РБФ е слична како кај прокапниците. Треба да се избегнува нивната улога како локација каде што главно ќе се одвива згуснувањето за да се минимизира денитрификацијата или пренесувањето на цврстите материи со ефлуентот.

Одвојувањето на биомасата од дисковите на филтерот може да се јави како последица на токсични материи, температурни промени или нормална појава на хидраулични тангенцијални сили. Затоа е потребно дневно да се надгледува дебелината на тињата нафатена на филтерот и да се контролира количината на испумпаните цврсти материи (во kg на ден), со што би се открило создавање на предебели наслаги и останати проблеми.

Ротирачките биолошки филтри, исто така се користат за нитрификација на секундарниот ефлуент. Посебен РБФ за нитрификација вообичаено се користи како додаток на постоечките секундарни биолошки системи кои се неопходни за задоволување на законските вредности на концентрациите на амониум-азот во пречистената вода.



Слика 4.10. Ротирачки биолошки филтер на пневматски погон

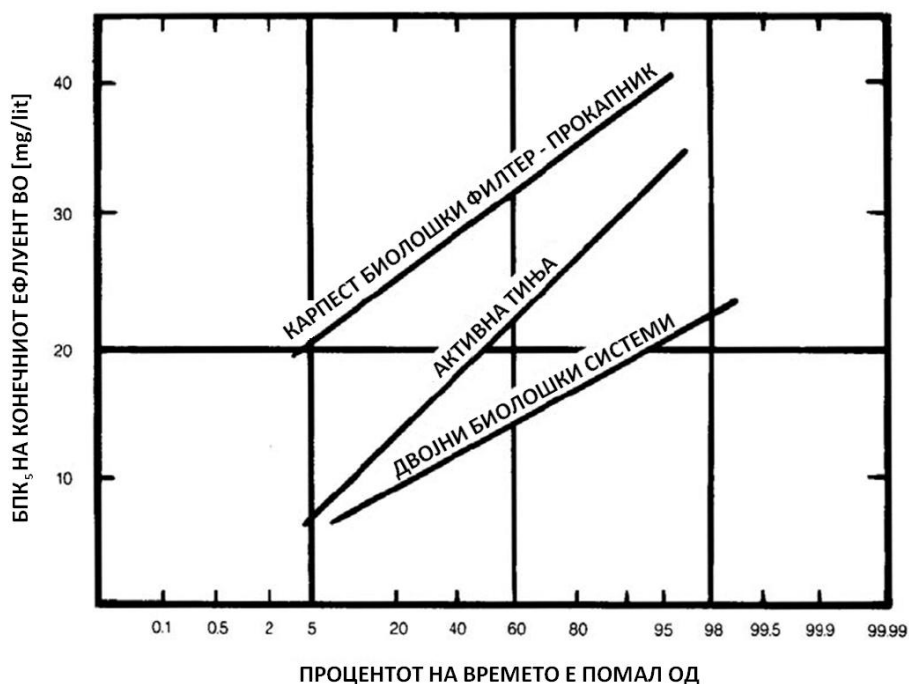
4.4. Комбинирани процеси

Пречистувањето на отпадната вода обично се замислува како систем од последователни постапки: прелиминарно, примарно, секундарно и терциерно пречистување. Сепак, при секундарното пречистување некогаш сервиски се комбинираат постапки со неподвижен филм (како филтри-прокапници и РБФ) или заедно со други видови на биолошко пречистување (како на пример постапки со активна тиња). Овие комбинирани процеси се сретнуваат под различни називи, како на пример *step системи*, *двостепени*, *сериски*, *двојни*, *системи во пар* или само *комбинирани процеси*.

Во средината на 1970те години доаѓа до развој на високо ефикасни работни медиуми за филтрите (слика 4.6). Тие во почетокот се користеле само кај високо оптоварени индустриски постројки. Новите медиуми овозможувале органско оптоварување кај прокапниците од 10 до 15 пати поголемо отколку стандардните до тогаш карпести филтри, без појава на зачепување или непријатни мириси. Наскоро станало јасно дека биолошкото пречистување често можело да се реализира со комбинирање на високо оптоварени прокапници после кои би следел процес со активна тиња. Предностите и недостатоците на постоечките филтри-прокапници и процесите со активна тиња се прикажани во табелата 4.2. Со нивно комбинирање, често се добивала едноставноста, отпорноста на хидраулични удари и ефтиното одржување на прокапниците, како и подобрените карактеристики на ефлуентот или зголемената нитрификација во базенот со активна тиња. На сликата 4.11 е прикажана сигурноста на комбинираниите процеси, во споредба со процесите со активна тиња и филтер-прокапник.

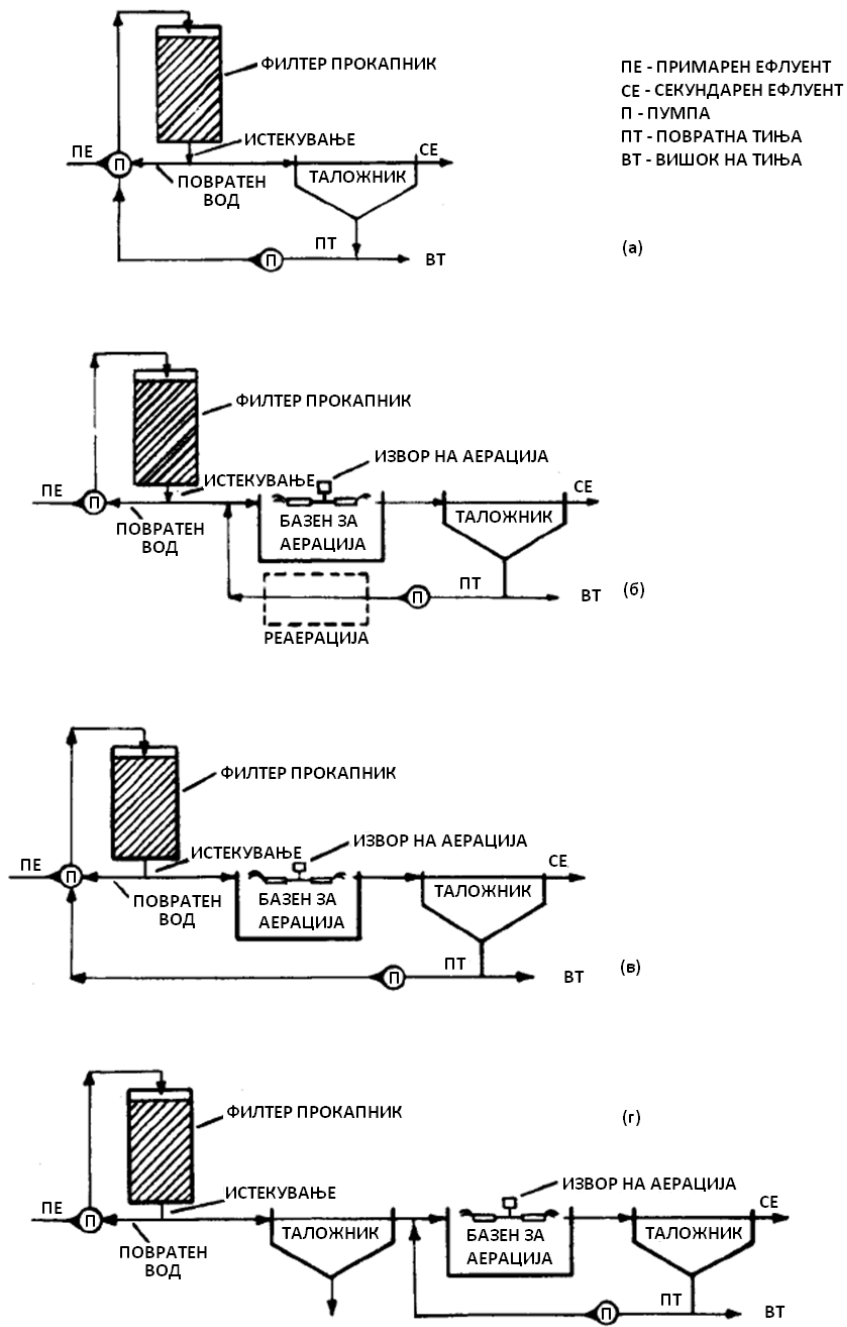
Табела 4.2. Компарација на карактеристиките на филтрите-прокапници и процесите со активна тиња

Предности	Недостатоци
<u>Системи со филтри прокапници</u>	
Едноставност. Густа секундарна тиња. Ниски трошоци при работа. Отпорни на непредвидени зголемени оптоварувања. Ниски трошоци за одржување. Ниска потрошувачка на енергија.	Повисоки инвестициски трошоци. Поголема потребна површина за градба. Проблем со непријатната миризба. Чувствителност на температура. Слаба прилагодливост на промени во - работните режими.
<u>Системи со активна тиња</u>	
Зголемена флексибилност во работата. Најниски инвестициски трошоци. Помала потребна површина за градба. Намалена непријатна миризба. Контрола на нитрификацијата.	Сложеност на системот. Поголем волумен на тиња. Висока потрошувачка на енергија. Повисоки трошоци при работата. Помала отпорност на непредвидени - зголемени оптоварувања.



Слика 4.11. Споредба на квалитетот на ефлуентот кој се добива со карпест филтер-прокапник, активна тиња и двоен систем на пречистување

Можен е голем број на комбинации на процесите во зависно од тоа колку процеси со активна тиња и прокапници би се примениле, оптоварувањето на поединечните постројки и во зависност од тоа во која точка на основното струење се внесува повратната тиња и останатите рециркулациони текови. Шематскиот приказ на најчестите комбинирани процеси е прикажан на сликата 4.12.



Слика 4.12. Шематски приказ на комбинираните постапки, а) ABF, б) TF/SC и RF/AS, в) BF/AS и г) TF/AS

5. БИОЛОШКО ОТСТРАНУВАЊЕ НА ХРАНЛИВИТЕ МАТЕРИИ

5.1. Општо

Станиците за пречистување обично ги отстрануваат хранливите материи (како на пр. азотот или фосфорот) од отпадната вода заради заштита на животната средина, јавното здравје или економски причини. Со истражувања е докажано дека 0,005 mg/lit (5 µg/lit) растворен орто-фосфат го ограничува растот на алгите (WEF, 2001). Други студии покажале дека повеќе од 0,05 mg/lit неоргански форми на азотот (амониум-азот и нитрат-азот) можат да го забрзаат растот на алгите.

Молекуларниот или слободен (нејонизиран) амониум може да биде отровен за некои видови риби. Повеќе од 0,2 mg/lit нејонизиран амониум може да предизвика акутно труење, па често се контролира преку рН вредноста на водата, температурата и концентрацијата на амониумски јони.

Грижата на јавното здравство се однесува на водата за пиење која што содржи азот. Вообичаено регулативата пропишува максимално количество на нитрат-азот од 10 µg/lit.

Отстранувањето на хранливите материи можат и да ги намалат тековните трошоци на работа на пречистителната станица. Кога процесите на аеробно биолошко пречистување мораат да извршат нитрификација на отпадната вода, со денитрификацијата на ефлуентот (претворањето на нитратот во атмосферски азот) може да се поврати намалениот кислород и алкалноста, со што се штеди енергија која би била потребна за аерација. Денитрификацијата, исто така, може да ја намали или елиминира потребата за додавање хемикалии за одржување на оптималната рН вредност за биолошките процеси на пречистување. Доколку е потребно отстранување на фосфорот, биолошкото отстранување на фосфорот (БОФ) може да ги намали потребите за додавање хемикалии и соодветното дополнително создавање тиња. Конечно, биолошкото отстранување на хранливи материи (БОХМ) може да создаде тиња со подобри карактеристики на таложење, во однос на тињата која се добива со конвенционалните процеси.

Постојат повеќе методи на БОХМ (слика 5.1). Еден од поефективните методи е контрола на изворите (на пр. намалување на фосфорот кој се користи при производството на сапун и посебно на прашасти за перење). Некои агенции го елиминирале присуството на фосфор во отпадната вода за повеќе од 50% преку добра контрола на изворите[7].

Природни системи (на пр. мочуришта, вода која површински тече или езерца) можат да се користат за контрола на хранливите материи, но таа контрола може да се реализира и со хемиски или биолошки процеси.

Карактеристиките на отпадната вода влијаат врз способноста и брзината на отстранувањето на хранливите материи. На пример, ако инфлуентот е инертен (не е биоразградлив), цврстите материи се менуваат, па е потребно да се зголеми времето на задржување за да се одржи нитрификацијата.

Биолошкото отстранување на хранливите материи и фосфорот зависат од располагањето со доволни количини на биоразградлив органски супстрат (ХПК или БПК). Утврдено е дека е потребно 8,6 mg ХПК за отстранување на 1 mg нитрат-азот од отпадната вода, но затоа е потребно само 0,7 до 1,9 mg од биоразградлив супстрат (метанол). Со експерименти е утврдено

дека 50 mg ХПК оптоварување се троши за отстранување на 1 mg фосфор од комуналните отпадни води.

СИСТЕМ	КАТЕГОРИЈА	НАЧИН
Контрола на изворите на загадување	Ограничувања кај производите Минимизирање на отпадните води Индустриски пред-третман	
Природни системи	Системи врз база на земја (почва)	Инфилтрациски базени Површинско струење Наводнување со распрскување
	Системи врз база на вода	Природни мочуришта Изградени мочуришта Аквакултури Факултативни езерца
Системи со активна тиња	Последователна аерација	Активна тиња со продолжена изложеност на воздух Секвенционални batch реактори Повратна активна тиња Оксидациски ров со фазна работа
	Нитрификација и/или денитрификација	Конвенционална активна тиња Bardenpho LE Изменет LE Аноксично полнење во фази
	Отстранување на фосфорот и/или отстранување на фосфор/азот	5-фазен bardenpho Анаеробно/оксично A/O Анаеробно/аноксично/оксично A2/O UCT JNB
Комбинирани системи	Пост-денитрификација	Активна тиња/послеаноксична активна тиња Активна тиња/пост-денитрификациски филтер
	Интегрирани процеси	Мембрански филтер/активна тиња Интегриран неподвижен филм/активна тиња
	Комбиниран процес со неподвижен филм и активна тиња	Филтер прокапник/активна тиња Филтер прокапник/контакт со цврстите-материи
Системи со неподвижен филм (слој)	Системи со неподвижен филм	Филтерски слој Флуидизиран слој Филтер прокапник во кој се одвива нитрификација Сериски поврзани филтри-прокапници
Хемиски / Физички системи	Испарување на испарливите органски материи од отпадната вода Јонска размена Хлоринирање	

Слика 5.1. Можности за отстранување на хранливите материи

Заради потребата од доволна количина биоразградлив органски субстрат, кај бројни постројки за пречистување во постудени климатски подрачја (каде што БПК состојките бавно се распаѓаат), во отпадната вода се додава ферментирана тиња или се доведува рециклирана вода за ферментирање на нуспродуктите (ова се нарекува *ферментација на примарната тиња*). Оваа постапка се изведува во самата постројка и со неа се елиминира потребата од метанол или други комерцијални запаливи супстанции, но е веројатно непотребна при повисоки надворешни температури, кога природната ферментација во колекторскиот систем произведува доволно киселини кои се потребни за процесите на отстранување на хранливите материи.

5.2. Биолошко отстранување на азотот

Што ќе се случи со азотот во текот на секундарното пречистување зависи од јаглеродните компоненти (измерените БПК и ХПК вредности), типот на тињата (цврстите материи во водата) и применетите методи на оксидација (слика 5.2). При тоа средната старост на тињата се дефинира на следниот начин:

$$\text{Средна старост во } d = \frac{\text{постоечка бактериска маса во БАТ во } g/l}{\text{одведена бактериска маса (ВТ) во } g/l \cdot d} \quad (5.1)$$



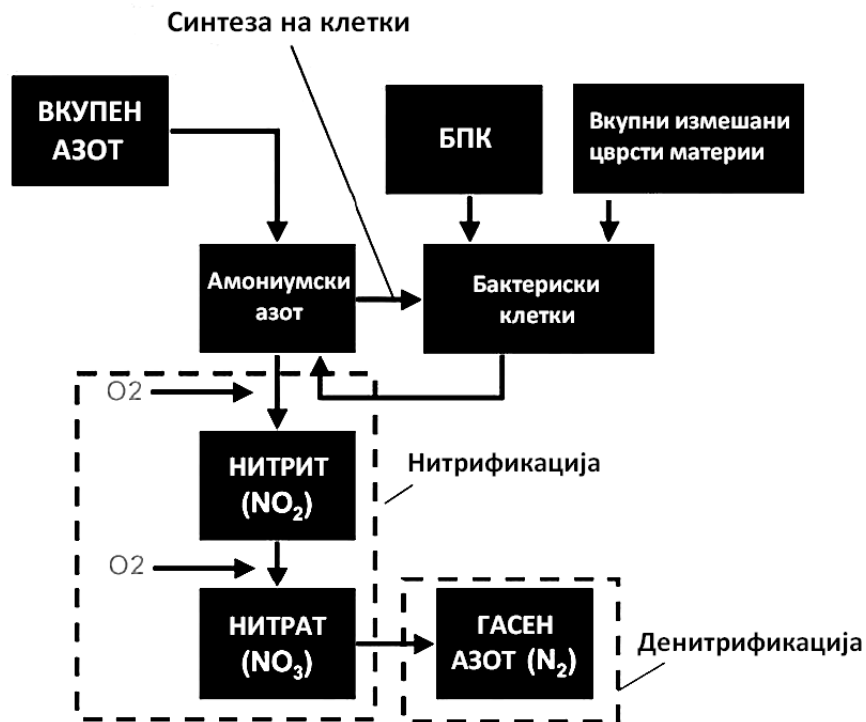
5.2. Влијание на староста на тињата врз пречистувањето

Кога азотот влегува во пречистителната станица, се состои од органски азот и од амониум-азот. Отпадната вода од домаќинствата обично содржи околу 40 mg/lit вкупен азот (25 mg/lit амониум и 15 mg/lit органски азот). Биолошкото пречистување на амониумскиот азот се постигнува со негово вградување во биолошките клетки или негова оксидација во нитрат (слика 5.3). Доколку се вгради во биолошки клетки, тогаш амониумот и органскиот азот се одведуваат со вишокот активна тиња. Доколку се оксидира во нитрат, тогаш оксидираниот амониум (нитрат) може да се претвори во гасовит азот преку денитрификација и да се испушти во атмосферата.

Карактеристиките на отпадната вода можат да влијаат врз однесувањето на т.н. хранливи материи. На пример, доколку 20% од органскиот азот (15 mg/lit) хидролизира во амониум, тогаш вкупниот амониум-азот кој ќе биде на располагање за синтеза на клетки ќе изнесува:

$$(15 \text{ mg/L})(0.2) + 25 \text{ mg/L} = 3.0 \text{ mg/L} + 25 \text{ mg/L} = 28 \text{ mg/L} \quad (5.2)$$

Обично ефлуентот после примарното пречистување содржи 160 mg/lit БПК. Во тек на секундарното пречистување, се добива околу 80 mg/lit биолошки цврсти материи. Биолошката тиња што се добива содржи околу 10% азот и 2% фосфор.



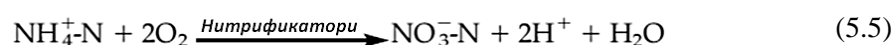
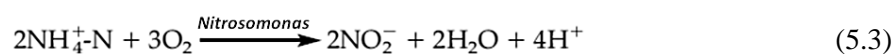
Слика 5.3. Отстранување на азотот во пречистителните станици

Разликата помеѓу конвенционална постапка со активна тиња и постапка за отстранување на хранливите материи е во тоа што во првиот случај азотот се отстранува само преку изнесување на вишокот на тиња. Во вториот случај, постројката го отстранува азотот преку тињата, но и преку комбинирана биолошка реакција за оксидирање на преостанатиот амониум (нитрификација) и редукција на оксидираниот азот (денитрификација). Доколку постројката има само лимит за концентрацијата на амониумот, при тоа е можна само нитрификација на отпадната вода. Доколку постројката има лимити и за амониумот и за оксидираниот нитрат, во тој случај ќе биде потребно да се реализираат обата процеси: нитрификација и денитрификација на отпадната вода.

5.2.1. Нитрификација

Нитрификацијата е биолошко претворање на амониумскиот азот во нитратен азот. Таа се изведува со помош на *автотрофни микроорганизми* – организми кои користат неоргански материи како извор на храна, а фотосинтеза или хемосинтеза како извор на енергија. Тие го оксидираат амониумот и го редуцираат јаглерод диоксидот за да произведат нова биомаса, при што за 6-9 дена време на задржување создаваат 0,2 mg растворени цврсти материи од 1 mg отстранет амониум.

Првиот чекор при нитрификацијата е оксидирањето на амониумот во нитрит со помош на бактериите *Nitrosomonas*. Потоа, *Nitrobacter* бактериите го оксидираат нитритот во нитрат. Процесот на нитрификација може да се опише со следните равенки:



Нитрификацијата обично е целосна реакција, т.е. резултатот е доминантно нитрат (малку или целосно отсуство на нитрит). Сепак, кај пречистителните станици кои што вршат сезонска нитрификација, може да настане акумулација на нитритот додека не се создаде доволна популација од бавно-растечките *Nitrobacter*. Акумулацијата на нитрити може да води кон прекумерна потрошувачка на хлор заради нецелосно оксидираниот нитрит.

Ефикасната нитрификација зависи од доволните количини на кислород и алкалност (за обезбедување на потребната рН вредност на отпадната вода. *Nitrosomonas* и *Nitrobacter* трошат околу 4,5 mg кислород и 7 mg алкалност (во форма на калциум карбонат) за секој 1 mg нитрат кој се формира. Тоа значи дека се добиваат 0,06 до 0,2 mg растворени цврсти материи за секој mg формиран нитрат.

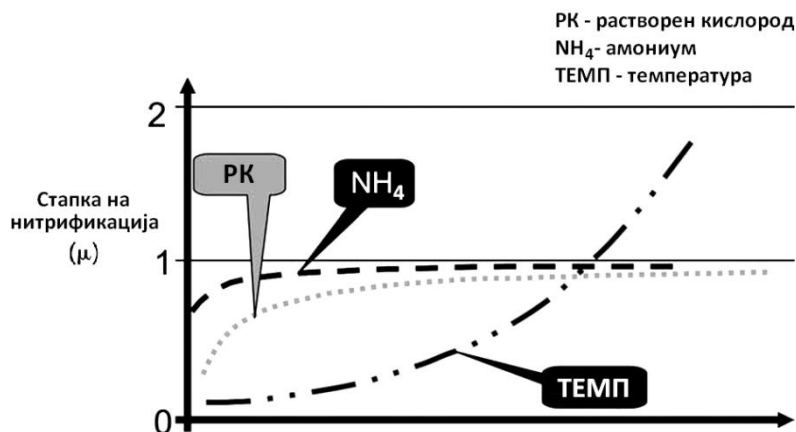
Автотрофните бактерии обично растат два или три пати побавно од хетеротрофните бактерии, кои се доминантни организми кај системите за биолошкото пречистување. Врската помеѓу стапката на раст на бактериите и средната старост на тињата е многу важна во определувањето дали и како температурата, растворениот кислород и други фактори влијаат врз биолошкото пречистување. Стапката на раст на биомасата (μ) се пресметува на следниот начин:

$$\mu = \frac{\text{Дневен пораст на бактериска маса}}{\text{Постоечка бактериска маса}} \quad (5.6)$$

Најголемата стапка на раст (μ_{\max}) кај бактериите за нитрификација при 20°C е обично помеѓу 0,14 и 0,23 kg/d. Со други зборови, μ е инверзна вредност од староста на тињата, т.е. минималната старост на тињата е инверзна вредност од максималната стапка на раст:

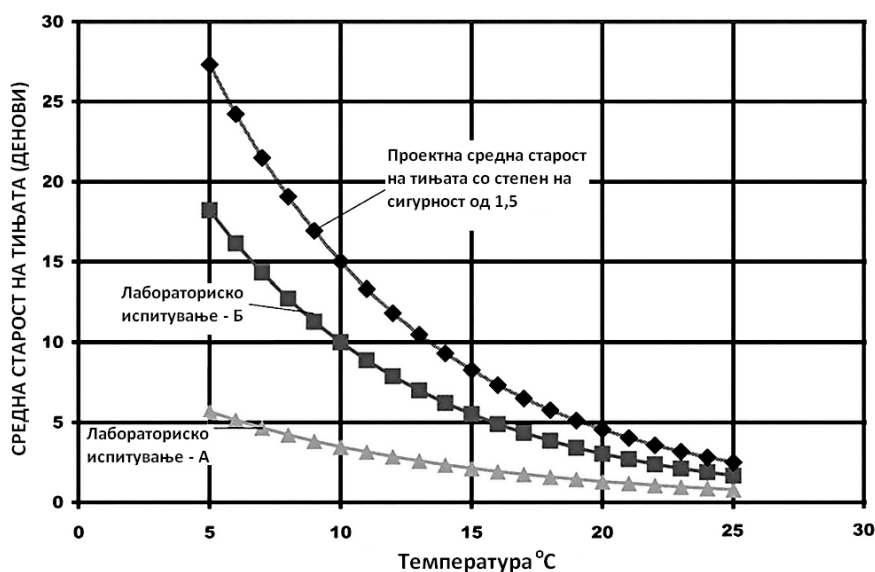
$$\text{Средна старост}_{\min} = \frac{1}{\mu_{\max}} \quad (5.7)$$

Нитрификацијата зависи од концентрациите на амониум, растворениот кислород и температурата на отпадната вода (слика 5.4). Стандардните услови кои се користат за дефинирање на стапката на отстранување се 20°C, 2 mg/lit растворен кислород и 10 mg/lit амониум. Доколку паднат концентрациите на растворен кислород или амониум, тогаш нитрификацијата ќе забави. Ако средината не е токсична, намалувањето на температурата под стандардната, најверојатно ќе предизвика најголемо влијание врз намалувањето на стапката на нитрификација.



Слика 5.4. Клучни фактори кои влијаат на нитрификацијата

Повеќето пречистителни станици се проектирани врз база на максималните стапки на раст за даден опсег на работни температури. При проектирањето на вакви постројки, се препорачува да се земе средна старост на тињата 1,5 до 2 пати поголема од теоретски потребната за нитрификација (слика 5.5). На пример, пресметаната вредност за староста на тињата (користејќи μ_{max}) може да биде 10 дена при 10°C, но сепак проектантот би требало да предвиди аерационен базен кој би бил доволно голем за 15-дневна старост (фактор на сигурност од 1,5) или за 20-дневна старост на тињата (фактор на сигурност 2). Во краен случај, може да се утврди дека процесот на нитрификација може сигурно да се одвива и при помала старост на тињата. „Најдобрата,, старост е специфика на секоја пречистителна станица заради големиот број на фактори кои мора да се земат во предвид.



Слика 5.5. Проектирана средна старост на тињата (денови) за нитрификација

pH вредноста, исто така, влијае врз нитрификацијата. Оптималната вредност се движи околу 7,5. Со нејзиното намалување, се намалуваат и стапката на раст и активноста на бактериите кои ја предизвикуваат нитрификацијата, при што целиот процес може да биде загрозен при вредности под 6,5. Сепак, некои студии покажале дека бактериите имаат способност и да се прилагодат и на пониски вредности.

Некои метални, органски и неоргански состојки можат негативно да влијаат врз растот на автотрофните бактерии. Затоа е потребно да се направат испитувања доколку се појави сомнеж за ваква појава.

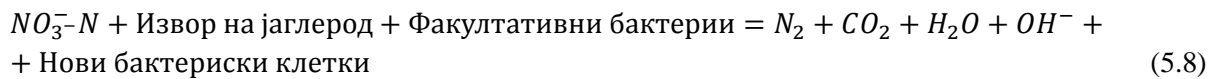
5.2.2. Денитрификација

Во текот на процесот на денитрификација, бактериите го редуцираат нитратот во азотен гас (слика 5.6). Азотот во гасна форма не е лесно растворлив во вода, па затоа се испушта во атмосферата. Атмосферата природно содржи повеќе од 70% азот, така да овие емисии не ја загадуваат животната средина.

Денитрификацијата се врши со помош на *хетеротрофни микроорганизми* – организми кои користат органски материи како извор на храна и метаболитичка синтеза како извор на енергија. Хетеротрофните организми трошат помалку енергија на синтеза отколку

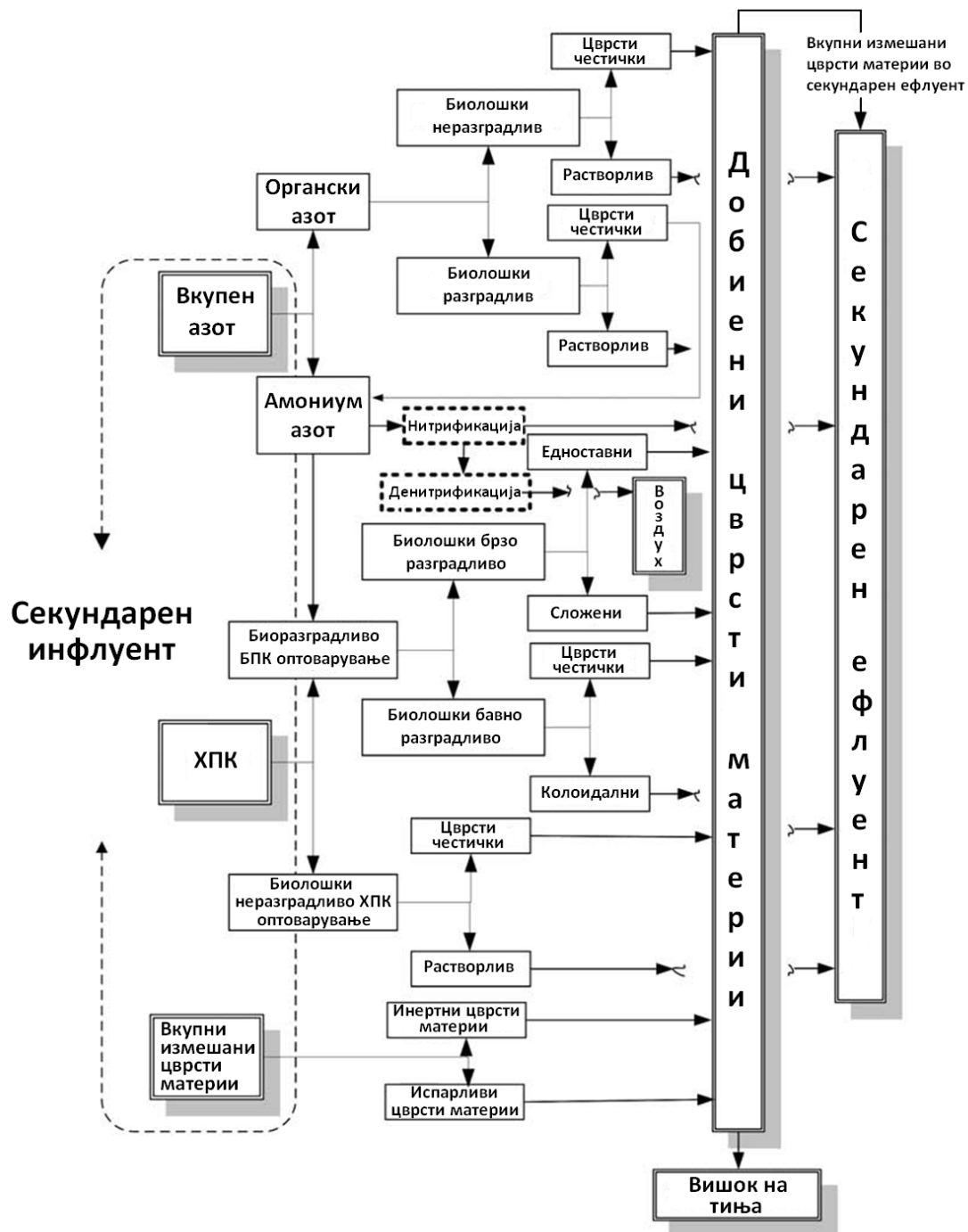
автотрофните организми, па растат побрзо и создаваат поголема клеточна маса. Вообичаената старост на тињата во нивниот случај е 2 до 4 дена за да создадат 0,5 mg растворени цврсти материи при отстранување на 1 mg БПК оптоварување.

Постојат повеќе хетеротрофни бактерии кои можат да учествуваат во процесот на денитрификација на отпадната вода. Овие бактерии се „факултативни“ бактерии, што значи дека можат да функционираат во аеробна или аноксична средина. Тие најпрво го користат молекуларниот кислород, но доколку во средината постои помалку од 0,3 до 0,5 mg/lit растворен кислород, тогаш го одземаат кислородот од нитратните молекули за да синтезираат јаглородни состојки (на пр. БПК):



Биохемиските реакции поврзани со денитрификацијата се клучни фактори во работата на пречистителна станица за отпадни води. На пример, со редуцирањето на нитратот се елиминира дел од БПК потрошувачката, па во аноксичните реактори е можно отстранување на јаглородното БПК оптоварување. Ако ЈБК оптоварување е единствената вредност која се контролира при пречистувањето, тогаш при пресметките за средната старост на тињата може да се земе биомасата од процесот на денитрификација.

Теоретски, 2,86 mg кислород се добива при редукција на секој милиграм нитрат во азотен гас. Ова е повеќе од 60% од потребниот кислород за нитрификација, па на овој начин се обезбедува значително намалување на потребната опрема за аерација во другите делови на постројката.



Слика 5.6. Интеракции помеѓу хранливите матери

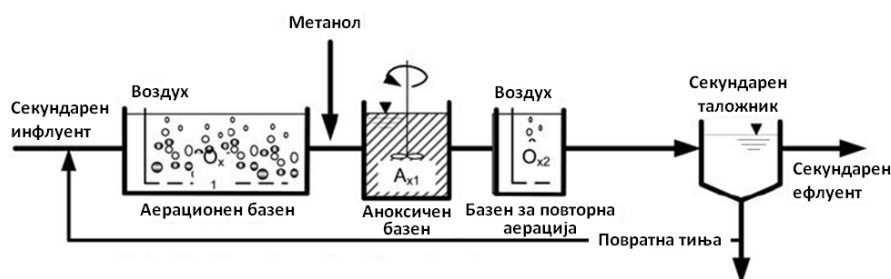
Како последица на денитрификацијата се добиваат и нови бактериски клетки. Зголемувањето на клеточната маса зависи од изворот на јаглерод. На пример, доколку изворот на јаглерод е метанолот, тогаш тоа зголемување е околу 0,5 mg растворени цврсти матери (РЦМ) за секој отстранет милиграм нитрат. Во случај, пак, изворот да е БПК, таа количина е околу 1,5 mg РЦМ.

Дополнителни 3,57 mg алкалност (во вид на калциум карбонат) се добиваат за секој отстранет милиграм нитрат. На тој начин, при денитрификацијата се враќа околу 50% од алкалноста која се губи во текот на процесот на нитрификација.

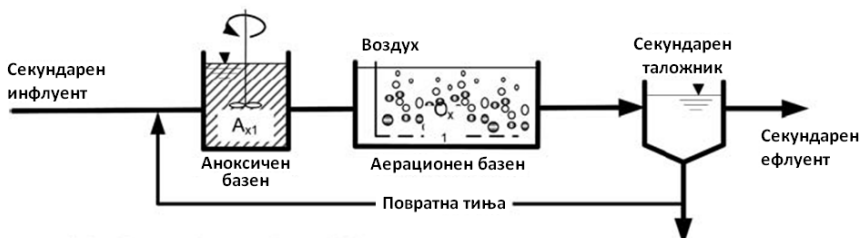
Бактериите кои ја овозможуваат денитрификацијата се помалку чувствителни на средината отколку соодветните бактерии при нитрификацијата, па условите не влијаат на нивниот раст.

Нитрификацијата и денитрификацијата можат да се одвиваат во една постројка во пречистителната станица (*Симултана нитрификација/денитрификација-СНД*) или денитрификацијата може да се одвива посебно пред или после аноксичните реактори. Во 1970те години, отстранувањето на хранливите материи и денитрификацијата се одвивале во реактори после аноксичните (слика 5.7a) [2]. Метанолот се користел како главен јаглероден извор за денитрификација. После денитрификацијата следи релативно мал пост-аерационен реактор за оксидација на преостанатите органски материи.

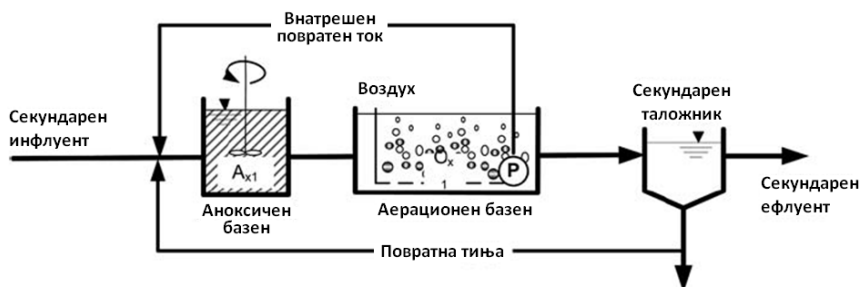
а) Пост-аноксична денитрификација



б) Активна тиња



в) Пред-аноксична денитрификација



Слика 5.7. Технички решенија за реализација на денитрификацијата

Во 1980те години голем број на пречистителни станици биле надградени со уреди за контрола на филаментозните организми (слика 5.7б). Во оние постројки во кои се одвивала нитрификација на отпадната вода, во аноксичните зони се вршела денитрификација на повратната тиња и контрола на филаментите. Ова е искористено заради високата цена и опасноста при користењето на менатолот. Се додава внатрешен повратен ток (MLR) и се

применува пред-аноксичен резервоар за денитрификација (слика 5.7в). Во овој резервоар, се користат непречистената отпадна вода или примарниот ефлуент како извор на јаглерод за денитрификација.

Општо гледано, стапката на денитрификација опаѓа при струењето на отпадната вода низ различните аноксични зони, бидејќи поголема биоразградлива БПК е на располагање во низводните аноксични зони отколку во возводните.

Температурата и рН вредноста, исто така, влијаат врз стапката на денитрификација, но најважен фактор е молекуларниот кислород. Во една пречистителна станица треба да се минимизира концентрацијата на молекуларен кислород во отпадната вода. Постои практична граница на процесот на денитрификација. Отстранувањето на нитратот е функција од произведениот нитрат во аеробната зона и во секундарниот ефлуент.

5.2.3. Технички решенија за отстранување на азотот

Процес на Ludzack-Ettinger (LE). Во 1960-те и 1970-те години инженерите направиле повеќе модификации на конвенционалните постапки со активна тиња за да се подобри отстранувањето на азотот. На пример, научниците Ludzack и Ettinger развиле модел во кој повратната тиња и секундарниот инфлуент се комбинираат во аноксична зона, која се наоѓа пред аеробната зона (слика 5.8а). Нитратот кој се создава во аеробната зона се враќа во аноксичната зона за денитрификација преку повратната тиња.

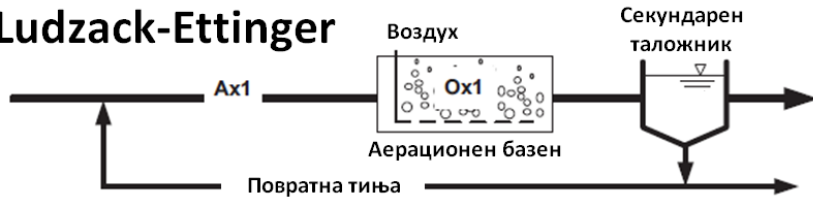
Заради тоа што единствениот извор на нитрат за аноксичната зона е повратната тиња, денитрификацијата е ограничена од протокот на повратна тиња. На овој начин, оваа постапка на денитрификација е применлива само во случаи кога нема строги прописи за количините на нитрат или може да се одржуваат високи протоци на повратна тиња.

Модифицирано Ludzack-Ettinger (MLE) решение. Разликата помеѓу LE и MLE процесите е дека во вториот случај се врши повратен тек од оксичната во аноксичната зона (слика 5.8б). Овој повратен тек може да изнесува од 100 до 300% од протокот на секундарниот инфлуент, во зависно од саканиот степен на денитрификација. Концентрациите на нитрат во ефлуентот обично изнесуваат помеѓу 4 и 7 mg/lit.

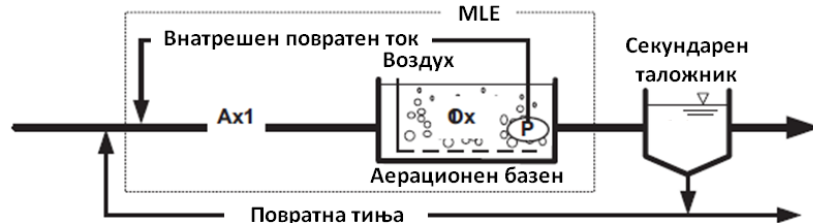
Пумпите за реализација на повратниот тек на мешавината од отпадна вода и микроорганизми можат да бидат релативно мали заради кусите растојанија и големиот пречник на цевките доведува до отпори од околу 0,9 m. Во некои случаи е можно тие повеќе да наликуваат на вентилатори отколку на конвенционалните центрифугални пумпи кои се применуваат кај постројките за пречистување на отпадната вода.

Решението на сл. 5.8б. е основа за отстранување на хранливите материи, па на MLE процесот се повикуваат многу други решенија и процеси. Иако на сл. 5.8 се прикажани аноксичен (или анаеробен) базен како еден реактор, тој најверојатно се состои од две или повеќе ќелии, зони или оддели кои се сериски поврзани. Ако нитрифицираниот ефлуент се враќа за денитрификација, базенот со активна тиња се преместува во втората или третата ќелија на аноксичниот базен за да се намали растворениот кислород во првиот оддел, па оттаму подобро да се контролираат филаментозните бактерии и да се обезбедат оптимални услови за *Acinetobacter* организмите.

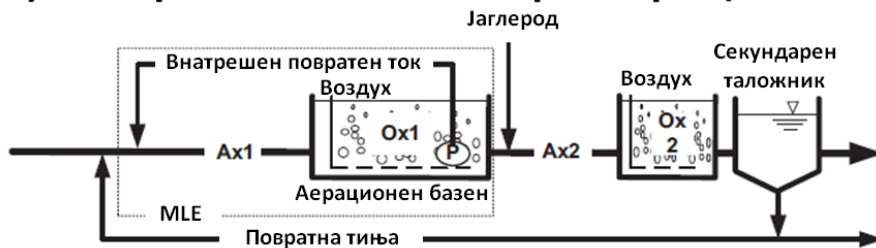
а) Ludzack-Ettinger



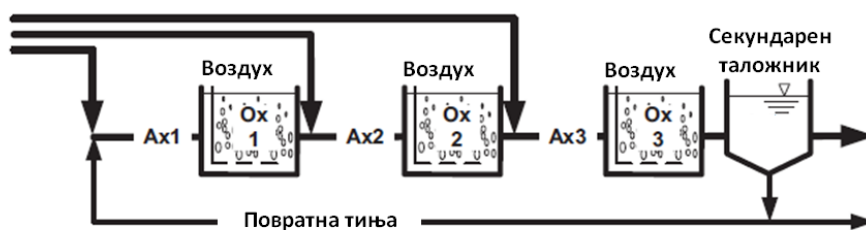
б) Модифицирано Ludzack-Ettinger (MLE)



в) Четири-етапен Bardenpho процес



г) Аноксичен процес со повеќе фази















Слика 5.8. Технички решенија за денитрификација

Четири-етапен Bardenpho процес. Овој процес е всушност MLE процес со последователни аноксични и аеробни зони (сл. 5.8в). Развиен е од страна на James Barnard и на почетокот се применувал за денитрификација и за биолошко отстранување на фосфорот, при што името го добил како компилација од првите три букви на името на неговиот креатор и зборовите *denitrification* (денитрификација) и *phosphorus* (фосфор). Првичниот извор на јаглерод е оцетната киселина или метанолот, но со подоцнежна модификација, наречена усвоен MLE процес, се користи отпадната вода и е конфигуриран за денитрификација (наместо за отстранување на фосфорот) како примарна цел. Обата процеси можат да постигнат концентрации на нитратот во ефлуентот помали од 3 mg/lit.

Аноксичен процес со повеќе фази. Аноксичните зони можат да се воспостават во конвенционален процес во повеќе фази за да се зголемат концентрациите во базенот со активна тиња во раните фази, што води кон четири-фазен процес на биолошко отстранување на

хранлиците материи со 30-40% поголема старост на тињата од конценционалните решенија (слика 5.8г). Ако аноксичните и аеробните реактори имаа иста големина, системот со четири фази треба да се подели во односи 15:35:30:20%. Секоја фаза треба да има сопствена контрола на инфлуентот. Протоколот во последната фаза е критичен бидејќи нема да се редуцираат нитратите кои таму ќе се произведат. Оттука, овој процес најдобро се применува кога ограничувањето за концентрацијата на нитрати во ефлуентот е поголемо од 6 до 8 mg/lit.

ЦЕЛИ НА ПРЕЧИСТУВАЊЕТО			
Циклус	Јаглеродна БПК	Денитрификација	Биолошко елиминирање на фосфор
Полнење (20%)	 Во мирување	 Во мирување Мешање	 Во мирување Мешање
Реакција (40%)	 Воздух Окисна	 Воздух Окисна Мешање	 Јаглерод Анаеробна Окисна  Мешање
Таложeње (20%)			
Празнење (20%)			

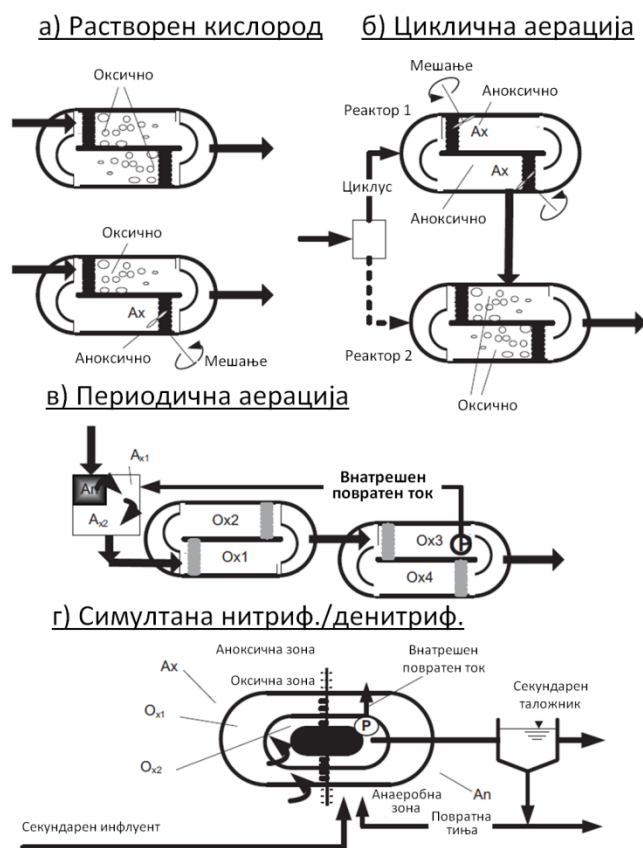
Слика 5.9. Секвенционален batch реактор (SBR)

Секвенционални batch реактори (SBR). Конвенционалните SBR кои се проектирани за отстранување на јаглеродното БПК оптоварување се состојат од четири фази: полнење, реакција, таложeње и празнење (слика 5.9). За да се одвива денитрификација на отпадната вода, фазата „полнење“ се подесува на „мешано полнење“, при што инфлуентот се меша (но не се аерира). Кај постројки со ограничување на концентрациите на нитратот во ефлуентот помало од 5 mg/lit, може да се додаде втора аноксична фаза после чекорот „реакција“, а може да се додаде и извор на јаглерод (на пр. метанол) за подобрување на денитрификацијата пред фазите на таложeње и празнење.

Оксидациски ровови. Оксидациските ровови обично се димензионираат врз основа на подолги времиња на старост на тињата (20 до 25 дена), па е потребен дополнителен волумен за денитрификација (сл. 5.10). Ова обично се постигнува со исклучување на еден или повеќе аерациони мотори за да се создаде аноксична зона (слика 5.10 а и б). Со оглед на тоа што

специфичната стапка на денитрификација е ниска, зоната мора да е доволно голема за да се обезбеди потребното аноксично време.

Друг приод е периодичната аерацијата преку исклучување на аераторите барем два пати дневно (сл. 5.10в). Потопените мешалки ја одржуваат рецикулацијата во ровот за време на аноксичните фази. Варијација на цикличната аерација, наречена Nitrox процес, го користи потенцијалот за оксидација-редукција за управување на процесот.



Слика 5.10. Процеси во оксидациски ров

Трет приод е фазна работа на ровот (слика 5.10г). Кај овој процес, два оксидациски рова работат во серија, а секундарниот инфлуент наизменично се пумпа во нив. Кога инфлуентот ќе влезе во ровот, се исклучува неговата опрема за аерација и реакторот станува аноксичен. Рецикулацијата се обезбедува повторно со потопените мешалки. После определено време (обично 1 до 2 часа), инфлуентот се води во вториот ров. Во тој момент, се вклучуваат аераторите во првиот ров со што се доведува кислород, додека се исклучуваат аераторите во вториот ров. Циклусот продолжува со овозможување на периоди на аерација и аноксично полнење. Кај варијацијата на фазната работа на оксидацискиот ров, наречена Bio-denitro процес, се применуваат четири фази за подобрување на оксидацијата и денитрификацијата (Stensel и Coleman, 2000).

Меѓу процесите за отстранување на азот кои се скоро појавени или не се широко применети спаѓаат: мембранските биореактори, езерцата, процеси со неподвижен филм, комбинирани процеси со биофилтри и активна тиња и процеси со флуидизиран слој.

5.3. Подобрено биолошко отстранување на фосфорот

Конвенционалните системи со активна тиња го отстрануваат фосфорот од отпадната вода по природен пат кога микроорганизмите од неа се хранат со растворениот фосфор и создаваат нова биомаса. Секој милиграм сува супстанца (од растворените цврсти материи) кој се добива во овие системи содржи околу 2% фосфор. Ако се добива 0,5 mg сува супстанца за секој 1 mg отстрането БПК оптоварување, во тој случај околу 1 mg фосфор се претвора во клеточна маса на секои 100 mg отстрането БПК оптоварување. На овој начин, вообичаеното отстранување на вишокот на тиња ја намалува концентрацијата на фосфор за 1 до 2 mg/lit.

Микроорганизмите *Acinetobacter* содржат и до 35% фосфор, па отпадна вода со висок процент на овие бактерии може да содржи околу 6% фосфор. Системите кои се проектирани да ги одбираат овие организми се нарекуваат *Системиза подобро биолошко отстранување на фосфорот (EBPRS на англиски)*. Тие можат да ги намалат концентрациите на фосфор за 3 до 6 mg/lit.

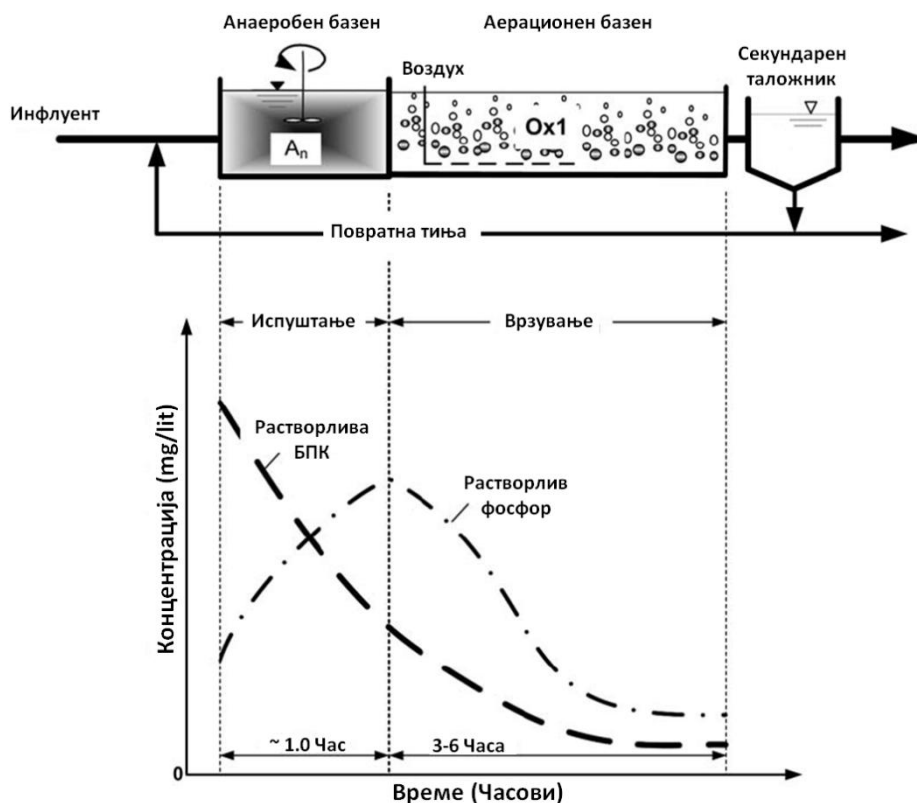
За одвојување (пресипитација) на фосфорот можат да се применат и хемиски средства, но EBPR ја минимизира потребата од нив и со тоа се избегнуваат нивните несакани ефекти: намалување на алкалноста и дополнителни количини на тиња. Со примената на системите за подобро биолошко отстранување на фосфорот се подобрува и таложето на тињата.

Во недостатоци на EBPR се вбројуваат повисоки инвестициски трошоци (оддели, мешалки за создавање на потребните зони), чувствителност на нитрати и посложени услови на работа.

5.3.1. Биохемиски процес

Подобреното биолошко отстранување на фосфорот функционира заради способноста на организмите *Acinetobacter*, кои се хетеротрофни, да го апсорбираат раствореното БПК оптоварување при анаеробни услови и да го складираат додека не дојдат во аеробна средина, каде што го метаболизираат. При тоа мора да се напомене дека најголемиот број хетеротрофни бактерии не можат да го прават тоа при анаеробни услови. На тој начин, во соодветна средина и при соодветен тип и количина на БПК оптоварување (пониски јаглеродни соединенија), организмите *Acinetobacter* ќе доминираат.

Подобреното биолошко отстранување на фосфорот е процес во две фази, при што аеробната фаза следи после анаеробната (слика 5.11). Во анаеробниот базен, организмите *Acinetobacter* го ослободуваат фосфорот и со тоа се здобиваат со енергија за прифаќање на биоразградливите органски материи. Оваа способност им овозможува на организмите *Acinetobacter* да бидат доминантни, при што се добиваат концентрации на орто-фосфор и до 40 mg/lit. Ослободувањето на фосфорот обично се случува после време на задржување во реакторот од половина до еден час.



Слика 5.11. Временски тек при биолошкото отстранување на фосфорот

Кога водата навлегува во аеробната зона, организмите *Acinetobacter* го прифаќаат фосфорот во количини поголеми од тие што претходно ги испуштиле во анаеробната зона и се добива пораст на биомасата. Ефлуентот кој се добива при EBPR содржи помалку од 1,0 mg/lit растворен фосфор. Раствореното БПК отпварување, исто така, се намалува од 70-80 mg/lit на 1,0 mg/lit (слика 5.11). Работата на овој процес кај некои постројки за отпадна вода покажала подобрување на таложењето на тињата.

Организмите *Acinetobacter* растат бавно, но побрзо од бактериите за нитрификација. За да се спречи нивно измивање (отстранување), староста на тињата треба да биде помеѓу 2 и 3 дена. Дури и поголеми старости (од 40 до 60 дена) позитивно ќе влијаат на организмите *Acinetobacter*, но концентрацијата на нитрат во повратната тиња би можел да влијае врз анаеробноста на првата зона. Во идеален случај, кај постројка за напредно биолошко отстранување на фосфорот би требало да се избегнува нитрификација, но доколку се неопходни и двата процеси, тогаш мора да се преземат чекори за отстранување на влијанието на кислородот.

Со исталожената или одведена тиња од EBPR процесот мора внимателно да се ракува за да се избегне т.н. секундарно испуштање на фосфорот од тињата кога таа се наоѓа во анаеробни услови. Овој фосфор може ненамерно да се врати во процесните реактори.

5.3.2. Влијанија

Успешното отстранување на фосфорот зависи од погодноста на средината (низок потенцијал за оксидација-редукција) и соодветниот тип на органска материја. Повеќето отпадни води содржат доволно расположлива биоразградлива БПК маса за да се овозможи EBPR процесот.

Организмите *Acinetobacter* преферираат пониски јаглеродни состојки - лесно разградливи органски состојки, како што се ацетатот и други продукти на анаеробната ферментација. Доколку постројката се наоѓа во топли климатски услови или водата се задржува подолго во колекторскиот систем при што се создаваат услови на распаѓање во него, во тој случај отпадната вода ќе содржи доволно вакви состојки.

Во постудени климатски услови или при разредување на отпадната вода со атмосферски доток, можно е да се јави потреба за дополнително доведување на овие состојки во водата. Во некои постројки тоа се прави со задржување на примарната тиња во гравитациски згуснувач, кој се нарекува *примарен ферментатор на тиња*. Во други се одржува слој тиња во примарниот таложник. И при двата приода, мора да се одржува слојот тиња со старост од 1 до 3 дена за да се генерираат доволно состојки кои го овозможуваат процесот на напредно биолошко отстранување на фосфотот.

За да се оптимизира работата на EBPR процесот, мора да се отстрани нитратот или да се намали количината (за околу 20-30%) на повратната тиња за да се намали внесувањето на растворени кислород. Односот ПБК:Вкупен фосфор е исто така важен. Се смета дека е потребен однос од 25:1 или повеќе за да се постигне добро отстранување на фосфорот (точниот однос зависи од процесот кој се применува).

Измешаните цврсти материи во EBPR постројка можат да имаат концентрации на фосфор од повеќе од 6% во споредба со 2% кај конвенционалниот систем за биолошко пречистување. Исто така, секундарен ефлуент со 30 mg/lit вкупни цврсти материи ќе содржи 1,8 mg/lit фосфор во честичкикај постројка за напредно биолошко отстранување на фосфорот, за разлика од само 0,6 mg/lit кај конвенционална постројка. Затоа, можеби ќе биде потребна филтрација на ефлуентот за да се задоволат ниските граници за концентрација на фосфорот.

5.3.3. Комбинирани процеси за отстранување на азотот и фосфорот

Оптималните работни параметри на процесите за биолошко отстранување на фосфорот се разликуваат за секоја постројка за пречистување, но во табела 5.1 се прикажани типичните вредности на параметрите при проектни услови. Во продолжение се наведени најчестите процеси за отстранување на фосфорот. Најголем дел од нив го отстрануваат и азотот исто така.

Табела 5.1. Типични параметри кај процесите за отстранување на фосфорот

Процес	Средна старост на тињата (денови)	Сува супстанца	ХИДРАУЛИЧНО ВРЕМЕ НА ЗАДРЖУВАЊЕ (ЧАСОВИ)			Повратна тиња (% од Q)	Внатрешен повратен ток (% од Q)
			Анаеробна зона	Аноксична зона	Аеробна зона		
A/O	2-5	3000-4000	0.5-1.5	—	1-3	25-100	
A ² /O	5-25	3000-4000	0.5-1.5	0.5-1	4-8	25-100	100-400
UCT	10-25	3000-4000	1-2	2-4	4-12	80-100	200-400 (Ax) 100-300 (Ox)
VIP	5-10	2000-4000	1-2	1-2	4-6	80-100	100-200 (Ax) 100-300 (Ox)
Bardenpho (пет-фазен)	10-20	3000-4000	0.5-1.5	1-3 (прва фаза) 2-4 (втора фаза)	4-12 (прва фаза) 0.5-1 (втора фаза)	50-100	200-400
SBR	20-40	3000-4000	1.5-3	1-3	2-4		

Анаеробен/ Оксичен (Аеробен) процес. Овој процес е развиен во 1970те години, а патентиран десетина години подоцна. А/О процесот има слична хидраулична шема со LE процесот (слика 5.8а), со таа разлика што се користи анаеробна наместо аноксична зона. Главната разлика помеѓу LE процесот и А/О процесот е фактот дека при А/О процесот не настанува нитрификација. Обично, времето на задржување во анаеробната зона е помеѓу 30 и 60 минути поотребни за организмите *Acinetobacter*, додека средната старост на тињата е помеѓу 2 и 4 дена за да се спречи нитрификацијата. А/О процесот обично не се применува кај пречистителни станици кај кои е потребно отстранување на азот и фосфор, затоа што постојат процеси кои поефикасно ги реализираат двата процеси истовремено.

Анаеробен/Аноксичен/Оксичен процес. Овој процес (A^2/O) е модификација на А/О процесот кај кој во аноксичната зона доаѓа до денитрификација. Всушност, тоа претставува MLE процес на кој му претходи анаеробна зона (слика 5.12а).

Обично, анаеробната зона кај него е со еднаква големина како таа кај А/О процесот, додека аноксичната зона има хидраулично време на задржување од 1 час. Рециркулацијата на отпадната вода е во износ од 100 до 400% од секундарниот инфлуент.

A^2/O процесот овозможува организмите *Acinetobacter* да бидат активни во анаеробната зона, дури и кога се одвива нитрификацијата, преку намалувањето на содржината на нитрат во повратната тиња. При тоа може да се постигне добра денитрификација со правилно димензионирање на аноксичната зона.

Модифициран процес на Универзитетот во Кејптаун (Capetown)-UCT. Овој процес е во суштина MLE процес, пред кој постојат анаеробна и аноксична зона (слика 5.12б). При тоа се врши рециркулација на отпадната вода (MLR_{Ax}) од првата аноксична зона во анаеробната зона за да се задржат пониски концентрации на нитратите отколку што може да се постигнат кај поголемиот број процеси за напредно биолошко отстранување на фосфорот. UCT процесот е посебно поволен за пречистување на отпадна вода која не ги поседува потребните односи на хранливи материи, заради можноста што им ја дава на организмите *Acinetobacter* да се „натпреваруваат“ со останатите микроорганизми во разредената отпадна вода.

Понекогаш, UCT процесот се модифицира со дополнителни базени за подобра работа при повисоко хидраулично оптоварување. Во овој случај, хидрауличното време на задржување може да биде од 1 до 2 часа, бидејќи ќе постои помала количина отпадната вода со микроорганизми во анаеробната зона, во споредба со соодветен А/О процес. Количината на MLR_{Ax} е обично два пати поголема од протокот на секундарниот инфлуент.

Варијација на модифицираниот UCT процес е т.н. Virginia Initiative Plant (VIP) процесот, кој има слична хидраулична шема (слика 5.12б), но аноксичната и аеробната зона кај него се проектирани така да се овозможи работа при помала средна старост на тињата. Кај овој процес, повратната тиња се меша со отпадната вода пред аноксичната зона за да се намали рециркулацијата на растворениот кислород.

Пет-фазен Bardenpho процес. Кога анаеробна зона му претходни на четири-фазен Bardenpho процес (слика 5.8в), се добива пет-фазен процес кој може да се применува за подобрување на растот на организмите *Acinetobacter*. Хидрауличната шема на пет-фазниот (модифициран) Bardenpho процес потсеќа на A^2/O процесот, после кој постои втора аноксична зона и аеробна зона на ре-аерација (слика 5.12в). Овој процес обично се проектира за да работи со вкупно хидраулично време на задржување од околу 22 часа, иако може да варира за секоја зона:

анаеробна (2 часа), аноксична (3 часа), аеробна (12 часа), втора аноксична (2 часа) и реаерација (1 час).

а) Анаеробен/Аноксичен/Оксичен процес



б) Пет-фазен Vardenpho процес



в) Модифициран процес на Универзитетот во Кејптаун (Caretown)



д) Јоханесбург процес



Слика 5.12. Процеси со активна тиња за отстранување на фосфорот

Јоханесбург процес. Овој процес е во основа поедноставена верзија на модифицираниот UCT процес. Јоханесбург процесот ја минимизира количината на нитратите кои се доведуваат во анаеробната зона преку вклучување на аноксична зона во струјниот тек на повратната тиња (сл. 5.12г).

Постојат и процеси кои се скоро појавени или не се широко применети. Такви се на пример: секвенционалните Batch реактори, оксидациски ровови, PhoStrip процесот, како и комбинирани процеси на активна тиња и биолошки филтри.

6. ПРОЦЕСИ ЗА ПРИРОДНО ПРЕЧИСТУВАЊЕ

6.1. Вовед

Стабилизациските езерца и процесите на пречистување низ почвата (земја) се природни системи кои обично се користат за пречистување на комуналните отпадни води од мали заедници со население помало од 20.000. Стабилизациските езерца обично обезбедуваат секундарно пречистување, додека системите за пречистување низ почва овозможуваат и повисоки нивоа на пречистување. До 1990те години, само низ САД постоеле околу 5.500 езерца 1.225 системи за пречистување низ почва.

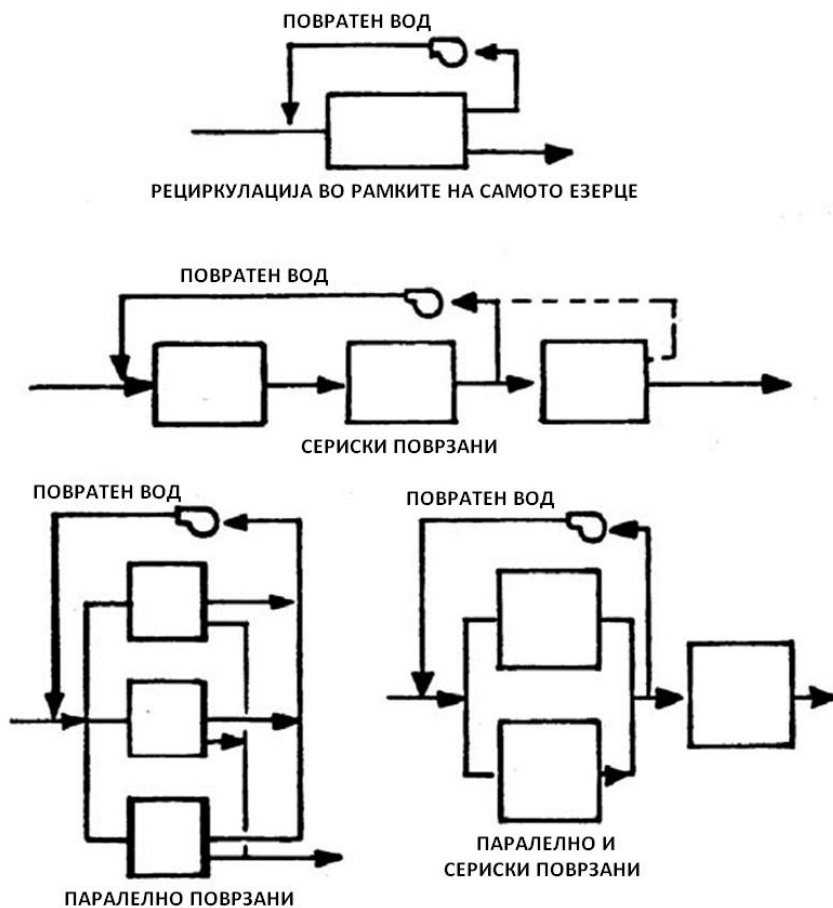
6.2. Езерца за пречистување

Езерцата обично се базени целосно изработени од земја. Преку копање и полнење за отстранување на првичниот слој на почва, езерцата се градат надземно, со оградување на теренот со земјени насипи. Обично, езерцата се омеѓени со компактни, природни материјали, како на пример со глина. Имајќи ја во предвид опасноста од загадување на подземните води, ново-проектираните езерца се оградуваат со синтетички огради или композити од природни и синтетички огради. На мониторингот на подземните води денес му се придава посебно значење, иако тоа не бил случај порано. Пречистувањето на отпадната вода во езерцата се реализира преку микроорганизмите кои постојат во нив. Езерцата се делат според биолошкиот процес кој се одвива во нив, и тоа: аеробни, анаеробни и аеробни-анаеробни. Понатаму се делат според начинот на кој кислородот се доведува во системот. Неаерираните езерца се системи кај кои не е потребна механичка енергија за дотур на кислород. За разлика од нив, кај аерираните езерца се потребни дополнителни уреди за оваа намена.

Распределбата на кислородот низ езерцата ја дефинира потребата од соодветниот тип на езерце. Кај аеробните езерца кислородот се распространува низ водата. Анаеробните езерца немаат кислород. Факултативните езерца имаат и аеробен и анаеробен слој. Постигнатиот степен на стабилизација на отпадните материи во водата се обезбедува главно преку определена биолошка заедница која се воспоставува во самото езерце и која влијае на потребата од кислород.

Езерцата можат да се проектираат како серија на базени. Седиментацијата на цврстите материи и анаеробното распаѓање на исталожениот органски материјал се случува во првата ќелија, која се нарекува *примарна ќелија*. Секундарното пречистување, каде што органските материи се оксидираат аеробно во стабилни производи, со што се намалуваат биохемиската потреба од кислород (БПК) и измешаните цврсти материи, се постигнува во примарните и секундарните ќелии. Често се вклучува и трет чекор за т.н. „полирање“ на пречистената отпадна вода. Ќелиите од третиот чекор, кои се нарекуваат *терциерни* или *полирачки* езерца, се малку оптоварени и служат за дополнително пречистување на БПК и измешаните цврсти материи. На (сликата 6.1) е прикажана типична хидраулична шема за едно езерце.

Неаерирани стабилизациски езерца. Неаерираните езерца можат да бидат аеробни, анаеробни или факултативни. Органските загадувачи во отпадната вода се асимилираат од страна на аеробни и факултативни бактерии. Потребниот кислород за функционирањето на аеробните бактерии се обезбедува преку природниот трансфер на кислород на границата воздух-вода и со помош на фотосинтетични алги. За време на фотосинтезата, алгите користат енергија од сончевата светлина и нуспродуктите од бактериите за да произведат шеќери и кислород.



Слика 6.1. Вообичаени конфигурации и рециркулациски системи кај езерцата (U.S. EPA, 1983)

Количината на трансфер на природниот кислород на површината на водата зависи од големината на турбуленцијата предизвикана од ветерот. Трансферот на кислород, исто така, зависи од растворливоста на кислородот, која е функција од температурата на водата. Растворливоста на кислородот е поголема при пониски температури, отколку на повисоки. Неаерираните стабилизациони езерца се плитки базени со длабочина на течноста од 0,9 до 1,5 m.

Аеробни езерца. Кај аеробните езерца, контаминантите (загадувањето) биолошки се разградуваат во присуство на растворен кислород. Физичките димензии, температурата, количеството на сончева светлина и количеството на природна или вештачка турбуленција се факторите со кои се одржува саканата концентрација на растворен кислород. Тие се со длабочина од 0,9 до 2,4 m. Треба да се напомене дека, во практиката, не е можно да се задржи целосно аеробна состојба во езерцето. Исталожените материи кои се наоѓаат подолу во слојот ќе содржат определени факултативни бактерии.

Анаеробни езерца. Кај анаеробните езерца, во отсуство на кислород, бактериското распаѓање на отпадната материја од водата продуцира редуцирани продукти, како на пример метан (CH_4) и сулфур-водород (H_2S). Растворениот кислород, рН вредноста и температурата имаат влијание врз претворањето на органските киселини во метан и јаглерод диоксид од страна на метанските бактерии. Оттука, ефикасноста на процесот во анаеробните езерца е чувствителен на овие параметри.

Анаеробните езерца често се користат како фаза која претходи на аеробни или факултативни езерца. При ваква сериска изведба, меѓу-продуктите од анаеробниот процес можат да оксидираат во аеробниот. Длабочината на водата кај анаеробните езерца е обично поголема од 3 m, но повеќе фактори влијаат на неа, како на пример трошоците, нивото на подземните води и проблемот на задржување на топлината.

Факултативни езерца. Најголемиот број на езерца се факултативни. Тие се проектирани и работат на начин со кој се овозможува создавање на зони во кои нема растворен кислород (потребен услов за разложување на отпадните материи во водата) и зони во кои го има (за аеробно распаѓање на анаеробните нус-продукти и останатите отпадни материи во водата). Со навлегувањето на водата во езерцето, потешките цврсти материи се исталожуваат на дното во близина на влезот, каде што анаеробните бактерии ги стабилизираат органските материи. Стабилирањето на отпадните материи од исталожените цврсти материи се одвива анаеробно во два чекори [2]:

- Киселинските бактерии ги разградуваат комплексните органски материи преку хранење со растворените компоненти и со тоа претворајќи ги во органски киселини и
- Метанските бактерии се хранат со органските киселини, со што ги претвораат во јаглерод диоксид, амониум, сулфур-водород и метански гас.

Аерирани езерца. За разлика од плитките неаерирани стабилизациски езерца, аерираните езерца не зависат од фотосинезата на алгите за да се обезбеди кислород за функционирање на бактериите. Растворениот кислород се доведува со опрема за аерација (механички или дифузно). Езерцата кои се проектирани за механичка аерација обично имаат длабочина од 3 до 4,5 m. Постојат повеќе типови на аерирани езерца, како на пример целосно измешани аерирани езерца, делумно измешани факултативни езерца и комбинација на овие два типа. Овие езерца се разликуваат по количината на растворен кислород по профилот на езерцето и по промените во неговата концентрација во текот на денот.

6.3. Системи за пречистување низ земја

Пречистувањето низ земја (почва) е контролирано нанесување на водата на земјена површина за постигнување на проектираниот степен на пречистување преку физички, хемиски и биолошки процеси во рамките на целината растение-почва-вода. Основните карактеристики на почвата кои влијаат врз успешноста на овој вид пречистување на отпадните води ги опфаќаат составот и структурата на почвата, пропустливоста, инфилтрацијата и расположливиот капацитет на вода.

Отпадните материи се физички се отстрануваат преку филтрација низ почвата, а нивните концентрации се менуваат со разредување на влез во подземните води или во почвата која природно содржи атмосферски води. Филтрацијата е ограничена со зачепувањето на порите на почвата со цврсти материи. Зачепувањето на почвата може да се избегне со пред-третман и време на митување помеѓу нанесувањата.

Апсорпцијата и пресипитацијата се главни процеси при задржувањето на отпадните материи во почвата. Ефективноста на почвата во отстранувањето на отпадните материи зависи од типот на тие материи, контактот помеѓу измешаните материи и фазите на почвата. Со биолошките процеси се разградува органската материја. Стапката на разградување зависи од повеќе

фактори вклучувајќи го составот и формата на нанесената отпадна материја и температурата на средината почва-вода.

Способноста на почвата да пречистува отпадна вода е ограничена со оптоварувањето на азот, фосфор, количината на отпадна вода, присуството на потенцијално токсични материи и од стапката на адсорпција на натриум во почвата.

Обично, ограничувањето на пропустливоста на почвата и отстранувањето на азотот се фактори кои влијаат врз проектирањето на хидрауличното оптоварување кај овие системи. Според хидрауличното оптоварување се определуваат потребната површина на земја и простор за складирање. Кај процесите за пречистување со земја се применуваат наизменично нанесување на вода и сушење за да се стимулираат процесите на нитрификација-денитрификација.

Пред да се определи хидрауличното оптоварување се врши избор на прелиминарните процеси на пречистување, бидејќи овој третман може да влијае врз квалитетот на водата која се нанесува на почвата. Во основа постојат три причини за прелиминарно пречистување на отпадната вода:

- Заштита на јавното здравје
- Спречување на ненадејни пречки во системот
- Спречување на проблеми при работата во системот за дистрибуција

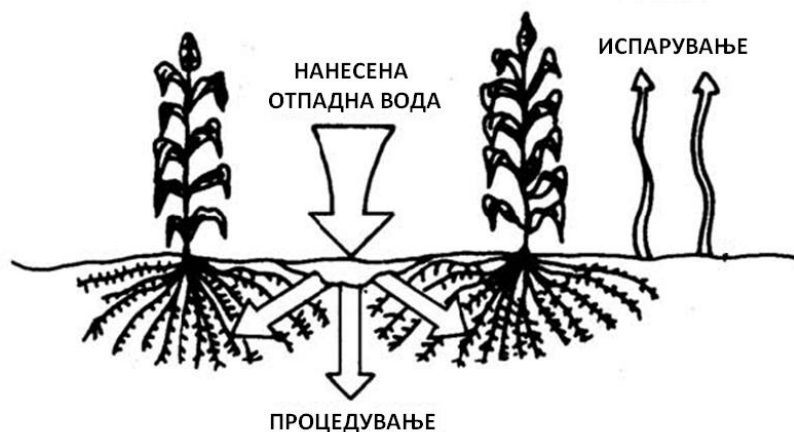
Постојат три главни процеси за пречистување низ земја, и тоа бавна постапка, брза инфилтрација и површинско струење (слика 6.2).

Бавна постапка. Оваа постапка ги користи можностите на пречистителните станици, популацијата на микроби и почва за отстранување или разградување на отпадните материи при струењето на отпадната вода низ целината растенија-почва. Постојат повеќе начини за распрскување на водата, како на пример систем на прскалки или системи со централен доток на вода. Вегетацијата користи дел од водената струја, додека друг дел завршува во подземните води. Органското загадување се отстранува во горните 1 до 2 cm почва преку филтрација или адсорпција, додека бактериската оксидација конечно ги разградува органските материи.

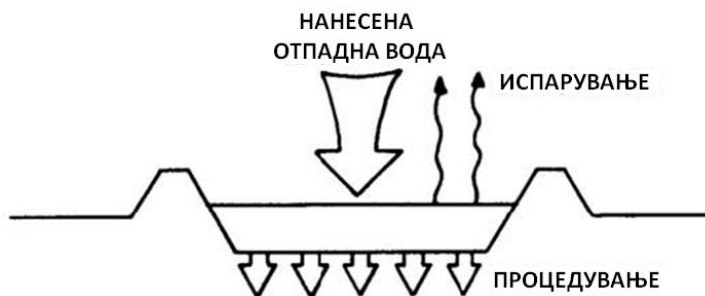
Измешаните цврсти материи примарно се отстрануваат преку филтрација, при што евентуалните инертни цврсти материи стануваат дел од целината на почвата. Азотот се отстранува воглавно преку негово прифаќање од страна на посадените житарици и нивно жнеење. Фосфорот од отпадната вода се отстранува главно преку апсорпција и хемиска пресипитација.

Брзината на нанесување на водата кај бавната постапка зависи од пропустливоста на почвата и од концентрацијата на азот во проценената вода после коренскиот простор. Во суви подрачја, каде што отпадната вода е многу вреден извор за наводнување на житариците, токму потребата од наводнување ја определува брзината на нанесување.

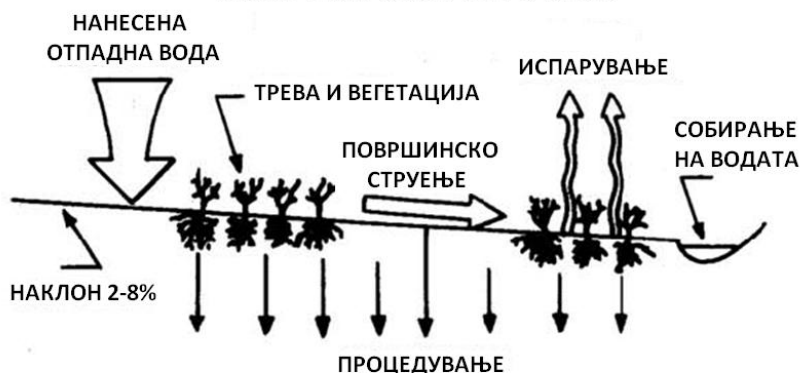
БАВНА ПОСТАПКА



БРЗА ИНФИЛТРАЦИЈА



ПОВРШИНСКО СТРУЕЊЕ



Слика 6.2. Шематски приказ на трите главни форми на пречистување низ земја (U.S. EPA, 1981)

Процес со брза инфилтрација. Отпадната вода кај овој процес се процедува низ почвата. Таа се наносува на средно до високо пропустливи почви преку базени за нејзино распространување или со прскалки. Обично нема вегетација на површинскиот слој. Цврстите материји и органското загадување од отпадната вода се отстрануваат преку филтрација и тангенцијалните напони во почвата. Пречистениот ефлуент се собира преку керамички одвод и се испушта во

површинските или завршува во подземните води. Доколку е потребно, се врши мониторинг на ова испуштање.

Брзата инфилтрација дава високо нитрифициран ефлуент. Отстранувањето на азотот во главно изнесува околу 50%. Како и кај бавната постапка, фосфорот се отстранува преку адсорпција и хемиска пресипитација, што е функција на физичките и хемиските карактеристики на почвата.

Потребната земја кај системите за брза инфилтрација зависи од хидрауличното оптоварување (што зависи од брзината на оптоварување), хидрауличниот капацитет на почвата, геолошките карактеристики на слоевите почва и од степенот на претходно пречистување на отпадната вода. Проектираните вредности на процедување се дел од измерената стапка на инфилтрација во полето и хидрауличната пропустливост на почвата. Понатаму, заради отстранувањето на хранливите материи и студените временски услови, можна е промена на брзината на хидрауличното оптоварување. Вообичаено, овие системи се користат при годишни хидраулични оптоварувања не поголеми од 120 m.

Процес со површинско струење. Овој процес се користи на локации со исклучително непропусна почва. Отпадната вода се наносува на горните делови на падини покриени со трева, струи врз површината покриена со вегетација, а водата се собира од површината. При струењето на отпадната вода низ падината како тенок филм, се пречистува со физички, хемиски и биолошки механизми.

Органското загадување и цврстите материи се отстрануваат преку седиментација, филтрација и биолошка оксидација. Високото отстранување на азот (70 до 90%) се постигнува преку комбинација на негово прифаќање од страна на растенијата, денитрификација и испарување на амониумот. Фосфорот се адсорбира или хемиски пресипитира во површинските слоеви почва.

Проектните параметри на овој процес се емпириски утврдени преку успешни проби со промена на различни параметри кај изведените системи. При тоа се добиваат вредности на пречистената вода за концентрација на БПК₅ и цврстите материи помала од 20 mg/lit, вкупна концентрација на азот помала од 10 mg/lit, нивоа на амониум пониски од 5 mg/lit и вкупно фосфор помалку од 6 mg/lit. Процесот со површинско струење на водата е погоден за релативно непропусни површински почви или почви со непропусен слој под површината на длабочина од 30 до 60 cm. Најповолен наклон на падината за одвивање на процесот изнесува 2 до 8%.

7. ФИЗИЧКО-ХЕМИСКИ ПОСТАПКИ НА ПРЕЧИСТУВАЊЕ

7.1. Вовед

Постојат три основни видови на процеси на пречистување: биолошко, хемиско и физичко. Биолошките процеси ги опфаќаат филтрите-прокапници, ротирачките биолошки филтри, системите со активна тиња и анаеробното распаѓање. Хемиските процеси ги опфаќаат пресипитацијата на тешки метали, пресипитација на фосфорот, додавање на киселини или бази за контрола на рН вредноста и дезинфекција со хлор или хипохлорид. Во физичките процеси спаѓаат системите со сита и решетки, примарното и секундарно таложење-седиментација, филтрација и центрифугирање.

Физичко-хемиските постапки ќе бидат разгледани во насока на зголемено отстранување на цврстите материи во примарното пречистување, понатамошно намалување на цврстите материи во напредните процеси на пречистување и намалување на фосфорот, растворениот и небиоразградлив ХПК, како и други параметри.

7.2. Основи на процесите на коагулација и флокулација

Во процесот на пречистување на отпадната вода, при коагулацијата се додаваат дополнителни неоргански хемикалии (табела 7.1), органски полимери или нивна комбинација со што се создаваат цврсти материи и отстранување на фосфорот. Сите измешани колоидални честички имаат ист површински полнеж (обично негативен) и нивното меѓусебно одбивање е доволно за да го спречи нивното таложење. Коагулантите ги дестабилизираат овие полнежи, намалувајќи го одбивањето помеѓу честичките и подобрувајќи го нивното таложење. Коагулантите, исто така, хемиски реагираат со растворениот фосфор при што формираат нерастворлив пресипитат, кој се отстранува преку седиментација или филтрација.

Табела 7.1. Неоргански хемикалии кои обично се користат за коагулација при пречистување на отпадните води

Хемикалија	Формула	Молекуларна маса	Еквивалентна тежина	Агрегатна состојба
Стипса	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$	666.5		Течна
	$Al_2(SO_4)_3 \cdot 14H_2O$	594.4	114	
Алуминиум хлорид	$AlCl_3$	133.3	44	Течна
Калциум хидроксид (вар)	$Ca(OH)_2$	56.1 (како CaO)	40	Грутчест прашок и пена
Железо хлорид	$FeCl_3$	162.2	91	Течна и грутчеста
Натриум алуминат	$Na_2Al_2O_4$	163.9	100	Парченца

Флокулацијата е сличен процес, со таа разлика што хемикалиите ги „врзуваат“ честичките заедно во флокули (групирана целина), кои што пливаат или тонат, со што стануваат полесно за отстранување од системот. При постапката на флокулација, хемиски третираната вода нежно се меша за да се формираат поголеми флокули од цврсти материи или пресипитати на фосфорот, кои потоа се отстрануваат преку седиментација или филтрација. Доколку се додаде соодветен тип и количина на коагулант или флокулант на отпадната вода, може да се отстранат 90% од фосфорот и цврстите материи кои се обично присутни во секундарниот ефлуент.

Доколку се применуваат органски полимери, мора исклучително да се внимава и да се соработува со производителот на полимерите, бидејќи нивната примена често е директно поврзана со условите во постројката.

Коагулацијата обично се додава на терциерниот процес. Сепак, кај некои станици за пречистување на отпадни води се додаваат коагуланти во базенот со активна тиња, каде што се мешаат во процесот на аерација и се отстрануваат добиените флокули во секундарниот таложник. Кај други се додава коагулантот на непречистената вода при нејзиното влегување во постројката, додека добиените цврсти материи се отстрануваат во примарниот таложник. Кога коагулантите се додаваат во примарните таложници, мора да се внимава при тоа да не се отстрани целокупниот фосфор, кој што претставува основна хранлива материја за биолошки раст во секундарното пречистување. Истовремено, хемиската коагулација ќе го зголеми волуменот на тиња која мора да се отстрани.

7.3. Седиментација

Во зависност од саканиот степен на пречистување, коагулираниот и флокулиран ефлуент може да навлезе таложникот, каде што под дејство на гравитацијата цврстите материи се исталожуваат на дното.

Хемиската коагулација го зголемува волуменот на тињата, која треба да се отстрани. Во релативни односи, железните соли или стипсата (хидрантен калиум алуминиум сулфат) произведуваат помалку тиња отколку $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (калциум хидроксидот). Како општо правило, количината на тиња која се добива при додавање на стипса може да се пресмета (во mg/lit) како 0,26 пати од дозата на стипса. Оваа количина се додава на цврстите материи кои се отстрануваат со помош на стипсата.

На пример, една пречистителна станица прима $38.854 \text{ m}^3/\text{d}$ отпадна вода во која се содржани 220 mg/lit цврсти материи. Да се претпостави дека отстранувањето на цврстите материи во примарниот таложник е околу 60% без додавање на стипса, а 80% со додавање на 25 mg/lit од оваа хемикалија. Значи, без стипса, во примарниот таложник се создава следната количина тиња:

$$= 0,6 * 38.854 \text{ m}^3/\text{d} * 220 \text{ mg/lit} * 0,973 \text{ mg/lit} = 4.990 \text{ kg/d}$$

Со додавање на стипса, во таложникот се создава повеќе тиња:

$$= (0,8 * 38.854 \text{ m}^3/\text{d} * 220 \text{ mg/lit} * 0,973 \text{ mg/lit}) + (0,26 * 38.854 \text{ m}^3/\text{d} * 220 \text{ mg/lit} * 0,973 \text{ mg/lit}) \\ = 6.904 \text{ kg/d}$$

Ова покажува дека се добиваат околу 250 kg/d тиња повеќе, како последица на додавањето на стипсата, а вкупната тиња е зголемена за околу 39 проценти.

На сличен начин може да се пресмета количината на тиња која се добива како последица на примената на железен хлорид, како 0,66 пати од додадената доза. При истиот пример на пречистителна станица и при истите претпоставки, доза од 40 mg/lit железен хлорид ќе предизвика создавање на околу 1000 kg/d дополнителна тиња, или вкупно зголемување околу 54%.

Оваа дополнителна тиња може да доведе до преоптоварување на разградувањето и обезводнувањето (сушењето), доколку овие дополнителни количини не се земени во предвид

при проектирањето и димензионирањето на постројките од процесот на отстранување на цврстите материи. Додадените хемикалии, исто така, можат да влијаат и врз обезводнувањето на цврстите материи, бидејќи хемиската тиња е потешка за обезводнување. Во случај на стипса, додадениот сулфат може да влијае и на создавањето на непријатни мириси заради распаѓањето на сулфатните јони и формирањето на сулфур-водород.

7.4. Филтрација

Кај филтрацијата, ефлуентот минува низ филтерски медиум или комбинација на два или три медиуми, при што се отстрануваат измешаните или колоидалните материи. Филтрацијата е обично постапка во терциерното пречистување која е лоцирана низводно од секундарните процеси. Нејзина главна цел е отстранување на цврстите материи од ефлуентот после секундарните процеси, коагулацијата-флокулацијата или терциерниот процес на седиментација. На пример, ефлуентот добиен после филтерската коагулација, флокулацијата и седиментацијата може да ги намали концентрациите на измешаните цврсти материи од 3 до 5 mg/lit на практично нула, а концентрациите на фосфорот од 0,5 до 1 mg/lit на само 0,1 mg/lit или помалку. Во еден систем на ефикасна филтрација мора да биде предвидено и чистење (повратно промивање) со помалку од 5% од количината на вода во инфлуентот.

Понекогаш се применува само филтрација, без претходни коагулација и флокулација за понатамошно намалување на концентрациите на цврстите материи во ефлуентите на процесите со активна тиња. Ова е помалку ефективна постапка кај ефлуентите од филтрите-прокапници и ротирачките биолошки филтри, бидејќи цврстите материи што се добиваат од нив природно се помалку флокулентни. Исто така, додека филтрацијата сама за себе може да ги постигне стандардите за рециклирана вода, регулативата воглавно се води на безбедната страна во врска со здравствените стандарди и обично се бара задолжителен третман кој би опфаќал или

- Коагулација, флокулација и седиментација, пред филтрацијата или
- Директна филтрација, во која се елиминира чекорот седиментација, а стипсата се додава во средина при интензивно мешање, а не-јонски полимер се додава на филтрите.

Повеќе типови на медиуми можат да се користат кај филтрите. Покрај традиционалните (обично песок или антрацит), денес се на располагање медиуми како на пример природни или синтетички влакна или материјали. Сепак, повеќето станици за пречистување на отпадна вода користат грануларен медиум при филтрацијата.

Во зависно од методот на чистење (промивање), системите со грануларен медиум можат понатаму да се класифицираат како полу-континуирани (конвенционални) или континуирани филтри. Полу-континуираните филтри мораат да се демонтираат повремено за чистење, додека континуираните можат да филтрираат и да се чистат симултано.

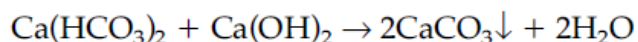
Кај полу-континуираните системи за филтрација, отпадната вода струи низ грануларен слој длабок 0,3 до 0,9 m, составен од честички со големина од 0,35 до 1,5 mm. При прострујувањето на водата низ филтерот, поголемите честички се задржуваат блиску до површината на филтерот, каде што филтерскиот медиум е поредок, додека помалите честички продираат надолу и се задржуваат подлабоко во филтерот од страна на погустоот дел од филтерот. Повремено, филтерот се затнува со материјалот кој се отстранува од отпадната вода и мора да се чисти со спротивно струење (промивање). Нагорното промивање е доволно да ги измеша

честичките од филтерскиот медиум и да ги измие исфилтрираните цврсти материи од слојот. Површинското или чистењето со воздух под притисок истовремено со промивањето обезбедува соодветно чистење и спречува формирање на топки од тиња. Отпадната вода која се користи за повратно промивање (обично е помалку од 5% од вкупниот проток на инфлуентот при добро одржувани филтри) се рециркулира низ станицата за пречистување на отпадни води. За да се избегнат хидраулични удари низ постројката, повратното промивање често се насочува кон резервоари и потоа се враќа во постројката со контрола на протокот. При оваа постапка е потребно конвенционалните филтри да се стават вон погон, со што значително се намалува активното време на функционирање. За спречување на овој недостаток, развиени се грануларни филтри со континуирано промивање. Овие филтри симултано се чистат и филтрираат и ефикасно го филтрираат секундарниот ефлуент.

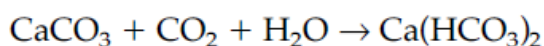
Грануларната филтрација може да се изведе гравитациски во отворени бетонски или челични канали, или пак, под надпритисок во челични садови под притисок. Работата и управувањето при тоа можат да се автоматизираат.

7.5. Подесување на рН вредноста

Доколку на еден ефлуент се додаде $\text{Ca}(\text{OH})_2$ како коагулант, рХ вредноста на ефлуентот ќе порасне помеѓу 10 и 11, а карбонатот (тврдината) на водата ќе пресипитира како калциум карбонат (CaCO_3), според следната реакција:



Калциум карбонатот може интензивно да придонесе кон згругчување и создавање на кора на низводниот дел од филтерот, така што „омекнатата“ вода мора да се стабилизира пред филтрацијата преку додавање на јаглерод диоксид или јаглеродни киселини. Најчесто се користи јаглеродниот диоксид, па од тука доаѓа и изразот „ре-карбонација“ за оваа постапка, која се изведува според следната реакција:



Една од причините заради која се препорачува јаглерод диоксидот е неговото складирање и ракување, кои се поедноставни во споредба со јаките киселини, а другата е тенденцијата на овие киселини да ја зголемуваат концентрацијата на вкупните растворени цврсти материи во конечниот ефлуент.

7.6. Опис на техничките решенија и опремата

7.6.1. Преглед на коагулантите

Во зависност од целите на пречистувањето, коагулантите можат да служат за дестабилизирање на честички со ист полнеж и да овозможат нивно полесно таложење, или хемиски да реагираат со состојките при што ќе придонесат кон нивна пресипитација. Овие две функции меѓусебно не се исклучуваат. На пример, додаден коагулант за подобрување на таложењето може да придонесе за пресипитација на фосфорот или дури да ги намали концентрациите на тешки

метали и да ја подобри ефикасноста на дезинфекцијата. Прегледот на најчестите коагуланти и некои од нивните карактеристики се прикажани во табела 7.1.

Потребната количина коагулант зависи од времето и карактеристиките на отпадната вода. На пример, потребните концентрации на алуминиумските и железните соли за успешно отстранување на фосфорот, обично се пропорционални со концентрациите на фосфорот и во помал степен од алкалноста на водата. Потребното количество на калциум хидроксид во многу зависи од алкалноста на отпадната вода. Магнезиум хидроксидот претставува гелатински пресипитат кој што често се формира при додавање на калциум хидроксид кај тврда вода и помага ефикасно да се отстранат колоидалните материји, но може да има негативно влијание врз обезводнувањето.

Иако сите коагуланти придонесуваат кон зголемувањето на создавањето тиња, алуминиумските и железните соли значително ја зголемуваат количината на растворени цврсти материји (сулфати, хлориди и слично, кои се мерат со параметарот TDS – вкупни растворени цврсти материји) во конечниот ефлуент, кои во моментов не можат да се издвојат и повторно употребат. Исто така, стипсата и железо хлоридот ја намалуваат рН вредноста на ефлуентот и ја трошат алкалноста. Кај води со ниска природна алкалност треба да се разгледаат други можни решенија, како на пример натриум алуминат или алуминиум хлорид. Стипсата, исто придонесува за отстранување на тешките метали, при што нивната концентрација во пресипитираната тиња може да влијае на можностите за нејзина понатамошна преработка.

Металните соли (на пр. стипсата и железо хлоридот) се често употребувани коагуланти при пречистувањето на отпадната вода. Сепак, изборот на коагулант треба да се направи врз база на очекуваните резултати, чинењето и проблемите при ракувањето со хемикалиите. Инвестициските трошоци кај постројките кај кои се додаваат коагуланти се слични, но тековните трошоци на работа и одржување зависат од карактеристиките на отпадната вода и потребните нивоа на загадување кај ефлуентот. Доколку нема посебни проблеми околу справувањето и одлагањето на цврстите материји, стипсата најчесто ќе биде избор за коагулант во споредба со железен хлорид заради пониската цена, помалата корозивност, поголемата безбедност при ракување и работа.

Во опремата за додавање на коагуланти спаѓаат и постројките за складирање (на пр. пластични резервоари), опремата за дозирање (на пр. дозирни пумпи) и локации за нивно задржување (димензионирани за задржување во случај на дефект при полни резервоари за складирање. Во секое време во пречистителната станица треба да се чуваат соодветни количини од хемикалиите и за нив е потребно да се води посебна грижа. На пример, 49% раствор на стипса започнува да кристализира на приближно 0°C и замрзнува на 7,7°C. Соодветно, 35-40% раствор на железо хлорид има точка на мрзнење од -50°C, но може да почне да кристализира околу 0°C.

Соодветно, се јавува потреба за загревање на опремата за складирање и дозирање. Во секој момент би требало да се чува коагулант за најголемата од следните три вредности: 1) просечна едномесечна употреба, 2) 3-4 дневна максимална потрошувачка или 3) 150% од вообичаената количина при достава (околу 28-30 m³, ако се земе дека најголемиот број камиони имаат волумен од 17 до 19 m³).

Кај повеќето дозирни уреди за коагуланти се применуваат волуменски пумпи (мембрански или завојни), иако се користат и други варијанти (запчени пумпи на пример). Кај поголемите

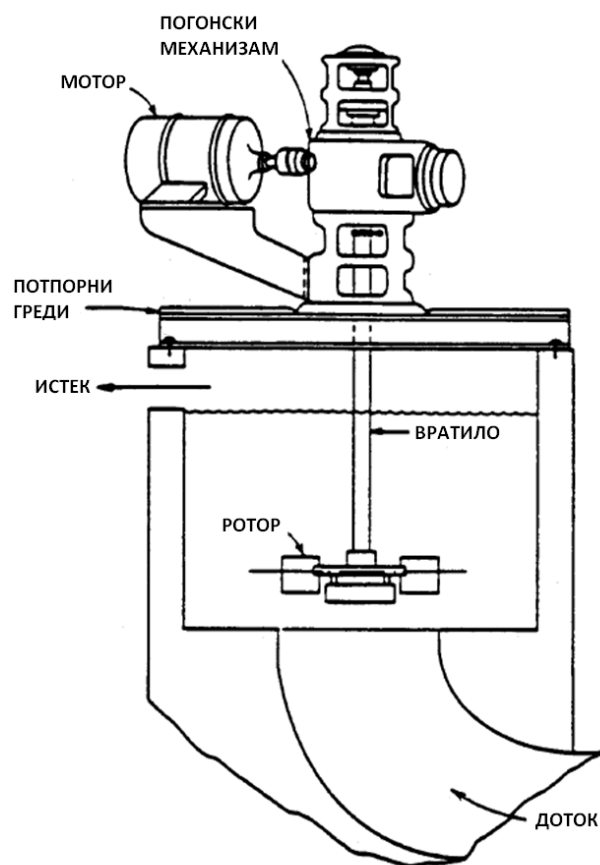
постројки се јавува потреба и од центрифугални пумпи или поголеми завојни пумпи. Доколку се користат суви хемикалии, се применуваат суви дозатори (запчести, ротациони или гравитациски), резервоари за растворање, резервоари за мешање или резервоари за складирање на растворот.

Системот за контрола и управување со примената на коагулантите е релативно едноставен, при што може да биде рачен, контролиран преку протокот, рН вредноста или подеслив во однос на претходните податоци и очекуваното оптоварување во иднина.

Покрај металните соли, за коагулација или флокулација може да се додаваат и полимери или поли-електролити.

7.6.2. Мешање на коагулантите

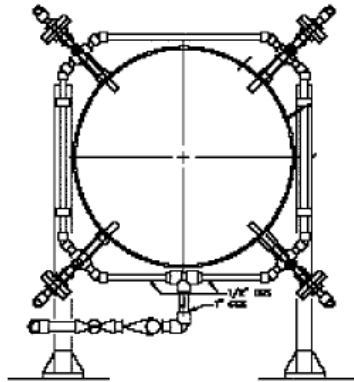
Коагулантите можат да се додаваат во водената струја на повеќе начини, во зависност од локацијата на додавање и применетиот уред за мешање (слики 7.1 до 7.4).



Слика 7.1. Уред за брзо мешање поставен во самиот резервоар

На пример, коагулантите можат да се додаваат во базени преку механички миксери (мешалки); инјектирани во цевководите преку приклучоци долж трасата, статични миксери или модуларни вентили; или во отворени канали директно или преку приклучоци на отворениот канал. Кај отворените канали турбулентно струење се создава обично низводно од Вентури-метарот, кој се користи за мерење на протокот. Доколку во еден отворен канал нема доволно турбуленција,

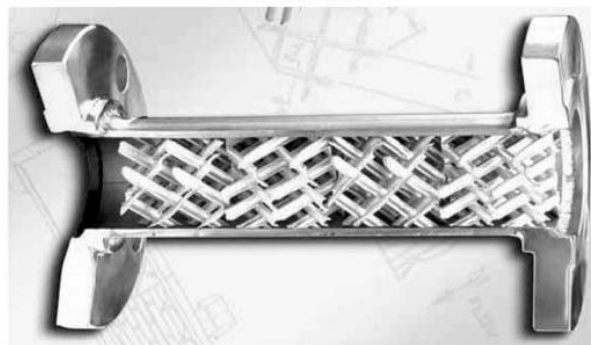
таа може да се симулира преку додавање на лопатки за мешање во самиот канал и вдувач на воздух.



Слика 7.2. Уред со приклучоци долж цевководот



(a)

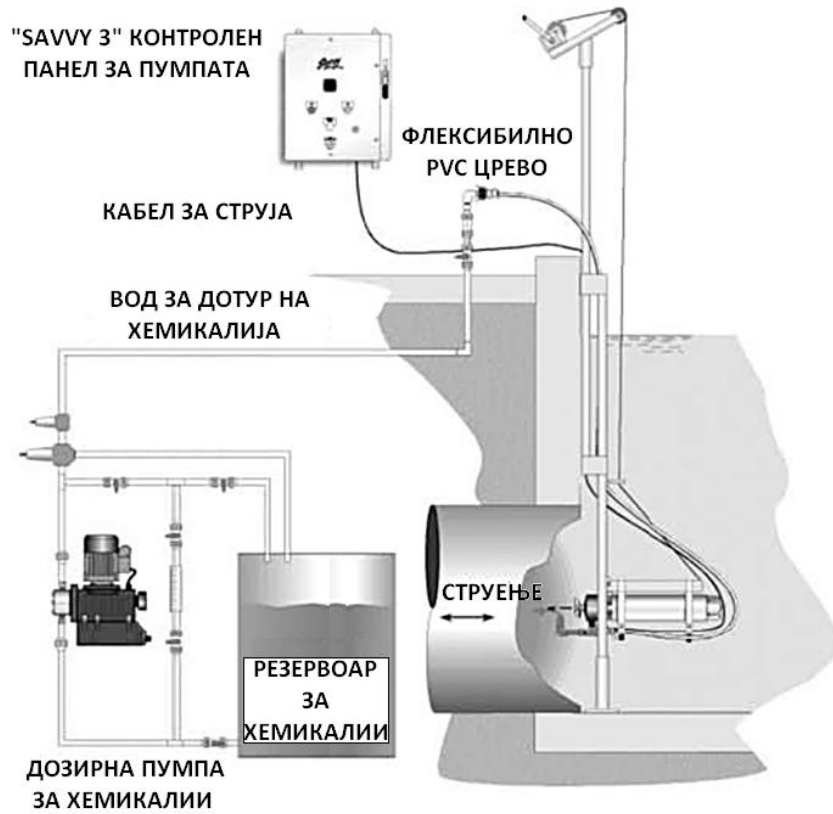


(b)

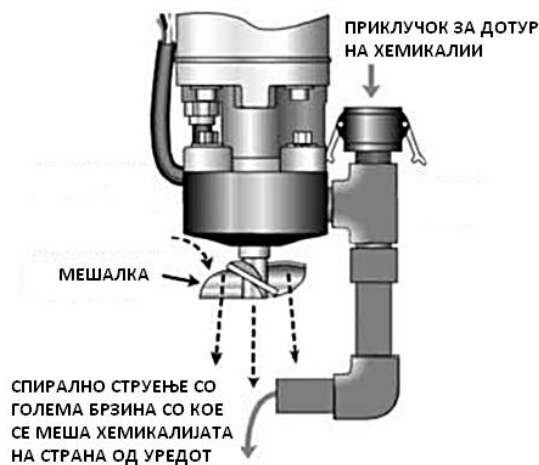
Слика 7.3. а) Пресек на статичен миксер со хеликоидални елементи и б) пресек на статичен миксер со лопатки

Потребната енергија за мешање, контрола на мешањето и времето на задржување се критични фактори кои гарантираат дека коагулантот е ефикасно употребен и дека правилно функционира. Енергијата за мешање изнесува од 4 до 17 $\text{kW/m}^3 \cdot \text{s}$ проток. Со управувањето се регулира енергијата на мешање, така што коагулантот би се користел што е можно поефикасно. Резервоари опремени со мешалки со променлива брзина се многу користени заради едноставната контрола на енергијата на мешање. Од друга страна, користењето на отворени канали за додавање на коагуланти може да не биде доволно ефикасно заради

неможноста за контрола на турбулентното мешање. Ова може да се компензира со предозирање на коагулантот, што повлекува непотребно зголемување на чинењето. Доколку, сепак, заради хидрауличниот профил на постројката не е можно друго решение, се употребуваат уреди за мешање со млаз (слика 7.4) со кои се создава потребната турбуленција во зависно од хидрауличните карактеристики.



(а)



(б)

Слика 7.4. а) Шема на уред за брзо мешање во канал и б) детал на овој уред

Заради брзината на хемиските реакции на коагулантите, времињата на задржување се помалку критични во однос на енергијата и контролата на мешањето. Сепак, времињата мора да се земат како фактор во процесот. На пример, резервоарите со брзо мешање обично имаат времиња на задржување од 15 до 60 секунди, за кое време се овозможува дисперзија на коагулантот.

Лошите услови на мешање се обично резултат на нискиот износ на енергија за мешање, хидраулични куси споеви или други фактори. Постојат повеќе приоди за проучување на овие фактори, почнувајќи од традиционалните методи (со користење на боја или честички во водата), па се до новите аналитички техники, како на пример нумеричката динамика на флуиди (CFD), дигиталната метода на мерење со честички (DPIV), ласер-техниките (LDA и LIF). Од сите наведени, денес најголема примена има CFD техниката.

7.6.3. Уреди за флокулација

Со флокулацијата се зголемуваат судирите на коагулираните цврсти материи и се овозможува хемиско премостување помеѓу честичките, при што тие формираат поголеми флокули кои се исталожуваат или филтрираат. Без разлика дали се изведува во посебни базени пред седиментацијата или во рамките на седиментациониот резервоар, флокулацијата обезбедува континуирано врзување помеѓу коагулираните честички, со што се формираат поголеми и погустички честички. Интензитетот на мешањето е низок, со градиенти на брзината помали од 60 s^{-1} . Флокулите не смее во ниеден момент да се подложат на поинтензивно мешање од она кое се применува за *почетната* флокулација за да не дојде до распаѓање на флокулите.

За време на флокулацијата, коагулираниот ефлуент полако се меша со помош на воздух или со механички уреди со лопатки и весла, со што се предизвикува агломерација на цврстите честички, зголемување на нивната маса и нивно исталожување на дното на резервоарот. Базените за флокулација често се преградени или се користат два или три сериски поврзани базени, при што вкупното време на задржување обично се движи помеѓу 10 и 45 минути. Со струењето на ефлуентот низ процесот, се намалува интензитетот на мешањето.

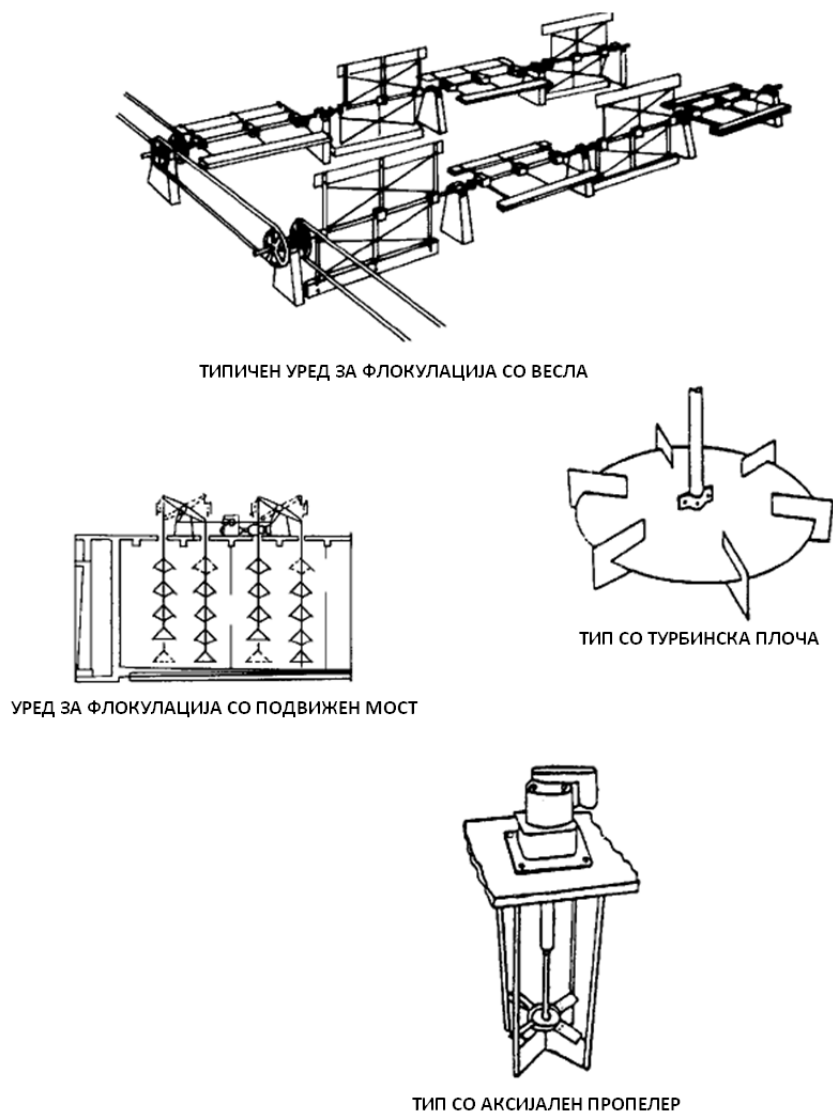
Флокулацијата може да се опише како едноставна реакција:

Дисперзирани цврсти материи + претходно формирани флокули \leftrightarrow Флокули

Како и кај повеќето хемиски реакции, и оваа се одвива во двете насоки. Во овој случај, реакцијата надесно во горниот израз се нарекува агрегација, а обратната реакција е распаѓање на флокулите. Рамнотежата се постигнува при изедначување на интензитетот на двете реакции.

Повеќе сериски поврзани базени даваат подобри перформанси отколку еден поголем базен со еднаков вкупен волумен, бидејќи така се обезбедува подобро мешање и можат да се применат различни енергии на мешање. За флокулација се користат следните типови на механички уреди за мешање (слика 7.5):

- Уреди со весла;
- Уреди со подвижна греда, кај кои веслата се движат вертикално (нагоре-надолу)
- Спороодни турбини со рамни лопатки и
- Спороодни аксијални пропелери или турбини.



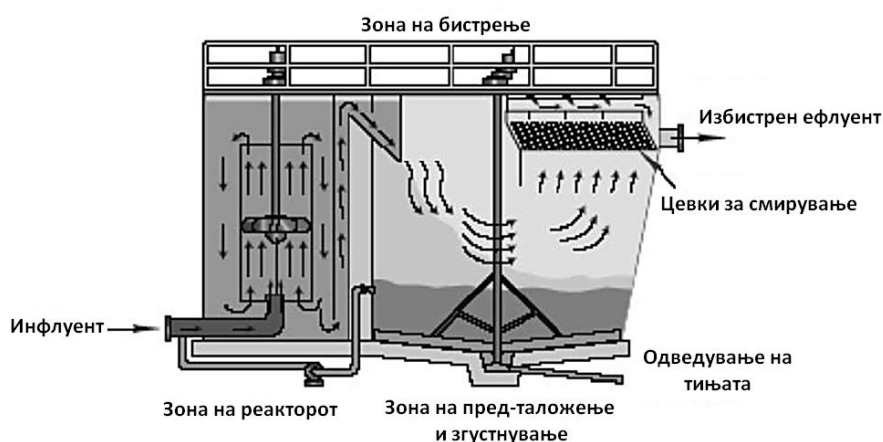
Слика 7.5. Типични уреди за мешање при флокулација

7.6.4. Уреди за седиментација

Со седиментацијата се одделуваат цврстите материи од течностите под дејство на гравитацијата. Таложниците (базени за бистрење или седиментациони резервоари) обично имаат механички погонувани уреди за чистење кои континуирано кај носат исталожената тиња во инка, од каде се испумпува или отстранува со хидростатски притисок. Резервоарите можат да бидат правоаголни или кружни со хоризонтално струење на водата. Постигнатиот степен на пречистување воглавно зависи од претходните процеси (т.е. типот и количината на употребените хемикалии, времињата на мешање и степенот на грижа во однос на мониторингот и управувањето).

Во зоната на реакторот каде што се одвива контактот со цврстите материи, инфлуентот прво се меша со реактантите и претходно формираните цврсти материи во зоната на пред-таложење/згуснување, а потоа струи низ дифузор каде што посебно проектирана турбина ја

иницира флокулацијата (слика 7.6). Кога оваа мешавина повторно ќе се исталожи, се зголемува нејзината густина. Износот на внатрешната рецикулација е и до десет пати поголем од протокот на инфлуентот, со што се обезбедува оптимален интензитет на флокулите. Флокулираниот ефлуент струи во зоната на пред-таложеење/згуснување преку прелив (потопена преграда). Цврстите материи потоа тонат на дното на садот, каде што спороодно гребло помага во нивното згуснување и зголемувањето на нивната густина. Со ова се задржува хомогеноста на цврстите материи, а истовремено се испушта поголема количина вода. Згустената тиња повремено се издувува од дното на згуснувачот и обично се пумпа кон механизам за крајно обезводнување (сушење). Избистрената вода струи нагоре низ цевките во зоната на бистрење. Овие цевки дозволуваат пораст од најмногу $0,068 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ за скоро сите процеси на коагулација со метални соли и уште повисоки за процеси со додавање на калциум хидроксид. Избистрената вода униформно се собира над цевките.

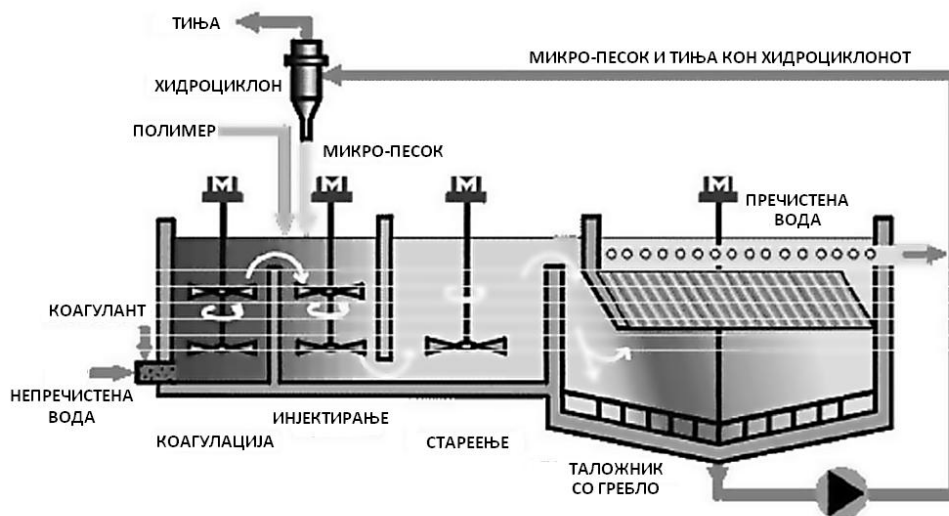


Слика 7.6. Високо-ефикасен контактен таложник за цврсти материи

Кај системот со песок како медиум, прикажан на слика 7.7, се применува техника на фиксирање на флокулите (цврстите материи) на микро-песок со помош на коагулант и полимер. Со него неколкукратно се намалува времето на мешање во однос на класичната флокулација. Ламеластите таложници, од друга страна, обезбедуваат голема површина на таложеење во резервоар со мал волумен.

Инфлуентот влегува во зоната на мешање, во која се дестабилизираат колоидалните состојки. Тука, најмалку една минута, отпадната вода интензивно се меша со коагулантот. Потоа, отпадната вода влегува во инјекторскиот резервоар, каде што се додаваат микро-песокот и полимерите, а потоа интензивно се меша околу една минута. Во следниот чекор, водата влегува во зоната на зрење, каде што бавно се меша околу 4 минути. Ова им овозможува на флокулите со песокот да растат, при што побрзо се таложат во седиментациониот резервоар. Полимерот служи како лепак да ги прицврсти флокулите со микро-песокот.

Водата потоа струи во таложникот, каде што флокулите оптоварени со песок, веднаш се таложат. Водата струи нагоре низ цевките до површината, каде што се собира и отстранува од процесот. Тињата оптоварена со микро-песок се пумпа од дното на таложникот во хидроциклон, каде што песокот се одвојува од тињата со помош на центрифугална сила. Тињата континуирано се одведува на преработка, додека микро-песокот повторно се инјектира во системот (континуирано се рецикулира).



Слика 7.7. Високо-ефикасен систем за таложење со песок како медиум

7.6.5. Уреди за подесување на рН вредноста

Во тек на процесот на коагулација со $\text{Ca}(\text{OH})_2$, често се покачува рН вредноста на водата до вредности помеѓу 10 и 11. При вакви вредности, водата е нестабилна, а се одвива и пресипитација на калциум карбонатот. Со интензивната пресипитација се создава цврста маса која ги затнува низводните филтри. За да се избегне ова, водата се стабилизира преку намалување на рН вредноста на помалку од 8,8. Кај големите пречистителни станици за отпадни води, намалувањето на рН вредноста се врши со инјектирање на гасен јаглерод диоксид во водата (рекарбонација). Овој гас може да се добие од димните гасови или печки за гас во самата постројка, а може да се купи како течен јаглерод диоксид или да се добие при согорување на горива.

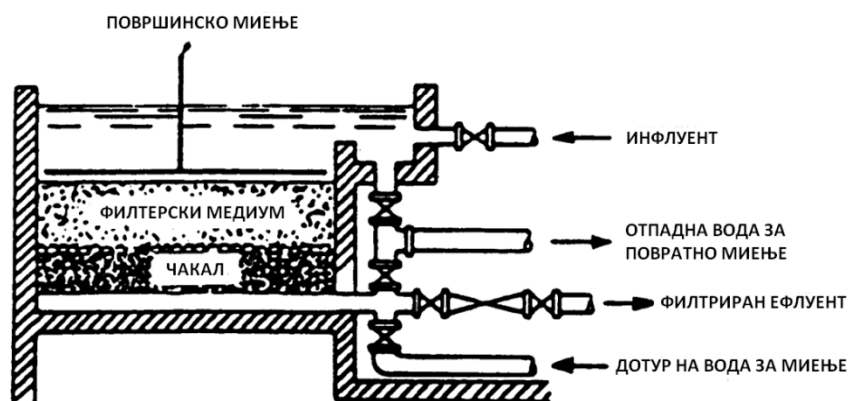
Рекарбонацијата може да се реализира во една или две фази. Кај еднофазните процеси, доволно јаглерод диоксид се инјектира за да се намали рН вредноста до потребната вредност во еден чекор. При тоа се раствора калциумот во $\text{Ca}(\text{OH})_2$, при што ефлуентот од постројката ќе содржи калциум. Кај двофазниот процес, во првиот чекор се додава доволно јаглерод диоксид за да се намали рН вредноста на 9,5 до 10. Потоа, му се овозможува на добиениот пресипитиран калциум карбонат да се исталожи, при што се одвојува калциумот од водата. На крај, се инјектира уште јаглерод диоксид, се додека рН вредноста не се намали до потребната вредност.

7.6.6. Уреди за филтрирање

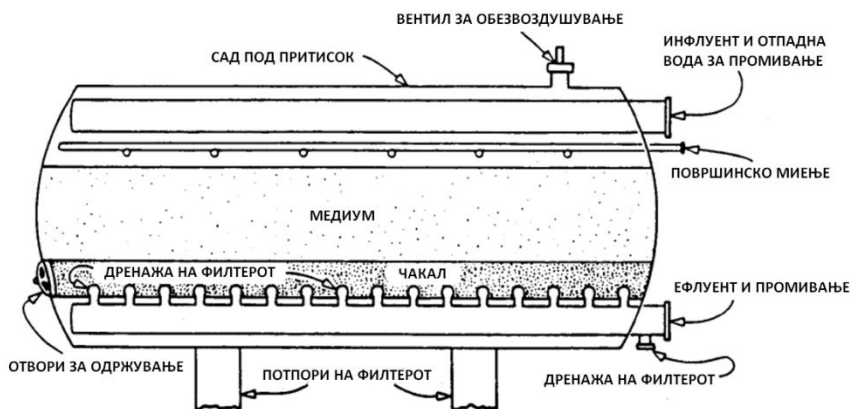
Филтрирањето на водата е сложен процес. Содржината на цврсти материји во отпадната вода се менува и може да биде повисока при неправилна работа на некој од претходните процеси. Дополнителен проблем може да претставува и променливиот доток на отпадна вода. На пример, високо-ефикасните песочни филтри се широко користени кај подготовката на вода за

пиене, но не и при пречистување на отпадна вода заради лошите перформанси при филтрирање на вода со високи концентрации на измешани цврсти материи.

Гравитациските и филтрите под притисок (слики 7.8 и 7.9) често се користат за подготовка на вода за пиене, но едноставно можат да се прилагодат и за филтрација на отпадна вода. Отпадната вода е потешка за филтрирање од бунарската или површинската вода заради тоа што цврстите материи се лепат од биолошката активност и имаат многу повисоки концентрации. Кај типичните плитки песочни или дијатомејски филтри, отпадната вода многу брзо ја затнува површината на филтерот.

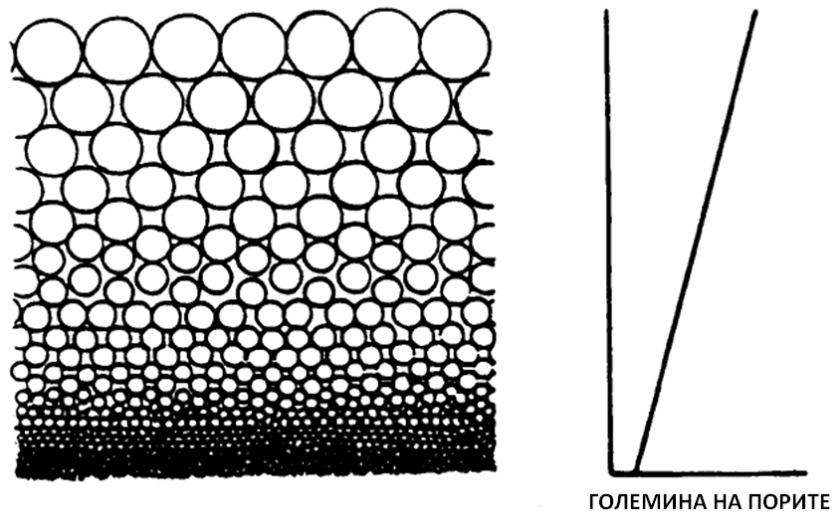


Слика 7.8. Пресек на гравитациски филтер



Слика 7.9. Пресек на филтер под притисок

Филтрите со два или повеќе работни медиуми овозможуваат користење на поголема длабочина на филтерот за задржување на цврстите материи, со што се зголемува применливоста на процесот на филтрирање. Тие се проектираат така што од погуби се оди кон пофини филтри. Проточниот простор постепено им се намалува при струењето на водата од влезот кон излезот (слика 7.10). Бројот на филтерски зрна се зголемува, иако големината на зрната не е униформна заради трите специфични тежини на филтрите (јаглен 1,4; песок 2,65 и гранулат 4,5). Ваквата структура овозможува отстранетите цврсти материи да се задржуваат низ целата длабочина на слојот наместо само на површината, со што се значително се продолжува употребата на филтрите помеѓу две чистења (повратни промивања).

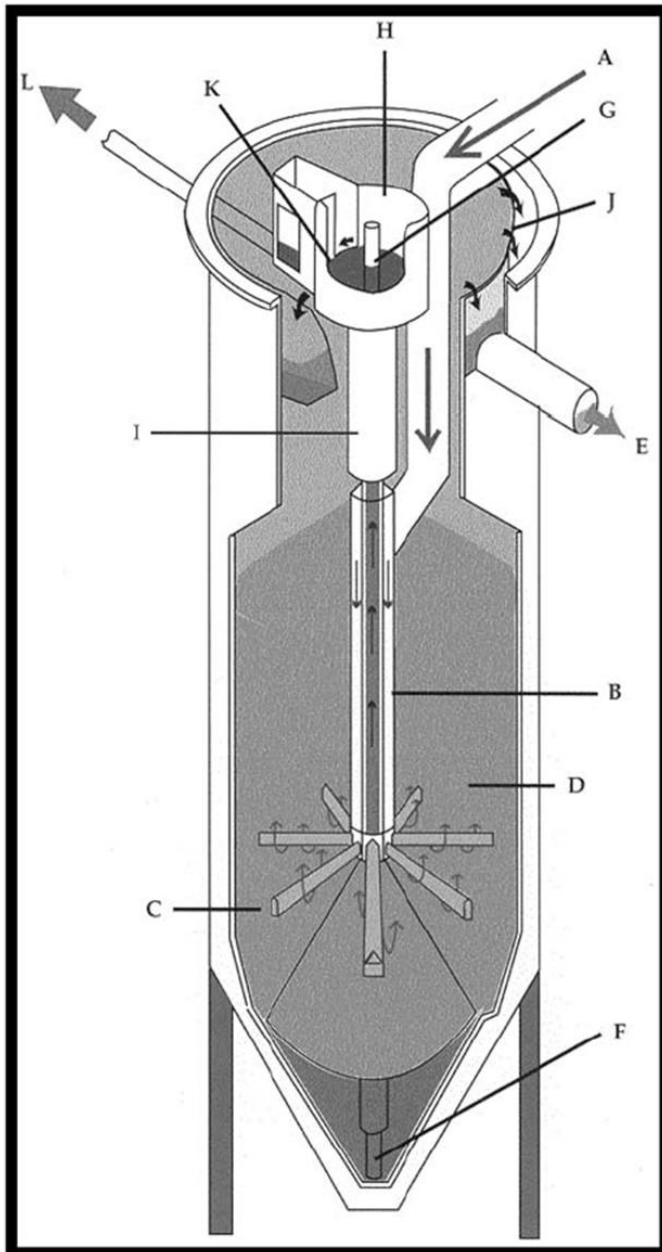


Слика 7.10. Шематски приказ на идеален филтер со постепен премин од груби кон фини ќелии од горе надолу

Во последно време се поголема примена наоѓаат нови конфигурации на филтри како на пример филтри со континуирано повратно промивање (слика 7.11), филтри од ткаенини и синтетички филтри.

Кај филтрите со континуирано повратно промивање (слика 7.11), водата дотекнува преку доводот (А), низ водовите за пренос (Б), до разводот на доводна вода (Ц), кој се наоѓа во долниот дел на уредот. Потоа, водата струи нагоре низ песочниот слој. Истовремено, слојот песок и задржаните цврсти материји се носат надолу низ воздушната цевка (Ф) во центарот на филтерот. Мала количина на компримиран воздух се воведува на дното во воздушната цевка. Воздухот струи нагоре, го повлекува песокот во воздушната цевка и го чисти песокот од задржаните честички.

Кога ќе стигне до врвот на цевката (Г), отпадната тиња се прелева во централната комора за исфрлање (Х). Песокот се враќа во песочниот слој преку делот за миење/сепарирање (И). Како што песокот паѓа низ него, кој се состои од неколку концентрични делови, мала количина на филтрирана вода струи нагоре, миејќи ја нечистотијата, при што му дозволува на потешкиот и покрупен песок да падне надолу на слојот. Со постувањето на преливот за отпад (К) пониско од преливот за филтратот (Ј), се обезбедува континуиран проток на промивна вода. Отпадот континуирано се отстранува преку гранката (Л) во горниот дел на филтерот, додека филтрираната вода низ гранката (Е). На овој начин, песочниот слој се чисти истовремено со добивањето на филтрирана вода и отпад. Процесот е континуиран, па уредот не треба да се отстранува од процесната линија за да се чисти.



- A - Довод
- B - Водови за пренос
- C - Развод на доводна вода
- D - Слој на песок
- E - Гранка за филтрирана вода
- F - Цевка за воздух
- G - Испуштање на воздухот
- H - Централна комора за исфрлање
- I - Дел за миење/испарување
- J - Прелив на филтрите
- K - Прелив за отпад
- L - Гранка за одведување на отпадот

Слика 7.11. Шематски приказ на филтер со нагорно струење (upflow филтер) и континуирано чистење

8. КЛАСИФИКАЦИЈА НА ВОДИТЕ

Со Уредбата за класификација на водите [9] се врши класификација на површинските води (водотечите, езерата, и акумулациите) и на подземните води. Оваа уредба не се однесува на минералните и термалните води.

Според намената и степенот на чистотата водите се распоредуваат во 5 класи, и тоа:

1. Класа многу чиста, олиготрофична вода, која во природна состојба со евентуална дезинфекција може да се употребува за пиење и за производство и преработка на прехранбени производи и претставува подлога за мрестење и одгледување на благородни видови на риби - салмониди. Пуферниот капацитет на водата е многу добар. Постојано е заситена со кислород, со ниска содржина на нутриенти и бактерии, содржи многу мало, случајно антропогено загадување со органски материи (но не и неоргански материи);
2. Класа малку загадена, мезотрофична вода, која во природна состојба може да се употребува за капење и рекреација, за спортови на вода, за одгледување на други видови риби (циприниди), или која со вообичаени методи на обработка-кондиционирање (коагулација, филтрација, дезинфекција и слично), може да се употребува за пиење и за производство и преработка на прехранбени производи. Пуферниот капацитет и заситеноста на водата со кислород, низ целата година, се добри. Присутното оптоварување може да доведе до незначително зголемување на примарната продуктивност;
3. Класа умерено еутрофична вода, која во природна состојба може да се употребува за наводнување, а по вообичаените методи на обработка (кондиционирање) и во индустријата на која не и е потребна вода со квалитет за пиење. Пуферниот капацитет е слаб, но ја задржува киселоста на водата на нивоа кои сеуште се погодни за повеќето риби. Во хиполимнионот повремено може да се јави недостиг на кислород. Нивото на примарната продукција е значајно, и може да се забележат некои промени во структурата на заедницата, вклучувајќи ги и видовите на риби. Евидентно е оптоварување од штетни супстанции и микробиолошко загадување. Концентрацијата на штетните супстанции варира од природни нивоа до нивоа на хронична токсичност за водениот живот;
4. Класа силно еутрофична, загадена вода, која во природна состојба може да се употребува за други намени, само по одредена обработка. Пуферниот капацитет е пречекорен, што доведува до поголеми нивоа на киселот, а што се одразува на развојот на подмладокот. Во епилимнионот се јавува презаситеност со кислород, а во хиполимнионот се јавува кослороден недостиг. Присутно е "цветање" на алги. Зголеменото разложување на органски материи истовремено со стратификацијата на водата, може да повлече анаеробни услови и убивање на рибите. Масовни седишта на толерантни врсти, популации на риби и бентосни организми, може да бидат погодени. Микробиолошкото загадување не дозволува оваа вода да се користи за рекреација, а штетните супстанции испуштени или ослободени од талогот (седиментот - наслагите), може да влијаат на квалитетот на водениот живот. Концентрацијата на штетни супстанции може да варира од нивоа на хронична до акутна токсичност за водениот живот.
5. Класа многу загадена, хипертрофична вода, која во природна состојба неможе да се употребува ни една намена. Водата е без пуферен капацитет и нејзината киселост е штетна за многу видови на риби. Големи проблеми се јавуваат во кислородниот режим,

презаситеност во епилимниот и сиромашност со кислород, која доведува до анаеробни услови, во хиполимниот. Разложувачите се доминантно застапени во однос на произведувачите. Риби или бентосни видови не се јавуваат постојано. Концентрацијата на штетни супстанции ги надминува акутните нивоа на токсичност за водениот живот.

Показатели за класификација на водите во класи се:

- а. Органолептички показатели: видливи отпадни материи, видлива боја, забележлива миризба, вистинска боја, матност и провидност,
- б. Показатели на киселост: *pH* вредност и алкалитет,
- в. Показатели на кислороден режим: растворен кислород, заситеност со кислород, петдневна биохемиска потрошувачка на кислород при температура од 20°C (БПК₅), хемиска потрошувачка на кислород од калиев перманганат, вкупен органски јагленород,
- г. Показатели на минерализација: суспендирани материи, вкупен сув остаток од филтрирана вода (вкупни растворени материи),
- д. Показатели на еутрофикација: вкупен фосфор, вкупен азот, хлорофил "а", примарна продукција, степен на сапробност, индекс на сапробност и степен на биолошка продуктивност,
- ѓ. Показатели на микробиолошко загадување: најверојатен број на термотолерантни колиформни бактерии,
- е. Радиоактивност: Вкупната активност на течните радиоактивни отпадни материи кои во текот на една година можат да се излеваат од површинските води - водотеци, се пресметува според посебен образец,
- ж. Штетни и опасни материи: метали и нивни соединенија, останати неоргански параметри, феноли, јагленоводороди, халогени јагленоводороди, нитрирани јагленоводороди, пестициди, останати органски соединенија.

Граничните вредности на претходните показатели според Уредбата се утврдуваат на вредностите дадени во табелите 8.1 до 8.7.

Табела 8.1. Гранични вредности/максимално дозволени вредности или концентрации на органолептички показатели

Показатели	Гранични вредности и концентрации за соодветна класа				
	Класа I	Класа II	Класа III	Класа IV	Класа V
1. Видливи отпадни материи	Без	Без	Без	Без	-
2. Видлива боја	Без	Без	Сл. замат.	Заматена	-
3. Забележлива миризба	Без	Без	Сл. забел.	Забележл.	-
4. Вистинска боја	<15	15-25	26-40	>40	>40
5. Матност NTU	<0,5	0,5-1,0	1,1-3,0	>3,0	>3,0
6. Провидност по Secchi m ¹	>7	7,0-4,0	3,9-2,0	<2,0	2,0

Табела 8.2. Гранични вредности / максимално дозволени вредности или концентрации на показателите на киселоста

Показатели	Гранични вредности и концентрации за соодветна класа				
	Класа I	Класа II	Класа III	Класа IV	Класа V
1. pH - вредност	6,5-8,5	6,5-6,3	6,3-6,0	6,0-5,3	<5,3
2. Алкалитет mg/l CaCO ₃	>200	200-100	100-20	20-10	<10

¹ дадените вредности се однесуваат само на езера и акумулации

Табела 8.3. Гранични вредности / максимално дозволени вредности или концентрации на показателите на кислородниот режим

Показатели	Гранични вредности и концентрации за соодветна класа				
	Класа I	Класа II	Класа III	Класа IV	Класа V
1. Растворен кислород mg/l O ₂	>8,00	7,99-6,00	5,99-4,00	3,99-2,00	<3,00
2. Заситеност со кислород					
* епилимнион % O ₂ ²	90-105	75-90	50-75	30-50	<30
		105-115	115-125	125-150	>150
* хиполимнион % O ₂ ³	75-90	50-75	30-50	30-10	<10
* вкупно % O ₂	75-90	50-75	50-30	30-10	<10
		105-115	115-125	125-150	>150
3. Биохемиска потрошувачка на кислород за 5 дена mg/l O ₂	<2,00	2,01-4,00	4,01-7,00	7,01-15,0	>15
4. Хемиска потрошувачка на кислород-перманганат mg/l O ₂	<2,50	2,51-5,00	5,01-10,0	10,0-20,0	>20,0
5. Вкупен органски јагленород mg/l C	<2,50	2,51-4,20	4,21-6,7	6,7-10,0	>10,0

Табела 8.4. Гранични вредности / максимално дозволени вредности или концентрации / на показателите на минерализацијата

Показатели	Гранични вредности и концентрации за соодветна класа				
	Класа I	Класа II	Класа III	Класа IV	Класа V
1. Суспендирани материи mg/l	<10	10-30	30-60	60-100	>100
2. Вкупен сув остаток од филтрирана вода mg/l:					
* за површински води	350	500	1000	1500	>1500
* подземни води - на карст	350	500	1000	1500	>1500
* подземни води - вон карст	800	1000	1500	1500	>1500

Табела 8.5. Гранични вредности / максимално дозволени вредности или концентрации на показателите на еутрофикацијата

Показатели	Гранични вредности и концентрации за соодветна класа				
	Класа I	Класа II	Класа III	Класа IV	Класа V
1. Вкупен фосфор P µg/l	<4 / <7 ⁴	4-7 / 7-11 /	7,1-10 / 11,1-20 /	10-50 / 20-75 /	>50 / >75 /
2. Вкупен азот N µg/l	<200 / <200 ⁵	200-325 / 200-325 /	326-450 / 326-450 /	>450 / >450 /	>450 / >450 /
3. Хлорофил "а" µg/l	<2,0 / <2,0 /	2,01-3,79 / 2,01-3,79 /	3,79-7,50 / 3,79-7,50 /	7,51-10,0 / 7,51-10,0 /	>10,0 / >10,0 /
4. Примарна продукција ⁶ µgC / m ² / а	<25	26-50	51-90	>90	>90
5. Степен на сапробност по Liebmann	Олиго-сапробна	Мезосапробна β – α	Мезосапробна α – β	α-Мезосапробна-поли	Поли-сапробна

² дадените вредности се однесуваат само на езера и акумулации

³ дадените вредности се однесуваат само на езера и акумулации

⁴ дадените вредности во заградата се однесуваат само на езера и акумулации

⁵ дадените вредности во заградата се однесуваат само на езера и акумулации

⁶ дадените вредности се однесуваат само на езера и акумулации

a - средна вредност од испитувања во летен период

6. Степен на сапробност по Puntel Buck	<1,50	1,50-2,50	2,51-3,50	3,51-4,50	>4,51
7. Степен на биолошка продуктивност	Олиго-трофична	Мезо-трофична	Умерено еу-трофична	Еутрофична	Хипер-трофична

Табела 8.6. Гранични вредности / максимално дозволени вредности или концентрации на показателите на микробиолошко загадување

Показатели	Гранични вредности и концентрации за соодветна класа				
	Класа I	Класа II	Класа III	Класа IV	Класа V
1. Најверојатен број на термо толерантни колиформни бактерии, број во 100 ml	5	5-50	50-500	>500	>500

Табела 8.7. Гранични вредности / максимално дозволени вредности или концентрации на показателите на микробиолошко загадување

Показатели	Гранични вредности и концентрации за соодветна класа				
	Класа I	Класа II	Класа III	Класа IV	Класа V
1. Степен на радиоактивност	<p>Вкупната активност на течните радиоактивни отпадни материи, кои во текот на една година, можат да се излеат во реката се пресметува според изразот:</p> $F/O \left(\sum A_i / MDK_i \right)$ <p>каде што е:</p> <p>A_i - вкупната активност на i-от нуклеид која што се испушта во реката во текот на една година во Bq.</p> <p>MDK_i - максимално дозволена концентрација на i-от радионуклеид во водата за пиење за јонизирачки зрачења Bq/m^3.</p> <p>O - просечен годишен протек на реката во m^3/s</p> <p>F - Фактор на сигурноста и резерва, претставува неименуван број, и зависи од радиоэколошките и хидродинамичките услови на реката, од намената на речната вода, од бројот и положбата на изливните места од радијационата ситуација во речниот слив, како и од други податоци, а се определува така што да се обезбеди заштита од јонизирачки зрачења.</p>				

Граничните вредности на показателите од оваа Уредба, дадени во табелите 8.1 до 8.7 се применуваат врз:

1. води во водотеците со нерегулирани протоци: за сите протоци еднакви или поголеми од месечните мали води со 95% обезбеденост;
2. води во водотеци со регулирани протоци: за протоци поголеми од гарантираната мала вода;
3. подземните води: за сите протоци и нивоа;
4. езерата: за неповолните случаи на мешање на водите (за време на постоење на мраз и во критични летни месеци).

По исклучок, одделни показатели нема да се применуваат при класификацијата на:

1. водотеците - показателот степен на биолошката продуктивност, под реден број 7 во табелата 8.5;
2. подземните текови во карст - показателот степен на биолошката продуктивност, под реден број 7 во табелата 8.5, а на другите подземни води показателите под реден број 1,

- од табелата 8.3 (растворен кислород), степен на сапробноста под реден број 5 од табелата 8.5 и под реден број 7, од табелата 8.5 (степен на биолошката продуктивност);
3. природните езера - показателите под реден број 1 од табелата 8.3 (растворен кислород), степен на сапробноста под реден број 5 од табелата 8.5, а за втора класа на природните езера ниту показателот под реден број 2 од табелата 8.1 (видлива боја).

При класификацијата на карстните извори, ако се работи за заматување од природно потекло, показателите под реден број 1 од табелата 8.4 (суспендирани материи) може да бидат пречекорени, но заматувањето да не се јавува со учество поголемо од 30 дена во годината.

При пресметување на токсичноста на поголем број на опасни и штетни материи, дозволените концентрации во смесата морат да го задоволат следниот израз:

$$\frac{C_a}{L_a} + \frac{C_b}{L_b} + \dots + \frac{C_n}{L_n} \leq 1$$

каде: C_a, C_b, \dots, C_n се измерените концентрации на штетните опасни материи во водата, L_a, L_b, \dots, L_n се границите на допуштетните концентрации за повеќе од 200 материи, кои се дадени во табела во Уредбата [9] изведени за тие супстанции врз поединечна основа.

Концентрациите на штетните и опасни материи се утврдуваат:

- при концентрирано користење на води - на границата на првата зона на санитарна заштита, односно на местото на зафатот на водата;
- при друго концентрирано користење на водата, во зона на 95 процентно мешање.

Природните и вештачките водотеци, делниците на водотеците, езерата, акумулациите и подземните води, чии води според намената и степенот на чистота се распоредуваат во класи според Уредбата за класификација на водите [10] се делат на пет категории.

Заради определување на нормативи за изградба на објекти и уреди за ублажување на загадувањето или прочистување на загадените води, ограничување на испуштање, односно забрана на испуштање загадени води, водотеците по одделни сливови се распоредуваат во одделните категории.

Охридското, Преспанското и другите природни езера се распоредуваат во I категорија. Дојранското езеро се распоредува во II категорија. Мавровската, Дебарската, Тиквешката, Калиманската и акумулацијата Младост се распоредуваат во II категорија. Останатите акумулации се распоредуваат во категоријата во која е распореден водотекот на кој се наоѓа акумулацијата.

9. ИНДУСТРИСКИ ОТПАДНИ ВОДИ

9.1. Општо

Пречистувањето на комуналните и индустриските отпадни води значително се разликува. За разлика од комуналните, индустриските отпадни води содржат различни загадувачи, варираат по состав, концентрации и содржина и може содржат токсични материи. Исто така, се разликуваа според начинот на кој се проектираат, градат и функционираат.

Индустриските објекти можат да ја испуштаат нивната пречистена вода директно во реципиентот (доколку поседуваат неопходна дозвола) или индиректно да ја испуштаат во јавни пречистителни станици. Директното испуштање обично е поврзано со пообемно пречистување. Постапките и технологиите кои ќе бидат опишани во продолжение можат да се применат и при директно испуштање на пречистената вода во реципиентот, но и при индиректно (што е почест случај во праксата).

Под пред-третман се подразбира намалување, отстранување или изменување на загадувачите во индустриските отпадни води пред нивното испуштање во јавна пречистителна станица. Овој процес може да е неопходен за индустриските постојки за да:

- Се задоволат законските услови за испуштање на отпадни води
- Се задоволат стандардите за квалитет на водата
- Се задоволат општинските прописи за колекторските и канализациски системи
- Се подобри имиџот во јавноста, т.е. да се влијае врз општото мислење за индустриските објекти како главни загадувачи на водите.

За таа цел, индустриските претпријатија мораат да инвестираат во пред-третман на отпадните води.

9.2. Израмнување на протокот и оптоварувањето

Израмнувањето (equalization) е процес со кој работните параметри (на пр. протокот, цврстите материи и останатите загадувачи, како и температурата) се усреднуваат во определен временски интервал (обично 24 часа) и со тоа се намалуваат нивните ефекти на низводните процеси. Иако времето на овие врвови зависи од ситуацијата, најчесто тие се случуваат во 30 или 60 минутни интервали. Ова може да биде побрзо или побавно, во зависност од специфичните промени на протокот / оптоварувањето / температурата, способноста за земање примероци и од расположивата точност на мерењата.

Кога се анализира можноста за примена на процесот на израмнување при пред-третманот на индустриските отпадни води, проектантот мора да ги земе во предвид намалувањето на трошоците и зголемувањето на стабилноста при работата како главни придобивки. Во случаи на чести врвни протоци, со израмнувањето се намалува големината на скоро сите низводни системи, кај кои протокот е главен проектен параметар. Ова ги опфаќа процесните пумпи, цевководи и вентили, реакторите за биолошко и хемиско пречистување, песочните филтри и системите за дотур на хемикалии. Во случаи, пак, на врвни оптоварувања со загадувачи, процесот на израмнување ќе ги нормализира овие врвови и при тоа, повторно, ќе го има истото влијание врз намалувањето на големината и трошоците на низводните процеси и постројки.

Главните работни предности на израмнувањето се сигурна работа и конзистентност на квалитетот на ефлуентот. Хидрауличните врвни оптоварувања водат кон:

- Пренесување на цврстите материи во таложниците;
- Непредвидено пробивање на цврстите материи кај песочните филтри;
- Слабо отстранување на БПК и азот кај биолошките процеси;
- Слабо отстранување на органските материи кај гранулираниот активен јаглен заради недоволно време на контакт;
- Слаба процесна контрола кај хемиските реакции заради намалени времиња на мешање и реакција при дотур на хемикалии.

Ова се само некои примери за ефектите што врвните хидраулични оптоварувања ги имаат врз индустриските процеси. Израмнувањето влијае позитивно, не само на тековните трошоци на работењето, туку и врз капиталните трошоци за сите низводни процеси преку намалување на врвните оптоварувања врз основа на кои се врши нивното димензионирање.

Израмнувањето ги намалува и максималните оптоварувања со полутанти (растворени цврсти материи, масти, масла, амониум, органски состојки, тешки метали, киселини, бази и температурни оптоварувања), кои можат да ги предизвикаат следните потешкотии во пред-третманот кај индустриските отпадни води:

- Висока концентрација на цврсти материи, масти и масла во ефлуентот после таложникот, заради високото оптоварување со цврсти материи во инфлуентот;
- Неуспешно пречистување во биолошките системи заради ниското ниво на растворен кислород, токсичните услови, органското преоптоварување, неприфатливи рН вредности и температури;
- Ефлуент кој не ги задоволува поставените норми заради проблеми во претходните процеси.

Израмнувањето често е неопходно кај индустриските постројки кои имаат променлив проток и оптоварување со загадувачи, како последица на самиот процес на производство или преработка. Овие промени предизвикуваат сериозни потешкотии во работата на низводните процеси на пречистување, па мора да се амортизираат. Во вообичаени потешкотии предизвикани од појава на максимуми на протокот или оптоварувањето со загадувачи (на пр. поголеми од 25% од дневниот просек) се вбројуваат:

- Хидраулично преоптоварување на низводните пумпни постројки и процеси;
- Изнесување на цврсти материи од уредите за седиментација или флотација;
- Потешкотии во одржувањето на континуиран дотур на хемикалии во соодветните процеси;
- Недостаток на растворен кислород во биолошките процеси;
- Висок диференцијален притисок кај уредите за филтрирање, што предизвикува потреба од прерано чистење или користење на повеќе уреди;
- Покусо време на контакт кај процесите со активен јаглен, со што се намалува ефикасноста на пречистувањето.

Во индустриите кај кои е често потребно израмнување, спаѓаат млечната индустрија, преработката на храна, постројки за полнење на сокови, хемиските и петрохемиските постројки, фармацевтските фабрики и индустриските перални.

Потребата од израмнување на протокот воглавно се определува во однос на потенцијалните ефекти на отпадната вода врз индустриските постројки за пред-третман или пречистителната станица за отпадни води. Овие ефекти се определуваат врз база на две основни компоненти:

- Променливоста на работните параметри кои треба да се израмнат (на пр. проток, рН вредноста, БПК, ХПК, амониум или токсичност) и
- Волуменот кој се испушта.

За да може правилно да се дефинира потребата од израмнување, неопходни се доволни претходни информации за овие два фактори, релативните трошоци за изградба и примена на ефективно израмнување на протокот, како и претпоставените заштеди од намалувањето на големината на низводните процеси.

Постојат три основни типа на процеси на израмнување:

- Наизменично пренасочување на протокот
- Повремено или паралелно израмнување и
- Целосно измешано израмнување.

Овие процеси можат да се разликуваат од случаи кај кои нема никакво мешање, па се до такви кај кои има целосно мешање, во зависност од параметарот кој се израмнува или контролира. На пример, при хидрауличното израмнување на проток во кој нема цврсти материи, обично не е потребно мешање. Од друга страна, кај протоци со значителни нивоа на цврсти материи, температурни или промени на рН вредноста, мешањето би донело значителни предности.

Кај **наизменично пренасочување на протокот** се применуваат два или повеќе базени (слика 9.1). Овој приод се користи за собирање на целиот проток на ефлуентот во еден базен за определен временски интервал (обично 24 часа), додека вториот базен се празни. Базените наизменично се полнат и празнат. Волуменот и карактеристиките на полутантите кај базенот кој не е во работа се променливи во текот на процесот на полнење. Со мешањето во овој базен се обезбедуваат константни нивоа на полутантите во моментот кога тој се празни.

Овој тип на израмнување често се користи кај Sequencing Batch реакторите (точка 4.2.4) кога постојат два реакторски базени. Иако овој систем обезбедува високо ниво на израмнување, потребната површина и капиталните трошоци обично ја ограничуваат нивната примена во индустријата, освен кај дво-базенските SBR системи.

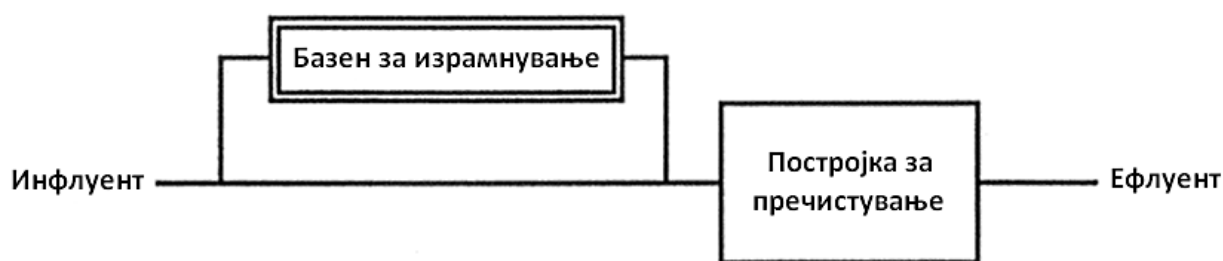


Слика 9.1. Систем за израмнување со наизменично пренасочување на протокот [8]

Системот со повремено пренасочување на протокот се проектира така да овозможува пренасочување на протокот за кус временски интервал во базен за изедначување при секоја значителна промена во параметрите на отпадната вода (слика 9.2).

Пренасочениот проток се пречистува или со контролирана брзина се враќа назад во главниот струен тек. Брзината со која пренасочениот проток се враќа назад во главниот тек зависи од волуменот и променливоста, како и од нивото на извршеното пречистување. Вообичаено, содржината на базенот се испитува пред да се испушти, за да се утврди брзината со која базенот може да се испразни во главниот процесен тек без штетни последици.

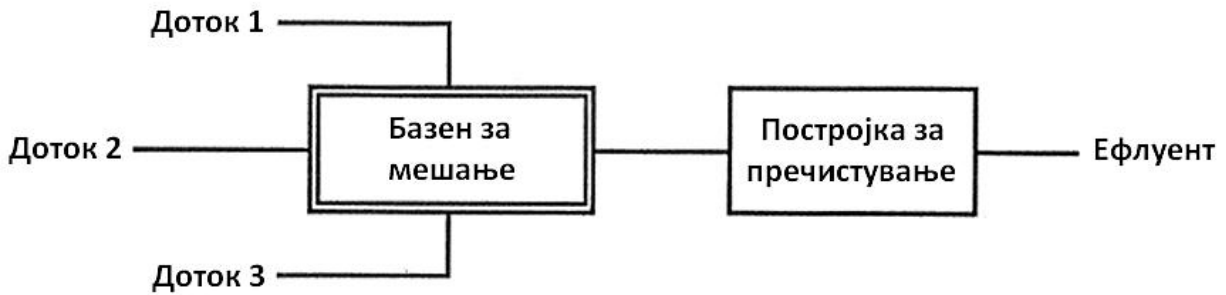
Овој тип на израмнување може да се примени во случај кога заради определена активност во фабриката повремено се очекуваат токсични или тешки за пречистување состојки во отпадната вода. Во индустриите кои користат ваков тип на израмнување спаѓаат тие кои имаат планирани периоди на одржување, рафинерии, завршни обработки на метал со цијанид или шест-валентен хром, како и прехранбени и млечни индустрии во време на чистење на производните линии.



Слика 9.2. Систем за израмнување со повремено пренасочување на протокот [8]

И покрај се, високите капитални трошоци и потребната површина, ги прават системите за израмнување со повремено пренасочување на протокот неприфатливи за голем број индустриски компании.

Системот со целосно измешано израмнување се проектира на начин што овозможува целосно мешање на еден или повеќе комбинирани струјни текови на почетокот на постројката за пречистување на отпадните води (слика 9.3). Базенот за израмнување континуирано го прима протокот на отпадна вода. Овој тип на израмнување најчесто се применува во индустријата и со него можат да се намалат промените во секој од поединечните текови при мешање на повеќе од нив. При тоа се подразбира дека одделните струјни текови се компатибилни помеѓу себе и можат да се комбинираат без при тоа да се создадат дополнителни проблеми. Ова мора да се утврди пред да се започне со имплементација на овој систем. На пример, отпадната вода од процесите на завршна обработка на метал која содржи цијанид не смее да се меша со кисели отпадни води, бидејќи ќе се создаде отровниот цијаниден гас. Наместо тоа, отпадните води кои содржат цијанид треба да се одвојат и посебно пречистат.



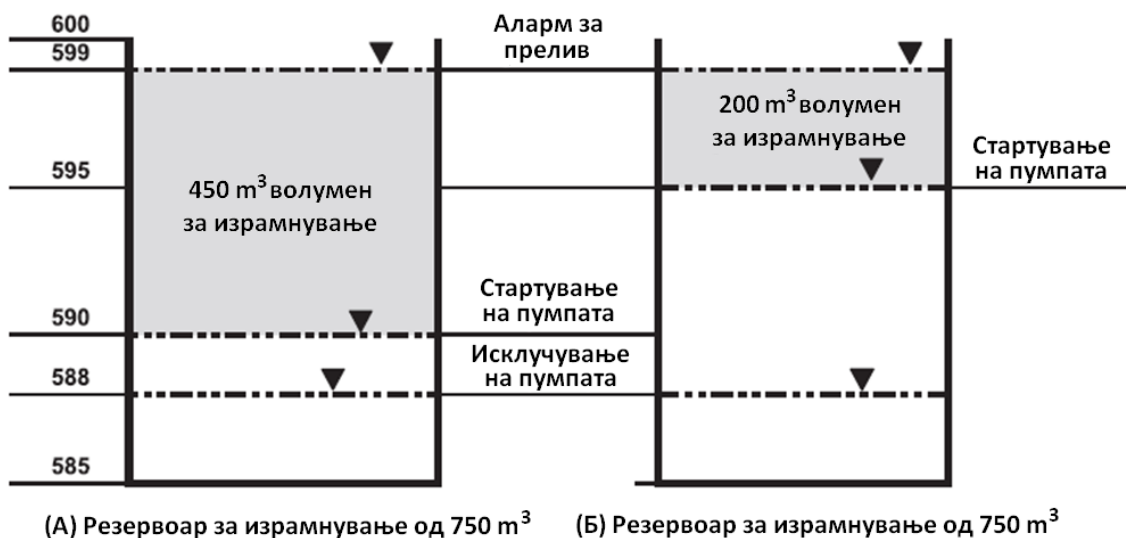
Слика 9.3. Комбиниран систем со целосно мешање

Еден од важните фактори при проектирањето на системите за израмнување е обезбедувањето на доволен капацитет за одвивање на процесот. Ова е прикажано на примерот на два различни начини на управување на пумпите во истиот базен за израмнување од 750 m^3 (слика 9.4).

Во случајот А, кога пумпата е подесена да се вклучи при кота 590, целиот волумен над ова ниво претставува *активен простор* – волумен кој е на располагање кога протокот на инфлуентот е поголем од протокот на ефлуентот. Во овој случај, нивото се подига за разликата во двете големини. Целиот волумен под оваа кота (300 m^3) е *мртов простор* – волумен кој не ги прифаќа поголемите дотоци кои би можеле да се испумпаат од резервоарот со постојните пумпи.

Во случајот Б, пумпата е подесена да стартува на повисока кота (595) во истиот резервоар, па активниот простор кој може да се користи за израмнување на дотокот на инфлуентот е намален на 200 m^3 . Целиот простор под оваа кота, кој изнесува 550 m^3 во овој случај е мртов простор, кој не може да се искористи за израмнување на променливите дотоци на инфлуентот.

На овој начин, пониските коти на стартување на пумпите обезбедуваат максимално искористување на капацитетот на резервоарот за израмнување на протокот, при што мора да се земат во предвид и енергетските и кавитациските параметри на пумпите.



Слика 9.4. Ефекти на подесувањето на пумпата врз капацитетот на базен за целосно мешање

9.3. Отстранување на цврстите материи

Иако јавните комунални станици за пречистување на отпадни води (СПОВ) се проектираат за да ги отстранат и концентрираат измешаните цврсти материи, обично тие треба да се отстранат од индустриските отпадни води пред да се испуштат во комуналните СПОВ или реципиентот. Цврстите материи се често присутни во индустриските отпадни води во толку големи количини што го нарушуваат непреченото работење на низводните постројки за пречистување, па и на ПСОВ во целина. Ова е посебно случај со мастите и маслата од прехранбената индустрија, рафинерии или индустриски перални.

Високи концентрации на измешани цврсти материи (повисоки од 500 mg/lit) можат да ги преоптоварат решетките, примарните таложници и процесите за одведување на цврстите материи кај комуналната ПСОВ. Високи нивоа на масти и масла (над 150 mg/lit) можат да се акумулираат во примарниот таложник и резервоарите за разградба на биолошките цврсти материи, да ја нарушат работата на пумпите или колекторските механизми, значително да ги намалат брзините на пренос на кислородот во аерационите базени и потенцијално да доведат до нарушување на законските норми за испуштање на отпадни води. Мастите и маслата од рафинериите, индустриските перални или производители на нафтени деривати може да предизвикаат кон појава на отровни материи во биолошките процеси на комуналната ПСОВ.

Високи концентрации на таложливи цврсти материи, како и масти и масла може да предизвика затнување на канализациските водови и водните комори на пумпните станици. Покрај фактот што нивното отстранување во таа фаза е тешко и скапо, овие материи можат да предизвикаат непријатна миризба, доколку се биолошки разградливи.

Измешаните цврсти материи во индустриските отпадни води можат да бидат органски или неоргански. Овие цврсти материи обично се делат врз база на нивната големина и начинот на нивно отстранување:

- Крупни цврсти материи (кои имаат најмалку 25 mm во пречник и кои значително ќе ја нарушат работата на низводните процеси на пречистување);
- Цврсти материи како крупен песок, чакал, метални честички, пластични делчиња, продукти на непотполно согорување и други материи со поголема густина, кои побрзо се таложат од органските цврсти материи;
- Таложливи цврсти материи (честички со големина помеѓу 1 μm и 25 mm), кои се таложат од отпадната вода во тек на стандарден Imhoff конусен тест, и
- Колоидални материи (честички со големина помеѓу 0,001 и 1 μm), кои имаат површински напони кои мора да се неутрализираат за да се дозволи агломерација, флокулација и таложување на честичките).

Крупниот песок може да навлезе во индустриската канализација преку атмосферските води или при миење кај фабриките за хартија, дрвната, прехранбената и хемиската индустрија.

Таложливите и колоидалните материи, исто така, можат да бидат органски или неоргански, во зависност од процесот од кој настануваат. Колоидалните материи обично се отстрануваат со хемиска коагулација и флокулација со метални соли или синтетички полиелектролити.

Цврстите материи од водата и отпадните води се нарекуваат **остаток** (*residue*) [8]. Вкупниот остаток го претставува материјата која останува после испарување и сушење во печка на

определена температура на примерок од водата. При тоа се опфатени и остатокот кој може да се филтрира (делот кој го задржува филтерот) и делот кој поминува низ него. Измешаните цврсти материи можат да се филтрираат, додека растворените и колоидалните цврсти материи не моѓат да се филтрираат.

Количината на вкупните измешани цврсти материи се определува со филтрирање на примерок од водата низ дефиниран филтерски медиум, негово сушење во печка и потоа определување на тежината на остатокот. Температурата на сушење обично се движи помеѓу 103 и 105 °C.

Вкупните измешани цврсти материи ги опфаќаат сите фракции (суви и запаливи), кои се определуваат со филтрирање на примерок низ филтерски диск до задржување на остаток од 200 mg на филтерот. Остатокот се суши, мери и потоа се пали на температура од 550°C. Масата на остатокот после палење ја претставува сувата фракција. Разликата помеѓу масите на сувата фракција и вкупните измешани цврсти материи ја дава запаливата фракција.

Заради големата вискозност на цврстите материи во тињата, содржината на вкупните измешани цврсти материи и запаливите измешани цврсти материи се определува прво со определување на вкупните цврсти материи или вкупните запаливи цврсти материи за даден примерок. Вкупните цврсти материи и вкупните запаливи цврсти материи ги вклучуваат и измешаните и растворените цврсти материи.

Методите за отстранување на измешаните цврсти материи се избираат врз база на почетната концентрација на цврсти материи во отпадната вода, зададената концентрација на крајот на процесот, како и врз база на големината, таложливоста, склоноста кон згустување и природата (дискретни или флокуларни) на честичките.

Испитувања на определен струен тек на отпадна вода се често неопходни за определување на карактеристиките на цврстите материи и компатибилноста на определен процес на пречистување. Најчести техники за отстранување на измешаните цврсти материи од отпадната вода при концентрации на вкупни измешани цврсти материи помали од 1% (10.000 mg/lit) се решетките и ситата, гравитационата сепарација и филтрацијата. Овие техники се веќе претходно детално прикажани и опишани.

9.4. Отстранување на масти и масла

9.4.1. Општо

Мастите и маслата можат да бидат од растително, животинско или минерално потекло. Мастите се мешавина на различни трицилерициди и се наоѓаат и во растенијата и животните. Хемичарите ги делат мастите и маслата според нивната просечна молекуларна тежина и степенот на заситеност. Мастите имаат ниска точка на топење, која е пониска кога доминираат компоненти на масни киселини.

Маслата се триглицериди кои се наоѓаат во течна состојба на собна температура. Обичните масла за јадење содржат семиња на памук, палми, маслини, пченка и соја. Минералните масла ги опфаќаат нафтените јагленоводороди. Чести масти се свинската маст и лојот. Сапунот се добива кога животинска маст или растително масло се загрева до вриење во присуство на натриум хидроксид (за добивање на глицерин) и натриумови соли или масни киселини. Сапуните се опфатени при вообичаена анализа на мастите и маслата во отпадната вода.

Кај повеќето постапки на пред-третман е неопходна контрола на мастите и маслата кои потекнуваат од индустријата, бидејќи можат да предизвикаат значителни проблеми во работата на комуналните ПСОВ, како на пример:

- Затнати канализациски водови;
- Прекумерни цврсти материи кои испливуваат на површината на водните комори во пумпните станици;
- Високи концентрации на пена во примарните таложници, која се пренесува во низводните процеси;
- Полоши перформанси на процесите за биолошко пречистување;
- Нафаќање на слој врз филтрите со грануларен активен јаглен;
- Потешкотии при згуснувањето и обезводнувањето на биолошките цврсти материи; и
- Можни нарушувања на еколошките дозволи за работа, со кои е забрането испуштање на видливи

Мастите и маслата примарно се регулираат на локално ниво. При тоа, скоро сите дозволи за испуштање на отпадни води во канализацискиот систем или во ПСОВ содржат бројчани или описни ограничувања за содржината на масти и масла во нив.

Мастите и маслата можат да се содржат во отпадните води како слободни масла што пливаат, во емулзија или ограничени со цврсти материи (табела 9.1). Со помош на гравитацијата од водата се одвојуваат слободните масла што пливаат, бидејќи нивната специфична тежина е помала од 1. Нафтните масла обично се отстрануваат од отпадната вода со нивно собирање од површината во седиментационите базени. Овие масла потекнуваат од рафинериите, петрохемиските постројки, железарите и индустриските перални.

Табела 9.1. Видови на масло во отпадните води [8]

Вид	Дефиниција
Слободни масла	Масло кое е присутно во водата, но е малку или воопшто не е во врска со водата. Се одвојува гравитациски.
Физички емулзии	Масло кое е измешано со водата во стабилна форма со големина на капките од 5-20 микрометри. Се формира како последица на мешање заради пумпање низ цевководите и вентилите.
Хемиски емулзии	Масло измешано во водата со големина на капките помала од 5 микрометри. Се формира од детергенти, алкални флуиди или протеини.
Растворени масла	Масло кое се раствора во водата. Се открива со инфрацрвена анализа или други методи.
Цврсти материи со масло на нив	Масло кое се нафаќа на површината на отпадната вода или цврстите материи.

Маслата во **емулзија** се стабилни мешавини на масло и вода кои обично самостојно не се одвојуваат под дејство на гравитацијата без надворешно влијание (на пр. топлина или де-емулзивни хемикалии). Емулзиите масло-вода можат да бидат физички или хемиски. Физичките емулзии се мешавини на вода и тешки масла или масни материи (обично нерастворливи во вода), кои се механички создадени (на пр. со центрифугално пумпање со

голема брзина). Тие се понестабилни (полесно се одвојуваат) од хемиските емулзии и можат да се одвојат со топлина или коагулант (алуминиум сулфат – стипса).

Хемиските емулзии обично се наоѓаат во флуиди кои биле во контакт со метал при обработката на машински делови во автомобилската индустрија и алатниците. Овие флуиди се мешавина на две течности кои не се мешаат (воглавно нафтени и минерални масла и вода) и е потребно средство за да ги држи во стабилна емулзија. За одвојување на маслата и водата, ова средство мора да се отстрани, најчесто со киселински соли (на пр. стипса).

9.4.2. Извори на масти и масла

Содржината на масти и масла во комуналните отпадни води обично изнесува од 30 до 50 mg/lit и претставуваат околу 20% од органската материја која се мери преку БПК. Индустриските отпадни води имаат повисоки концентрации (табела 9.2).

Табела 9.2. Индустриски извори кои испуштаат најголеми концентрации на масти и масла во ПСОВ

ВИД НА ИНДУСТРИЈА	ТИП НА МАСТИ И МАСЛА
Рафинирање на растително масло	Растителни
Производство на сапун	Растителни и животински
Преработка на млеко	Животински
Млечни производи и сирење	Животински
Касапници и преработка на месо	Животински
Производство на кодиторски производи	Растителни
Подготовка на храна	Растителни и животински
Објекти за исхрана	Растителни и животински
Перални	Растителни, животински и нафтени
Обработка на метални делови	Нафтени
Производи од лим	Нафтени
Преработка на волна	Животински
Нафтени рафинерии	Нафтени
Производство на органски хемикалии	Растителни, животински и нафтени

Потенцијални извори на масти и масла во **прехранбената индустрија** се машините за обработка на месото, млечните производи, зеленчукот, производство на масло за јадење и уредите за добивање на семиња. Отпадната вода од прехранбената индустрија воглавно се јавува како последица на готвење, чистење и измени во производството, при што се добиваат високи концентрации на масти и масла, како и значителни промени во протокот и концентрацијата на полутантите. Најчести начини за пред-третман во оваа индустрија се гравитациското одвојување, подесувањето на рН вредноста и коагулацијата.

Во **металната индустрија** постојат четири вида на флуиди (средства за подмачкување и ладење и масла за сечење):

- Чисти масла (нерастворливи масла со многу малку или без воопшто вода во нив);
- Растворливи масла (емулзии масло-вода)
- Синтетички машински масла (водена мешавина на органски состојки); и
- Полу-синтетички машински масла (хибрид на синтетички машински масла и растворливи масла).

Маслена отпадна вода може да потекнува од повеќе извори (на пр. алатници или работилници). Металните делови кои се изработуваат во металната индустрија (како на пример автомобилски делови) често се прекриени со машински флуиди кои служат за ладење и подмачкување на ножот на алатот на машината, но и за отстранување на металот кој се сече од обработеното парче. Овие флуиди се таложат или филтрираат за да се отстранат металните струшки и потоа, обично, повторно се користат. Отпадната вода од металната индустрија се содржи од употребени машински флуиди, потрошена вода за миење и нејзино истекување. Обично се врши де-емулзирање на самото место на настанување, пред да се испушти во комуналната ПСОВ.

Емулзиите на машинските флуиди обично се третираат со киселини, киселински соли или полимери за раскинување на емулзијата, при што би се одвоиле маслото и водата. Процес на биолошко пречистување, исто така, би извршил де-емулзирање на овие отпадни води. Методот на пречистување зависи од машинскиот флуид и обично се препорачува од страна на производителот на флуидот.

Мастите кои се нанесуваат на металните површини за заштита од корозија за време на нивното чување и транспорт, исто така, можат да завршат во отпадните води од металната индустрија. Мастите обично се отстрануваат со органски растворувачи или водени базни раствори за чистење. Раствори за одмачување (на пр. незапаливи хлорни јагленоводороди или керозин) можат да формираат емулзии или филм кој плива и може да биде отровен за микроорганизмите во комуналната ПСОВ. Тие, исто така, можат да бидат запаливи или слободни отровни гасови, кои никако не смеат да се испуштат во комуналниот колекторски систем.

Отпадните води од **нафтните рафинерии** содржат слободни и емулзирани масла од истекувањата, преливањата и чистењето на резервоарите. Потоа емулзии од процесите на хемиски третман, маслен кондензат, води од сепаратори на дестилат, како и маслена тиња. Комбинираните отпадни води од рафинериите можат да содржат сурова нафта, разни нафтени фракции или измешани цврсти материи прекриени со масло, сапуни или восочни емулзии. Нафтните масти и масла опфаќаат и лесни јагленоводороди (на пр. бензин или авионско гориво), тешки јагленоводородни горива и катрани (на пр. сурова нафта, дизел гориво, подмачкувачи и асфалт).

Во останатите видови индустрија кои, исто така, испуштаат значителни количини масти и масла, спаѓаат индустриските перални, постројките за миење на моторни возила, производството и преработката на железо и челик, фармацевтските компании, како и производните капацитети за алуминиумски производи.

9.4.3. Техники за пред-третман

При проектирањето на постројката за пред-третман, неопходно е системот за отстранување на масти и масла да се постави што поблиску до изворот за да се минимизираат локациите каде

што тие материи би можеле да се акумулираат, како и да се намали големината на низводните уреди за пречистување.

Слободните (не-емулзирани) масти и масла се лесно отстранливи од водата бидејќи испливуваат на површината и се групираат, по што можат механички да се соберат или отстранат од површината. Емулзираните масти и масла, пак, остануваат во растворена состојба и нивното отстранување претставува поголем проблем. За да се спречи слободните масти и масла да станат емулзирани, при проектирањето на системите за пред-третман, секогаш е тоа можно, треба да се избегне пумпање на отпадна вода која содржи масла (посебно со центрифугални пумпи). Кога пумпањето е неопходно, треба да се употребат волуменски, мембрански пумпи за да се намали шансата за создавање физички емулзии. Исто така, треба да се избегне разблажување на водените токови кои содржат масти и масла, со такви кои не содржат.

Пред да се одбере процесот кој ќе се примени врз емулзираните масти и масла, треба да се изврши нивна карактеризација и да се изработи студија за можните начини на нивно отстранување.

Постојат две фази во третманот на мастите и маслата. Во првата фаза се одвојуваат слободните масти и масла од отпадната вода. Се отстрануваат мастите и неемулзираните масла. Ова се реализира преку гравитациско одвојување или систем на паралелни плочи.

Во втората фаза се разбиваат емулзиите и се отстрануваат емулзираните масти и масла. Емулзиите можат да се разбијат со загревање, дестилација, хемиски третман и центрифугирање, како и со филтрирање. Ултрафилтрацијата, исто така, многу успешно се применува за разбивање на масла и масни киселини. Најчесто применуван систем во втора фаза е гравитациска сепарација, додадени хемикалии (на пр. стипса, железен сулфат и железен хлорид), флокулација и флотација со растворен воздух (dissolved air flotation-DAF).

Гравитациските сепаратори (одвојувачи) можат да бидат мали уреди за ресторани, па се до големи индустриски системи. Еден еднофазен систем за пречистување може да се состои од задржувач на масло, кој се применува при мали и повремени протоци на масти и масла (на пр. кај ресторани, хотели и бензински пумпи). Овој задржувач е проектиран така да ги собира и задржува мастите и маслата кои обично се наоѓаат во кујните. Тој се монтира во системот за одвод помеѓу локалната одводна мрежа во објектот и приклучокот во канализацискиот систем. При нивното поставување треба да се води сметка за пристапот до нив заради чистење и одржување.

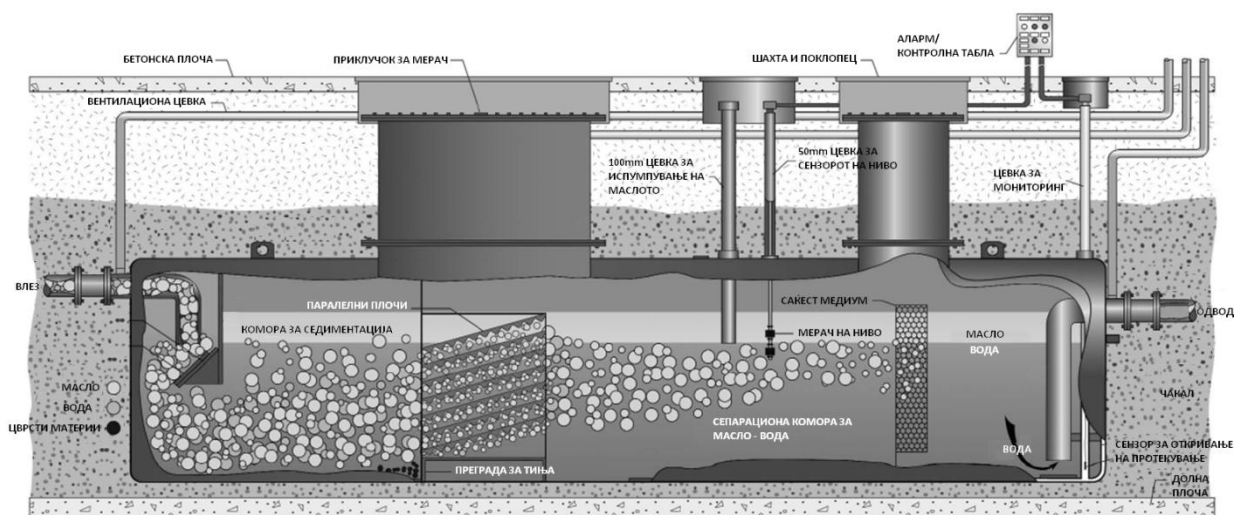
Друг еднофазен систем е гравитациски сепаратор со механичко отстранување на отпадните масти и масла од површината и нивно складирање. Се користи за пречистување на отпадните води од услужните дејности, преработката на храна и нафтените рафинерии.

Гравитацискиот сепаратор треба да проектира така што зафаќа доволно површина, мирни услови и доволно време за да се овозможи мастите и маслата да испливаат на површината на водата. Големи промени во протокот ја нарушуваат ефикасноста на отстранувањето на маслата, при што е неопходно израмнување за да се надмине овој проблем. Ако се очекуваат големи промени во протокот, задржувачот на масло мора да се предимензионира за да се земе во предвид најголемиот можен проток.

При проектирањето на гравитациониот сепаратор мора да се земат во предвид хидрауличниот капацитет, постојаноста на протокот и едноставноста и пристапноста за негово чистење. Растојанието помеѓу влезот и излезот од задржувачот треба да се доволно големо за да се спречи истекување на мастите во ефлуентот.

Постојат комерцијални уреди кои го отстрануваат маслото од отпадните води на тој начин што водата струи низ медиум со голема површина. Овој медиум е пластична маса која има форма на саќе или паралелни плочи. Овој вид на сепаратор (слика 9.5) дава најдобри резултати кај нафтените јагленоводороди кои се во флуидна форма, со концентрации на измешани цврсти материи помали од 300 mg/lit.

При струењето на маслената вода низ медиумот, маслото се подига, се нафаќа на долната страна на плочата и конечно испливува во слојот на масло на површината. Водениот тек продолжува низ дополнителна комора за одвојување пред да го напушти сепараторот. Комбинацијата на агломерацијата која се добива од нарушување на струјниците и контактот на маслото со пластичната маса, предизвикуваат пораст на големината на маслените капки. Така добиените поголеми маслени капки можат да се отстранат со помош на гравитација.



Слика 9.5. Шема на типичен коалесцентен сепаратор [8]

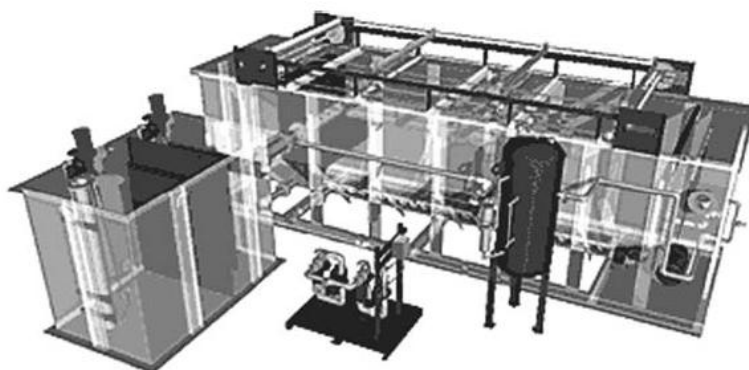
Мора да се обезбеди дека медиумот во уредот нема да го направи неупотребливо задржаното масло. Доколку тоа масло е наменето за употреба кај луѓето или за хранење на животни, медиумот мора да се изработи од материја која е одобрена од Агенцијата за храна.

Производителите на овој сепаратор обично го димензионираат според расположивите податоци за протокот, типот на маслото и специфичностите на нивниот дизајн. Во принцип овој сепаратор се проектира на проток од околу $0,76 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{d}$.

Емулзиите хемиски се третираат за да се дестабилизира маслото или да се уништат емулзивните средства. Процесот во основа се состои од брзо мешање на коагулант со отпадната вода и потоа физичко одвојување на мастите и маслата се одвојуваат преку флокулаиција, флотација и слично.

Отпадната вода може да се де-емулзира со додавање на коагулантски соли (на пр. стипса, полиаминиум хлорид, железо хлорид и железо сулфат), киселини, органски полиелектролити, топлина или соли и топлина заедно.

Флотацијата со растворен кислород (DAF) е процес на физичко одвојување, кој најчесто се применува за отстранување на хемиски концентрираните масти и масла. Овој процес се состои од вдување на воздух под притисок во струјата на отпадната вода и потоа, испуштање на водената струјата со воздухот во неа во резервоар во кој владее атмосферски притисок (слика 9.6). Маслата и малите цврсти честички се нафаќаат на воздушните меурчиња и испливуваат на површината, каде што се собираат и отстрануваат.



Слика 9.6. Шема на стандарден уред за флотација со растворен кислород [8]

Кога хемиски создадените флокули не се одвојуваат доволно добро, тоа може многу ефикасно да се направи со **центрифуга**. Центрифугите трошат повеќе енергија и бараат пообемно одржување отколку другите типови на сепаратори, но се исклучително применливи кога станува збор за ограничен простор или значителни протоци кои треба се процесираат. Пред да се започне со целосна примена на овој систем, мора да се направи пробна контрола за неговата ефикасност.

Центрифугите обично повеќе се користат за процесирање на индустриската тиња (вклучувајќи и отстранување на масти и масла) отколку за пречистување на индустриските отпадни води.

Хидроциклоните се техничко решение на технологијата на центрифуга, која станува се популарна во индустриските постројки. Тие можат да се користат за одвојување на маслата од потешките цврсти материи, маслото од потешката вода, па дури и масло од потешко масло. Хидроциклоните ја користат центрифугалната сила за да го извршат одвојувањето, па затоа им е потребен помал простор отколку конвенционалните техники на одвојување масло-вода или масло-цврсти материи.

Кај овој систем (слика 9.7) флуидот се пумпа тангенцијално во хидроциклонот, кој што го ротира, генерирајќи голема центрифугална сила која ги одвојува цврстите материи и течноста (или две нерастворени течности). Создадените сили се променливи по должината на хидроциклонот. Потешката фаза (на пр. вода, потешко масло или цврсти материи) се потиснуваат нанадвор кон ѕидот на цевката на хидроциклонот и надолу кон истекот. Полесната фаза струи кон центарот, каде што се формира јадро и излегува низ преливот (нагоре). Вообичаеното време на задржување е 2 до 3 секунди. Освен пумпањето низ хидроциклонот,

процесот нема подвижни делови. Склопови од повеќе хидроциклони се применуваат во случаи на поголеми протоци кои треба да се пречистат.

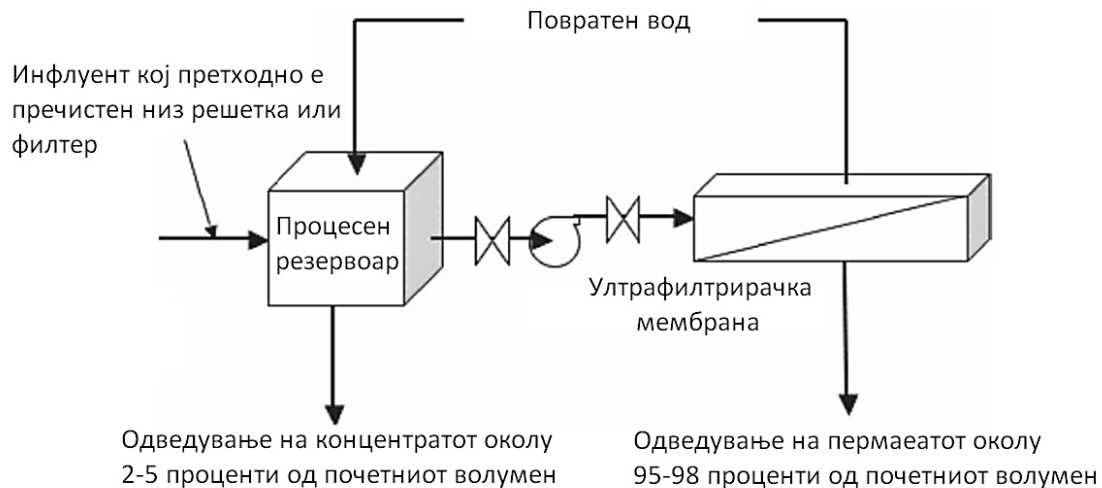


Слика 9.7. Шематски приказ на хидроциклон (FLSmith Krebs) [8]

Хидроциклоните обично се применуваат кај рафинериите, нафтените платформи во морињата и океаните, постројките за пренос на суровата нафта, станици за миеење на возила, млекари и кај индустријата за преработка на храна.

Кај системите за **ултрафилтрација** се користи фина мембрана за одвојување на мастите и маслата од водата. Може да се третираат емулзии дури до $0,005 \mu\text{m}$. Ултрафилтрацијата се почесто се применува со намалувањето на цената на мембраните и посебно е применлива кај постројки кај кои водата или маслото повторно се користи или отпадната вода се испушта директно во реципиент, наместо во комунална ПСОВ.

Кај типичен систем за ултрафилтрација (слика 9.8), инфлуентот кој претходно е механички пречистен, се пумпа во процесниот резервоар. Пумпата го постиснува растворот низ мембрана, која ги одвојува состојките. Пермеатот (чистата вода) се испушта обично при атмосферски притисок. Кај конфигурација со „попречно струеење (cross-flow)“, водата која не минува низ мембраната, се враќа назад во процесниот резервоар и се меша со инфлуентот. Како што отстранетото масло од водата се нафаќа на мембраната, расте диференцијалниот притисок на самата мембрана и се намалува количината на пропуштениот пермеат. Кога ќе се влошат карактеристиките на мембраната до однапред дефинирано ниво, процесот се исклучува и се промива или хемиски се чисти.



Слика 9.8. Шематски приказ на ултрафилтрациски процес

Гравитациската сепарација обично и претходи на мембранската филтрација за да се намали затнувањето и да се овозможи доволна пропусност на пермеат. Зад гравитациската сепарација може да се постават филтри за да се намали големината на честичките на 5 μm .

Ултрафилтрацијата ја разбива емулзијата масло-вода, но само може да ги концентрира мастите и маслата, а не да ги отстрани. Понекогаш се применува гравитациски коалесцентен филтер за да се отстрани концентрираното масло од концентратот или од повратниот ток. Доколку овој филтер се покаже како непрактичен, маслото и водата можат дополнително да се одвојат преку додавање на флокуланти (на пр. стипса и органски полимери). Исто така, емулзијата масло-вода може да се разбие со топлина при температури од 38 до 82°C, во зависност од природата на емулзијата.

Главна предност на ултрафилтрацијата е можноста за повторно користење на отстранетите масти и масла. На пример, често се користи за повторно користење на маслата во машинските работилници. Ефикасноста на процесот од аспект на трошоците во многу зависи од вредноста на материјалот што може повторно да се користи.

Во недостатоци на ултрафилтрацијата се вбројуваат: високи капитални трошоци, чистење на мембраната и трошоци за нејзина повремена замена, како и неопходноста од прет-третман.

При проектирањето на еден ваков систем мора да се земат во предвид повеќе фактори, како на пример карактеристиките на отпадната вода (на пр. содржина на масло, соли и измешани цврсти материи), присуство на хемикалии кои не се компатибилни со мембраната, како и други процесни услови (рН вредност, температура и сл.), кои можат да влијаат врз процесот. Во секој случај се препорачува пилот проба на успешноста на постапката пред да се започне со секојдневна примена.

9.4.4. Можности за повторно користење на отстранетите масти и масла

Постојат многу можности за повторно користење на мастите и маслата. На пример, маслата кои се добиваат од водата испуштена при рафинирање на масло за јадење, правење на сапун и производство на месо можат да се искористат во храната за животни и во дизел моторите.

Маслото кое се добива од рестораните после неговата употреба може да се собере, рециклира и користи во индустријата или при производството на храна за животни.

Нафтените јагленоводороди со ниска содржина на вода можат да се користат како суровина во рафинериите или директно да се продаваат на пазарот со нафтени деривати. Отпадното масло од одредени индустриски гранки може да се собира и продаде на рафинериите. Со порастот на цената на нафтата, се зголемува и атрактивноста на повторното користење на отпадните масла и масти.

Постојат и други примени на отстранетите масти и масла од отпадните води, во зависност од нивната рН вредност и типот и процентот на масло, маснотии, восок и други присутни надворешни материи. На пример, можат да се користат во производството на подмачкувачи при дупчењето, флотација на руда и производството на асфалт.

9.5. Управување со рН вредноста

9.5.1. Општо

Подесувањето на рН вредноста на отпадните води е еден од најчестите процеси во индустриските системи на нивен пред-третман. Заради различните киселини и бази кои се користат во индустриското производство и процесната индустрија, кај повеќето постројки е неопходно да се обезбеди дека рН вредноста на отпадната вода е поволна пред да се испушти во површинските води или јавните комунални ПСОВ.

Оптималната рН вредност зависи од постројката и процесот. За директни испуштања, ефлуентот би требало да има вредност помеѓу 6 и 9 за да се заштити реципиентот. За индиректни испуштања, рН вредноста на ефлуентот мора да биде помеѓу 5,5 и 10 за да се заштити комуналниот колекторскиот систем од корозија, а процесите во ПСОВ од оштетувања или проблеми при работата. Сепак, доколку системите за претходен третман вклучуваат биолошко пречистување, рН вредноста на отпадната вода мора да се наоѓа во релативно тесни граници (помеѓу 6,5 и 8,5) пред нејзиното влегување во биолошкиот реактор. Доколку биолошкиот систем е проектиран и за нитрификација, оптималната рН вредност обично е 7,5 до 8,5, иако некои процеси непречено работат и при пошироки граници. Исто така, оптималните рН вредности можат да се менуваат со разликата во температурата, конфигурацијата на процесот (повремен или континуиран) и неговата технологија (аеробно или анаеробно пречистување).

Доколку се испушти кисела отпадна вода во колекторскиот системи, може да се предизвика несакана хемиска реакција. На пример, кога цијанидните јони од отпадната вода ќе дојдат во контакт со кисели отпадни води, добиената комбинација ќе предизвика водороден цијаниден гас, кој што е исклучително токсичен. Сулфидите во отпадната вода можат да се комбинираат со киселите индустриски отпадни води за да се добие сулфур-водород. Водород цијанидот и сулфур-водородот се опасни во ниски концентрации. Дополнително, гасовитиот водород-сулфид може биолошки да оксидира при што се формира сулфурна киселина, која може да ги кородира бетонските цевки.

Терминот **pH**, кој се користи за да се опише киселата или базната состојба на растворот, се дефинира како негативен логаритам на концентрацијата на активни водородни јони ($[H^+]$) изразено во моли за литар:

$$pH = -\log[H^+] \quad (9.1)$$

или

$$pH = \log 1/[H^+]$$

pH скалата се движи од 0 до 14, при што неутралната точка ($pH=7$) е pH вредноста на чиста вода на приближно $25^\circ C$. Базните (алкални) раствори имаат pH вредност над 7, додека киселите раствори имаат pH-вредност под 7. Заради тоа што pH е логаритамска функција, раствор со pH вредност 5 има 10 пати повеќе активни водородни јони отколку тој со pH вредност од 6. Соодветно, раствор со pH вредност 2 има 1000 пати повеќе активни водородни јони отколку тој со pH вредност од 5. Раствор со pH вредност 1 содржи 1×10^{-1} mol/lit слободни водородни јони, додека раствор со pH вредност 13 содржи 1×10^{-13} mol/lit слободни водородни јони.

Концентрацијата на водородни јони се менува обратно пропорционално на концентрацијата на слободни хидроксидни јони $[OH^-]$ изразена во моли за литар, според следната рамнотежна равенка:

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14} \quad (9.2)$$

Во литар чиста вода на $25^\circ C$ се одвојуваат приближно 1×10^{-7} mol вода, со што се создаваат идентични концентрации на слободни јони на водород и хидроксид. Негативниот логаритам на концентрацијата на хидроксидни јони се нарекува **pOH**. Врската помеѓу pH и pOH може да се изведе од равенката (9.2) со вадење на негативни логаритми на двете страни, по што се добива:

$$pH + pOH = 14 \quad (9.3)$$

Киселините и базите се распаѓаат во вода, при што се добиваат, соодветно, јони на водород и хидроксид. Киселините се делат на слаби или јаки во зависност од бројот на водородни јони кои се ослободуваат кога киселината се додава на водата. Соодветно, базите се делат на слаби и јаки во зависност од хидроксидните јони кои се ослободуваат кога базата се додава на вода. На пример, азотна киселина (HNO_3) е јака киселина бидејќи скоро сите нејзини молекули се распаѓаат во вода при што се добиваат водородни и азотни јони. Оцетната киселина (CH_3COOH), од друга страна, е слаба киселина бидејќи нејзините молекули скоро и да не се распаѓаат, при што се добиваат мал број на водородни јони во водениот раствор.

Доколку киселина се додаде на вода, се зголемува концентрацијата на водородни јони во растворот. Доколку се додадат 1×10^{-3} mol на јака киселина (на пр. хлороводородна киселина – HCl), на 1 lit чиста вода со pH вредност 7, ќе се распадне скоро целата киселина, при што се добиваат околу 1×10^{-3} mol на водородни јони и pH вредност од околу 3.

Доколку на вода се додаде база, се ослободуваат хидроксидни јони кои реагираат со водородните јони, при што се формира вода, при што се намалува концентрацијата на хидроксидни јони и се покачува pH вредноста на растворот. На пример ако 1×10^{-2} mol јака база (на пр. натриум хидроксид – NaOH) се додадат на 1 lit чиста вода со $pH=7$, концентрацијата на

хидроксидни јони ќе изнесува околу 1×10^{-2} mol/lit (pOH=2), додека pH вредноста ќе биде околу 12 (со примена на равенката 10.3).

9.5.2. Киселост и алкалност

Ова се два корисни концепти за определување на потребата од неутрализација. Потребно е многу повеќе од мерење на pH вредноста за адекватно определување колку база е потребна за неутрализација на киселина или колку киселина е потребна за неутрализација на база [8]. Кај јаките киселини (на пр. азотна), скоро сите киселински водородни јони се квантифицирани преку мерење на pH вредноста бидејќи водородните јони се скоро сосема одвоени. Но, кај раствор на оцетна киселина, постојат расположиви киселински јони како водородни јони и како ацетатни јони (CH_3COO^-). Со комбинирање на слободните водородни јони со хидроксидните јони на додадената база се добиваат молекули на вода, но од друга страна, повеќе оцетна киселина ќе се разложува за да ја задржи концентрацијата на водородни јони која постоела при состојба на рамнотежа во растворот. Оттука, само pH мерење нема да покаже колку база треба да се додаде за неутрализација на раствор на оцетна киселина.

Раствор на јака киселина може да има помала pH вредност отколку раствор на слаба киселина, иако се употребени исти количества киселина за подготовка на растворот. Сепак, вкупната киселост на двата раствора ќе биде идентична, а ќе бидат потребни и еднакви количества база за нивна неутрализација. Обратно, разблажен раствор на јака киселина и концентриран раствор на слаба киселина може да имаат иста pH вредност, но ќе бидат потребни различни дози на база за нивна неутрализација, иако е ист волуменот на двата раствори.

Киселоста е мерка за капацитетот на растворот да неутрализира јаки бази (на пр. NaOH) до определена pH вредност. Се изразува како еквивалентна вредност (во милиграми за литар) на калциум карбонат (CaCO_3). Киселоста е бруто мерка. Може да се толкува во однос на определени растворени субстанции само кога е познат хемискиот состав на растворот. Јаките минерални киселини (на пр. сулфурната киселина – H_2SO_4), слабите киселини (како јаглородната H_2CO_3 или оцетната киселина) и металните соли (на пр. железниот или алуминиумскиот сулфат) придонесуваат кон измерената киселост на отпадната вода.

Алкалноста е мерка на капацитетот на растворот за неутрализација на јаки киселини (како H_2SO_4) до определена pH вредност. Како и киселоста, алкалноста се изразува како еквивалентна количина (во милиграми за литар) калциум карбонат. Тоа е бруто мерка и може да се толкува во однос на определени субстанции само кога е познат хемискиот состав на растворот. Алкалноста на голем број отпадни води е примарно функција од рамнотежата на присутните карбонати (CO_3^{2-}), бикарбонати (HCO_3^-) и хидроксида. Алкалноста се зема како индикација на комбинираните концентрации на овие состојки (при тоа се земаат во предвид ако се присутни и борати, фосфати, силикати и други анјони).

9.5.3. Принципи на мерење на pH вредноста

Уредот за мерење на pH вредноста има три компоненти: pH сензор или сонда, кој содржи мерна електрода, референтна електрода и температурен сензор; засилувач и анализатор или трансмитер (предавател). Компонентите на сензорот обично се комбинираат во една сонда. Мерната електрода обично се изработува од стакло (иако во поново време стаклото се заменува со потрајни solid-state сензори). Стаклените мерни електроди имаат на крајот стаклена топка осетлива на pH вредност, а во средината имаат жица од сребрен хлорид, која е опкружена со електролитен раствор на калиум хлорид (KCl). Околу мерната електрода се наоѓа

комората која ја претставува референтната електрода. Референтната електрода содржи жица од сребро хлорид во електролитен раствор на калиум хлорид заситен со сребро хлорид. Порозната течна врска во референтната електрода му овозможува на електролитниот раствор да воспостави физички и електричен контакт со мерената течност и да создаде напон (волтажа) која електродите можат да ја измерат [8].

Мерната електрода, која е осетлива на концентрацијата на водородни јони, создава напон кој е директно поврзан со оваа концентрација. Референтната електрода дава стабилен напон за споредба. Кога ќе се потопи во отпадната вода, напонот на референтната електрода останува константен, додека напонот на мерната електрода се менува пропорционално на концентрацијата на водородни јони.

9.5.4. Избор на средства за неутрализација

Прво прашање на кое треба да се одговори е какво средство е потребно за контрола на рН вредноста? База, киселина или двете? Често се потребни и двете, посебно кога карактеристиките на отпадната вода се крајно променливи, а опсегот на крајна рН вредност е релативно тесен.

Економската анализа на средствата за неутрализација треба да вклучува повеќе алтернативи. На пример, рН вредноста на кисела отпадна вода може да се зголеми со јака или слаба база. При употреба на јака база, ќе биде потребна помала доза, но реакцијата ќе биде потешко да се контролира при тесен рН опсег. Покрај тоа, јаката база може да чини повеќе за еден килограм отколку слабата. Вкупниот трошок за хемиски средства е функција од чинењето по единица маса и потребната количина (доза). Трошоците за работна рака и одржување, исто така, мора да се земат во предвид при определување на вкупните трошоци на работа за секоја хемикалија.

При определување на трошоците за хемикалиите, една од соодветните споредби е трошокот за да се добие единица алкалност или киселост за секоја хемикалија. Следната равенка може да се употреби за оваа цел:

$$C_{\text{баз/кис}} = (C \cdot EW) / (P \cdot EW_{\text{CaCO}_3}) \quad (9.4)$$

При што:

$C_{\text{баз/кис}}$ – трошок по единица маса на алкалност или киселост (во CaCO_3)

C – трошок по единица маса на хемикалија

EW – еквивалентна маса на хемикалија

P – чистота на хемикалијата

EW_{CaCO_3} – еквивалентна маса на калциум карбонат = 50.

Инвестициските трошоци вклучуваат изработка и монтажа на резервоари и изградба на објекти за хемикалиите, опрема за пумпање и мерење, градежни материјали, безбедносни аспекти и потребни мерни инструменти за контрола и управување со процесите.

Времето на реакција влијае врз бројот, големината и условите на мешање на контролните рН уреди, како и врз управувањето со системот.

Концентрацијата на растворени цврсти материи кои се создаваат во тек на неутрализацијата зависи од типот и количината на употребената хемикалија. Исто така е непожелно присуството на растворени соли во ефлуентот.

Вкупната количина на цврсти материи кои се создаваат за време на неутрализацијата обично зависи од составот на отпадната вода, реагентите и крајната рН вредност на отпадната вода. Исталожените цврсти материи мора да се пропуштат измешани со водата во низводните процеси на пречистување или да се отстранат, преработат и одведат.

Со некои хемиски средства мора да се ракува со повеќе претпазливост отколку со други. При тоа мора да се намали или целосно спречи секаков допир со кожата, случаен контакт со очите или вдишување на нивните пари, а сите овие фактори треба да се земат во предвид при изборот на средството. Пред почетокот на процесот, мора да се определат максималната и минималната можна рН вредност, посебно ако процесот на неутрализација му претходи или е дел од процесот на биолошко пречистување или ако се испушта во ПСОВ.

Во зависност од типот и колку често се користат хемикалиите се контрола на рН вредноста, истите можат да се испорачаат во сува или течна форма. Во сува форма се доставуваат прашкасти и грануларни хемикалии, кои мора да се навлажнат, измешаат и да се складираат во течна форма. Сувите хемикалии можат да се транспортираат во вреќи по неколку стотини килограми, кои обично рачно се празнат во уредите за дозирање.

Типот и количината на избраните хемикалии ги дефинираат постројките и уредите кои се потребни за нивен прием, истовар, складирање и испорака до рН контролниот систем. Други важни фактори се безбедноста, заштита од замрзнување, контрола на нечистотии, градежни материјали и други. На пример, јаглерод диоксидот обично се испорачува со камиони во течна форма и се складира на ниски температури во сад под притисок. За негово испарување во гасна форма се користи испарувач, а потоа овој гас може да се додава на отпадната вода преку дифузен систем за гас.

При оценката и изборот на хемикалиите влијаат расположивоста, променливоста на цената и потребните карактеристики. На пример, доколку некоја хемикалија се произведува во околината, ќе повлече помали трошоци за транспорт. Исто така, постројки за пречистување кои се наоѓаат на мало растојание можат да ги комбинираат своите отпадни води со што неутрализацијата се изведува без значително додавање на хемиски средства.

Следните **бази** обично се користат за неутрализација на **кисели отпадни води**:

Варта обично се користи за неутрализација на кисели отпадни води заради расположивоста и релативно ниската цена на чинење. Се користат различни типови, како на пример калциум оксид, доломит хидрат, калциум карбонат (варовник), калциум хидроксид и други.

Секоја од овие форми има различно време на реакција, кое што влијае врз големината на резервоарите за неутрализација, па оттука и капиталните трошоци. Некои имаат и значителен процент на инертни материи, кои што придонесуваат во количината и типот на добиените цврсти материи.

Состојките на варта се раствораат и бавно реагираат. Потребни им се релативно долги времиња на контакт и интензивно мешање за ефикасно функционирање. Нивните основни недостатоци се создавањето на цврсти материи (создавање на нерастворливи калциумски соли) и прашкаста вар, која создава и здравствени проблеми. Цврстите материи мора да се отстранат со таложник, да се обезводнат и одведат.

Варовникот е обично едно од најевтините решенија за базен реагенс. Кога се користи како слој низ кој струи отпадната вода, се создава јаглерод диоксид. Кога се користи за неутрализација на сулфурна киселина, се нафаќа слој од калциум сулфат и мора да се отстранува механички. Времињата на реакција на варовникот можат да бидат 1 час или подолги, во зависност од квалитетот и големината на парчињата, а слојот мора повремено да се обновува за да се задржи ефективност на процесот.

Натриум хидроксидот (NaOH), кој уште се нарекува каустична или камена сода може да се набави во цврста и течна форма, но доколку не содржи вода се смета дека е неприклучен за примена при пречистување на отпадни води, заради безбедносните аспекти на неговото ракување и растворање. Затоа, скоро секогаш се користи течен NaOH.

Каустичната сода е скапа хемикалија, но нуди бројни предности од аспект на инвестициски, како и трошоци на работа и одржување, споредено со варта и други бази. Таа е силно неутрализациско средство и брзо реагира, со што има потреба од помал резервоар. Исто така е „чисто“ хемиско средство од аспект на складирање и ракување и предизвикува создавање многу помалку цврсти материи во однос на состојките врз база на вар. Понатаму, натриумските соли со се формираат од каустичната сода обично се исклучително растворливи, така што не е потребна седиментација на цврстите материи после подесувањето на рН вредноста.

Каустичната сода обично се произведува заедно со хлор, па заради променливата потрошувачка на хлорот, можни се осцилации и на цената на каустичната сода. Меѓу другите нејзини недостатоци спаѓа и заштитата при работа со неа: штетна е по плуќата и незаштитената кожа, а е и исклучително лизгава ако се истури. Покрај ова, прекумерна количина на каустична сода може брзо да ја зголеми рН вредноста на отпадната вода на повеќе од 12, што претставува проблем од аспект на корозивност.

Солта на слабата јаглеродна киселина (H_2CO_3), **натриум хидроген карбонат** ($NaHCO_3$), позната и како **сода бикарбона**, е многу ефикасно средство за неутрализација. Скоро е рН неутрална, па е многу корисна за додавање и на киселост и на алкалност, при што воглавно ги амортизира двете влијанија. Посебно е ефикасно средство за рН контрола кај анаеробните биолошки системи за пречистување.

Натриумот карбонатот ($NaCO_3$, сода) претставува помал проблем во однос на безбедноста во споредба со каустичната сода, а покрај тоа е поефтин од натриум хидроген карбонатот. Сепак, обично, претставува помалку ефикасно неутрализациско средство во однос на двете наведени. Содата е средно брзо неутрализациско средство, но создава јаглерод диоксид, кој може да предизвика проблеми со создавањето на пена. Заради ниската растворливост во вода, содата најекономично се дозира во пенаста форма, слично со хидратантната вар.

Магнезиум хидроксидот - $Mg(OH)_2$ е слаба база, која е релативно безбедна за ракување и за разлика од варта или каустичната сода е ендотермна (врзува топлина) при растворање во вода. Хемиската реакција е многу едноставна, но не реагира брзо како варта или каустичната сода. Има ниска растворливост при собна температура и се намалува со покачување на

температурата. Исто така, станува нерастворлива при рН вредности околу 9, така што преголема количина нема изразито да ја зголеми рН вредноста на отпадната вода. Магнезиум хидроксидот добива на значење како ефективна алтернатива во однос на трошоците за неутрализација на кисели средини, посебно кога е потребно отстранување на растворени метали. Обично произведува тиња од метални хидроксида со мал волумен, но сепак, обезводнувањето на овој материјал може да биде многу потешко отколку сличниот добиен со вар.

Следните киселини обично се користат за неутрализација на **алкални (базни)** отпадни води:

Сулфурната киселина (H_2SO_4) е најчесто применувана хемикалија за неутрализација на базните отпадни води. Не е скапа за набавка, а при тоа најчесто се потребни стандардни материјали за нејзино складирање и дозирање, но сепак мора да се внимава на нејзината корозивност. Доколку отпадната вода содржи високи концентрации на натриум или калциум, при реакцијата се добиваат, соодветно, растворени натриумски соли или нерастворливи калциумски соли. При анаеробни услови, сулфатниот јон (SO_4^{2-}) може да се редуцира во сулфид и потоа да формира водород-сулфид (H_2S), кој претставува корозивен, опасен гас, кој може да се акумулира во колекторскиот систем. При аеробни услови, сулфидот може биолошки да се оксидира назад во сулфат и потоа да создаде слаби раствори на сулфурната киселина, кои можат да ги кородираат бетонските цевки.

Компримираниот гасен **јаглерод диоксид** (CO_2) станува често средство за неутрализација на алкалните отпадни води. Кога ќе се раствори во вода формира јаглеродна киселина, слаба киселина која реагира со алкалните отпадни води за намалување на рН вредноста. Неутрализацијата со CO_2 е најнеефективна во однос на трошокот кога се користи за „фино подесување“ на рН вредноста на отпадната вода во дво или трофазен неутрализационски процес или кога се потребни само мали промени на рН вредноста.

Примената на т.н. **издувни гасови** за неутрализација на отпадните води може да претставува економичен метод за додавање на CO_2 , во зависност од тоа колку е на располагање. Издувните гасови обично содржат околу 14% CO_2 , а принципите врз кои се одвива неутрализацијата се исти како за компримираниот CO_2 гас.

Други киселини (на пр. **хидрохлорна, азотна и фосфорна киселина**) можат да неутрализираат алкални отпадни води во определени ситуации, но обично се поскапи и потешки за ракување од H_2SO_4 . Исто така, дозволите за работа обично содржат ограничувања на концентрациите на вкупниот азот или вкупниот фосфор, кои што можат да бидат загрозувани со употребата на овие киселини.

9.5.5. Проектирање на систем за рН контрола

Системот за контрола на рН вредноста треба континуирано да ја подесува рН вредноста на отпадната вода во прифатливи граници во однос на доволата за работа или ограничувањето на контролата врз процесите. За да се изведе ова, системот мора:

- Да додава точна количина на киселина или база на отпадната вода,
- Соодветно да ја меша отпадната вода и хемикалиите за контрола на рН вредноста,

- Да овозможи доволно време за постигнување на рамнотежа на неутрализациската реакција или состојба блиска на рамнотежната.

Скоро сите отпадни води се променливи во текот на времето, така што системот за рН контрола мора да овозможува мерење на рН вредноста на отпадната вода и да ја дозира количината на додадените хемикалии за да се постигне потребната рН вредност. Проектирањето на овие системи е сложена задача заради логаритамската зависност на рН од концентрацијата на водородни јони. На пример, доколку се додаде некоја количина x на некоја база кон раствор на јака киселина, рН вредноста на растворот ќе се зголеми од 2 на 3. Потоа, за да се зголеми на 4, потребно е само 10% од почената доза (x), а само 1% од x е потребен за зголемување на рН на 5 итн. Оттука, подесувањето на рН вредноста на отпадната вода од 2 на 7 може да биде сложен проблем од аспект на неговата контрола. Потребни се големи количини на база пред да се постигне мерлива промена на рН, но со нејзиното зголемување, се зголемува и брзината на промената на рН вредноста додека растворот не постигне еквивалентна точка, која што зависи од составот на отпадната вода. Потоа, брзината на промената на рН се намалува. За прецизна контрола на рН, потребен е прецизен систем со кусо време на реакција.

При проектирањето на овие системи мора да се земе во предвид променливоста на протокот на отпадната вода, рН вредноста и пуферниот капацитет (способноста на водата за непроменливост на рН вредноста, т.е. отпорност на промени). рН вредноста кај индустриските отпадни води може значително да се менува во текот на времето (во тек на една минута, ден или месец), како на пример кај водите добиени од преработка на храна со користење на базни или кисели средства за чистење, кај кои може да се промени од 2 на 12 во тек на неколку минути.

Доколку рН вредноста значително се менува, процес на израмнување може да се примени за да се намали потребата и големината на системот за рН контрола. Израмнувањето често се користи при пречистувањето на отпадни води за да се амортизираат промените во карактеристиките на отпадната вода (на пр. протокот, измешаните цврсти материји или биохемиската потреба од кислород-БПК), при што таквите процеси на израмнување имаат релативно едноставни технички решенија заради релативната постојаност на овие карактеристики во нормални услови. Сепак, рН не е постојана субстанца, туку е резултат на повеќе сложени хемиски рамнотежи, кои можат да се брзо и значително да се променат. Промена на рН вредноста за само две стандардни единици (на пр. од 2 на 4) претставува 100-кратна промена во концентрацијата на водородни јони во отпадната вода.

Повеќето индустриски комплекси испуштаат и кисели и базни отпадни води. Во некои случаи се испуштаат само кисели отпадни води, но е можно соседни индустрии да испуштаат базни отпадни води. Кога киселите и базните отпадни води се испуштаат истовремено или на блиски локации, со нивното комбинирање се добива ефикасен неутрализациски метод. За секоја од водите е потребно да се обезбеди сопствен резервоарски простор, за потоа да се овозможи нивно мешање во соодветни односи и да се избегне создавање на кисели или базни делови. Исто така, треба да се посвети винамание и на интензитетот на водените струи, т.е. послабата струја нема да може целосно да ја неутрализира посилната.

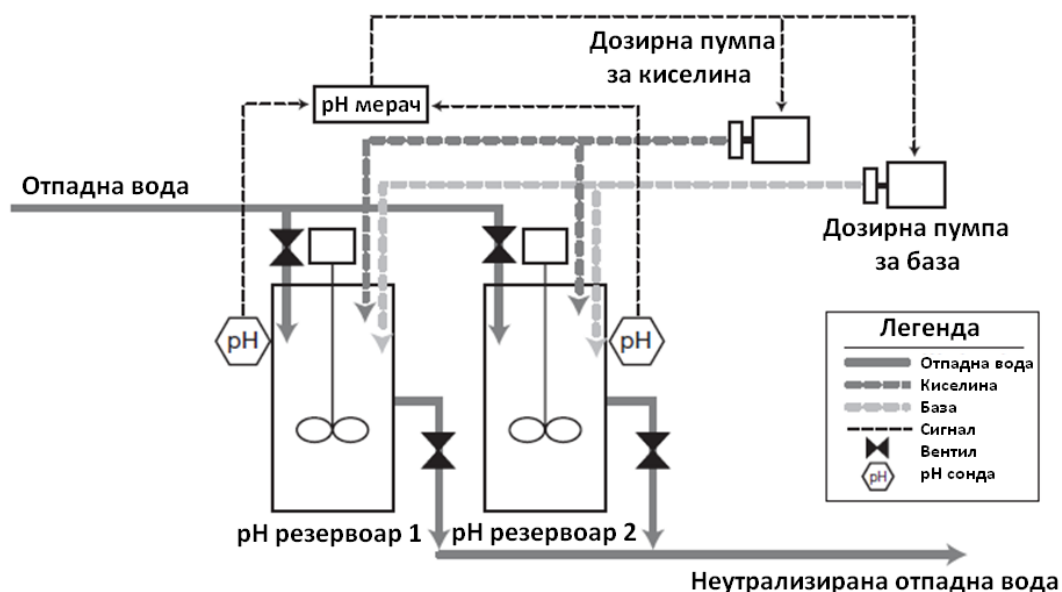
Пред да се прибегне кон спојување на кисели и базни отпадни води, мора да се направи проценка на нивната општа компатибилност преку анализа на податоците за безбедност на материјалите, контакти со доставувачите на хемикалии и анализа на секој поединечен доток. Посебно мора да се внимава на мешањето на опасни со неопасни отпадни води, заради тоа што

создадените цврсти материи мора да се ракуваат и отстранат како опасен отпад, согласно законските одредби. Понатаму, доколку кај еден струен поток е потребно поголемо пречистување (на пр. биолошко пречистување), непожелно е комбинирањето на отпадните води заради ефектите врз низводните процеси (големината и други карактеристики).

Постојат два основни типа на системи за рН контрола: континуирани и неконтинуирани (batch). Главните разлики меѓу нив се однесуваат на применетите системи за управување и контрола, како и хидрауличното управување на дотекот и истекот од садот за рН контрола.

Неконтинуираните системи обично се применуваат кај постројки со повремено или ниско ниво на испуштање на отпадни води. Максималните протоци воглавно се движат помеѓу 190 и 380 m³/d, иако постојат системи со поголеми износи од наведените. Овие системи се обично помали од континуираните и се посигурни во работата бидејќи за секој дел (batch) на отпадната вода може да се подеси определена рН вредност пред да се испушти.

Batch системите обично имаат повеќе садови за подесување на рН вредноста или пак, голем базен за израмнување/задржување на отпадните води возводно од единечниот batch резервоар (слика 9.10). Заради природата на процесот, отпадната вода обично се пумпа во резервоарите за подесување на рН вредноста. Со вентилите на влезната страна на резервоарите се регулира кој од нив се полни со инфлуент. Вентилите на излез од резервоарите имаат улога гравитациски да ја испуштаат неутрализираната отпадна вода во низводните процеси или комуналниот колекторски систем. Вообичаено, при проектирањето на batch системите, се вградуваат и сензори за нивото на водата во резервоарите, опрема за мониторинг на рН вредноста, опрема за додавање на хемикалии и опрема за мешање во резервоарите. Отпадната вода се пумпа во еден од резервоарите додека не достигне определено ниво. Во зависност од рН вредноста на влезната вода, неутрализациското средство може да се додаде за време на полнењето или откако резервоарот ќе се наполни. Тоа средство се додава се додека не се добие саканата рН вредност. Откако саканата рН вредност ќе се одржува определено време, неутрализираната отпадна вода се испушта.

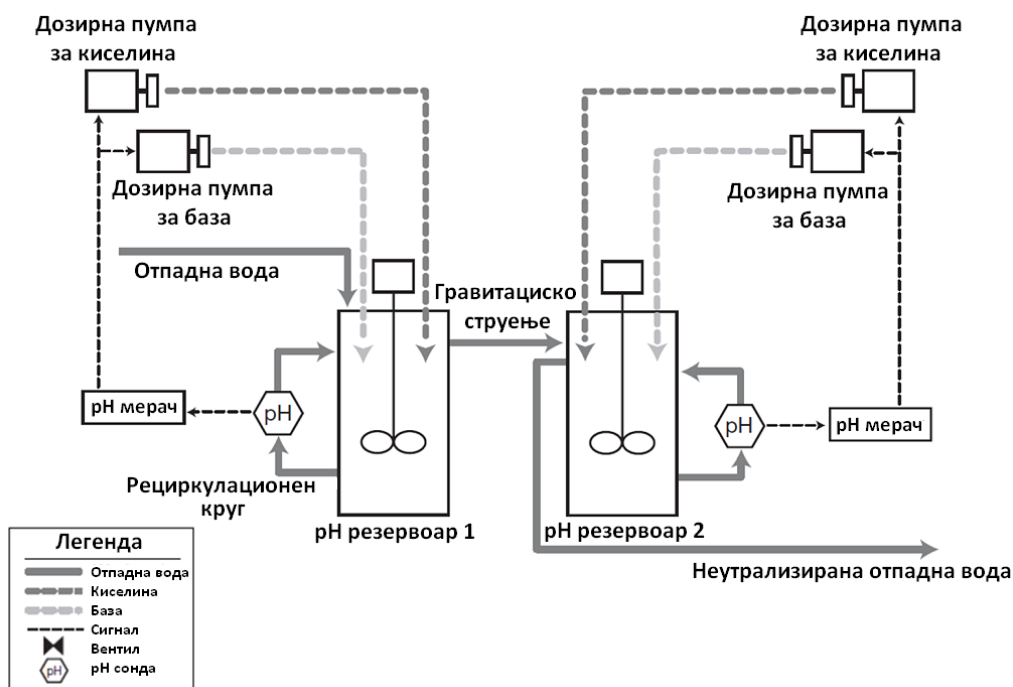


Слика 9.10. Шематски приказ на batch систем за подесување на рН вредноста

Една од главните предности на рН batch системот е неговата едноставност, па оттука, треба да бидат едноставни и вградената опрема и системи за управување. Хемиските средства кои се додаваат (на пр. сулфурна киселина или каустична сода) кај овие системи се наоѓаат во течна состојба. Заради релативно ниското ниво на отпадна вода, брзината на нивно додавање е обично мала, па и трошоците за набавка не влијаат врз изборот на хемикалија. Хемикалиите обично се складираат во посебни резервоари за течни хемиски средства и се додаваат во batch резервоарите со помош на електронски или со мотор погонувани дозирни пумпи.

Континуираните системи за подесување на рН вредноста обично се користат кога протокот на водата која треба да се неутрализира изнесува над 380 m³/d, иако се изведени и многу помали системи. Кај овој вид на системи се применува пософистицирана опрема за мониторинг и управување со рН вредноста при што континуирано се постигнува саканата вредност во ефлуентот.

Кај континуираните системи може да се сретне само еден резервоар за подесување на рН, или пак два или три сериски поврзани резервоари (слика 9.11). Бројот на резервоарите зависи од потребниот степен на подесување на рН вредноста, пуферниот капацитет на отпадната вода и саканата рН вредност. За отпадни води со просечен пуферен капацитет, кај кои е потребно минимално подесување на рН, доволен е и само еден резервоар. За отпадна вода која има големи промени или која бара голема промена на рН (на пр. од 2 на 7), обично се применуваат повеќе резервоари. Во ваков случај, рН вредноста воглавно се подесува во првиот резервоар, а потоа се врши „фино подесување“ во вториот и следните резервоари за да се постигне саканата вредност. Секој од резервоарите има независен систем за мониторинг на рН и додавањето на хемикалии.

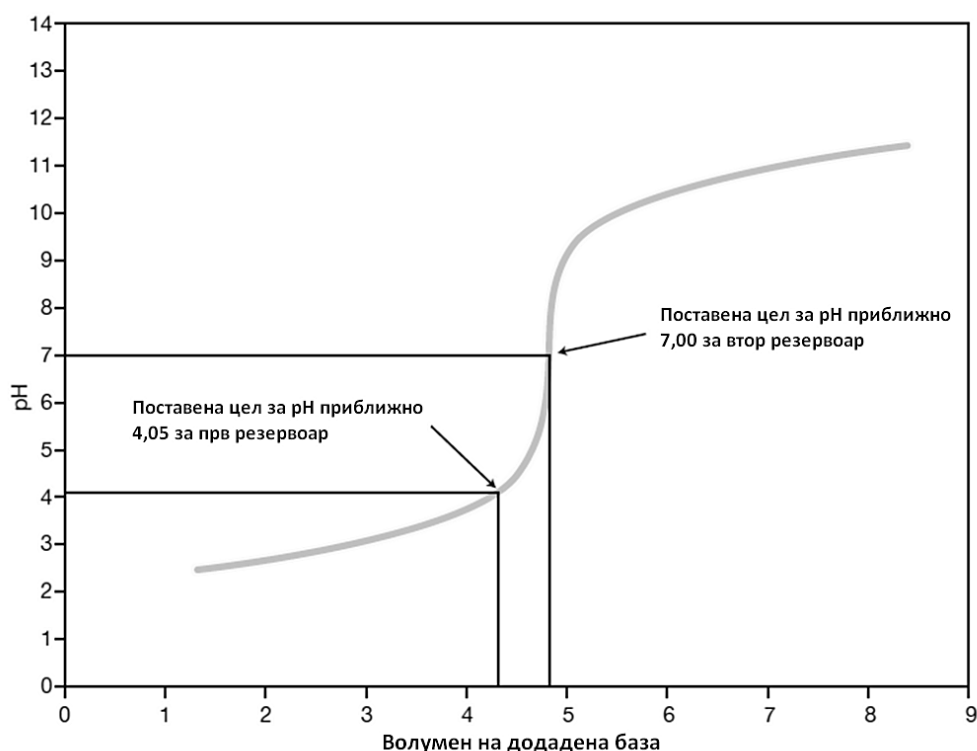


Слика 9.11. Шематски приказ на двофазен континуиран систем за подесување на рН вредноста

Саканата рН вредност во секој од резервоарите може да се апроксимира преку анализата на кривата на титрација (слика 9.12). Во првиот резервоар, вредноста на рН се подесува до точка до која е скоро истрошен пуферниот капацитет на отпадната вода, по што понатамошното додавање хемикалии ќе предизвика брза промена на рН вредноста. Во вториот резервоар се додаваат помали количини хемикалии, се до постигнување на саканата рН вредност.

Во зависност од хидрауличните услови на теренот, континуираните системи можат да функционираат под дејство на гравитацијата. Сепак, почест е случајот кога е потребна пумпа за да се доведе отпадната вода во првиот резервоар, а потоа гравитациски ќе струи кон другите низводни резервоари. Обично не се потребни автоматски вентили, бидејќи отпадната вода континуирано струи во и од резервоарите.

Системите за чување и дозирање на хемикалиите се слични како кај неконтинуираните системи. Сепак, заради големите протоци за кои се проектираат овие системи, хемикалии во сува форма (со соодветните системи за мешање и дозирање) се сметаат за поефтина варијанта отколку да се набавуваат во течна.



Слика 9.12. Двофазно подесување на рН вредноста со користење на криви на титрација

Хидрауличното време на задржување кај системите за подесување на рН вредноста се пресметува кога волуменот на резервоарот(ите) ќе се подели со протокот на инфлуентот. Потребното време на задржување е функција од брзината на неутрализационата реакција и типот и интензитетот на мешањето. Затоа, резервоарите за подесување мора да бидат доволно големи за ефективна контрола на рН вредноста при највисоки очекувани протоци и при екстремни (највисоки или најниски) рН нивоа. При тоа, пред да се пристапи кон проектирање на системот, неопходно е внимателно да се определи променливоста на отпадната вода.

Минималните хидраулични времиња на задржување се обично се подесуваат за 5-10 минути помалку од потребните за случаи при најнеповолни услови на оптоварување. За просечна состојба на отпадната вода, вообичаени се времиња на задржување од 15 до 30 минути, додека при крајно променливи протоци на отпадна вода тој период се зголемува на 1 до 2 часа, па и подолго.

Хидрауличното време на задржување зависи и од хемиските средства кои се користат. На течните хемикалии потребно е да се им се овозможат најмалку 5 минути за да можат да ја неутрализираат отпадната вода. На средствата, пак, во цврста (или пенаста) состојба им се потребни најмалку 10 минути, а во некои случаи и до 30 минути.

За оптимална ефикасност на мешањето при користење на цилиндрични резервоари, нивната длабочина е потребно да е еднаква со пречникот. Во случај на квадратен пресек на резервоарот, препорачливо е неговата форма да е коцка (еднакви длабочина, ширина и должина). Кај континуираните системи, доводот и одводот од резервоарот се поставуваат на спротивни страни за да се избегнат кусо споени струења, т.е. директно истекување на нетретирана отпадна вода во одводот.

Трошоците на работа за еден ваков систем ги опфаќаат трошоците за хемиски средства, енергија (за мешање и пумпање), чистење и калибрирање на опремата, одржување, работна рака, а кај некои постројки и третман на тињата. Во најчест случај, трошоците за хемикалии се најголемата ставка во тековните трошоци за работа на системот, така што посебно внимание треба да се посвети на правилниот избор, прецизниот рН мониторинг и дозирањето на хемикалијата.

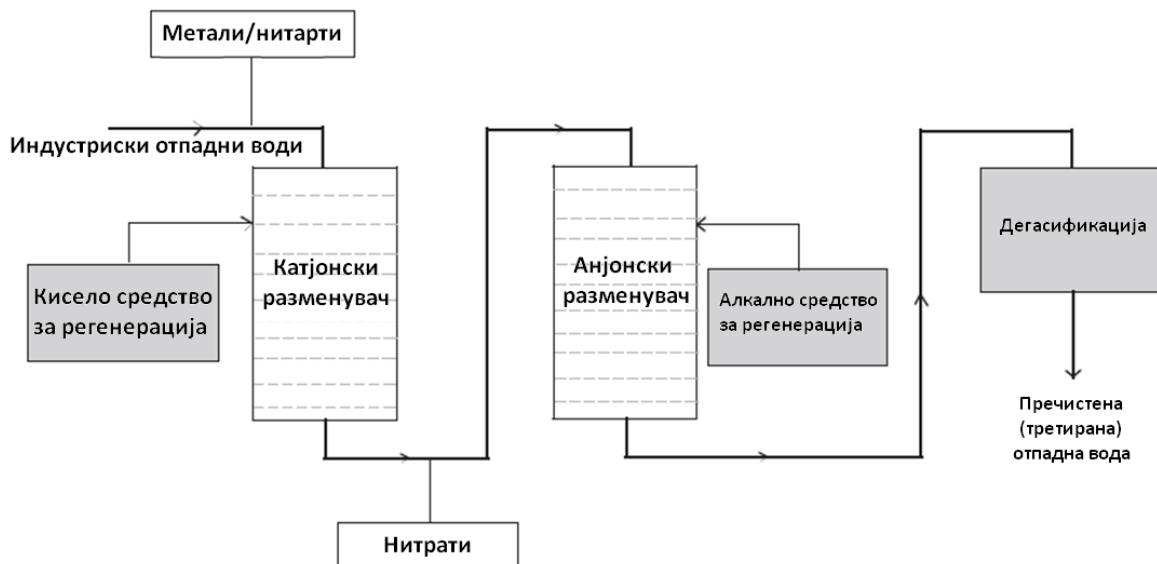
9.6. Јонска размена

Голем недостаток на процесот на неутрализација кај конвенционалните индустрии за завршна обработка на метал е значителната променливост на отпадната вода, што се должи на природата на работата. Дури и при израмнување на различни струи на отпадна вода, определувањето на оптимална рН вредност е тешко, а вредноста променлива. Дополнително, големите количини на опасни материи (метали) кои се наоѓаат во отпадната вода го прават помалку пожелен конвенционалниот процес на неутрализација во однос на други технологии при кои се добиваат помалку цврсти материи.

Земајќи ги во предвид овие фактори, како и континуираниот пораст на цената на водата за пиење, многу метални индустрии применуваат други технологии (на пр. јонска размена, активен јаглен, мембранска филтрација, електродијализа и испарување), кои имаат подобри карактеристики на отстранување на металите и создаваат помалку цврсти материи. Со овие технологии, исто така, се добива вода која може повторно да се користи, со што се намалуваат потребите за вода на постројката. Најголемиот дел од овие технологии се користат за добивање на вредни материи од водата, како и за запазување на строги еколошки критериуми.

Кај процесот на **јонска размена** се користи смола која изменува дел од своите јони (на пр. натриум или водород) со други јони кои имаат сличен електростатички полнеж (на пр. растворените метали во отпадната вода). Со јонската размена можат да се отстранат катјони (на пр. метали) и анјони (на пр. нитрати и сулфати) од отпадна вода.

На сликата 9.13 е прикажана поедноставена шема на процесот на јонска размена за отстранување на тешки метали и нитрати. Во овој пример, позитивно наелектризираните метални јони се разменуваат со водородни или натриумови јони во катјонскиот столб(ови) за размена, по што се отстрануваат, оставајќи анјонски нитратни јони во отпадната вода. Негативно наелектризираните нитратни јони, потоа се разменуваат за хидроксидни (OH^-) јони во анјонскиот столб за размена.



Слика 9.13. Шематски приказ на типичен систем за јонска размена

Кога ќе се разменат сите или барем повеќето од јоните на смолата, треба да се прекине процесот и истата да се регенерира. Катјонските смоли обично се регенерираат со потопување во кисели раствори, при што се отстрануваат металите и се заменуваат со водородни јони. Анјонските смоли се регенерираат со потопување во бази (на пр. натриум хидроксид), која што ги отстранува металите и ги заменува со хидроксидни јони.

Во последно време се почесто смолите за јонска размена се произведуваат така што се погодни за определен вид на загадувачи, со што се подобрува ефикасноста на нивното отстранување и се намалува потребата за регенерација на смолите.

Растворените цврсти материи, маслите, маслата, органските материи и високите нивоа на вкупни растворени цврсти материи можат да ги влошат перформансите на процесот на јонската размена и да ја зголемат потребата од почесто чистење и регенерација/замена на јонските смоли. За таа цел се предвидува претходно пречистување возводно од системот за јонска размена. Обично се применуваат процеси на седиментација и/или филтрирање за отстранување на измешаните цврсти материи, маслите и маслата пред отпадната вода да стигне во јонскиот разменувач. Исто така, се користи грануларен активен јаглен за отстранување на високите концентрации на органски материи. Доколку кај отпадната вода се сретнуваат високи нивоа на растворени цврсти материи, се јавува потреба од повеќе уреди за јонска размена за да се гарантира потребното ниво на отстранување на определени загадувачи.

Системите за јонска размена треба да се испитаат со пилот-проби пред да се применат во праксата за да се определат ефектите на различните јоните и останати влијанија.

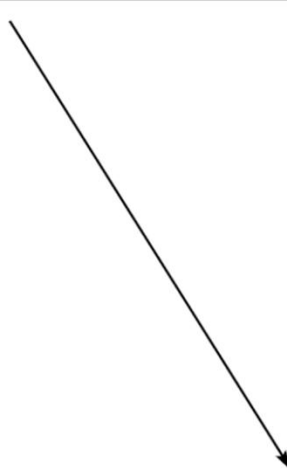
Производителите на јонските смоли обично ги изведуваат или помагаат во организирањето на овие испитувања. При тоа, тие предлагаат определена смола, нивоа на рН вредност, средства за регенерација и посебни услови на претходно пречистување, кои заедно придонесуваат за оптимизација на перформансите на системот.

При проектирање на столбовите за јонска размена, се усвојува хидраулично оптоварување од 235 до 350 m³/m²·d. Височината на слојот смола обично се движи помеѓу 0,9 и 1,8 m. Смолите се избираат врз база на присутните јони. При проектирањето е неопходна координација со прозиводителот на смолата за да се определи оптималниот избор, проектните перформанси и очекуваниот период на регенерација.

Јонската размена често се применува за екстракција на скапоцени метали (на пр. злато, сребро и платина) од отпадната вода. Фото-лабораториите можат, со пропуштање на отпадната вода од развивање на филмовите низ јонски разменуваач, да го извлечат среброто од растворот за регенерација. Со јонскиот разменуваач, исто така, ефикасно се отстранува јонската жива.

Обично се користат три типа на јонски смоли за отстранување на метали: јака кисела катјонска смола, слаба базна анјонска смола и јака базна анјонска смола (за отстранување на цијанид и флуор). За да биде ефикасен процесот на пречистување, мора да се познава „редоследот“ по кој се отстрануваат металите (табела 9.3), посебно доколку отпадната вода содржи повеќе различни метали. Катјоните и анјоните на врвот на табелата се отстрануваат пред оние кои се наоѓаат под нив на списокот.

Табела 9.3. Редослед (приоритет) на отстранување на катјоните и анјоните кај јонски разменуваач

Приоритет	Катјон	Анјон
	Бариум	Фосфат
	Олово	Селенат
	Калциум	Карбонат
	Никел	Арсенат
	Кадмиум	Селенит
	Бакар	Арсенит
	Цинк	Сулфат
	Магнезиум	Нитрат
	Калиум	Бисулфид
	Амониум нитрат	Хлорид
	Водород	Цијанид
		Бикарбонат
		Хидроксид
		Флуорид

Неорганскиот **арсен** се сретнува во арсенитна и арсенатна форма. Пред да се определи начинот на негово пречистување, потребно е да се определи формата и количината во која е присутен. Арсенитот не може директно да се отстранува во јонскиот разменуваач. Сепак, може да се оксидира во арсенат, кој потоа може да се отстрани со помош на јонскиот разменуваач со користење на јаки базни смоли. Регенерацијата се врши со натриумови соли. Кај поновите

типови на јонски разменувачи се елиминира потребата од регенерација, но е потребна повремени замена на смолата, како и соодветно одложување на старата.

Најчестите форми на **селенот** во отпадните води се селенит и селенат. Селенатот (Se^{+6}) е доста полесен за отстранување со помош на јонскиот разменувач отколку селенитот (Se^{+4}). Слично како кај аресенот, пред да се определи начинот на негово пречистување, потребно е да се определи формата и количината во која е присутен. Слично се применува и оксидацијата за претворање на селенитот во селенат. Потоа се користи јака базна смола за негово отстранување.

Јонските разменувачи многу ефикасно го отстрануваат **амониумот**. Изборот на смола зависи од другите катјони и анјони во отпадната вода, кои би можеле да го попречат процесот. Оптималното подрачје е помеѓу рН 6 и 7, но отстранувањето на амониумот е ефективно и кога рН е од 4 до 8. Надвор од ова подрачје сепак, се намалува капацитетот за размена на амониумот и настанува протекување на амониум во одводот. Кога рН вредноста е над 9, амониумскиот јон испарува, станувајќи амониумски гас, кој не може да се отстрани со јонски разменувач.

Амониумот, исто така, се отстранува со јака кисела катјонска смола. Оваа смола го разменува натриумот за амониумските јони, а се регенерира со јака киселина.

Скоро сите **нитрати** се растворливи и не можат да се отстранат преку неутрализација, но тоа може да се стори со јонска размена. Обично се користи јака базна анјонска смола. Сепак, таа реагира повеќе со сулфатите, отколку со нитратите (таб. 9.3). Ова претставува проблем доколку се високи концентрациите на сулфати, при што е потребна примена на смоли чии јони повеќе се врзуваат со нитратите. И двата вида смоли се регенерираат со соли на натриум или калциум.

Системите за јонска размена ефикасно отстрануваат **радиоактивни материи** (на пр. ураниум, радиум, актиниум, ториум или протактиниум) од отпадните води. Сепак, отстранувањето и транспортирањето на потрошениот радиоактивен медиум од постројката бара посебни безбедносни услови и често е одговорност на производителот на смолата.

Столбовите кои ги претставуваат јонските разменувачи се регенерираат така што прво се цедат од отпадна вода. Потоа смолата се продувува со компримиран воздух, се мие со питка вода и на крајот се цеди. Кога ќе заврши миењето, катјонските смоли се потопуваат во киселински раствор (8 до 10% волуменска концентрација) за да се регенерираат. Анјонските смоли, пак, се потопуваат во каустичен раствор (4% концентрација). Потоа се цедат хемикалиите, се додава питка вода и плакнењето продолжува додека не се добие правилната рН вредност (рН 3 до 4 во ефлуентот од катјонската смола, а рН 10 до 11 во ефлуентот од анјонската смола) и јонскиот разменувач е повторно подготвен за работа.

Сите води и хемикалии кои се користат во процесот на регенерација, мора да се пречистат од тешките метали.

9.7. Адсорпција

Адсорпцијата претставува адхезија (прилепување) на субстанции на површината на цврсто тело.

Активниот јаглен веќе долго време се користи за отстранување на органски супстанции од отпадната вода, но не е докажана неговата применливост во однос на металите. Иако некои

метали можат да се отстрануваат со системите со активен јаглен, ефикасноста на процесот е мала и непредвидлива. Активниот јаглен не ги отстранува ефикасно ниту слободните и комбинирани хлорни остатоци, па за оваа цел треба да се применат дехлоринаторни средства (на пр. сулфур диоксид и други редукциони средства).

Широката употреба на активниот јаглен се должи на неговата ниска цена, адсорпцијата на широк дијапазон на органски и неоргански супстанции и може да се изработи од повеќе различни материјали (како дрво, струготини, кокосови ореви, јаглен-лигнит и нафтен остаток). За да се добие активен јаглен, избраниот материјал се карбонизира и потоа активира со жежок воздух или пареа. Почетниот материјал и интензитетот на постапката му даваат на секој активен јаглен различен капацитет и селективност. Исклучително порозната структура овозможува многу голема адсорпциска површина во опсегот од 600 до 1100 m²/g активен јаглен.

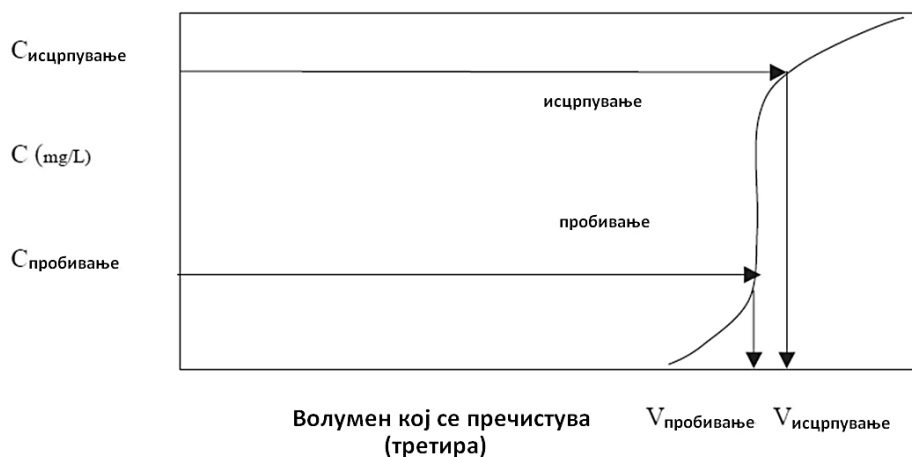
Капацитетот за адсорпција на активниот јаглен се движи во границите од 0,007 kg/kg јаглерод за метанол до дури 0,18 kg/kg за пропилен дихлорид. Начелно, капацитетот за адсорпција се зголемува со зголемувањето на молекуларната тежина на отпадната вода. Во системите за пречистување на отпадна вода, повеќе соединенија кои се наоѓаат во отпадната вода истовремено тежнеат да се адсорбираат на површината на активниот јаглен. Заради појава на разлики во изворот на јаглеродот, промени во температурата и други специфичности на системот, потребно е да се изведат пилот-проби пред да се проектира и изведе процесот со активен јаглен. Некои отпадни води содржат измешани цврсти материји, масти, масла или друг материји кои треба да се отстранат пред пречистувањето со активен јаглен.

Се смета дека активниот јаглен ги отстранува материите од растворот во три чекори:

- Пренесување преку течна граница,
- Адсорпција на надворешната површина и
- Миграција во подлабоките пори.

Во праксата различно се опфатени овие три чекори. Начелно, брзината на адсорпцијата е ограничена од аспект на дифузијата преку течната граница, иако во поретки случаи ограничувачки фактор може да биде дифузијата низ порите. Кај најчестото процесно решение, низводен неподвижен слој, кинетичкото моделирање се усложнува заради тоа што адсорпцијата никогаш не постигнува стационарна состојба.

На сликата 9.14. е прикажана вообичаена крива на адсорпција кај процес со неподвижен слој. Инфлуентот кој влегува во процесот е високо-концентриран со адсорпт (материја од отпадната вода која се адсорбира). Кога првата количина на отпадна вода ќе дојде во контакт со првиот слој на смола, брзо се постигнува рамнотежна состојба и смолата се заситува со адсорпт. Со низводното струење на отпадната вода, преостанатиот адсорпт доаѓа во контакт со нова смола и се формира нова состојба на рамнотежа и така се додека се истроши целокупниот адсорпт во водата. Кога следниот волумен отпадна вода ќе дојде во контакт со првиот адсорбент (материјата на која се адсорбира), слојот на смола е веќе заситен, па адсорптит се носи надолу до следниот слој, се додека не дојде до слој кој може да го адсорбира. Математички изразено, се формира концентрациски бран со карактеристична форма која зависи од хидрауличните услови, температурата, почетната концентрација на адсорпт, димензиите на адсорбентот и квалитетот на смолата.



Слика 9.14. Шематски приказ на функционирањето на систем со активен јаглен

Во еден момент, концентрацијата го надминува саканото ниво, што значи дека има пробивање. Ефективно време на работа на еден адсорбент се смета времето до моментот на пробивање. Вкупната ефикасност на смолата грубо се дефинира како површината на кривата лево од точката на пробивање поделена со вкупната површина.

Заради комплексноста на процесот на адсорпција и неможноста соодветно да се предвиди неговата кинетика, се препорачува изведување на пробно испитување, при што би се опфатиле следните прашања:

- Колкава количина загадувач може да прими адсорбентот?
- Колку време ќе трае тој процес?
- Како ќе се изведе процесот на десорпција (отстранување на адсорптитот од адсорбентот)?
- Во колкав процент е успешен процесот на десорпција?

Обично за оваа цел се применува намален модел со целосно димензиски слични параметри како и прототипот кој треба да се вгради. Контактната брзина изнесува од два до три волумени на слојот на час, додека површинската брзина е обично помеѓу 0,0013 и 0,0034 m³/sec. Потоа се конструира кривата на адсорпција од добиените резултати од мерењата на намалениот модел (слика 9.14).

После пробивањето, столбот адсорбент мора да се регенерира со отстранување на акумулираниот адсорптит од активниот јаглен. Регенерираниот јаглен може потоа повторно да се користи. Во зависност од адсорптитот и јагленот, столбот може да се регенерира со пара, вакуум или термичка регенерација.

Голем број на уреди во праксата имаат два или три столба. Кај системите со два столба, едниот е во функција, додека другиот се регенерира. Кај системите со три столба, пак, два столба работат сериски, додека третиот се регенерира. На првиот столб во серијата му се дозволува да дојде до точка на пробивање, бидејќи вториот ќе го прими адсорптитот кој поминал низ него. Кога ќе заврши регенерацијата на третиот столб, со помош на вентили се поврзува така да стане втор во сериската врска, вториот се поврзува како прв, додека првиот се исклучува и се

регенерира. Овој дизајн значително ги намалува трошоците за регенерација по единица волумен на јаглен.

Активна глина која се добива од алуминиумска руда со постапка при што станува порозна и високо адсорптивна. Со неа се отстрануваат арсенот, берилиум, флуорид, селениум и талиум од отпадните води. Најголема ефикасност има во границите на рН од 5,5 до 6. Најчестата примена на активната глина е при отстранувањето на флуоридот и арсенот во индустриските постројки.

Активната глина се произведува со контролирано постепено сушење на алуминиум хидроксид со што се добива кристална структура со многу мала количина влага во себе. Конечната структура на глиницата е функција од конечната температура и почетниот производ. Кристалот се произведува така да ги има следните карактеристики: голема специфична површина, голем волумен на пори, дефинирана распределба на големината на порите, определен капацитет на адсорпција, како и голема отпорност на притисок при што се создава мала количина прашина.

Некои **природни глини** имаат капацитет за катјонска размена. Органските глини се формираат со размена на неоргански катјони (воглавно Ca^{++}) со органски катјони (воглавно амини) кои имаат долги органски низи. Органската состојка на површината на глината ја прави хидрофобна, па подобро ги адсорбира органските состојки.

Синтетичките смоли се добиваат од полистирен, фенолски и акрилни естери (органски соли) и полиамидна целулоза. Овие материјали имаа широка примена како смоли за јонски разменувачи заради нивната способност да привлекуваат определени адсорпти и лесната регенерација.

10. Библиографија

1. Lee C.C. (Editor in chief): Handbook of environmental engineering calculations, McGraw-Hill, 2007
2. Water Environment Federation: Operation of Municipal Waste Water Treatment Plants, McGraw-Hill, 2008
3. www.infobarscreens.com
4. www.water.siemens.com
5. Златановски Т.: Отпадни флуиди и пречистителни станици, предавања, Машински факултет-Скопје
6. Operation of Wastewater Treatment Plants, Volume 1, 6th Edition, Chapter 6, “Trickling Filters”; California State University, Sacramento, 1988
7. WEF: Developing Source Control Programs for Commercial and Industrial Wastewater, WEF Press, 1996.
8. Industrial Wastewater Management, Treatment and Disposal Task Force of the Water Environment Federation: Industrial Wastewater Management, Treatment and Disposal, McGraw-Hill, 2008.
9. Уредба за класификација на водите, Службен весник на Р. Македонија, бр. 18 од 1999 год.
10. Уредба за категоризација на водотечите, езерата, акумулациите и подземните води, Службен весник на Р. Македонија, бр. 18 од 1999 год.