

УНИВЕРЗИТЕТ „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ” - ШТИП
ФАКУЛТЕТ ЗА ПРИРОДНИ И ТЕХНИЧКИ НАУКИ
ИНЖЕНЕРСТВО НА ЖИВОТНА СРЕДИНА
ШТИП



БЛАГИЦА АТАНАСОВА

**АКТИВНОСТИ ПОВРЗАНИ СО ПРЕЧИСТИТЕЛНИТЕ СТАНИЦИ И
ОТСТРАНУВАЊЕ НА НУСПРОИЗВОДИ ОД ОТПАДНИТЕ
ИНДУСТРИСКИ ВОДИ**

МАГИСТЕРСКИ ТРУД

Штип, декември 2011 година

Апстракт

Глобално зголеменото индустриско производство, зголеменото земјоделско производство и домашната потрошувачка, како и зголемениот број на населението доведоа до зголемена употреба на водните ресурси и енергијата, што директно води до создавање на огромно количество на отпадни води од разни видови, кои ја деградираат и уништуваат животната средина. Доколку човекот не преземе соодветни мерки за заштита на животната средина, таа ќе биде прекумерно искористена, загадена и уништена.

Една од мерките за заштита на животната средина претставува пречистувањето на отпадните води, при што поголемите индустриски субјекти треба да изградат пречистителни станици, а помалите барем да направат примарен третман на отпадните води пред да бидат испуштени во реципиентот.

Во трудот се синтетизирани податоци за постапките и начините за пречистување на отпадните води и обработка на тињата од индустријата.

Клучни зборови: *отпадни води, пречистување, пречистителни станици, животна средина.*

Abstract

Global industrial production increased, increased agricultural production and domestic consumption, increasing population has led to increased use of water resources and energy, which directly leads to the creation of vast quantities of various wastewater types, who, because downgraded and destroy the environment. If man does not take appropriate measures to protect the environment, it will be excessively used, polluted and destroyed. One of the measures for environmental protection is a waste water treatment, with the larger industrial entities to build treatment plants, and smaller to make at least primary treatment of wastewater before being discharged into the recipient.

This paper synthesized data on procedures and methods for purification of wastewater and sludge processing industry.

Key words: *wastewater treatment, water treatment plants, environment.*

СОДРЖИНА:

1. ВОВЕД	8
2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРАТА	10
3. ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО	12
4. ОПШТО ЗА ОТПАДНИ ВОДИ	13
4.1. Комунални отпадни води	13
4.2. Индустриски отпадни води	14
4.3. Отпадни води во земјоделското стопанство	15
5. ЗАГАДУВАЊЕ НА ВОДИТЕ ОД ИНДУСТРИСКИТЕ ОТПАДНИ ВОДИ	15
5.1. Мониторинг на водите	19
5.2. Регистар за отпадни води на индустријата	20
5.3. Договори за испуштање на отпадна вода	21
5.4. Македонски стандарди	21
5.4.1. Македонскиот амбиент стандард	22
5.4.2. Стандард за квалитет на површинските води	22
5.4.3. Стандарди за отпадни води, Правилник на МЗШВС	23
5.5. ЕУ легислатива	26
5.5.1. Рамковна директива за водите 2000/60/ЕЦ	26
5.5.2. Директива за третирање на урбаните отпадни води 91/271/ЕЕЦ	27
5.5.3. Директива за подземни води (80/68/ЕЕЦ).....	28
5.5.4. Стандард на урбана отпадна вода	28
5.5.5. Опасни материи и гранични вредности за испусти	29
6. ПЕРЕРАБОТКА НА ИНДУСТРИСКИ ОТПАДНИ ВОДИ	30
6.1. Општо	30
6.2. Одредувањето на карактеристиките на ефлуентот	31
6.3. Процеси на претходна преработка	32
6.4. Преработка на тињата	32
6.5. Прехранбена индустрија	33
6.5.1. Индустрија на млечни производи	33
6.5.2. Конзервирање на овошје и зеленчук	34
6.5.3. Кланици и конзервирање на месо	34
6.5.4. Пиварници и индустрии на вриење	34
6.5.5. Шеќерани и фабрики за алкохоли	35
6.5.6. Фабрики за масло и сапуни	36
6.6. Хемиска индустрија и индустрија на фармацевтски производи	36
6.6.1. Фабрики за штавење на кожа	36
6.6.2. Производство на хартиена маса	37
6.6.3. Хемиска и нафтена индустрија	37
6.6.4. Петрохемија	38
6.7. Животински фарми	38
6.8. Црна металургија и индустрија на машини	38
6.8.1. Ефлуенти добиени од површинска обработка	39
6.9. Состав и количество на индустриски отпадни води	39
6.9.1. Определување на количината на отпадни води според разработени норми	40

6.9.2. Незагадени води	41
6.9.3. Атмосферски води	42
6.9.4. Системи и шеми за канализација на индустриски претпријатија	43
6.9.5. Искористување на индустриските отпадни води и извлекување на вредните материи од истите	45
6.9.6. Начини за намалување на количеството и загаденоста на индустриските отпадни води	46
7. КАРАКТЕРИСТИКИ НА ОТПАДНАТА ВОДА	47
7.1. Физички карактеристики	47
7.1.2. Цврсти материи	48
7.1.3. Вкупно суспендирани цврсти материи (TSS)	49
7.1.4. Вкупно растворени цврсти материи (TDS)	50
7.1.5. Испарливи и фиксни цврсти материи	50
7.1.6. Заматеност	51
7.1.7. Боја	51
7.1.8. Мирис	51
7.1.9. Температура	52
7.2. Хемиски карактеристики	52
7.2.1. Органски материи	52
7.2.2. Биохемиска потрошувачка на кислород (БПК)	53
7.2.3. Хемиска потрошувачка на кислород (ХПК)	53
7.2.4. Вкупен органски јаглерод (ТОС)	53
7.2.5. Протеини, јагленохидрати, масла и масти	54
7.2.6. Површински активни материи, пестициди, феноли	54
7.2.7. Неоргански материи	55
7.2.8. Азот, фосфор, сулфур	55
7.2.9. РН алкалитет, киселост	55
7.3. Биолошки карактеристики	56
7.3.1. Микробиолошки испитувања	56
7.3.2. Биолошки испитувања	56
8. ПРЕЧИСТУВАЊЕ: КЛАСИФИКАЦИЈА НА ПОСТАПКИТЕ ЗА ПРЕЧИСТУВАЊЕ И ОБЈЕКТИ И УРЕДИ ВО ПОСТОЈКИТЕ ЗА ПРЕЧИСТУВАЊЕ НА ОТПАДНИТЕ ВОДИ	56
8.1. Механичко пречистување на отпадните води	59
8.1.1. Решетки	60
8.1.2. Сита	61
8.1.3. Таложник за песок	61
8.1.4. Фаќачи на масти и масла	62
8.2. Физички процеси на пречистување на отпадни води	62
8.2.1. Таложење	62
8.2.2. Таложење на дискретни честици	63
8.2.3. Таложење на честиците кои флокулираат	67
8.2.4. Зонско таложење	68
8.2.5. Примарни таложници	69
8.2.6. Изедначување на протокот и составот на отпадната вода	71
8.2.7. Секундарни таложници	72
8.2.8. Флотација	72
8.2.8.1. Флотација со воздух под атмосферски притисок	73

8.2.8.2. Флотација со растворен воздух	74
8.2.8.3. Вакуумска флотација	74
8.3. Хемиски процеси на пречистување на отпадни води	75
8.3.1. Коагулација	76
8.3.2. Флокулација	76
8.3.3. Хемиски реакции при коагулација	77
8.3.4. Видови на коагуланти и флокуланти	77
8.3.4.1. Алуминиум сулфат	78
8.3.4.2. Фери хлорид	78
8.3.4.3. Феросулфат	79
8.3.5. Флокуланти	79
8.3.6. Неутрализација	81
8.3.7. Отстранување на тешките метали	81
8.4. Биолошкото пречистување	82
8.4.1. Аеробни процеси на пречистување	83
8.4.1.1. Аеробни постапки со суспендирана микрофлора	83
8.4.1.2. Постапка со активна тиња	84
8.4.1.3. Оптоварување и димензионирање	84
8.4.1.3.1. Оптоварување на масата на тињата	84
8.4.1.3.2. Волуменско оптоварување	85
8.4.1.3.3. Потреба од кислород	86
8.4.1.4. Конвенционална постапка	88
8.4.1.5. Степенеста аерација	89
8.4.1.6. Степен на пречистување	90
8.4.1.7. Вообичаени вредности на димензионирање	92
8.4.1.8. Реактор со целосно мешање	96
8.4.1.9. Постапка со продолжена аерација	96
8.4.1.10. Контактна постапка	96
8.4.2. Аерација со чист кислород	97
8.4.2.1. Аератори	97
8.4.2.2. Реактори, секундарни таложници	98
8.4.2.3. Аеробни аерирани лагуни и аеробни езера	98
8.4.2.4. Аеробни постапки со имобилна микрофлора	99
8.4.2.5. Процеси со фиксиран биолошки филм	101
8.4.2.5.1. Биолошки филтри	101
8.4.2.5.2. Оптоварување и димензионирање	104
8.4.2.5.3. Ротациони биолошки контрактори (РВК)	106
8.4.3. Анаеробни процеси на пречистување	107
8.4.3.1. Контрола на процесот на анаеробно пречистување - постапки на анаеробно пречистување	109
8.4.3.2. Постапки на анаеробно пречистување	110
8.4.4. Секундарни таложници	114
8.5. Терциерно пречистување	116
8.5.1. Отстранување на фосфор	116
8.5.1.1. Хемиски постапки за отстранување на фосфорот	117
8.5.1.2. Отстранување на фосфорот со соли на алуминиум и железо	118
8.5.1.3. Отстранување на фосфор со вар на фосфор	118
8.5.1.4. Физички и физичко-хемиски постапки	

за отстранување	118
8.5.2. Отстранување на азот	118
8.5.2.1. Десорпција на амонијак (стрипинг)	119
8.5.2.2. Отстранување на азот со размена на јони	119
8.5.2.3. Нитрификација – денитрификација	120
8.5.3. Размена на јони	120
8.5.4. Апсорпција	122
8.5.4.1. Апсорбент и апсорбат	122
8.5.5. Реверзна осмоза	123
8.5.6. Отстранување на бионеразградливи органски материји.....	125
8.5.6.1. Отстранување на растворени неоргански материји	125
8.5.7. Филтрација	126
8.5.7.1. Бавни филтри	126
8.5.7.2. Брзи филтри	127
8.5.7.3. Брзи филтри под притисок	128
8.5.8. Дезинфекција на пречистената отпадна вода	129
8.5.8.1. Хлордиоксид	130
8.5.8.2. Озон	130
8.5.8.3. Ултравиолетова радијација	130
8.5.9. Повторна употреба и испуштање на отпадните води	130
8.6. Обработка на тињата добиена при процесот на пречистување на отпадните води	131
8.6.1. Состав и основни карактеристики на тињата	132
8.6.2. ПОСТАПКИ ЗА ОБРАБОТКА НА ТИЊАТА	135
8.6.2.1. Постапки за намалување на волуменот на тињата и количината на водата	137
8.6.2.1.1. Згуснување на тињата	137
8.6.2.1.2. Кондиционирање на тињата	140
8.6.2.1.3. Пастеризација на тињата	143
8.6.2.1.4. Дехидратација (обезводнување)	144
8.6.2.1.5. Филтрирање под притисок	145
8.6.3. Преработка за стабилизација на материите подложни на распаѓање	147
8.6.3.1. Создавање на гас, температура и време на задржување на тињата	147
8.6.3.1. Параметри кои влијаат на учинокот на анаеробното гниење	148
8.6.3.2. Различни типови на решенија	149
8.6.3.3. Гниење при средно оптоварување	150
8.6.3.4. Гниење при голема оптовареност	150
8.6.3.5. Начин на мешање	151
8.6.4. Аеробна стабилизација	153
8.6.5. Компостирање	155
8.6.6. Одлагање на тињата	156
9. ЗАКЛУЧОК	157
10. ДОДАТОК (КОРИСТЕНИ КРАТЕНКИ)	160
11. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА	161

1. ВОВЕД

Современиот начин на живеење на денешната цивилизација, брзиот пораст на индустриското производство, техниката, интензивните и современи форми на земјоделското производство, коишто се неизбежни заради задоволување на потребите на човечката популација која се зголемува со забрзано темпо, предизвикуваат несакани последици врз животната средина, понекогаш сме сведоци на алармантни појави коишто се случуваат пред нашите очи. За жал, како резултат на разновидните загадувања на многу точки од планетата Земја животната средина е во толкава мера деградирана, што е загубена веќе секаква верба за некакво самопочистување. Поради тоа се налага потребата од активна интервенција од страна на човекот, со изработка на нови техники и воведување на современи технологии. Тоа значително ќе придонесе во санирањето на веќе предизвиканите и во спречувањето на натамошните нарушувања на животната средина.

Зголемувањето на побарувачката на вода го следеше генералниот тренд на пораст на населението и брзиот развој на земјата. Тоа доведе до зголемени количини на отпадни води, што доведе до зголемено водно загадување, пред сè поради негрижата на луѓето кон природните ресурси и отсуството на соодветни механизми за управување и третман на отпадните води на локално и на национално ниво.

Земјите од овој дел на Европа имаат со децении долга репутација на запоставување на заштитата на животната средина, преку непридржување кон националните законодавства, што води до зголемен притисок врз националните ресурси, меѓу кои се и водните ресурси. Во изминатите децении водата беше сметана како ресурс во изобилие и немаше потреба да се обрати поголемо влијание на управувањето со истиот. Моменталните процеси на пристапување кон Европската унија бараат друг пристап, а тоа е ефективно управување со водите преку исполнување на Рамковната директива за води (Директива 2000/60/ЕЦ), Директивата за одведување и третман на отпадни води (91/271/ЕЕЦ), Директива за вода наменета за пиење (98/83/ЕЕЦ), Директивата за третман на милта (86/278/ЕЕЦ). Република Македонија има аспирации

да се приклучи кон ЕУ во блиска иднина и очекува да ги започне преговорите за интегрирање во ЕУ. Пристапувањето кон ЕУ претставува речиси единствена перспектива за економскиот развој на Македонија, но таквата перспектива бара темелна организација на сите нивоа во општеството, со цел да се спречат можните негативни влијанија врз животната средина и да се остварат оптимални добивки што можат да се изведат од понудените можности.

Усвојувањето на прописите и инструментите за управување и третман на отпадните води што се применуваат во земјите на ЕУ претставува обврска на земјата-кандидат, но од друга страна ова може да претставува значајна можност за побрзо и поефикасно решавање на проблемите со управувањето и третманот на отпадните води.

Во овој магистерски труд се обработени постапките и начините на пречистување на отпадните води од индустријата и обработка на тињата која се појавува како нуспродукт од пречистувањето на отпадните води од индустријата.

2. ПРЕГЛЕД НА ЛИТЕРАТУРАТА

За изработка на овој труд е користен Законот за води („Службен весник на РМ“ бр.18/99 од 31.9.1999) кој функционира како рамковен закон за водните ресурси во Р. Македонија. Законот налага индустриите да мораат претходно да ги третираат своите отпадни води за да се задоволат прифатливите стандарди, пред истите да се испуштаат во општинските одводни системи или во животната средина.

За разработување на другите поглавја од трудот е користен Планот за контрола на загадувањето од индустријата (март 2002) кој има за цел во најкраток рок да ја подобри ситуацијата со индустриските отпадни води во Република Македонија. Отпадните води од индустријата во моментот се испуштаат скоро без никакво претходно третирање на отпадната вода (со ретки исклучоци), која како таква се испушта во канализациониот систем или директно во водните реципиенти. Што се однесува до институционалната и правната рамка, тековната ситуација во Република Македонија иницира потреба за поразбирливо дефинирање и распределба на одговорностите и работата помеѓу министерствата и останатите институции инволвирани во заштитата на водите. Правната рамка е поставена на генерално ниво и имплементацијата на Законот за водите не задоволува во неговото спроведување. Мерките преземени од власта не произлегуваат со резултати, а во тоа придонесува и отсуството на усвоени разбирливи стандарди за отпадни води. Непостоењето на континуирано и конзистентно мерење и мониторинг на квалитетот на испустот на отпадните води доведе до неприфатливо ниво на загадување на водите во Република Македонија.

За изработка е користена и уредбата за класификација на водите („Службен весник на РМ“ бр.18/99 од 31.9.1999 г.) и Правилникот за методологија за проценка на речните сливови („Сл.весник на РМ“ бр.148/09), каде што се содржани методологијата и параметрите за мерење и следење на промените и состојбите на квалитетот на водите.

Поради недостаток на литература на оваа тема во нашата земја, од голема помош за изработка на овој труд ми беше литературата од

автори од други земји, како: *Технологија на вода и отпадни води* од д-р Слободан Гачеша и д-р Миле Клашња, Белград, 1994; *Техника пречишчавања вода - Дегремент, Пречистување на отпадни води*, Белград, 2004, д-р Дејан Љубисављевиќ, м-р Александар Џукиќ, м-р Бранислав Бабиќ, *Припрема воде за пиче* – д-р Мунир Јахич и од нашите автори: Томислав Златановски - *Отпадни флуиди и пречистителни станици* и д-р Милтон Мулев - *Заштита на животната средина*, Скопје 1997.

3. ЦЕЛ НА ИСТРАЖУВАЊЕТО

Со оглед на фактот дека отпадните води од индустријата претставуваат еден од најголемите загадувачи на животната средина, посебно на површинските и подземните води, а во нашата држава индустриските субјекти немаат изградено пречистителни станици каде што би ја пречистувале својата отпадна вода пред да ја испуштаат во реципиентот (со ретки исклучоци, како што се: Алкалоид, Охис, Окта, Брилијант). Во Р. Македонија, во нејзината индустрија во повеќето фирми е присутна стара и неефикасна производна технологија со ниско производно ниво, а не постои адекватна опрема за третирање на отпадните води кои се главни причини за загадување на водите од страна на индустријата. Тоа е особено случај со металуршката и хемиската производна активност, која претставува особен еколошки проблем. Во рударскиот сектор, отпадоците од привремените депонии претставуваат особена опасност за загадување на подземните води и реките. Рудниците Злетово, Саса, Тораница и Бучим веќе ги загадуваат ближните реки со, главно, тешки метали. Во металуршката индустрија отпадните води најчесто не се третираат. Третманот на отпадните води што се врши во мал број на индустрии е само по пат на механички процес, со стара опрема која не е адекватна.

Оттука произлегува и неопходноста да се воспостави силна врска помеѓу економскиот раст, користењето на природните ресурси и продукцијата на отпадни води, а со цел да се намали товарот врз животната средина преку креирање на ефикасна институционална и организациона поставеност и подобрена инфраструктура за управување со водите.

4. ОПШТО ЗА ОТПАДНИ ВОДИ

Секоја природна вода, чијшто квалитет се менува по природен или по вештачки пат, при што станува неупотреблива или опасна за човекот и пошироко, се смета за загадена вода.

Водите загадени како резултат на активностите на човекот можеме да ги поделиме на: комунални, индустриски, од земјоделско потекло и останати.

4.1. Комунални отпадни води

Количината на комуналните отпадни води зависи од користената вода во домаќинствата на една населба, од комуналната организираност на населбата во врска со одведувањето на дождовните води, поплавените води, преку канализациони системи и системи за прочистување, депонирање на градското комунално ѓубре во соодветни депонии и соодветно ракување. Комуналните отпадни води од домаќинствата, пред сè, се оптоварени со органски материи кои се целосно биодеградабилни, обично од растително и животинско потекло, меѓутоа во последниве децении, поради промените во начинот на живеење на жителите, се менува и квалитетот на отпадните комунални води, особено со застапеноста, односно користењето на синтетички средства за миење, перење и други санитарни потреби. Според некои проценки, количината на органските и неорганските материи во комуналните отпадни води изнесува околу 1.300g/m^3 вода, од кои 48% се нерастворливи, а 52% се растворливи. Од нерастворливите 67% се органски материи и 43% се неоргански, додека од растворливите 50% се органски и 50% неоргански материи.

Во зимските месеци со користење на сол, песок и други материи по сообраќајниците, се потпомогнува загадувањето на градските комунални води, особено во пролетните месеци кога овие материи со миењето на улиците директно или преку канализациската мрежа за атмосферските дождови стигнува во реките или водните акумулации. Градските комунални води, особено фекалните и водите кои потекнуваат

од депониите на органско ѓубре, се и биолошки загадени со патогени вируси, бактерии, паразити и други микроорганизми. Биолошките загадувачи првобитно се лоцирани во животинските и човечките екстремности кои се наоѓаат во отпадните фекални води, а преку различни патишта на трансмисија, заразните болести се пренесуваат на заболени единки. Заболувањата што се предизвикани со причинители кои се пренесуваат со водата се означени како хидрични заболувања. Од вирусите што најчесто се пренесуваат во водата се ентеровирусите, кои предизвикуваат детска парализа. Ова заболување се манифестира со парализа на долните екстремитети, а како најтешка форма на заболување е парализата на главниот нерв. Од патогените бактерии кои најчесто предизвикуваат хидрични заболувања се ентеробактериите од кои најчести се: *Streptococcus faecalis* која е предизвикувач на инфекции во уrogenиталниот тракт и токсикоинфекции кои тешко се лечат и *Escherichia coli*, предизвикувач на летните проливи кои се најопасни за доенчињата и малите дечиња. Во комуналните градски отпадни води се сретнуваат и најразлични бактерии, парзитски глисти, тении и други, кои исто така можат да предизвикаат различни заболувања. Површинските води, особено протечните, се силно оптоварени со комунални отпадни води.

4.2. Индустриски отпадни води

Индустријата претставува еден од најголемите извори на загадувањето на водите, имајќи предвид дека повеќе од 50% од отпадните води ги формираат индустриските стопански гранки кои многу често без претходно прочистување ги испуштаат во површинските води преку директни или индиректни патишта. Во зависност од која индустриска гранка потекнуваат, отпадните води можат да се групираат на отпадни води по потекло од рударската, хемиската, петрохемиската, црната и обоената металургија, прехранбената, текстилната, индустријата за производство за хартија, гума, кожа итн.

Индустриските отпадни води кои се користат во процесите на ладење можат да предизвикаат термално загадување на водите.

Доколку се јават во големи количини можат да извршат промена на температурниот режим на проточните води, кои во одделни делови можат да ја зголемат температурата и над 10°C. Термалното загадување на водите може да има директно и индиректно штетно влијание врз живиот свет на водите. Зголемените температури на водата можат да ја нарушат активноста на ензимите во живите организми, што е многу поретко, а можат да ја намалат содржината на кислородот. Ова води кон намалување на популациите на одделни групи од нижите организми кои во трофичкиот синџир служат како извор на храна на други организми од повисок ред, што се одразува и на популациите од рибната фауна како претставници од 'рбетниците.

4.3. Отпадни води во земјоделското стопанство

Аграрот како голема стопанска гранка претставува значаен извор во загадувањето на површинските, почвените и подземните води. Загадувањето, пред сè, потекнува од јамите за силажирање, депониите за собирање на цврсти и течни шталски ѓубрива, големите фарми за одгледување на товен и млечен добиток, водни површини околу кои се изградени фарми за живинарство, складирање и употреба на разни вештачки ѓубрива и пестициди итн. Отпадните води кои произлегуваат од земјоделското стопанство предизвикуваат, пред сè, органско загадување на водите, но често можат да предизвикаат и загадување со тешки метали кои се составен дел на некои хемиски заштитни средства.

5. ЗАГАДУВАЊЕ НА ВОДИТЕ ОД ИНДУСТРИСКИТЕ ОТПАДНИ ВОДИ

Од 70-тите години Македонија бележи рапиден индустриски развој, генерирајќи индустриски отпадни води кои не само што претставуваат голем, туку се и растечки дел од целокупното количество на произведени отпадни води. Индустриските отпадни води се генерирани од големи, средни и индустрии на микро ниво. Управувањето, примарниот третман и

испуштањето на индустриската отпадна вода во канализационата мрежа е критично прашање, имајќи го предвид потенцијалното директно влијание врз здравјето на човекот и последиците врз животната средина. Високи концентрации на тешки метали, како олово, кадмиум, цинк, жива, никел (кои се депонираат во речните седименти) се наоѓаат во индустриските испусти. Понатаму може да има присуство на токсични органски материи како полициклични ароматични јагленоводороди, полихлорирани бифеноли и други заканувачки микроорганизми како загадувачи, како: ендокрини нарушувачи, пестициди, адитиви за храна, фармацевтски производи. Последните споменати може да предизвикаат труење, мутации, репродуктивни нарушувања, имунолошка супресија кај акватичните животински форми и кај луѓето. И покрај ова, скоро целата индустрија и земјоделските стопански субјекти испуштаат отпадни води без специфичен преттретман во канализациониот систем и директно во блиските реципиенти, што во двата случаја се смета за прекршок што се казнува според закон. Различните загадувачи влијаат на квалитетот на водата на различен начин. Затоа, на почетокот треба да постои строга одвоеност помеѓу индустриските и урбаните отпадни води. Ако индустриските отпадни води се пуштаат без претходен третман во водните текови кои се третираат во пречистителните станици за отпадни води, отпадните материи може да го пренатрупаат системот за третман што зависи од биолошките процеси. Затоа, според Законот за води, индустриите мора претходно да ги третираат своите отпадни води за да се задоволат прифатливите стандарди, пред истите да бидат испуштени во општинските одводни системи или во животната средина. Во изградбата на пречистителни станици секогаш треба да има предност поширокиот национален интерес: заштита на човековото здравје и одржување на еколошка рамнотежа во акватичните системи со осврт кон разумни трошоци за одржување и работа. Во Р. Македонија потребата од изградба на пречистителни станици за отпадни води, заедно со целосен менаџмент систем за отпадна вода, се јавува како примарна потреба. Во Р. Македонија пречистителни станици за отпадни води со секундарен третман има во: Куманово, Берово, Преспа, Струга, Свети Николе, Дојран, Македонски Брод, а во изградба се пречистителни

станции во Прилеп, Гевгелија, Гостивар, Струмица. Основна цел е да се подобри квалитетот на водата во Р. Македонија. Ова имплицира дека во иднина во повеќето општини ќе се изградат пречистителни станици и ќе се пуштат во работа. Идејата за овие пречистителни станици е да ја третираат урбаната отпадна вода и поголем дел од индустриската отпадна вода. Индустриските претпријатија што нема да бидат приклучени кон општинскиот пречистителен систем мора да ја пречистуваат отпадната вода со сопствена опрема за преттретман или да си изградат свои пречистителни станици. Главната препрека во врска со третманот на индустриската отпадна вода во пречистителната станица е тоа што треба да се обезбеди дека индустриската вода ќе биде соодветно третирана пред истата да биде влезена во пречистителната станица, а не да се испушта директно во канализацијата или директно во реките.

Од техничка гледна точка, пречистителните станици се примарно конструирани да третираат урбана отпадна вода од домаќинствата и малку загадувачките индустрии. Тоа значи дека технологијата применета во пречистителната станица се базира на физичко третирање и биолошко отстранување. На пример, отпадната вода од домаќинствата се разликува од таа на индустријата. Првата се карактеризира со високи содржини на органски материи, додека втората се карактеризира со голем број на загадувачи (тешки метали, киселини, алкалии, токсични материи и др.).

Биолошкиот дел од технологијата е многу деликатен и може многу лесно да се оштети со присуството на горенаведените загадувачи содржани во индустриската отпадна вода. За да се обезбеди соодветно третирање на индустриските води како такви, во пречистителните станици, треба потребната технологија да се надгради со значителен пораст на трошоците за инсталирање во пречистителната станица. Дури и тогаш ефективноста на работата на пречистителната станица ќе биде доведена во прашање, поради постоењето на голем број загадувачи во индустриската вода.

Втората причина за која е битен преттретманот на индустриската отпадна вода пред да стигне во пречистителната станица е тоа што се

предвидува дека талогот од оваа станица ќе биде користен во земјоделието. Ова имплицира на тоа дека талогот мора да исполни одредени минимум критериуми за квалитет, со цел да не биде штетен за распростирање врз земјоделските површини. Присуството на тешки метали или други токсични супстанции ќе оневозможи да се користи талогот за земјоделието и ќе треба да биде отфрлено во некоја соодветна депонија, со што потенцијалните проблеми од тешките метали и останатите загадувачи нема да се отстранат.

Подобрување на индустриските отпадни води може да се постигне преку предложените мерки од ЕУ:

- третирање на отпадната вода од индустриското производство, според Директивата за одведување и третман на отпадни води (91/271/ЕЕЦ);

- мерки за почисто производство, кои преку процес на подобрување на работата со водата и внимание за нејзината потрошувачка има за цел да се намали непотребниот вишок на користење на водата. Ова е поврзано со Директивата за интегрирана превенција и контрола на загадувањето IPPC(96/61/ЕС).

Двата метода треба да ја земат предвид најдобро овозможената технологија, што значи најефикасните и напредни методи за развој на индустриските активности, дизајнирани за превенција и намалување на емисиите и ефектот врз животната средина.

Во моментот во Р. Македонија треба да се очекува дека Директивата за интегрирана превенција и контрола на загадувањето е посоодветна и применлива во иднина за новоотворените индустриски објекти. Во таков случај, властите треба да обезбедат сите нови индустриски објекти да ги земат предвид и да ги применат мерките за намалување на отпадните води, нивно пречистување и враќање на дел во производствениот процес, ефикасно трошење на електричната енергија и да го намалат ризикот од загадување за време на нивната работа и по престанокот.

Третирањето на отпадните води на крајот од индустрискиот процес зависи од процесот во работа и може да инволвира скапа опрема за преттретман за која треба големи инвестирања и има оперативни

трошоци. За новите индустриски објекти е релативно едноставно да имплементираат преттретман, со тоа што трошоците за тоа ќе ги вкalkулираат во почетниот финансиски биланс. Но, веќе оперативните индустрии имаат потреба од дополнителни инвестиции кои ќе бидат насочени кон третман на отпадните води.

За индустриските претпријатија со тешка економска ситуација, како повеќето во Р. Македонија, може да се очекува дека тие нема да бидат во можност да платат за тоа. Поради тоа, на краток рок е неопходно да се имплементираат ефективни и финансиски прифатливи мерки за да се подобри квалитетот на индустриската отпадна вода. Во овој поглед се предлага да не се инсистира преттретман на индустриската вода по најдобрата технологија, туку преттретман да се врши на начин кој обезбедува добра практика и управување на ресурсите.

5.1. Мониторинг на водите

Следењето на индустриските испуштања е дополнителен проблем. Иако индустриските капацитети како нафтената рафинерија *ОКТА*, фармацевтската компанија *Алкалоид* и *Враниште* како пречистителна станица за отпадна вода се под мониторинг на Централната лабораторија на МЖСПП, речното загадување достигна загрижувачки високи нивоа. Мерењата можат да покажат „задоволителни“ резултати, но не и вистинското загадување на водата кога се изведени во време различно од испуштањето на ефлуентот, кое се случува претежно за време на ноќните часови (кога земањето примероци е прилично комплицирано).

Претходно споменатите прашања се последица на:

- Недостиг на волја за инвестирање во скапи технологии и недостиг на свест помеѓу стопанските субјекти за потребата од преттретман на отпадните води пред нивното испуштање;
- Ограничено или отсуство на мониторинг на испуштањето на отпадни води од страна на одговорните лица од единиците на локалната самоуправа (назначениот инспектор за животна средина), Државниот инспекторат за животна средина и др.;

- Релативно ниските прекршочни казни за направените прекршоци од областа на загадувањето на животната средина.

Систематскиот мониторинг на квалитативните карактеристики на површинските води има за цел да даде целосна слика за квалитетот на водите со податоците, како:

- ниво и тренд на загадување, кој иницира ниво на заштита на водите;

- информации за природата и развојот на загадувачите кои имаат особено влијание врз квалитетот на водите.

Потребни се современи лаборатории за испитување на индустриските отпадни води.

5.2. Регистар за отпадни води на индустријата

Општините/ЈВП треба да бидат заинтересирани за целосната слика на индустријата која ги испушта отпадните води во јавниот канализационен систем или во реципиентот. Затоа, секоја општина треба да има регистар на загадувачи во кој ќе бидат регистрирани сите загадувачи и ќе располага секогаш со најнови информации за моменталното загадување и тие информации се проследуваат до Катастарот на загадувачи (Одделот за моделирање при МЖСПП) кој ги насочува информациите собрани од 1.002 инсталации до Одделението за интегрирано спречување и контрола на загадувањето при МЖСПП и до други засегнати институции. Подзаконските акти за регулирање на содржината на катастарот сè уште се во изработка. Ова не дозволува ефикасна програма за следење на животната средина, квалитетот и превенцијата од загадување која ќе помогне во предвидување на евентуални промени во состојбата на животната средина. Постоечкиот модел на внесување на податоци и следење на секторите: отпад, воздух, вода, почва е соочен со недостиг на финансии, недостиг на човечки ресурси и одговорност за известување и пренесување на информации на властите. Состојбата со недоволното следење и лошиот квалитет на произведените информации е далеку од барањата на ЕУ (бараните информации да се точни и постојани).

5.3. Договори за испуштање на отпадна вода

По формирањето на регистарот за отпадни води и формирањето на дозволените граници на испуст на отпадна вода се формираа и се потпишаа договори помеѓу индустријата и ЈВП. Се препорачува малите и средните претпријатија да го потпишат овој договор со ЈВП. Големите индустриски комплекси не треба да бидат приклучени кон јавниот канализационен систем и треба да инсталираат сопствен објект за третман на отпадните води. Договорот за испуштање на отпадните води треба да вклучи и издавање на дозволи (интегрирани еколошки дозволи А и Б) со кои се дозволува индустријата да испушта одредено ниво на загадувачи годишно во јавниот канализационен систем или во реципиентот. Дозволата треба да се издава со паричен надоместок што треба да го определи ЈВП. Ако е над дозволените граници, тогаш индустриското претпријатие се казнува со дополнителна казна што е доста повисока од надоместокот за дозволата. Од друга страна, ако загадувањата се помали од дозволеното, тогаш основниот надоместок за дозволата треба да се намали следната година. Ова имплицира на тоа дека општината/ЈВП имаат право на инспекција на нивните индустриски клиенти во поглед на управувањето со отпадните води. Дозволите треба да се ревидираат на редовна основа од страна на ЈВП кои ќе бидат издавани и ревидирани во однос на податоците од мониторингот и податоците испратени од страна на индустријата. Соодветен мониторинг и спроведување на законските мерки имплицира и на постоењето на лаборатории на располагање кои се во можност да ги анализираат примероците од отпадните води и другите загадувачи. За квалифицирани лаборатории се назначени лабораториите на РХМЗ и МЖСПП.

5.4. Македонски стандарди

Во Р. Македонија квалитетот на водите моментално е регулиран со еден стандард на општ квалитет, кој се однесува на нивото на

загадување/максимални дозволени концентрации на загадувачи кои не смеат да се надминуваат во амбиентот на површинските води.

5.4.1. Македонскиот амбиент стандард

5.4.2. Стандард за квалитет на површинските води

Според ревидираната уредба за класификации на водите („Сл.весник на РМ“ бр.18 од март 1999), површинските води се класифицираат во пет класи наведени во табела 1.

Табела 1 - Постојечка класификација на површинските води во Р. Македонија

Table 1 - Existing classification of surface waters in Macedonia

Индикатори за Квалитетот на вода	Максимално ниво на концентрации				
	I класа	II класа	III класа	IV класа	V класа
1. Растворен кислород (не се однесува за подземна вода)	>8	9.99-6.00	5.99-4.00	3.99-2.00	<3.00
2. Заситеност со Кислород	90-105 -	75-90 105-115	50-75 115-125	30-50 125-130	<30 >150
3. Биохемиска потрошувачка на кислород за 5 дена мг/л O ₂	<2	2.01-4.00	4.01-7.00	7.01-15.0	>15
4. Хемиска потрошувачка на кислород, перманганат мг/л O ₂	<2.50	2.51-5.00	5.01-10.0	10.0-20.0	>20.0
5. Вкупен органски Јагленород мг/л С	<2.50	2.51-4.20	4.21-6.7	6.7-10.0	>10.0
6. Суспендирани материи мг/л	<10	10-30	30-60	60-100	>100
7. Вкупен сув остаток од филтрирана вода за - површински води - подземни води на карст - подземни води вон карст	350 350 800	500 500 1000	1000 1000 1500	1500 1500 1500	>1500 >1500 >1500
8. рН-вредност	6.5-8.8	6.5-6.3	6.3-6.0	6.0-5.3	<5.3
9. Алкалитет мг/л CaCO ₃	>200	200-100	100-20	20-10	<10
10. Фосфор, елементарен мг/л	<4 / <7 / >	4-7 / 7-11 /	7.1-10 / 11.1-20 /	10-50 / 20-75 /	>50 / >75 /
11. Вкупно Азот мг/л	<200 / 200 / >	200-325 / 200-325 /	326-450 / 326-450 /	>450 / >450 /	>450 / >450 /
12. Chlorophyll "a" мг/л	<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 /
13. Степен на сапробност по Либман	Олиготр офична	Мезоса пробна α-β	Мезоса пробна α-β	α- Мезоса пробна поли	Поли сапробна

1. Многу чиста олиготрофична вода, која со евентуална дезинфекција може да се употреби за пиење.
2. Малку загадена мезотрофична вода, која во природна состојба може да се употребува за пиење.
3. Умерено еутрофична вода која во природна состојба може да се употребува само за наводнување, а по кондиционирање може да се употребува во индустријата на која не ѝ треба вода со квалитет за пиење.
4. Загадена вода, која во природна состојба може да се употребува за други намени само по одредена обработка. Присутно е цветање на алги. Зголеменото присуство на органски материји може да предизвика анаеробни услови и убивање на флората и фауната.
5. Многу загадена вода, која во природна состојба не може да се користи за ни една намена. Водата е без прочистителен капацитет и нејзината киселост е штетна за многу видови риби.

5.4.3. Стандарди за отпадни води, Правилник на МЗШВС

МЗШВС во договор со МЖСПП ги одредуваат стандардите во врска со максималните концентрации на штетни и опасни загадувачи во отпадните води кои се испуштаат од домаќинствата и индустријата. Овие стандарди се дизајнирани во зависност од техничкиот и технолошкиот начин на производство и хидролошките карактеристики на природниот реципиент на точката на испуштање. Според член 91 од Законот за води, РХМЗ е одговорен за определување на нивото на загадување и администрирање на податоците во регистар на потенцијални загадувачи.

Една битна забелешка е тоа што не потребна дозвола за испуштање на ефлуент, но сепак испуштената отпадна вода мора да е во согласност со нивото на квалитет на амбиентот на водата. Ова имплицира на тоа дека ако, на пример, квалитетот на водата во една река е веќе од четврта класа, тогаш загадувачот може да ја испушта отпадната вода која одговара на квалитетот на амбиентот на реката што не оневозможува подобрување на амбиентот и квалитетот на реката.

Ова покажува дека правните мерки не создаваат поттик за заштита на водата и спречување на загадувањето.

Табела 2 - Македонски стандарди за емисија на отпадни води

Table 2 - Macedonian standards for emission of wastewater

Ред. Број	Показател и/или опасна материја Назив и мерна единица	Гранични вредности и дозволени концентрации за испуштање во:					Систем на јавно одведување
		Природен приемник, категоризиран во:					
		II кат.	III кат.	IV кат.	V кат.		
1	2	3	4	5	6	7	
1.	РН-вредност	6.5-8.0	6.0-8.5	5.5-9.0	5.0-9.5	5.0-9.5	
2.	Температура °C	35	40	45	45	45	
2а.	ΔT °C, не повеќе од	2	3	3	3	-	
3.	Боја	без	слабо забележлива	слабо забележлива	слабо забележлива	-	
4.	Мирис	без	слабо забележлив	забележлив	забележлив	забележлив	
5.	Крупни материи	без	без	без	без	без	
6.	Таложливи материи мл/час	1.0	2.5	5.0	10.0	20.0	
7.	Вк. суспендирани материи мг/л	20	30	50	80	80	
8.	БПК ₅ мг/л O ₂	25	25	40	80	250	
9.	XПК-бихроматно мг/л O ₂	125	125	200	400	700	
10.	Вкупен органски јагленород ВОЈ / ТОС / мг/л C	15	17	25	40	-	
11.	Токсичност / на риби или daphnia, Gf /	1	2	3	3	3	
11 а.	Биолошка разградливост / DOC / или XПК %					Најмалку 70 %	
12.	Алуминиум мг/л Al	2.00	3.00	3.50	4.00	4.00	
13.	Арсен мг/л As	0.20	0.30	0.40	0.40	0.50	
14.	Вакар, mg/l Cu	0.10	0.25	0.40	0.50	0.50	
15.	Барииум мг/л Ba	2.50	3.00	4.00	5.00	5.00	
16.	Бор мг/л B	1.50	2.00	2.50	3.00	4.00	
17.	Цинк мг/л Zn	1.00	1.00	1.50	2.00	2.00	
18.	Кобалт мг/л Co	0.50	1.00	1.25	1.50	2.00	

Вредноста на параметрите за опасни материи според квалитетот на природните реципиенти се презентирани во табела 2.

Лабораторијата на Инспекторатот за животна средина, кој е дел од МЖСПП, го проверува квалитетот на отпадните води од големите индустрии и одржува база на податоци за мониторинг на отпадните води од индустријата.

Проверка на квалитетот на површинските води се врши од страна на РХМС на 20 мониторинг места низ земјата и анализа на овие податоци се прави во лабораторијата на овој Завод. Извештаите за нивото на загадување на водите се испраќаат до МЗШВС, МЗ и МЖСПП.

Покрај комплексната институционална ситуација во однос на управувањето со отпадните води, сегашната ситуација во Р. Македонија во врска со амбиенталните стандарди ја прави ситуацијата за подобрување на квалитетот на водните реципиенти многу тешка. Во врска со постоечките амбиентални стандарди за површинските води, истите не треба да се користат како гранични вредности за емисија на отпадните води. Во Р. Македонија голем број од поголемите загадувачи можат да се групираат според видот на производството и да се претпостави видот на загадувањето. Се предлага да се формираат стандарди за емисија на отпадните води според сектори на индустријата. Развојот на соодветни стандарди се врши во Одделението за регулативи и стандардизација при МЖСПП, во соработка со ЈВП и индустријата.

Горенаведеното одделение за регулација и стандардизација при Министерството треба да подготви стандарди за емисија:

- за индустријата која го испушта ефлуентот во јавниот канализационен систем;
- за индустријата која директно го испушта ефлуентот во водните реципиенти.

Одделението треба да формира соодветни надоместоци за непридржување кон овие стандарди.

Националната политика за отпадни води треба да се создаде врз база на стандардите за емисија (следејќи ја легислативата на ЕУ), која ќе ја замени постоечката легислатива базирана на амбиентален стандард. Контролниот систем треба да се базира на дозволи за испуст на отпадните води и за индустријата што го испушта ефлуентот во јавната

канализација и за индустријата која директно го испушта ефлуентот во водните реципиенти.

Дозволите се издаваат за одредено годишно оптоварување на загадувањето, вкalkулирано врз основа на количината и концентрацијата на загаденост на отпадната вода. Ако дозволеното оптоварување се пречекорува од страна на индустриското претпријатие, тогаш истото се казнува, а ако оптоварувањето е помало тогаш надоместокот треба да се намали. Издадените дозволи содржат и барање за самоконтрола и известување во вид на извештаи. МЖСПП има право да ги надгледува испустите од пречистителната станица, чишто вредности на испустот треба да бидат базирани на стандардите на ЕУ за урбани отпадни води (Directive 98/15/EC).

5.5. ЕУ легислатива

Водата е еден од најтранспарентно регулираните области во еколошката регулатива на ЕУ. Законите за контрола на ефлуенти кои се во сила во ЕУ се:

- Рамковна директива за води (2000/60/ЕЦ);
- Директива за третирање на урбани отпадни води (91/271/ЕЕЦ);
- Директива за подземни води (80/68/ЕЕЦ);
- Директива за третман на милта (86/278/ЕЕЦ);
- Директива за опасни материи (76/464/ЕЕЦ);
- Директива за нитрати (91/676/ЕЕЦ).

Рамковната директива бр.60 од 2000 г. ја поставува рамката под која сите горенаведени директиви влегуваат како пододдел на оваа Директива, со којашто се формира и политиката за управување на водите. Овие закони се спроведуваат и менуваат со амандмани во текот на годините.

5.5.1. Рамковна директива за водите 2000/60/ЕЦ

Оваа Директива го проширува обемот на заштита на водите од секаков вид: површински и подземни води и има за цел да се обезбеди

добар статус на сите видови во одреден рок. Оваа стратегија, со цел да обезбеди добар статус, е комбинирана со максимални вредности и стандарди за квалитет. Употребата на двата инструмента овозможува од една страна да се заштити човековото здравје, а од друга страна со поставување на максимални лимити да се зачува природниот екосистем. Земјите-членки на ЕУ, преку локалните власти координирани и на национално ниво, треба да ги преземат сите мерки за постигнување на добар стандард за квалитет на водата, да ги реставрираат загадените области и прогресивно да го намалат загадувањето со сите мерки пропишани со законот.

5.5.2 Директива за третирање на урбаните отпадни води 91/271/ЕЕЦ

Оваа Директива има два аспекта: собирање, третман и испуст на урбана отпадна вода од агломерати и третирање и испуст на биолошко деградирана отпадна вода од некои индустриски сектори. Дефиницијата за урбана отпадна вода назначена во директивата: отпадна вода од домаќинствата или мешана отпадна вода од домаќинствата и индустријата и/или атмосферската вода. Оваа Директива има за цел да ја заштити животната средина од негативни ефекти што можат да произлезат од отпадните води. Земјите-членки мора да обезбедат колектирање и третирање на отпадната вода пред испуст, во согласност со стандардите и дадените рокови. Во однос на третирањето на водите, секундарниот (т.е. биолошки) третман е општото правило, со додатен третман (третман од трет степен). За одредени области само примарен третман е доволен. Следниот елемент од оваа Директива е тоа што индустриската отпадна вода што се влева во колекторскиот систем е предмет на претходна регулација и легислатива наметната од компетентните власти. Понатаму, истата наведува дека секоја земја-членка треба да ги постави своите барања во зависност од постоечката индустрија во врска со нивните ефлуенти. Со ова се овозможува земјите-членки да постават стандарди кои ќе бидат релевантни на локалните услови во земјата.

Понатаму, се специфицира дека преттретманот е задолжителен поради овозможување на непречена работа на пречистителните станици и користење на талогот од истите во земјоделието.

Директивата во членот 14 го регулира отстранувањето на талогот од пречистителната станица со генерални правила, регистрација или одобрување. Во продолжение, забранува отстранување на талогот со негово испуштање во површинските води. За управување со талогот треба да се земе предвид Директивата бр. 86/278/ЕЕЦ.

5.5.3. Директива за подземни води (80/68/ЕЕЦ)

Целта на оваа Директива е да се спречи загадување на подземните води со одредени опасни материи. Земјите-членки мора да ги следат ефектите од ефлуентите врз подземните води.

Директивата забранува испуст на материи кои се наоѓаат на листата на штетни материи и овозможува да се добие одобрение од релевантните власти за испуст на некои материи.

5.5.4. Стандард на урбана отпадна вода

ЕУ директивата за урбана отпадна вода и нејзин третман има за цел да обезбеди непречено работење на пречистителната станица и непречен третман на талогот. Ова наведува дека одреден степен на преттретман на индустриската отпадна вода мора да се изведе за да се обезбеди оперативниот капацитет на пречистителната станица.

Стандардот ги дефинира вредностите што треба да ги содржи третираната отпадна вода пред да излезе од пречистителната станица за да се испушти во водите.

Табела 3 - Европски стандард за урбани отпадни води (адаптиран од 91/271 ЕЕЦ)

Table 3 - European standards for urban wastewater (adapted from 91/271 EEC)

Параметри	Концентрација	Минимален процент на намалување ⁽¹⁾	Метода на мерење
Biochemical Oxygen Demand (BOD ₅ at 20 °C) without nitrification ⁽²⁾	25 mg/l O ₂	70-90 40 under Article 4 ⁽²⁾	Homogenized, unfiltered, undecanted sample. Determination of dissolved oxygen before and after five-day incubation at 20 °C ± 1 °C, in complete darkness. Addition of a nitrification inhibitor
Chemical Oxygen Demand (COD)	125 mg/l O ₂	75	Homogenized, unfiltered, undecanted sample Potassium dichromate
Total Suspended Solids (TSS)	35 mg/l ⁽³⁾ 35 under Article 4 ⁽²⁾ (more than 10 000 p.e.) 60 under Article 4 ⁽²⁾ (2 000-10 000 p.e.)	90 ⁽³⁾ 90 under Article 4 ⁽²⁾ (more than 10 000 p.e.) 70 under Article 4 ⁽²⁾ (2 000-10 000 p.e.)	<ul style="list-style-type: none"> • Filtering of a representative sample through a 0,45 μm filter membrane. Drying at 105 °C and weighing • Centrifuging of a representative sample (for at least five mins with mean acceleration of 2 800 to 3 200 g), drying at 105 °C and weighing

5.5.5. Опасни материи и граничните вредности за испусти

Директивата 91/271/ЕЕЦ ја остава можноста на земјите-членки да постават стандарди во врска со индустриското загадување, сè додека овие се во согласност со општата Директива за опасни материи. Директивата специфицира дека секоја земја-членка мора да ги постави стандардите во зависност од видот на индустријата во прашање. Од една страна, може да се постават гранични вредности кај точката за испуст на ефлуентот во водата реципиент. Ова се однесува на индустриските претпријатија со сопствен третман на отпадната вода. Од друга страна, апликацијата на гранични вредности може да биде

регулирана кај точката на испуст на ефлуентот во канализациониот систем. Ова е случајот кога отпадната вода се влева во пречистителната станица.

6. ПРЕРАБОТКА НА ИНДУСТРИСКИ ОТПАДНИ ВОДИ

6.1. Општо

Отпаадните води од индустријата се во состојба да предизвикаат големи штети. Разновидноста на материите во отпадните води, дали тие се токсични или трошат многу O_2 , бараат секој тип на индустрија да се проучи посебно и потоа да се премине на специфичен процес во нивната обработка.

Карактеристични материи кои се наоѓаат во најважните индустриски ефлуенти се:

1. Нерастворливи материи кои можат да се издвојат физички:
 - цврсти материи во суспензија (песок, оксиди, талог),
 - лесни материи и материи кои пливаат (масти, нерастворливи и неемулзирани јагленоводороди);
2. Растворливи материи кои можат физички да се издвојат:
 - материи кои можат да се апсорбираат (колоранти, детергенти, радиоактивни елементи и др.),
 - соли кои можат да се издвојат со инверзна осмоза или со измена на јони;
3. Материи кои можат да се одвојат само со неутрализација:
 - органски и неоргански киселини или бази чиишто соли можат да се растворот до извесни гранични концентрации и не се токсични;
4. Материи кои можат да се издвојат само со оксидоредукција:
 - оксиданти или редуктори чии оксидирани или редуцирани форми се доволно растворливи, а не се токсични,
 - сулфиди, цијанди, хромати и др.
5. Материи кои можат да се издвојат со таложење:

- метали кои можат, а не мора да бидат токсични и можат да се исталожат во облик на хидроксида,

- сулфиди, флуориди, некои неоргански и органски киселини;

6. Материи кои можат да се издвојат со флокулација и декантација или флотација:

- главно, колоидни материи,

- материи во емулзија (смоли, растворливи масла, емулзирани јагленоводороди);

7. Материи кои можат да се издвојат со дегазација или со екстракција со течен гас:

- гасови кои се врзани или растворени,

- фенолни соединенија и др.;

8. Материи кои можат да се издвојат со некоја од постапките на биолошка преработка.

Во овие материјали влегуваат биоразградливите соединенија, како што се шеќери, протеини, феноли и др.

Не треба да се заборави следново:

- Односот помеѓу ВРК₅ и НРК во индустриските отпадни води битно се разликува од соодветниот сооднос во отпадните води од домаќинствата. Тој се менува во текот на разни стадиуми на преработка, така што на крај НРК може да се зголеми пет пати повеќе од ВРК₅. Присуството на многу токсични активни материи може да го прикрие постоењето на биоразградливи материи и да ја загрози точноста на мерењето на ВРК₅.

6.2. Одредувањето на карактеристиките на ефлуентот

За да се изгради рационално една станица за пречистување на отпадни води треба да се располага со следниве податоци:

- дневна потрошувачка;

- максимален и минимален часовен проток;

- дали производството е континуирано или дисконтинуирано;

- големината и периодичноста на загадувањето;

- локалните можности за пречистување и рециклирање;
- секундарните загадувања, дури и да се многу мали или случајни се во состојба да ја загрозат работата на некои уреди за пречистување (лепак, смоли, влакна, масла, песок и др.).

Во фаза на изградба на новите фабрики, овие податоци се добиваат врз основа на анализа на производството и врз основа на споредување со постоечките фабрики.

Ако се работи за реконструкција на постоечките фабрики, мораат да се споредат (количините на загадувачите кои се континуирана и системска анализа се пронајдени во ефлуентот со потрошувачката на хемикалии во фабриките).

6.3. Процеси на претходна преработка

Често е потребно да се предвидат и постапки за претходна преработка, со цел да се издвои секундарното загадување и да се елиминираат најзначајните физички загадувања заради растоварување на главниот процес на преработка. Во процесот на претходна преработка спаѓаат, пред сè: процедување, отстранување на песок, отстранување на масло, декантација и др.

6.4. Преработка на тињата

Во поглед на изборот на постапките и условите за работа треба посебно да се укаже на следното:

- филтрабилноста и декантибилноста при центрифугирањето на тињата не зависи само од хемискиот состав на тињата, туку и од начинот на којшто се формира;

- често е од интерес да се загрева тињата.

Извесни проблеми можат да настанат во врска со евакуацијата на преработената тиња:

- стабилната тиња која не е токсична може потполно да се испушти и растури на отворен простор;

- таа тиња која има мала токсичност или растворливост треба да се чува така што се оневозможува секоја опасност од испирање и разнесување или треба да се евакуира во контејнери;

- тињата е подложна на ферментирање (нестабилна органска тиња, тиња со масло) треба да помине низ комплетен процес на преработка која може да содржи и спалување.

6.5. Прехранбена индустрија

Заеднички особини на сите видови отпадни води од прехранбената индустрија се: загадувачите се органски и биоразградливи, брзо киселење и брза ферментација. Сите тие води се преработуваат биолошки.

6.5.1. Индустрија на млечни производи

Составот на отпадот од оваа индустрија зависи од нивното потекло. Од погонот за пастеризација и потсирување на чистото млеко се добива само водата од перењето, која одговара на разводнето млеко. Постојат периоди кога оваа вода е премногу кисела или базна поради употреба на азотна киселина или сода за перење на пастеризаторот и други апарати. Погоните за производство на сирење и казеин даваат серум што содржи доста лактоза, но малку протеини додека погоните за маслац дават сурутка која е богата со лактоза и протеини но сиромашна со масни материи. ВРК₅ на отпадните води од млекото се движи 20.000 – 40.000 mg/l. Овие нуспродукти во пракса обично се користат како сточна храна, а водата од перењето поминува низ процесот на индустриско пречистување. Најповолно решение е биолошкото пречистување, а техниките со активна тиња со продолжена аерација и притоа таложењето треба да се одвива бавно. Продолжената аерација овозможува да се ограничи масата на произведената тиња. Ако концентрацијата на млекото или серумот е поголема од 1–2%, отпадните води почнуваат брзо да киселат и аеробно да ферментират, што може да предизвика потполна блокада на секаква биолошка активност. Можно

решение е и залевање или губрење на земјиштето со овие отпадни води, при што протокот треба да се ограничи на 20–40 m³ вода на ден по хектар, зависно од порозноста на земјиштето.

6.5.2. Конзервирање на овошје и зеленчук

Овие индустрии работат сезонски и тие испуштаат релативно мала количина на загадена вода од перењето. Во процесот на преработка на овие отпадни води се користи процедувањето со што би се издвоиле отпадоците од зеленчукот, овошјето, лисја и луспи. Вака издвоените материи се употребуват како компост или се спалуваат. Водејќи сметка за сезонскиот карактер на овие загадувачи може да се каже дека аерирано лагунирање е метод којшто најмногу одговара на овој вид индустрија.

6.5.3. Кланици и конзервирање на месо

Количината на отпадните води варира и зависи од начинот како се евакуират фекалните материи, од големината на кланицата како и од видот на животни који се преработуваат. Пред испуштањето на отпадните води од кланиците во канализационата мрежа, неопходна е претходна преработка која содржи отстранување на масти и песок, потоа процедување низ решетки и ако е можно процедување низ фини сита, со што степенот на загадување ќе се намали за 10 – 15%. Изгледа дека денес е потполно отфрлена идејата за хемиска преработка на овие отпадни води со примена на флокулација и декантација, бидејќи со тие постапки органското загадување се редуцира до 50%, но притоа се создава големи количини на тиња. Таа тиња е многу колоидна и склона на ферментација и има проблеми при сушењето и евакуацијата. Според тоа, тука се користи биолошката преработка со продолжена аерација.

6.5.4. Пиварници и индустрии на вриење

Отпадните води од пиварниците потекнуваат од перење на халите за вриење на пивото, садовите за ладење, цистерните за ферментација

и чување, потоа од перење на шишиња и буриња. Овие води содржат суспендирани материи, нитросоединенија, остатоци од пиво и квасец, честици од слад и друго. Концентрацијата на загадувачите во водите со кои се перат резервоарите за ферментација и филтрите е околу 3.000 mg/l BPK₅, а во водите со кои се перат цистерните за чување на пиво е околу 16.000 mg/l. Преработката на овие отпадни води со користење на активна тиња со мало оптоварување на масата е многу ефикасна, бидејќи со тоа се оневозможува развојот на влакнести бактерии кои се во состојба да ги блокираат бактериските филтри и да го забават процесот на исталожување. Таков уред е во состојба да ја намали BPK₅ за преку 95%. Добиената свежа тиња може потоа да се преработи со филтрирање под намален притисок, со класично кондиционирање со помош на соли на железо, гасена вар или со центрифугирање со додавање на органски флокуланти.

6.5.5. Шеќерани и фабрики за алкохоли

Изворите на загадување што ги дава една шеќерана се разновидни и ќе ги наброиме најважните:

- отпадни води кои се добиват при перењето на репката;
- вода од процесот;
- ефлуенти од регенерацијата од уредите за деминерализација на шеќерниот сок.

Водата која служи за перење на репката обично се рециклира, поради тоа во процесот се уфрлуват декантери-таложници кои вршат редукција на суспендирани материи во водата, бидејќи при интензивна работа нивната концентрација може брзо да достигне до неколку грама на литар. Со декантација може да се добие тиња со концентрација од преку 300 g/l. Се препорачува водата пред влез во таложникот да помине преку решетка. За подобрување на процесот на декантација понекогаш се врши инјектирање на гасена вар. Сите отпадни води од една шеќерана денес најчесто се изложуваат на анаеробно вриење во големи базени.

Кај отпадните води од фабриките за алкохол најприфатливо е решението за примена на директно и контролирано анаеробно гниење. На овој начин преработената вода е декантирана, а добиената анаеробна тиња се рециклира во дигестор. Со оваа постапка ВРК₅ може да се редуцира за 90%, па понатаму е потребна дополнителна аеробна преработка со цел загадувањето на отпадните води да се доведе до прифатливи граници.

6.5.6. Фабрики за масло и сапуни

Зависно од видот на погонот, разликите во поглед на рН вредностите кај отпадните води во оваа индустрија можат да бидат големи. Така, во погонот за перење на масната киселина водата е многу кисела (рН е помеѓу 1 и 2), додека при неутрализацијата на масните киселини се добиваат многу алкални отпадни води (рН скоро 13). Поради тоа е најдобро сите тие отпадни води да се измешаат. Со претходната физичко-хемиска обработка при која се отстрануваат мастите и се врши флокулација се овозможува редукација на органските загадувачи за 50-70%. Потоа може да се примени дополнителна биолошка преработка со активна тиња.

6.6. Хемиска индустрија и индустрија на фармацевтски производи

Постојат многу биолошки процеси кои можат овде да се применат, бидејќи се покажало дека бактериите кои вршат пречистување на отпадните води се многу приспособливи. Поради тоа, отпадните води добиени при производство на антибиотици можат со успех да се преработат со помош на активна тиња.

6.6.1. Фабрики за штавење на кожа

Овие индустрии трошат многу големи количини на вода што достигнуваат до 5m³ на 100 kg сува кожа која се преработува. Отпадните

води коишто се добиваат се многу загадени и содржат протеини во колоидна состојба, масти, танини, отпадоци од кожа и влакна, колоранти и токсични елементи, како што се сулфидите, а посебно хромот се добива при хемиско штавење на кожата. Отпадната вода пред обработката се процедува преку решетки. Ако се помешат сите овие води се добиваат отпадни води во кои хромот е тровалентен и го има најмногу во тињата. Анаеробното гниење на оваа тиња не доаѓа во предвид, бидејќи хромот токсично дејствува врз ферментацијата. По неутрализацијата на овие отпадни води и декантацијата, може да се примени некоја од постапките на биолошко пречистување.

6.6.2. Производство на хартиена маса

При пречистување на отпадните води од фабриките за хартија треба да се примени претходна преработка во која се вклучени нетурализацијата и отстранувањето на сулфидите од ефлуентот. Што се однесува до разблажените отпадни води кои потекнуваат од перењето и белењето се применуваат биолошки постапки, а може да се применат и аерирани лагуни.

6.6.3. Хемиска и нафтена индустрија

Преработката на отпадните води од овие индустрии содржи една или повеќе фази:

- фаза на физичко отстранување на маслата со примена на гравитациска сепарација во долгнавести базени;
- фаза на избистрување со постапка на флокулација;
- декантација или со постапка флокулација - флотација во зависност од степенот на пречистување што се бара. Основна цел на овој процес е потполно отстранување на слободните јагленоводороди и делумна елиминација на емулзирани масла, како и редукција на НРК на водата.

6.6.4. Петрохемија

Овде се мисли на сите производи чишто отпадни води содржат многу сложени органски соединенија од погонот за синтеза. Некои материи можат да се елиминираат со екстракција, користење на селективни растворувачи или со стрипинг, а некои отпадни води се многу концентрирани и можат директно да се изложат на спалување или пиролиза. НРК во концентрираните течности може да се редуцира со помош на активен јаглен. Биолошката преработка е и овде најпогодна постапка за пречистување на големи количини на води кои содржат сложени загадувања, под услов тие да не се премногу концентрирани.

6.7. Животински фарми

Какви ќе бидат отпадните води кои се испуштаат од фармите зависи од тоа како се чистат, дали на сув начин или со вода. Во случај на перење со вода може да се добие од 150 до 200 gr. BPK₅ по една свиња, а во случај на суво чистење од 80 до 100 gr. Нечистотиите можат да се издвојат од водата со механичка постапка. Остатокот потоа се меша со негасена вар или доломит за да се добие минерално ѓубриво кое може да се пакува. Со течната фракција од животинскиот измет може да се залеваат бавчите, но подобро е да се изложи на биолошка преработка со продолжена аерација и да се добиваат добри резултати и покрај големата содржина на амонијак во тие ефлуенти. Слична постапка може да се примени и на живинарските фарми.

6.8. Црна металургија и индустрија на машини

Фабриците за црна металургија користат затворени кола и нивните отпадни води се во повеќето случаи течности испуштени од овие кола со цел на деконцентрација. Тие течности се веќе неутрализирани и декантирани, но можат да содржат цијаниди, особено ако се врши перење на гасовите од високите печки. Цијанидите можат да се отстранат на класичен начин со алкализација и хлорирање, а може и

со користење на едно соединение супероксид на сулфурната киселина. Отпадните води од индустријата за машини поминуваат низ флокулатор-декантатор или низ филтерски слој кој се состои од апсорпциски материјал. На крајот се добива неорганска и заматена тиња која може да се елиминира во уредите за спалување кои се во состојба да ги уништат и другите отпадоци, како што се крпи, сапуни и масти кои секогаш ги има во овој вид на индустрија.

6.8.1. Ефлуенти добиени од површинска обработка

Цел на површинската обработка на елементи од метали и од некои синтетички материи е или заштита на тие елементи од корозија или промена на нивниот надворешен изглед. Во загадувањата кои се специфични за овој вид на производство спаѓаат:

- органски материи кои во најголем дел се добиваат при отстранување на маснотии;

- суспендирани материи и особено растворени и јонизирани неоргански соединенија.

Овие води со кои е вршено испирање најчесто можат да се преработат со помош на јоноизменувачи, со тоа што чистата вода се рециклира, а загадувачите се концентрираат во мала количина на течност со која се врши регенерација на изменувачите. Пред конечниот избор на уредите за пречистување треба да се запознаеме со многу параметри, на пример, со начинот на производство, со технологијата во индустриската постројка, со количината на отпадни води, со видот на загадувачи, условите на средината во реципиентот. Кога се собрани податоците за деловите пред станицата за пречистување на отпадните води и низводно, структурата на станицата ќе се добие со трошоците во кои влегуваат цената на водата, цената на реагенсите, работната сила и енергијата.

6.9. Состав и количество на индустриски отпадни води

Според начинот на создавање и нивниот состав, разликуваме:

- индустриски води за производствени цели во технолошкиот процес;

- хигиенско-санитарни води од санитарните јазли на административните и производствените згради;

- атмосферските води (дожд и топење на снег).

Загадените индустриски води имаат разновиден состав и својства.

Количински показатели:

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

- количина на органски материи изразена во БПК и ХПК;

- активна реакција на водата;

- степен на минерализација;

- интензитет на обоеност;

- температура на водата.

Според степенот на агресивност разликуваме:

- силно агресивни;

- слабо агресивни;

- неагресивни отпадни води.

Влијание врз составот и количеството на отпадните води имаат:

- видот и квалитетот на системот на водоснабдување. Поголемуто искористување на водата во рецикулациониот систем значи помалку отпадни води;

- видот на претпријатието, големината на претпријатието, технологијата на производството, видот на инсталациите, системот на водоснабдувањето и др.

6.9.1. Определување на количина на отпадни води според разработени норми

За производствени води:

$$Q_{cp/den} = \frac{mM}{1000} [m^3 / d]$$

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

m - норма за отпадна вода по единица производ или суровина во m^3 ;

M - количина на суровина за едно деноноќие;

M_1 - исто за смената со најголемо производство;

T - број на часови на смената со најголемо производство;

K_4 - коефициент на часовна нерамномерност.

За санитарни води според нормите за одводни води по еден работник:

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

45 l по работник за една смена.

За сите останати погони („студени погони“):

25 l по работник за смена.

Количеството на санитарна вода се определува според следниве формули:

а) од погоните

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

6.9.2. Незагадени води

Тука спаѓаат:

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

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

6.9.3. Атмосферски води

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

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

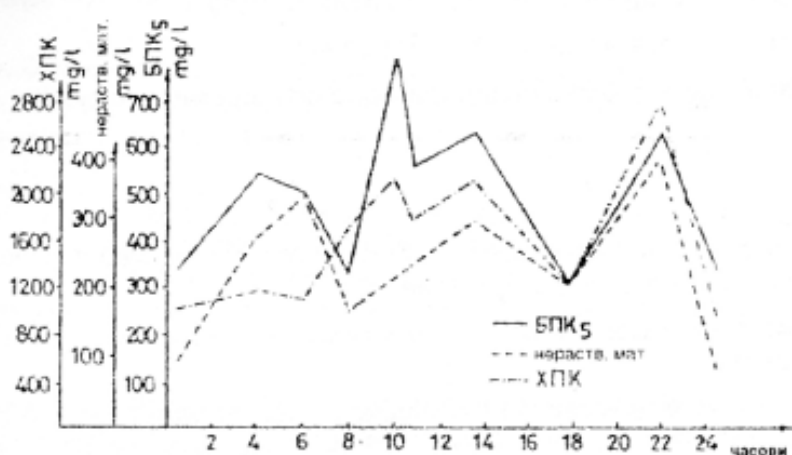
- целото деноноќно водно количество;
- режимот на неговата распределба по часови.

Одводот на отпадните води може да е:

- рамномерен или
- нерамномерен

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

Освен промената на количината, треба да се знае и промената на составот и квалитетот на отпадните води во едно деноноќие, час или седмица, како и физичко-хемиските показатели и специфичните загадувачки компоненти (токсични, површинско-активни материји, радиоактивни и сл. - слика 1).



Слика 1 - Промена на показателите за отпадните води од една хемиска-фармацевтска фабрика

Figure 1 - Change indicators of wastewater from a chemical-pharmaceutical plant

6.9.4. Системи и шеми за канализација на индустриски претпријатија

Разликуваме:

- внатрешна и
- надворешна канализација.

Внатрешната канализација ги опфаќа канализационите мрежи и објекти:

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

Надворешната канализација ги опфаќа канализационите мрежи и објекти:

- канализациони мрежи;
- постројки;
- пречистителни станици,

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

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

1) Количината и составот на отпадните води од одделните погони и општо од индустрискиот објект, како и нивниот режим на одведување;

2) Можноста за намалување на количината на загадените води од индустрискиот објект со рационализација на производствената технологија;

3) Можностите за повторно искористување на отпадните води во системот за рециркулационо водоснабдување или за технолошки цели во друг вид на производство кое дозволува користење на води со понизок квалитет;

- 4) Целисходноста за извлекување и искористување на вредните материи, содржани во отпадните води;
- 5) Можноста за разделување на производствените води од аспект на повторно користење на незагадените води и пречистување на загадените води;
- 6) Можноста за евентуално зголемување на производствените капацитети, а со тоа и на количеството на загадените води;
- 7) Можноста за целисходност за заедничко пречистување на водите од повеќе индустриски претпријатија и населени места во реонот;
- 8) Можноста и целисходноста за користење на допречистени отпадни води во технолошки процеси на други производства и за наводнување;
- 9) Целисходноста за пречистување на водите од поединечните погони и производства во локални пречистителни постројки;
- 10) Целисходноста за примена на еден или друг метод на пречистување;
- 11) Способноста на водоприемникот (реципиентот) за самопречистување, условите за одводот на индустриските отпадни води и неопходниот степен на таквото пречистување.

Во индустриските претпријатија канализацијата се проектира како поединечна, т.е. со одделни мрежи за производствените, санитарните и дождовните води. Санитарните води се одведуваат и пречистуваат одделно. Кога индустриските води се блиску по состав со санитарните, тогаш нивното одведување е можно во заеднички базен и заедничко пречистување. Заедничкото пречистување на санитарните и индустриските води не е секогаш можно, бидејќи некои индустриски води по состав се многу кисели или алкални и тие прво треба да се неутрализираат или содржат токсични материи коишто ѝ штетат на работата на пречистителната станица. Атмосферските води од незагадените површини на индустриските претпријатија се одведуваат самостојно и без пречистување до водоприемникот. Атмосферските води од загадените површини се одведуваат заедно со загадените

индустриски води и се пречистуваат во општи пречистителни станици пред пуштањето во водоприемникот.

6.9.5. Искористување на индустриските отпадни води и извлекување на вредните материи од истите

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

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

Некои видови индустриски отпадни води, кои содржат органски материи, можат да се искористат во земјоделството за наводнување. Тие се користат самостојно или помешани со комуналните отпадни води по претходно пречистување. Најпогодни за наводнување се водите од фабриките за компирен скроб, фабриките за вештачки губрива и др. Заради високата содржина на азот, фосфор и други елементи во тие води, нивното искористување за наводнување ја зголемува плодородноста на почвата и земјоделските приноси се зголемуваат за два до три пати.

Ефикасен метод за намалување на загаденоста на отпадните води е извлекувањето на вредните материи, кои остануваат во нив при процесот на производството. Вредните материи се извлекуваат не само заради пречистување на водата, туку и за нивно искористување. Отпадните води од разни индустрии содржат метали, масти, хемиски продукти, влакна и др. кои можат да се искористат во стопанството. Таквото извлекување и повторното искористување е одговорна задача со висок економски ефект.

Од отпадните води на фабриките за примарна преработка на волна се извлекуваат масти, кои се искористуваат за производство на линолин, ценет продукт за медицинската, парфимериската индустрија и др.

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

6.9.6. Начини за намалување на количеството и загаденоста на индустриските отпадни води

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

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

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

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

1. Водата за ладење - се заменува со воздух за ладење;
2. Промивни води – се зголемува квалитетот на влезните сировини и продукти, исклучувајќи ја неопходноста од промивање или

водата за промивање максимално се намалува. Се усвојуваат нови безводни растворувачи. Се усвојуваат нови шеми и инсталации и се приклучува регенеративно одделение или деструктивно распаѓање на компонентите, загадувачките сировини и продуктите;

3. Водата содржана во сировините и влезните продукти – се намалува со претходно обезводнување на сировините и продуктите;

4. Реакциски отпадни води - се бараат еколошки основни решенија преку добивање на продукти по други реакции, кои се одвиваат без одделување на вода. Таквите решенија не секогаш се технолошки можни и економски издржани.

5. Меласни производи - технолошките процеси се спроведуваат во безводни средини, се применуваат „суви“ начини за добивање на продуктите (на пр. хартија), повеќекратно се користат меласните раствори итн.;

6. Водни екстракти и апсорпциони течности – се користат многукратно, водата се заменува со безводни раствори, се врши регенерација на екстрагентот и апсорбентот итн.;

7. Други видови на отпадни води – се користат повеќекратно со меѓупречистување, водата за миеење на инсталациите се заменува со безводни раствори и др.

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

7. КАРАКТЕРИСТИКИ НА ОТПАДНАТА ВОДА

Отпадната вода се карактеризира во однос на нејзините физички, хемиски и биолошки карактеристики.

7.1. Физички карактеристики

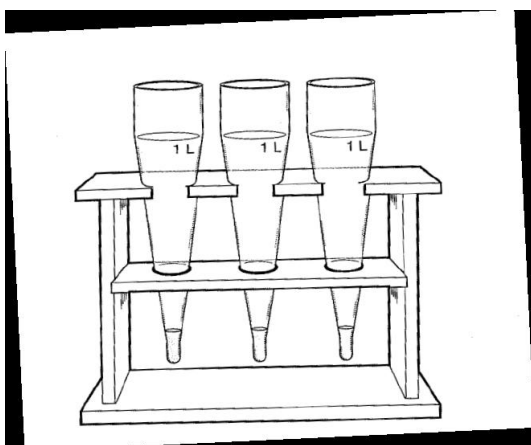
Најзначајни физички карактеристики на отпадната вода се: содржина на цврсти материи, заматеност, боја, мирис и температура.

7.1.2. Цврсти материји

Отпадните води содржат голем број на цврсти материји кои варираат од партали до колоидни материји. При карактеризацијата на отпадните води, грубите материји обично се отстрануваат пред да се анализира примерокот за цврсти материји. Различните класификации за цврсти материји се прикажани во табела 4.

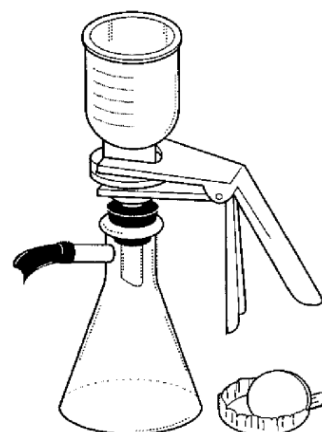
Стандарниот тест за содржината на цврсти материји се состои од внесување на мострата од отпадна вода во Imhoff конус од еден литар (слика 2) и се констатира волуменот на цврстите материји во милиметри кои се исталожиле по одреден временски период (60 минути). Вообичаено, околу 60% од суспендираните цврсти материји во комуналните отпадни води се таложливи. Цврстата материја (Total solids – TS) се добива со испарување на мострата од отпадна вода до сува состојба и мерење на масата на остатокот. Како што е прикажано на слика 2, чекорот на филтрација се користи за одделување на вкупно суспендираните цврсти материји (total suspended solids – TSS) од вкупно растворените цврсти материји (total dissolved solids – TDS). Апаратот кој се користи за да се утврди TSS е прикажан на слика 3.

Концентрацијата на вкупните цврсти материји во отпадната вода, обично, е во опсег од 350 до 1.200 mg/l.



Слика 2 - Imhoff конус
одредување на TSS

Figure 2 - Imhoff cone
the TSS



Слика 3 - Апарат кој се користи за

Figure 3 - Apparatus used to determine

Табела 4 - Дефиниции за цврстите материи во отпадните води**Table 4 - Definitions of solids in wastewater**

Тест	Опис
Вкупно цврсто (Total solids – TS)	Остаток кој останува откако примерокот отпадна вода е испарен и исушен на одредена температура (103-105°C)
Вкупно испарливи цврсто (Total volatile solids –TVS)	Оние цврсти честички кои може да испарат и изгорат кога вкупното цврсто (TS) се жари на (500±50°C)
Вкупно фиксно цврсто (Total fixed solids – TFS)	Остаток кој ќе преостане кога вкупното цврсто (TS) се жари на (500±50°C)
Вкупно суспендирано цврсто (Total suspended solids TSS)	Дел од вкупното цврсто (TS) кое останува на филтер со посебна големина на порите, измерено после сушењето на одредена температура 105°C). Филтерот кој се користи за определување на TSS е Whatman филтер од стаклени влакна со номинална големина на порите од околу 1,58 µ.
Испарливо суспендирано цврсто (Volatile suspended solids – VSS)	Оние цврсти честички кои можат да испарат и изгорат кога TSS се подложи на жарење (500 ±50°C)
Фиксно суспендирано цврсто (Fixed suspended solids) FSS	Остатокот после жарење на TSS (500 ±50°C)
Вкупно растворено цврсто (Total dissolved solids – TDS) (TS-TSS)	Оние цврсти честички кои поминуваат низ филтерот, а потоа се испаруваат и сушат на специфична температура. Треба да се напомене дека она што се измери како TDS е составено од колоидни и растворени цврсти материи. Честичките обично се со големина од 0.001 до 1µm
Вкупно испарливо расворено цврсто (Total volatile dissolved solids – VDS)	Оние цврсти материи кои можат да испарат и изгорат кога вкупното растворено цврсто TDS се подложи на жарење (500 ±50°C).
Фиксно растворено цврсто (Fixed dissolved solids – FDS)	Остатокот после жарење на TDS (500 ±50°C)
Исталожено цврсто Settleable solids	Суспендирани материи, изразени како милилитри на литар, кои ќе се исталожат од суспензијата во одреден временски период

Сите вредности на цврстите материи се изразени во mg/l

7.1.3. Вкупно суспендирани цврсти материи (TSS)

Бидејќи за одделување на TSS од TDS се користи филтер, тестот TSS донекаде е произволен, во зависност од големината на порите на

филтер хартијата која се користи за тестирање. Конкретно, TSS ќе се измери кога се користи филтер со помала големина на порите. Така, кога се споредуваат TSS вредности, важно е да се назначи големината на порите на филтер хартијата која се користи. TSS е еден од двата универзални стандарди, заедно со БПК (BOD), кои се користат при контрола на пречистителните постројки.

Вкупно суспендираните материи во отпадните води обично се во опсег од 100 до 350 mg/l.

7.1.4. Вкупно растворени цврсти материи (TDS)

По дефиниција, цврстите материи содржани во филтратот кој поминува преку филтер со номинална големина на порите од 2,0 μm или помалку се класифицирани како растворени цврсти материи (стандарни методи, 1998). Големината на колоидните честици во отпадните води обично е во опсег од 0,01 до 1,0 μm .

Вкупно растворените цврсти материи (TDS) обично се во опсег од 250 до 850 mg/l.

7.1.5. Испарливи и фиксни цврсти материи

Материјалот кој може да испари и изгори кога ќе се подложи на жарење на $500 \pm 50^\circ\text{C}$ се класифицира како волатили (испарливи материи). Во принцип, се претпоставува дека испарливите материи (volatile solids VS) се органски материи, иако некои органски материи нема да изгорат, а некои материи се распаѓаат при високи температури. Фиксни материи (fixed solids FS) се остатокот што останува по жарење на мострата. Така, TS, TSS и TDS се составени од испарливите и фиксните цврсти материи. Односот меѓу VS и FS често се користи да ги карактеризира отпадните води во однос на количината на присутната органска материја.

7.1.6. Заматеност

Заматеноста е мерка за количината на суспендираните лебдечки материи. Мерењето на заматеноста на отпадната вода во доводот кон пречистителната станица не е упатно. За квалитетот на пречистената вода заматеноста е еден важен параметар кој упатува на постоење на заостаната содржина на загадувачки нерастворени материи во пречистената отпадна вода.

Едноставно определување на заматеноста се постигнува со утврдување на длабинската видливост или со една за таа намена предвидена плочка која се спушта во водата сè додека не стане невидлива или се поставува еден вертикален доволно голем цилиндер на еден јасно испишан лист хартија и се сипа вода сè додека напишаното веќе не може да се чита.

Длабинската видливост на водата од една добро функционална пречистителна станица би требало да изнесува најмалку 50 см.

Заматеноста може да се утврди и фотометриски, но како метода е поскапа.

7.1.7. Боја

Нормалната боја на отпадната вода во доводот кон пречистителната станица е кафеаво-сива. Ако бојата тендира повеќе кон кафеаво-црна, тогаш тоа е најчесто знак дека материите содржани во отпадната вода се наоѓаат во состојба на гниење.

Во одводот, по добро пречистување во пречистителната станица, водата е бистра, евентуално со жолтеникава боја.

7.1.8. Мирис

Мирисот е карактеристика на отпадната вода на која луѓето се најосетливи. Обично мирисот на отпадната вода потекнува од гасовите кои се создаваат во процесот на распаѓање на органските материи (некои индустриски отпадни води имаат мирис кој е карактеристичен за

технолошкиот процес од којшто потекнуваат). На пример, карактеристичниот мирис на септичките отпадни води (на расипани јајца) потекнува од водороденсулфид кој настанува во анаеробни услови при редукција на сулфатот.

7.1.9. Температура

Температурата на отпадните води е значајна карактеристика, бидејќи влијае на биосветот во водотеците во кои се испуштаат таквите загреани отпадни води, првенствено затоа што на повисоки температури растворливоста на кислородот во водата се намалува.

7.2. Хемиски карактеристики

Разликуваме низа на хемиски карактеристики на отпадната вода, а подетално ќе се задржиме на органските материи. Во зависност од потеклото на отпадните води, а посебно кога се во прашање индустриските отпадни води, можат да бидат битни и други хемиски карактеристики, на пример површинските активни материи, одделни токсични органски соединенија (феноли, пестициди и слично), рН, алкалитет, киселост, тешки метали и др.

7.2.1. Органски материи

Најзначајна хемиска карактеристика на отпадните води е содржината на органски материи. Притоа, по правило, се одредува вкупната содржина на органските материи, а поретко се прават анализи на одделни групи на органски материи (на пр. феноли) или на специфични органски соединенија (на пр. одделни пестициди). Како е најважно да се знае кој дел од органската материја е биоразградлив од аеробната микрофлора на водотеците во кои се испуштаат отпадните води (бидејќи на тој начин се троши растворениот кислород од водата со што се загрозуваат рибите и останатиот жив свет во водотеците), вообичаено се одредува биохемиската потрошувачка на кислород (ВРК).

Како мерка на органските материи кои можат да бидат биолошки оксидирани се одредува хемиска потрошувачка на кислород (НПК) и вкупен органски јаглерод (ТОС, Total Organic Carbon).

7.2.2. Биохемиска потрошувачка на кислород (БПК)

Биохемиската потрошувачка на кислород претставува количината на кислородот која микроорганизмите ја трошат за разградувањето на органските материи кои се наоѓаат во водата за одредено време. Обично, како мерка се користи петдневна потрошувачка на кислород која означува количина на кислород што се троши во процесите на разградување на органските материи од страна на аеробните микроорганизми во текот на пет дена на температура од 20°C.

7.2.3. Хемиска потрошувачка на кислород (ХПК)

Хемиската потрошувачка на кислород е хемиска потребна количина на кислород за оксидација на органските материи и претставува показател за загаденоста на отпадните води. ХПК најчесто ја изразува потрошувачката на кислород во mg/l. Како оксидационо средство најчесто се користи калиумперманганат. Посебно ХПК наместо БПК се користи при анализа на индустриските отпадни води кои содржат токсични или тешко разградливи биолошки компоненти. За одделни отпадни води може емпириски да се одреди односот на ХПК спрема БПК, и на тој начин се користи ХПК како показател за биоразградливоста наместо БПК кој се одредува побавно и помалку точно.

7.2.4. Вкупен органски јаглерод (ТОС)

ТОС е мерка за содржината на органскиот врзан јаглерод во отпадната вода и се одредува со мерење на количината на CO₂ кој настанува при оксидација на органскиот јаглерод.

7.2.5. Протеини, јагленихидрати, масла и масти

Освен познавањето на вкупната содржина на органските материи во отпадните води, потребно е да се знае и застапеноста на одделни групи на органски соединенија: протеини, јагленихидрати, масти и масла имајќи го предвид нивното различно влијание на екосистемот и на различното однесување при пречистувањето. Така, на пример, протеините се најважен извор на азот во водотеците, а во процесите на нивното разградување често се создаваат непријатни мириси, додека јагленихидратите се карактеризират со различна разградливост, а маслата и мастите обично се тешко биоразградливи и познато е дека создаваат тенок слој на површината на водата, со што се отежнува внесот на кислородот со што се загрозува живиот свет во водата.

7.2.6. Површински активни материи, пестициди, феноли

Со сè поголемиот развој на индустријата и поголемиот животен стандард, количините на овие материи се сè поголеми. Многу од нив се бавно разградливи или воопшто неразградливи, а често се и многу токсични така што нивното испуштање со отпадните води го нарушуваат живиот свет на реципиентот, а и тешко се отстрануваат со биолошките постапки за пречистување. Површинските активни материи (во најголема мерка по потекло од детергентите) предизвикуваат создавање на пена на површината на водотеците, со што се отежнува внесот на кислород во водотеците, како и пенавење во уредите за пречистување. Пестицидите и хербицидите доаѓаат во реципиентот со испирање на земјоделските површини и се многу токсични за живиот свет во водата и за микрофлората при биолошките постапки за пречистување. И фенолите многу негативно влијаат на употребната вредност на водата во реципиентот, посебно ако таквата вода се хлорира, при што се создаваат хлорфеноли кои се со многу непријатен мирис.

7.2.7. Неоргански материји

Вкупната содржина на неорганските материји во отпадните води (со исклучок на ефлуентите на одделни фабрики или погони) е ретко толкава што ќе бара негово генерално отстранување, но затоа одделни неоргански материји негативно влијаат на реципиентот и мораат да се отстранат со пречистување.

7.2.8. Азот, фосфор, сулфур

Азотот и фосфорот спаѓаат во најважните биогени елементи, така што нивното внесување со отпадните води во реципиентот предизвикува прекумерен раст на водните растенија т.е. еутрофикација на водотеците. Азотот се наоѓа во различни облици во отпадните води (органски, амонијачен, нитратен и нитритен азот) или при самопречистувањето на водотеците односно со биолошкото пречистување на отпадните води преминуваат од една форма во друга. Сулфурот е од сулфатите кои често ги има во поголеми концентрации во одделни отпадни води, се редуцира при анаеробни услови до водороденсулфид кој е со многу непријатен мирис и е токсичен.

7.2.9. pH алкалитет, киселост

Многу важна карактеристика на отпадната вода е и нејзината pH, бидејќи екстремната вредност на pH на отпадната вода без разлика дали е висока или ниска го отежнува нејзиното биолошко пречистување и негативно влијае на живиот свет на реципиентот во кој се испушта непречистената вода. Додека pH е квалитативен показател, содржината на алкалии и киселини е квантитативен показател, неопходен во процесите за хемиска обработка на водата.

7.3. Биолошки карактеристики

За утврдување на квалитетот на отпадните води пред и по пречистувањето (и за успешноста на биолошките постапки за пречистување) мора да се знаат и одредени биолошки карактеристики.

7.3.1. Микробиолошки испитувања

За утврдување на санитарниот квалитет на водата мора да се знае кои индикаторски микроорганизми и во кој број се наоѓаат во водата. Во прв ред тоа се однесува на патогените микроорганизми кои предизвикуваат заразни болести, за чиешто присуство во водата се индикатори колиформните бактерии.

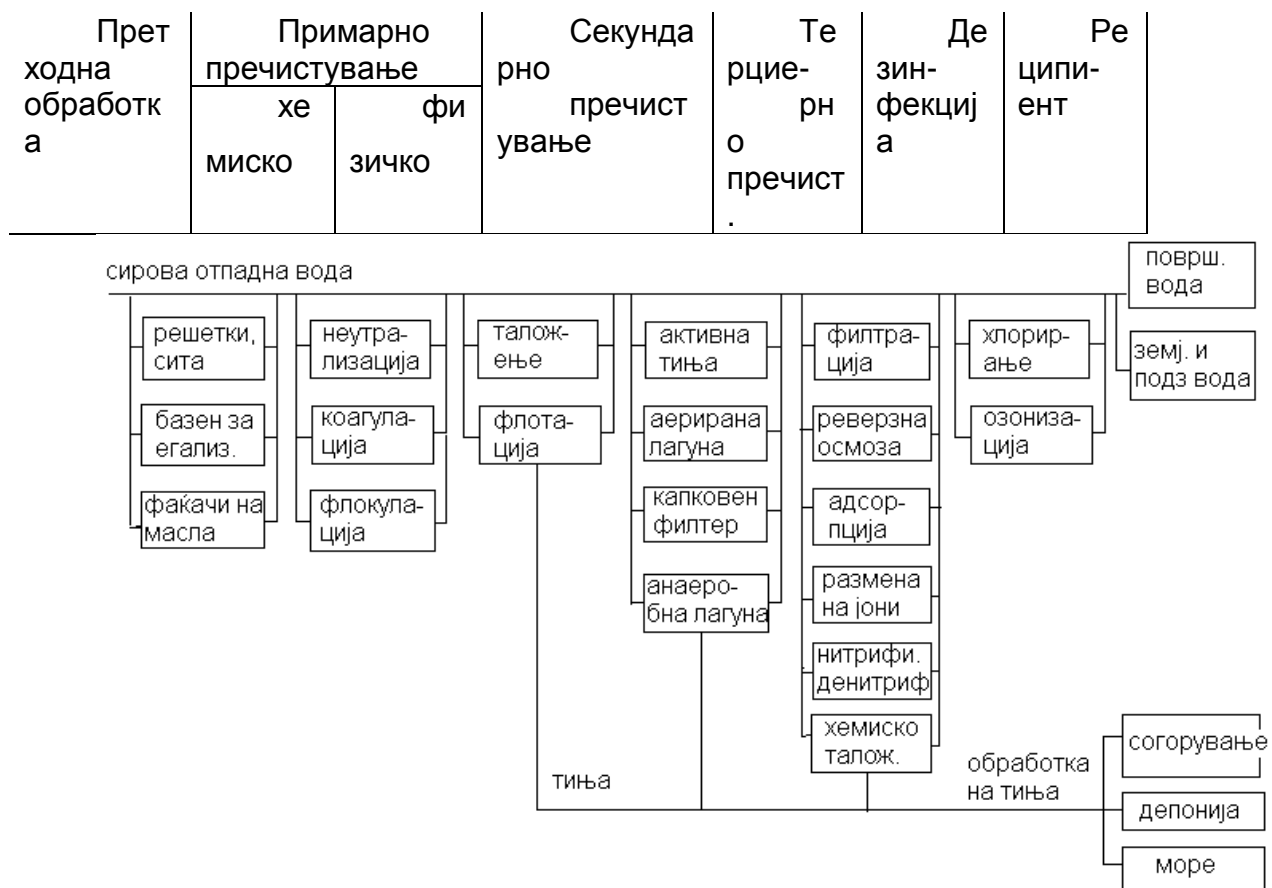
7.3.2. Биолошки испитувања

Се користат во прв ред за да се утврди токсичноста на отпадните води врз живиот свет во водотеците, бидејќи токсичноста не може да се оцени само врз основа на физичките и хемиските карактеристики на водата. Врз основа на биолошките испитувања се утврдува и учинокот од одделни постапки за пречистување.

8. ПРЕЧИСТУВАЊЕ: КЛАСИФИКАЦИЈА НА ПОСТАПКИТЕ ЗА ПРЕЧИСТУВАЊЕ И ОБЈЕКТИ И УРЕДИ ВО ПОСТРОЈКИТЕ ЗА ПРЕЧИСТУВАЊЕ НА ОТПАДНИТЕ ВОДИ

Со пречистувањето се отстранува загадувањето од отпадните води до таа мерка што обработената вода може да се испушти во реципиентот без штетни последици или повторно да се употреби.

Пречистувањето на отпадните води обично се дели на: претходна обработка, примарно, секундарно и терцијарно пречистување и обработка на тињата која настанува во тек на пречистувањето на отпадните води и нејзино одлагање. Класификацијата на постапките за пречистување на отпадните води е дадена на слика 4.



Отстр. на груб мат. изедна. на протокот	Подесување на рН, отст. на нутриент метали	Отст. на суспенд. честици	отст. на раствор. органички материи	Отст. на бионера з.орг. мате. јони, боја	Отстранување на микрофлора	Одлагање на отпадни води и тиња
---	--	---------------------------	-------------------------------------	--	----------------------------	---------------------------------

Слика 4 - Можна поделба на начините на пречистување на отпадни води

Figure 4 - Possible ways of dividing the waste water treatment

Табела 5 - Постапки за отстранување на загадувањето на отпадни води

Tabela 5 - Procedures for removing the pollution of wastewater

Загадување	Начини на отстранување
Суспендирани честици	Таложее Процедување (решетки, сита) Филтрација Флотација
Биоразградливи органски материи	Физичко-хемиски постапки за отстранување Аеробно биолошко разградување Анаеробно биолошко разградување
Бионеразградливи органски материи	Апсорпција Озонизација(терциерна обработка) Размена на јони
Растворливи неоргански материи	Реверзна осмоза Електродијализа Хемиско таложее
Тешки метали	Размена на јони
Нутриенти	Нитрификација-денитрификација
Азот	Размена на јони
Фосфор	Додавање на соли на метали Коагулација со вар Биолошко-хемиски постапки на отстранување Хлорирање
Патогени микроорганизми	Озонизација (дезинфекција)

Претходната обработка на отпадните води опфаќа отстранување на грубиот суспендиран и пливачки материјал, отстранување на инертниот материјал, отстранување на маслото кое се наоѓа на површината на отпадната вода и изедначување на протокот и концентрацијата на отпадната вода. Со примарното пречистување од отпадните води се отстрануваат суспендираните и емулгирани материи со таложење, филтрација и флотација. Со секундарното пречистување се отстрануваат колоидните и дел од растворените органски материи по биолошки или хемиски пат. Терциерното пречистување се применува за отстранување на заостанатото загадување, како што се биогени елементи, бионеразградливи органски материи, патогена микрофлора и токсични материи.

Треба да се истакне дека оваа поделба, иако широко прифатена, секогаш не задоволува. Овде ќе биде прифатена комбинирана поделба на методите за пречистување на отпадните води:

- механички;
- хемиски;
- физичко-хемиски;
- биолошки методи.

Посебно ќе се разгледаат постапките за обработка и одлагање на тињата, постапките за завршно пречистување, повторна употреба и испуштањето на отпадните води.

Изборот на постапките и методите за пречистување за секој конкретен случај ќе зависи од низа фактори: од карактерот на загадувањето на отпадните води (пример за таков избор е даден во табела 5), од бараниот степен на пречистеност, од економичноста на одделни постапки за пречистување и друго.

8.1. Механичко пречистување на отпадните води

Механичкото пречистување се врши со: решетки, сита, таложник за песок, фаќачи на масти и масла, примарни таложници и базен за изедначување на протокот и составот на отпадните води (кога овие се

менуваат во текот на денот). Во склоп на овој дел се користат и уреди за аерација на отпадни води каде што се постигнува подобро издвојување на инертни честици, флотација на масти и масла, внесување на одредено количество на кислород во водата итн.

Механичкото пречистување се применува за:

- претходно пречистување на отпадните води кои одат во пречистителната станица;
- делумно пречистување на атмосферските води пред испуштање во реципиентот;
- претходно пречистување на некои индустриски отпадни води пред испуштање во градската канализација (понекогаш во комбинација со хемиски, физички-хемиски или биолошки постапки).

8.1.1. Решетки

Со помош на решетки се отстрануваат крупни, нерастворливи и пливачки материи од отпадните води. Нивната функција е да ги штитат уредите и цевководите од оштетување и запушување и да го олеснат понатамошниот третман на отпадните води.

Решетките го преградуваат доводниот канал и се поставуваат вертикално и под агол од 40 до 70°. Се изработуваат од челични шипки, со правоаголен или кружен попречен пресек, кои се поставуваат во каналот на еднакво меѓусебно растојание со големина на отворите од 50 до 100 mm.

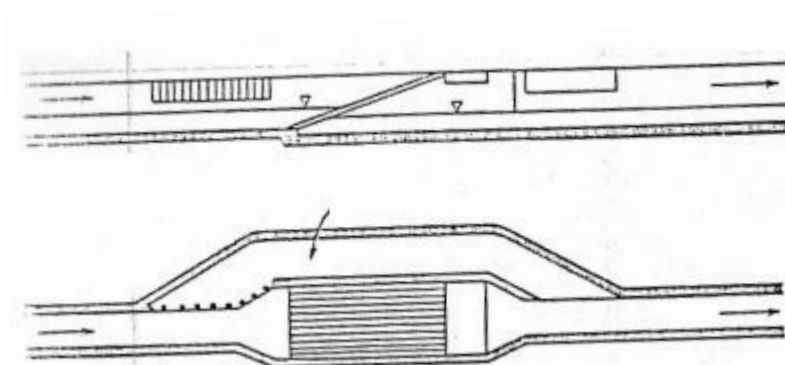
Во однос на големината на отворите на решетките се делат на:

- груби решетки, со ширина на отворот од 50 до 100 mm;
- средно фини решетки, со ширина на отворите од 10 до 25 mm;
- фини решетки, со ширина на отворот од 3 до 10 mm.

Во однос на конструкционите решенија, решетките можат да бидат:

- коси и вертикални (слика 5);
- подвижни и неподвижни;
- со рачно или механичко (автоматско) чистење;

- со дробење на наносот и др.



Слика 5 - Коса решетка со рачно чистење
Figure 5 - Hair grid with manual cleaning

8.1.2. Сита

Ситата се користат за отстранување на суспендирани материји со димензии од еден па до неколку милиметри. Ситата се поставуваат често во фабриките, со цел да се издвојат делови од отпадните води од непреработената суровина или производи и со тоа се намалуваат губитоците во производството. Ситата се изработени од нерѓосувачки челик или друг материјал отпорен на корозија во облик на жичена мрежа. Ситата мора да бидат заштитени од грубиот материјал со претходно поставените решетки.

8.1.3. Таложник за песок

Принцип на работа – слободно таложење, седиментација, одвојување на песокот и минералните честици од водата.

Песокот и другиот инертен материјал предизвикуваат абразија и забрзано оштетување на подвижните делови во уредите за пречистување на отпадната вода. Отстранувањето на инертниот материјал се базира на поголемата брзина на таложење на песокот од брзината на таложење на честиците на органските материји, така што со изборот на погодна брзина на протокот на отпадната вода песокот се

издвојува, а органските суспендирани честици се движат со водата понатаму.

8.1.4. Фаќачи на масти и масла

Фаќачите на масти и масла се правоаголни или кружни базени во кои отпадните води кратко се задржуваат. За да се спречи таложење на потешките суспендирани честици обично се применува аерација со 4 – 8 m³ воздух/m отпадна вода на час, а воведувањето на воздухот го забрзува издвојувањето на маснотиите (ефект на флотација). Маслата и мастите, бидејќи се полесни од водата, пливаат на површината и се издвојуваат со скимери и се префрлуваат во собирен сад, а водата излегува од базенот.

Издвоените масти и масла може да се вратат назад во производството, можат да се спалат, да се закопаат или доколку се биоразградливи да се обработат со биолошките постапки.

8.2. Физички процеси на пречистување на отпадни води

8.2.1. Таложење

Таложењето е најприменувана операција во процесот на пречистување на отпадните води.

Таложењето е мошне важен процес кој се користи во пречистувањето на отпадните води за механичко отстранување на најголем дел од суспендираниот материјал. Во постројките за пречистување на отпадни води таложниците се среќаваат на повеќе места: таложење на песок и друг инертен материјал во рамките на претходната обработка на отпадната вода, отстранување на суспендираните материи во тек на примарното пречистување во т.н. примарни таложници, отстранување и рецикулација на тињата при аеробната и анаеробната обработка во тек на секундарното пречистување во т.н. секундарни таложници и сл.

По издвојувањето на грубиот суспендиран материјал и инертните суспендирани материји од отпадната вода, преостана да се отстранат суспендираните честици чијашто специфична тежина не е многу поголема од специфичната тежина на водата (кои претежно се состојат од органски материји, така што со нивното отстранување се елиминира по правило значаен дел од загадувањето на водата). Во технологијата на отпадните води суспендираните честици се отстрануваат со гравитационо таложење, флотација со воздух и филтрирање.

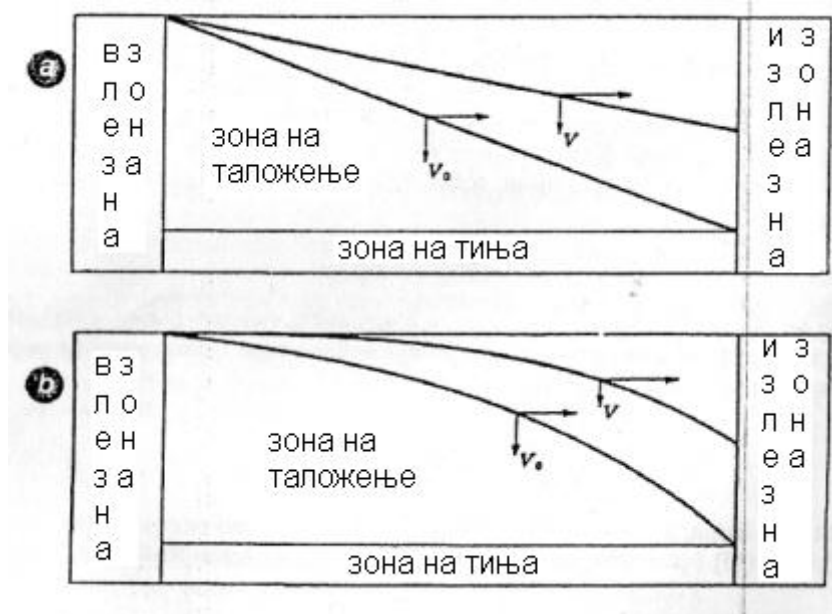
Филтрирањето во технологијата на отпадните води обично се користи за дополнителен третман, на пример, за отстранување на суспендираните честици на активната тиња кои заостанале во отпадната вода по обработката во т.н. секундарни таложници. Филтрирањето ретко се користи како главна постапка во отстранувањето на суспендираните материји од отпадните води, бидејќи по правило е поскап метод од таложењето и флотацијата.

Во зависност од таложните карактеристики и концентрацијата на суспендираните честици разликуваме: таложење на дискретните честици, таложење на честиците кои флокулираат и зонално таложење.

8.2.2. Таложење на дискретни честици

Суспендираните честици коишто при гравитационото таложење не ги менуваат големината, обликот и специфичната тежина се нарекуваат *дискретни честици*. Тие суспендирани честици, доколку во водата се наоѓаат во мали концентрации, се таложат независно една од друга, а брзината на таложењето обично се пресметува со Стоксовата равенка. Анализата на отстранувањето на дискретните честици со таложење се базира на т.н. идеален таложник (слика 6.а.) за кои се зема дека суспендираните честици се рамномерно распоредени по целиот попречен пресек на влезот во зоната на таложење, брзината на протокот на водата во зоната на таложење е иста, честиците што ќе ја допрат зоната на тињата се смета дека се исталожени. Патеката по којашто се таложат суспендираните честици се резултанта на брзината на таложење и брзината на движењето на водата, и за дискретните честици

тоа се прави линии. Суспендираните честици со брзина на таложење ќе се исталожат во моментот кога водата ќе помине низ зоната на таложење (слика б.а.) т.е. сите суспендирани честици со брзина на таложење v поголема од v_0 ќе се отстранат од водата во потполност. Суспендираните честици со брзина на таложење v помало од v_0 ќе бидат само делумно отстранети од водата, во однос v/v_0 . Брзината на таложење v_0 е еднаква на односот на протокот на отпадната вода (Q) и површината на таложникот (A), што се дефинира како преливен проток, Q/A . Тоа значи дека за даден проток на отпадната вода, со изборот на големината на површината на таложникот се одредува колку ќе биде брзината на таложење v_0 , а со тоа се дефинира и големината на суспендираните честици кои во потполност ќе се отстранат од отпадната вода.



Слика 6 - Патека на таложењето на суспендираните честици во идеален таложник: а) таложење на дискретни честици б) таложење на честици кои флукуираат

Figure 6 - Path of sedimentation of suspended particles in an ideal sediment pool: a) deposition of discrete particles b) deposition of particles fluktuante

Во реалниот таложник ефикасноста на таложењето е помала од повеќе причини: поради турбуленција на водата во таложникот,

нееднаквиот тек на водата и поради ресуспендирање на дел од честиците коишто се исталожени на дното на таложникот. Режимот на протечувањето на водата во таложникот се дефинира со Рејнолдсовиот број (Re).

$$Re = \frac{W_h \cdot R}{\nu}$$

каде што W_h е средна брзина на текот на водата, ν - кинематички вискозитет на водата и R - хидраулички пречник на таложникот, за правоаголен таложник дефиниран како однос на површината на попречниот пресек и т.н. навлажнет обем:

$$R = \frac{BH}{B + 2H}$$

каде што B е ширина, а H е висина на таложникот. Ако W_h ја изразиме како однос на протокот на водата низ таложникот (Q) и површината на попречниот пресек (BH), можеме Re бројот да го дефинираме како:

$$Re = \frac{1}{\nu} \cdot \frac{Q}{B + 2H}$$

Ако Re е повеќе од 2.000, текот на водата станува турболентен и поголем дел на суспендираните честици излегуваат од таложникот, односно ефикасноста на таложењето се намалува. Од горниот израз се гледа дека со зголемувањето на ширината и длабочината на таложникот се намалува вредноста на Re бројот, а со тоа ќе се намалува влијанието на турболенцијата на ефикасноста на таложењето. Меѓутоа, во кратките и широките таложници е поизразен нееднаквиот тек на водата. Еднаквиот тек на водата се постигнува при високи вредности на Фроудиовиот број (Fr)

$$Fr = \frac{W_h^2}{g \cdot R}$$

односно за правоаголен таложник:

$$Fr = \frac{Q^2}{g} \cdot \frac{B + 2H}{(BH)^3}$$

од каде што се гледа дека униформниот тек се постигнува со намалување на ширината и висината на таложникот, што е спротивно на барањето за ламеларен тек на водата. Изразите за Рејнолдсовиот и Фроудиовиот број јасно сугерираат дека со намалувањето на хидрауличкиот пречник на таложникот (R) може да се оствари поголема брзина на текот на водата, со тоа и поголем капацитет на таложникот, а вредностите на Re и Fr - број да останат во оптимални граници. Од изразот за хидрауличкиот пречник на таложникот (R) се гледа дека (R) може да се намали со делење на таложните зони на поголем број делови. Тоа во праксата се постигнува со вметнување на цевки во таложникот или брановидна плоча која создава меѓупростори, канали со различен пресек (квадратни, трапезоидни, шестоаголни и др.) и таквите таложници се нарекуваат *цевчести* односно *ламеларни*. Иако овие таложници поднесуваат многу повеќе оптоварување отколку класичните таложници, нивната примена за пречистување на отпадните води не е раширена поради проблемите што се јавуваат при работата, како што е запушувањето на цевките.

Ефикасноста на таложењето се намалува со ресуспендирање на веќе исталожените честици, до кое доаѓа доколку брзината на текот на водата ја премине вредноста на т.н. критична брзина W_t дефинирана со изразот:

$$W_t = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{8\beta}{f} \cdot g \cdot \frac{\rho_p - \rho}{\rho} \cdot d \right)$$

каде што β -коэффициент кој ја опишува подложноста на исталожените честици на ресуспендирање, f - коэффициент, ρ_p - густина на честиците, густина на водата и d - пречник на честицата. Треба да се нагласи дека турбуленцијата на водата и нарушувањето на униформниот тек со што се намалува ефикасноста на таложењето настанува и во влезната зона,

каде што влегува водата во таложникот и во излезната зона од каде се одведува избистрената вода, потоа поради разликата во температурата на водата и воздухот, ветерот и сл.

8.2.3. Таложење на честиците кои флокулираат

Суспендираните честици од индустриските отпадни води имаат особина при таложењето да се спојуваат во поголеми честици, флокули.

Вкупното отстранување на суспендираните честици коишто флокулират не може едноставно да се пресметат, туку податоците кои се неопходни за пресметување се добиваат врз основа на лабораториски испитувања на т.н. таложна колона која го „имитира“ идеалниот таложник. Таложната колона има отвори за земање на примероци на повеќе нивоа, обично на секои 0,6 m. Со анализа на примероците се добиваат податоци од кои се цртаат криви (слика 7) и врз основа на нив се пресметува вкупното отстранување на суспендирани честици кои флокулираат на следниов начин:

$$\text{Процент (\%) на отстранување} = \frac{\Delta h_1}{h_5} \cdot \frac{R_1 + R_2}{2} + \frac{\Delta h_2}{h_5} \cdot \frac{R_2 + R_3}{2} + \frac{\Delta h_3}{h_5} \cdot \frac{R_3 + R_4}{2} + \frac{\Delta h_4}{h_5} \cdot \frac{R_4 + R_5}{2}$$



Слика 7 - Таложна колона и крива на еднаков процент на отстранување на суспендирани честици кои флукулираат

Figure 7 - Suspended column and curve of equal percentage removal of suspended particles fluctuate

Треба да се истакне дека е потребно да се изведат испитувања за сите очекувани концентрации на суспендирани честици во отпадните води, бидејќи степенот на флокулација зависи и од почетната концентрација на суспендираните честици. Така пресметаната ефикасност на отстранување важи за идеален таложник, а за реален таложник таа е помала поради турбуленциите на влезот и излезот на таложникот. Заради таа причина е потребно при димензионирањето на таложникот да се коригира вредноста за преливниот проток и времето на задржување кое се добива на таложната колона. Вообичаено преливниот проток се намалува (дели) со факторот 1.25 до 1.75, односно времето на задржување се зголемува (множи) со факторот 1.50 до 2.00.

8.2.4. Зонско таложење

Суспендираните честици во разблажена суспензија се таложат слободно, независно една од друга, со брзина која практично зависи од нивната големина. Меѓутоа, доколку концентрацијата на суспендираните честици во водата е зголемена, интеракциските сили помеѓу честиците доведуваат до заедничко таложење на суспендираните честици практично независно од нивната големина. Се создава зона на честици кои се таложат со помала или поголема остра гранична површина која ги раздвојува суспендираните честици и избистрената вода. Брзината на зонското таложење зависи од почетната концентрација на суспендираните честици. Во длабоките слоеви на талогот толку се зголемува концентрацијата и се создава структура на суспендирани честици кои се многу близу една до друга и понатамошното таложење се одвива со многу бавно компримирање на таа структура т.е. суспендираните честици се таложат под компресија. Таложниците за обработка на суспензии со поголема концентрација на суспендирани честици кои се таложат зонско имаат двојна функција:

- избистрување, добивање на избистрена вода на преливот;
- згуснување, добивање на згусната тиња на дното на таложникот.

Површината на згуснување се добива од односот помеѓу протокот на суспендирани честици (W_t) и граничниот флуks:

$$A = \frac{W_t}{G_t} = \frac{Q_o \cdot X_o}{G_t}$$

каде што Q_o -проток на суспензијата на влезот на таложникот за згуснување

X_o -почетна концентрација на суспендираните честици под услов протокот на суспендирани честици на влезот на таложникот за згуснување да е еднаков на протокот на суспендираните честици на згуснатата тиња т.е. на преливот да се добие потполно избистрена вода (во реалниот таложник за згуснување секогаш еден дел од суспендираните честици преминува во преливот).

8.2.5. Примарни таложници

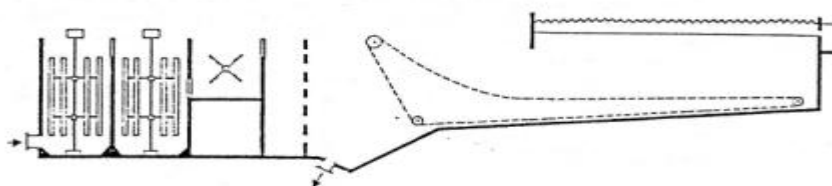
Доколку отпадната вода е со такви карактеристики што суспендираните честици се главен облик на загадувањето, тогаш со намалувањето на концентрацијата на суспендираните честици во таложниците се врши главното пречистување на отпадната вода. Таложниците се користат и за обработка на отпадната вода пред понатамошното (обично биолошко) пречистување, бидејќи со намалувањето на концентрацијата на суспендираните честици се олеснува пречистувањето и оптоварувањето на уредите. Таложниците за оваа намена се нарекуваат примарни, бидејќи се во склоп на т.н. примарно пречистување на водата.

Ефикасноста на отстранувањето на суспендираните честици зависи од тоа како таложникот е димензиониран и конструиран. Во димензионирањето на таложникот предвид се земаат преливниот проток и времето на задржување на отпадната вода. Вредностите ќе зависат од режимот на таложење, односно од карактеристиките на отпадната вода која се обработува, а обично изнесува од 15 до 50 m^3/m^2 на ден за преливниот проток и 1.5–2.5 часа за време на задржување. Основа за димензионирање на уредите за отстранување на тињата од дното е оптоварувањето со суспендирани честици и обично е од 50 до 150 kg/m^2 на ден. На таложењето негативно влијае турбуленцијата во влезната и

излезната зона, движењето на водата предизвикано од уредите за отстранување на тињата од дното и нечистотиите од површината, движењето на водата поради разликата во температурата и сл. Во зависност од квалитетот на конструкцијата (на пример, од тоа како е изведен делот за рамномерна распределба на отпадната вода која влегува во таложникот), од успешноста на решенијата кои се применуваат, тоа негативно влијание ќе биде повеќе или помалку изразено. Во таложниците обично се отстрануваат 50–70% суспендирани честици. Во зависност од содржината на органските материи во суспендираните честици со тоа обично се отстрануваат 25–40% од органското загадување на отпадната вода. Содржината на суви материи на добиениот талог, тиња е 4–10%. Волуменот на тињата зависи од низа фактори: од карактеристиките на отпадната вода која се обработува, траењето на таложењето, степенот на пречистување, карактеристиките на суспендираните честици, длабочината на таложникот, начинот на кој се отстранува тињата и времето на задржувањето на тињата во таложникот.

Во праксата се среќаваат два основни типа на таложници: *правоаголни* и *кружни*. Се разликуваат по начинот на внесувањето и изнесувањето на отпадната вода и отстранувањето на тињата. Правоаголните таложници во хидраулички поглед се поповолни од кружните (односот на големината на таложната зона и вкупниот волумен на таложникот е поповолен кај правоаголните таложници), додека кај кружните таложници подобро е решено собирањето на исталожените честици (поради тоа кружните таложници се користат за згуснување). Кој тип на таложник ќе биде применет зависи од површината со која се располага и од економските параметри (правоаголните таложници бараат помала површина, посебно кога се поставуваат повеќе таложници во станиците за пречистување). Правоаголните таложници се по правило бетонски базени, а кружните се градат од бетон и челик. Кај правоаголните таложници (слика 8) водата влегува приближно со иста брзина и за тоа се поставуваат низа прегради на влезот од таложникот, а на другиот крај на таложникот избистрената вода поминува под делумно нурната преграда, со која се задржуваат суспендираните честици кои се

полесни од водата и преку преливот одат во одводниот канал, исталожената тиња се отстранува со гребалка. Во кружниот таложник отпадната вода се внесува централно, при што водата низ таложникот протекува радијално и преку преливот што е поставен по работ на таложникот истекува во одводниот канал. Тињата се отстранува со гребалки кои се зацврстени на централно поставената осовина што ротира.

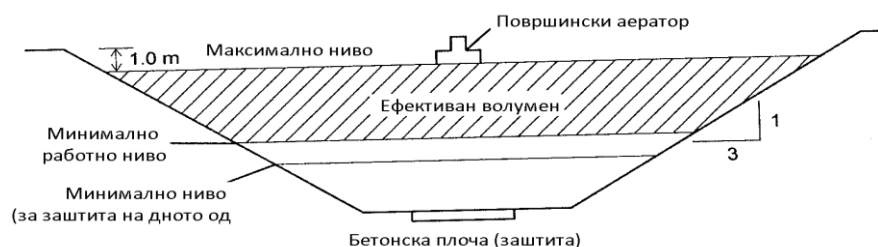


Слика 8 - Правоаголен таложник
Figure 8 - Rectangular sediment pool

8.2.6. Изедначување на протокот и составот на отпадната вода

Отпадната вода има променлив проток и состав, што може да ја наруши работата на одделни делови од постројката. Во услови на големи дневни осцилации на протокот и оптоварување со отпадна вода, со цел да се подигне ефикасноста на постројката, може да се предвидат уреди за изедначување на протокот. Уреди за изедначување на протокот на отпадни води се:

- базен за изедначување на протокот (егализационен базен);
- опрема за мешање и внесување на воздух во отпадната вода;
- уреди за евакуација на водата од базенот.



Слика 9 - Базен за изедначување на протокот на отпадна вода
Figure 9 - Pool for equalizing the flow of wastewater

8.2.7. Секундарни таложници

За отстранувањето на активната тиња после постапката на биолошко пречистување на отпадната вода се користат секундарни таложници. За разлика од примарните таложници на коишто основна функција е избиструвањето на отпадната вода, на секундарните таложници им е подеднакво важна и функцијата на згуснување на тињата. По конструкција секундарните таложници битно не се разликуваат од примарните, освен што кај секундарните таложници најголемо влијание се посветува на механизмот на отстранување на тињата кој е со поголем капацитет и по изведба е поробусен. Почесто се среќаваат кружни таложници отколку правоаголни, со пречник од 3 до 60 метри, обично се од 10 до 30 метри и со длабочина до 5 метри. Посебно внимание треба да се посвети на брзината на протокот на отпадната вода преку слојот на исталожената тиња за да не дојде до ресуспендирање на тињата.

Секундарните таложници треба:

- главно да ја спречат активната тиња (и на неа апсорбираните материји) да доспеат во водоприемникот;
- седиментираниот талог да го згуснат;
- да овозможат регулација на потребната количина на активна тиња во базенот на активна тиња во зависност од количината и оптоварувањето со загадувачки материји на отпадната вода (повратна тиња).

Посебен проблем прават надуената и пловечката тиња, кои можат да доведат до лоша седиментација, а со тоа и при мали количини на повратна тиња кон базенот за активна тиња може да доведе дури и до загрозување на биолошкото пречистување.

8.2.8. Флотација

Во пречистувањето на отпадните води флотацијата се користи како претходно пречистување за отстранување на пена, масти и масла пред пуштањето во градската канализација, ако се присутни во голема

количина. Во постројките за пречистување се применува пред таложето, доколку се очекува голема количина на пливачка тиња и пена.

Флотационите постапки често се применуваат при третман на индустриски отпадни води, посебно кај:

- отпадни води од кланици и од прехранбената индустрија, кои содржат масти и масла;
- отпадни води од рафинерии на нафта и од работилници за моторни масла кои содржат минерални масла;
- отпадни води кои содржат влакна и флокули (пр. од индустријата за хартија).

Доколку мастите и маслата кои треба да се одвојат се наоѓаат во стабилни емулзии, тие претходно треба да се раздвојат.

Флотацијата се користи за отстранување на суспендираните честици со мала специфична тежина и емулзирани масла, како и за концентрирање на тињата која се создава при пречистувањето на отпадните води. Воздушните меури се „лепат“ за суспендираните честици, со што тие привидно стануваат полесни од водата и испливуваат на површината од каде што се собираат, и затоа примарните таложници мора да бидат опремени и со уреди за отстранување на овие честици од површината.

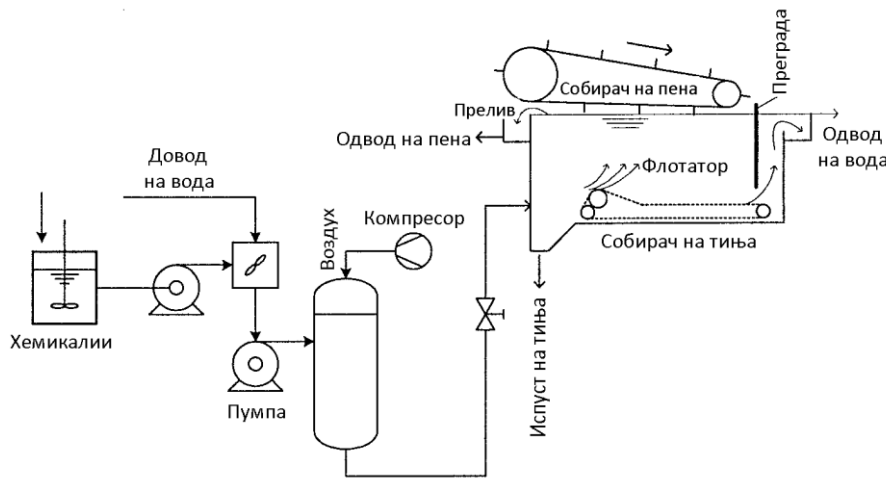
Постојат повеќе начини на внесување на воздушните меурчиња во водата.

8.2.8.1. Флотација со воздух под атмосферски притисок

Воздухот се вдувува преку порозни цевки и плочи, и на тој начин се образуваат фини меурчиња. Обично се вдувува 0.2 m^3 воздух (при притисок од 101.315 kPa) на 1 m^3 вода, а времето на задржување на водата во базенот за флотација е околу 35 минути.

8.2.8.2. Флотација со растворен воздух

Ефикасноста на флотацијата се зголемува ако меурчињата воздух се помали. Исклучително фини воздушни меурчиња може да се добијат ако воздухот во водата се раствори под зголемен притисок, а потоа водата се изложува на нормален притисок. Меурчињата се апсорбират на образуваните снегулки (флокули) тиња или заостануваат во снегулките при нивното формирање. Притисокот под кој се раствора воздухот во водата е од 2 до 4 bar. Кај помалите постројки за пречистување целокупната количина на отпадна вода може да се подложи на зголемен притисок (слика 10). Кај поголеми постројки само дел од водата се упатува на збогатување со растворен воздух под притисок, а преостанатиот дел вода се упатува директно во базен за флотација, каде што на влезот се меша со водата која претходно е збогатена со воздух.



Слика 10 - Шема на уред за флотација со растворен воздух

Figure 10 - Scheme device with dissolved air flotation

8.2.8.3. Вакуумска флотација

Се врши во херметички затворени базени каде што водата која е претходно заситена со воздух на нормален притисок се подложува на притисок понизок од атмосферскиот (делумно вакуум). Под снижен

притисок доаѓа до десорпција на воздухот и издвојување на фини меурчиња.

Ефектот на флотација често се подобрува со додавање на средства за коагулација и флокулација, како што се алуминиумсулфат, ферихлорид и полиелектролити. Резервоарите за флотација се по конструкција слични на таложниците.

8.3. Хемиски процеси на пречистување на отпадни води

Хемиски процеси за пречистување се процеси во кои пречистувањето се врши со помош на одредени реакции и по правило тие се адитивни процеси: се внесуваат хемикалии во водата за да се отстрани загадувањето. Тоа доведува до зголемена концентрација на растворени материи во водата (хемикалиите обично мораат да се додадат во вишок), што е неповолно доколку така пречистената вода повторно се користи. Освен тоа, хемиските процеси за пречистување се обично скапи. Меѓутоа, треба да се истакне дека хемиските процеси за отстранување на одделни дефинирани загадувања на отпадната вода (чест случај со индустриските отпадни води) обично немаат алтернатива. Основното поле за примена на хемиското пречистување на отпадните води е отстранување на суспендирани и колоидни растворени материи со коагулација и флокулација, отстранување на одделни растворени материи: со хемиско таложее, јонска измена, неутрализација, оксидација, апсорпција.

Отстранувањето на суспендираните и колоидните материи од отпадната вода со коагулација и флокулација (создадените флокули се издвојуваат со таложее, флотација или филтрирање) е најзастапената постапка во хемиското пречистување на отпадните води.

Во технологијата на отпадни води пречистувањето со постапките коагулација и флокулација е алтернатива за биолошките процеси на пречистување. Предностите во однос на биолошките процеси се: поедноставна и поевтина опрема, поедноставно и сигурно водење и контрола на процесот на пречистување, постројката за пречистување лесно се запира и повторно се пушта во работа без негативно влијание

на процесот на пречистување. Главен недостаток е помалата ефикасност на пречистување (не се отстрануваат растворените материји). Освен тоа, се создава поголема количина на волуменозен талог, тиња, чија обработка е скапа.

8.3.1. Коагулација

Коагулацијата е процес на дестабилизација на микроскопските ситни честици на кои со помош на хемикалии им се неутрализира нивниот електричен полнеж и им се овозможува спојување во покрупни честици кои побрзо се таложат. Коагулацијата се одвива во две фази. Првата фаза е рамномерен распоред на додадената хемикалија низ водата, каде што се разблажува и хидролизира образувајќи метал-хидроксилни комплекси. Другата фаза е дестабилизација, во која се случува сорпција на хидролизираната хемикалија–коагулантот на површината на честичите и неутрализација на полнежот. Овие две фази се многу брзи. Образувањето на метал–хидроксилните комплекси се случува за 0,01–1 секунда, а нивната сорпција на нерастворените честици и колоиди за 10 секунди.

8.3.2. Флокулација

Флокулацијата е процес кој се надоврзува на коагулацијата и има за задача да овозможи интензивен допир помеѓу дестабилизираниите честици, со што се постигнува нивно спојување во покрупни фракции (флокули). Со флокулацијата се постигнува создавање на честица–флокула со одредена големина преку низа на фактори. Тие го подобруваат дејството, дејствувајќи коагулационо на зголемувањето на флокулите преку поврзување на повеќе помали флокули и зголемувајќи ја јачината на флокулата. Под јачина на флокулата се подразбира нивната отпорност на различните сили коишто се јавуваат при течењето на водата низ цевките или каналите при филтрацијата.

8.3.3. Хемиски реакции при коагулација

Како што е познато, цел на хемиската коагулација е редукција на зета потенцијалот, односно зголемување на привлечните сили помеѓу колоидните честици, излегување од подрачјето на важење на законот за Брауново движење и почеток на формирање на флокули. Бидејќи колоидните честици во најголем дел се електронегативни, за нивна коагулација најмногу се користат солите на тровалентните метали, како што се алуминиумот и железото. Ефектот на додадените јони е поголем доколку е поголема нивната валентност. Ако дејството на валентните јони се земе како единица мерка, тогаш дејството на двовалентните јони е околу 30, а на тровалентните е околу 1.000 (Сулзхардиова теорија). Реакциите што се одвиваат при коагулацијата практично се исти како за фери, така и за алуминиум-сулфат.

Растворените соли на алуминиумот и железото кои во водата градат нерастворливи хидроксида се користат како примарни коагуланти, додека полиелектролитите се користат како помошни флокуланти и како средство за згуснување на тињата, бидејќи се многу поскапи од солите на алуминиумот и железото. Врз процесот на коагулација влијание имаат како хемиските така и физичките параметри. Од хемиските е најважна густината на полнежот на колоидните честици (зависи од рН вредноста и јонската состојба) и типот на колоидите. Најважните физички параметри се температурата на водата, брзината на мешањето по додавањето на коагулантот и димензиите на колоидните честици. За да дојде до формирање на флокулите претходно е потребно водата да има одредена рН вредност. Регулација на рН вредноста се врши најчесто во текот на коагулација со додавање на вар или сода.

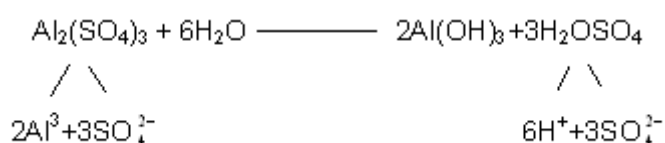
8.3.4. Видови на коагуланти и флокуланти

Хемикалиите кои најмногу се користат како коагуланти се солите на алуминиумот – алуминиум-сулфат и солите на железото – феросулфат, ферисулфат и ферихлорид. Покрај коагуланти, при хемиската

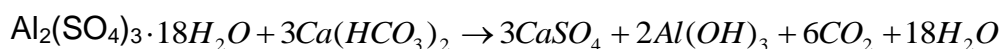
коагулација се додаваат и различни помошни супстанции со задача да ја помогнат флокулацијата т.н. флокуланти. Најпознати флокуланти се: активирани силициумова киселина и полиелектролити.

8.3.4.1. Алуминиум сулфат

Алуминиум сулфатот е најевтино и најчесто употребуваното средство за коагулација и флокулација. Тој во водата хидролизира според равенката:



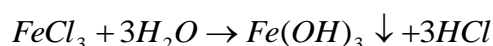
Кога во отпадната вода која содржи бикарбонати на калциум или магнезиум ќе се додаде алуминиум сулфат се одигрува следната хемиска реакција:



Како производ на реакцијата се добива нерастворлив алуминиум хидроксид, кој се исталожува во облик на крупни желатинозни флокули кои со себе ги повлекуваат суспендираните материи. При работата со алуминиум сулфат, првите видливи знаци на флокулација се јавуваат по 15 минути од мешањето на растворот на алуминиум сулфат и водата, а за потполна флокулација обично се потребни 1 – 2 часа.

8.3.4.2. Ферихлорид

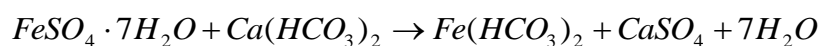
Примената на ферихлоридот и останатите соединенија на железото како коагулациони средства се засновува на тоа од нив во водата да се таложат флокули на ферихидроксид $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Меѓутоа, ферихлоридот во водата хидролизира кисело, слично како и алуминиум сулфатот:



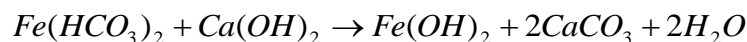
Притоа се намалува рН на водата, со што се раствораат флокулите на ферихидроксидот и се добива стабилен раствор на феријон во рамнотежа со соодветните анјони. Меѓутоа, и во овој случај доаѓа до неутрализација со хидролиза на создадената солна киселина со бикарбонатите од водата, при што настанува јаглена киселина, која како слаба киселина се распаѓа на јаглерод диоксид кој се ослободува како гас, па така реакцијата оди надесно и флокулите на фери хидроксид се стабилизираат:

8.3.4.3. Феросулфат

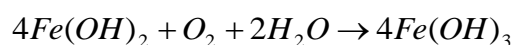
Додавањето на феросулфат во отпадната вода доведува до следнава реакција:



Со додавање на вар настанува:



а со трошење на растворениот кислород од водата настанува:



Крајниот производ ферихидроксид е нерастворлив во вода и формира флокули слични како и кај реакцијата со алуминиум сулфат. Флокулите тонат низ водата и со себе ги повлекуваат суспендираните материји.

8.3.5. Флокуланти

Флокулантите се помошни коагулациони средства кои се применуваат со цел да се подобри дејството на коагулантите, за да се создадат покрупни флокули за полесно да се исталожат. Флокулантите

можат да бидат природни и синтетички, а за зголемување на тежината на флокулата се употребуваат помошни минерални материји, како што се бентонитот и други глини, инфузиорска земја и др. Синтетичките флокуланти т.е. полиелектролитите можат да бидат: анјонски, катјонски и нејонски. Катјонските полиелектролити дејствуваат и како коагуланти и како флокуланти, и со нивната примена се намалува дозата на коагулантите. Тие се користат како примарен флокулант или како помошно средство за флокулација во комбинација со солите на железото и алуминиумот.

Полиелектролитите се користат во количини кои се 20 до 50 пати помали од количината на примарните флокуланти.

Бентонитот се користи како помошно флокулационо средство, најчесто во комбинација со алуминиум хидроксид или со фери хидроксид. Тој силно набабрува, а глинестите набабрени честички се наелектризирани негативно и ги привлекуваат позитивно наелектризираните честички од водата.

Флокулацијата се состои од повеќе фази:

- подготовка на средствата за флокулација (растворање);
- мешање на подготвените флокулациони средства со водата со силна турбуленција;
- создавање на флокули;
- седиментација;
- одвојување и обработка на тињата.

Растворањето на средствата за флокулација треба да се направи така што ќе се добие хомоген раствор со позната концентрација. Мешањето на флокулационите средства со водата е еден од најважните фактори за успешноста на таложењето, бидејќи со мешањето се обезбедува и реакција помеѓу отпадната вода и средствата за флокулација, која е предуслов за создавање на крупни фоликули. Потоа се остава водата да мирува, при што се формираат флокулите кои се таложат на дното од реакторот.

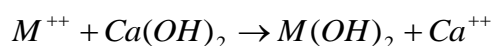
8.3.6. Неутрализација

Киселоста и алкалноста на многу отпадни води е толку голема што доколку се ипуштат во реципиентот ќе го загрозат живиот свет во него, односно во случај на нивно биолошко пречистување негативно би влијаело на работата на микроорганизмите. Неутрализацијата на киселоста и алкалноста на отпадните води не мора да се изведе во потполност до рН 7, туку рН да биде во дозволените граници: за отпадните води кои се испуштаат во реципиентот рН да биде од 6 до 8,5 или 9, а во случај на биолошко пречистување обично се бара рН 6.5 до 8.

Киселоста која обично потекнува од сулфурната киселина најчесто се неутрализира со вар која е наевтина, но не е добра бидејќи неутрализацијата е бавна и притоа се формира калциумсулфат кој е нерастворлив. Во праксата се покажало дека неутрализацијата со натриум хидроксид е најдобра. За неутрализација на алкалноста е најевтина сулфурната киселина. При неутрализацијата е потребно да се обезбеди интензивно мешање и контрола на рН вредноста. Опремата (садовите, пумпите, уредите за мешање) мора да бидат од материјал кој е отпорен на агресивноста на таквите отпадни води и средствата за неутрализација.

8.3.7. Отстранување на тешките метали

Тешките метали (олово, жива, бакар, арсен, бариум, кадмиум, хром) се наоѓаат во отпадните води од рударството, производството на челик, површинската обработка на метали и др. Тешките метали се отстрануваат со претворање во нерастворливи соединенија и таложеење со соодветни средства. Најчесто се претвораат во хидроксиди, потоа во сулфиди, а некои метали во карбонати. Тешките метали (M) се претворат во нерастворливи хидроксиди со калциум хидроксид (вар) или натриум хидроксид. На пример:



Ефикасноста на пречистувањето е голема: преостанатата концентрација на тешки метали е обично помала од 1.0 mg/l, а во некои случаи е помала и од 0.1 mg/l. Ефикасноста на пречистување зависи во прв ред од рН, бидејќи повеќето метални хидроксида се амфотерни. Во случај кога отпадната вода содржи тешки метали чии хидроксида имаат најмала растворливост на различни вредности на рН, отстранувањето со хемиско таложење мора да се изведе како повеќестепена постапка и за секој степен мора да се обезбеди оптимална рН. Тешките метали можат ефикасно да се исталожат како сулфиди, чија растворливост е помала од хидроксидите и не се амфотерни како хидроксидите. Ефикасноста на хемиското таложење на тешките метали ќе зависи и од тоа дали во отпадната вода има материи кои сметаат при таложењето, бидејќи градат комплекси со металите, на пример цијанидите и амонијакот. Таквите материи мораат да се отстранат со претходна обработка на отпадната вода. Главниот дел на постројката за хемиско таложење е резервоар со мешалка во кој отпадната вода се доведува во контакт со средствата за таложење. Постојката е опремена со соодветни пумпи за дозирање на средствата за таложење, како и резервоари за подготовка на тие средства. Претходно мора да се дефинираат параметрите за процесот: дозата за средствата за таложење, оптималните вредности на рН, таложните карактеристики на создадените суспендирани честици, дозата на коагуланти и флокуланти.

8.4. Биолошко пречистување

Се заснова на активноста на комплексна микрофлора, која во тек на својот животен циклус ги усвојува органските материи и мал дел на неоргански материи кои го прават загадувањето на отпадните води, користејќи ги за одржување на животната активност и за создавање на живи клетки. По завршеното пречистување се прави сепарација на микрофлората и пречистена отпадна вода во која заостанува мала количина органски материја, која биолошки е неразградувачка, како и продукти на метаболизмот на микрофлората.

Со биолошкото пречистување е можно од отпадните води да се отстрани најголем дел на органското загадување, но не е можно во целост да се пречисти. Биолошкото пречистување се користи првенствено за отстранување на органските нечистотии во отпадните води. Разликуваме аеробни и анаеробни биолошки процеси на пречистување, засновани на биолошката активност на аеробните и анаеробните микроорганизми.

При аеробниот процес има интензивен раст на биомасата на микроорганизмите, односно брзо пречистување, кај анаеробните процеси има побавно растење на микроорганизмите и создавање на помала биомаса, т.е. процесот на анаеробното пречистување е побавен.

8.4.1. Аеробни процеси на пречистување

Аеробното пречистување е повеќе застапено од анаеробното. Се применува во обработка на отпадни води со мала и средна концентрација на органско загадување (анаеробниот процес е погоден за пречистување на отпадни води со голема концентрација на органски материи). Аеробното пречистување го делиме на постапки со суспендирана микрофлора и постапка со имобилизиран слој т.е. микрофлора имобилизирана на погоден носач.

8.4.1.1. Аеробни постапки со суспендирана микрофлора

Постапката со суспендирана микрофлора е најраширен вид на аеробен процес на пречистување во прв ред за обработка на слабо и средни оптоварени отпадни води, како на пример комунални отпадни води. Во најголем број на случаи се применува постапка со активна тиња, а се среќаваат уште аеробни лагуни и аеробни (плитки) езера.

8.4.1.2. Постапка со активна тиња

Активна тиња е име за биолошки активна биомаса на аеробна микрофлора, суспендирана во отпадната вода во облик на флокули, при што во флокулите освен живи активни микроорганизми се наоѓаат и мртви клетки, како и органски и неоргански материи од отпадните води кои се пречистуваат.

Отпадните води се носат во реакторот во кои активната тиња се одржува во суспензија. Со помош на аеробната микрофлора на активната тиња се случува биолошка оксидација на органскиот дел на отпадната вода. Најважни и најзастапени микроорганизми во активната тиња се бактериите. Главно се работи за грам - негативни бактерии од родовите: *Pseudomonas*, *Zooglea*, *Achromabacter*, *Flavobacterium* и др. Се јавуваат и филаментозни бактерии, протозои и некои фунги кои се отпорни на ниски рН вредности и имаат мала потреба на нутриенти. Кислородот за биолошка оксидација се обезбедува со постојано аерирање на отпадната вода во реакторот. Откако е постигнат предвидениот степен на пречистување, содржината од реакторот се префрла во таложникот каде што се одвојуваат флокулите на активната тиња од пречистената отпадна вода, а од дното на таложникот се отстранува активната тиња. Дел од активната тиња обично се рециркулира во процесот, со што во реакторот би се одржувала доволна концентрација на микрофлора за изведување на брзо и ефикасно пречистување.

8.4.1.3. Оптоварување и димензионирање

8.4.1.3.1 Оптоварување на масата на тињата

Различни системи на примената на активната тиња се разликуваат по оптоварувањата на масата на тињата којашто претставува размер на дневната количина на органското оптоварување и масата на бактериите што вршат пречистување. Оптоварувањето се изразува преку дневната количина на БПК₅, која влегува во базенот за

аерација, а наместо со масата на бактериите се пресметува со сувата материја на тињата (SM) во базенот (во англосаксонската литература се означува со MLSS). Така, оптоварувањето на масата на тињата се изразува:

$$V_{SM} = \frac{BPK_5 (kg / ден)}{SM (kg)}$$

Оптоварувањето на масата на тињата на различни постројки е прикажано во табела 6.

Табела 6 - Гранични вредности на оптоварувањето на масата на тињата

Table 6 - Limits values of the burden of the mass of sludge

Оптоварување на тињата	kg BPK ₅ /ден kg SM
Јако	над 0,5
Средно	0,2 - 0,5
Слабо	0,07 - 0,2
Многу слабо (продолжена аерација)	под 0,07

8.4.1.3.2. Волуменско оптоварување

Волуменско оптоварување (Vv) претставува однос на дневната количина на органското оптоварување кое влегува во реакторот и зафатнината на реакторот (аерационен базен). Во зависност од претходното пречистување и концентрацијата на тињата во базенот за аерација (SM kg/m³) се применува волуменско оптоварување прикажано во табела 7.

Табела 7 - Гранични вредности на волуменско оптоварување

Table 7 - Limit values of bulk load

Волуменско оптоварување	kg BPK ₅ /ден m ³
Јако	над 1,5
Средно	0,6 - 1,5
Слабо	0,35 - 0,6
Многу слабо (продолжена аерација)	под 0,35

8.4.1.3.3. Потреба од кислород

Во отпадната вода мора непрекинато да се внесува кислород за да се одржуваат аеробни услови (минимално од 1 до 2 g O₂/m³) и овозможување на аеробно биоразградување на органските материи, ендогена респирација на организмите и одржување на активната тиња во суспензија. Растворениот кислород организмите го користат во процесот на синтеза за изградба на биомаса за оксидација на органските материи, ендогена респирација и нитрификација. Со намалувањето на оптоварувањето на постројката расте уделот во потрошувачката на кислород за ендогена респирација и нитрификација во однос на вкупната потрошувачка.

Прирастот на масата на тињата по kg БПК₅ ќе биде дотолку помал, а потребата од кислород е поголема доколку оптоварувањето на масата на тињата е помало. Според тоа (теориската) потрошувачка на кислород по kgБПК₅ е функција на оптоварувањето на масата на тињата.

Во постројките со конвенционална постапка со оптоварување на масата на тињата поголемо од 0,3 kg БПК₅/ден kg SM, потребите од кислород се движат во граници од 30 до 55 m³ воздух/ kg отстранета БПК₅, додека за ниски оптоварувања на тињата овие потреби растат до 75 до 115 m³ воздух / kg отстранет БПК₅. Потребната дневна количина на кислород може да се оцени преку формулата:

$$R_o = a \frac{PSP}{100} L_a + k_{re} SM V_a + 4L_{Nox}$$

каде што: R_o - вкупна дневна потрошувачка на растворен кислород што го трошат микроорганизмите во аерациониот базен (kg O₂ / ден), k_{re} (kg БПК₅ /ден kg SM) ≅ 0,15 - дел од кислородот што бактериите го трошат за дишење, L_a (kg БПК₅ /ден) - вкупно дневно оптоварување БПК₅ кое влегува во аерациониот базен, PSP (%) - потребен степен на пречистување (ефикасност на отстранување на БПК₅), SM (kg SM/ m³) - концентрација на тињата во аерациониот базен, V_a (m³) - запремина на аерациониот базен. Коефициентот а (g O₂ / g БПК₅) ≅ 0,5 - претставува однос на количината на кислород кој бактериите го трошат за оксидација

на органските материи за да добијат енергија за создавање на биомаса, според количината која се вградува во биомасата. L_{Nox} (kgN/ден) - претставува дневно оптоварување на оксидабилните соединенија на азотот. Потрошувачката на кислород за оксидација на азотот треба да се земе предвид доколку во аерациониот базен може да дојде до оксидација на азотот (нитрификација).

Кислородот се внесува во отпадната вода со помош на различни типови на аератори, при што се применуваат системи со вдување на воздух или механички аератори. Внесувањето на кислород кај уредот за вдување на воздух зависи од големината на меурите (поситни меури, поголем внес на кислород), температурата, како и од составот на отпадната вода (присуството на детергент го намалува внесот на кислород). Кај механичките аератори составот на водите има мало влијание на ефикасноста поради големите турбуленции кои се создаваат, но од друга страна овие аератори ја загадуваат околината со воздухот на аеросолите.

Техничките показатели на некои најчесто применувани аератори во биолошкото пречистување на отпадните води се дадени во табела 8.

Табела 8 - Технички показатели на различни типови на аератори

Table 8 - Technical indicators for different types of aerators

Типови на аератори	η а)	ОЕ	
	(%)	стандардна б)	теренска в)
Вдување на воздух			
фини меурчиња	10 – 30	1,2 – 2,0	0,7 – 1,4
средно-фини меурчиња	6 – 15	1,0 – 1,6	0,6 – 1,0
груби меурчиња	4 – 8	0,6 – 1,2	0,3 – 0,9
Потопен турбински распршувач		1,2 – 1,4	0,7 – 1,0

Механички аератори		
површински (турбински)	1,2 – 2,4	0,7 – 1,4
ротирачки четки	1,2 – 2,4	0,7 – 1,3

а) во зависност од длабочината на водата (од 3 до 8 метри на испитуваните постројки)

б) при $T=20^{\circ}\text{C}$, $p=101,315\text{ kPa}$, почетна концентрација на кислород 0 mg/l , за чиста вода

в) при $T=15^{\circ}\text{C}$, на 150 mm , почетна концентрација на кислород 2 mg/l , за отпадна вода.

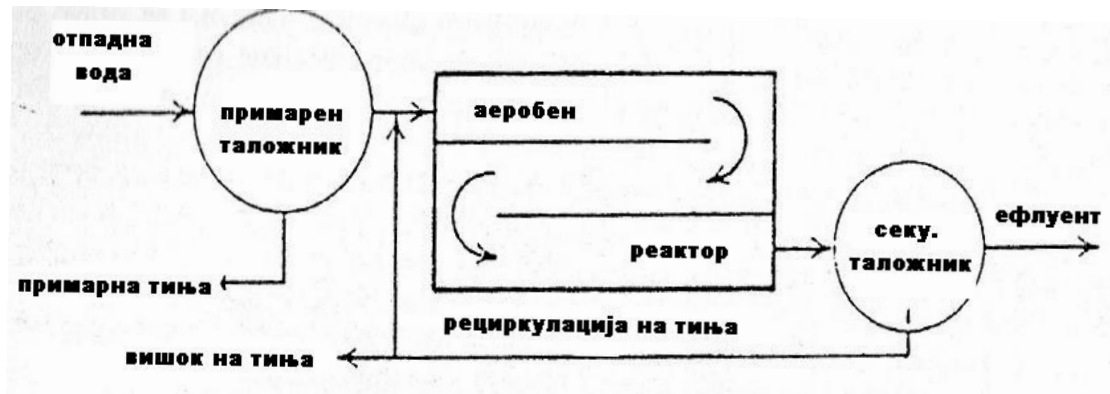
8.4.1.4. Конвенционална постапка

Оваа постапка е заснована на работата на реактор со клипен тек. На слика 11 е дадена поедноставна шема на постапката, а на слика 12 шематски е прикажана вообичаена изведба на реакторот со клипен тек. Отпадната вода по отстранувањето на таложливите суспендирани честици во примарниот таложник се меша пред влез во реакторот со рециркулирана активна тиња. Водата низ реакторот минува со константно аерирање и мешање, при што микроорганизмите од активната тиња го разградуваат загадувањето. Времето на задржувањето на водата во реакторот е обично 4-8 часа. Отпадната вода преоѓа во таложникот, каде што се одвојува активната тиња и се рециркулира во реакторот. Основна карактеристика на конвенционалната постапка е истиот интензитет на аерација по должината на текот на отпадната вода низ реакторот.

Потребата на микрофлората од кислород е најголема на почетокот, бидејќи тогаш е најголем ВРК на отпадната вода, а понатаму прогресивно се намалува (концентрацијата на растворениот кислород во реакторот не треба да е помала од 2 mg/l).

Слика 11 - Конвенционална постапка со активна тиња, реактор со клипен тек

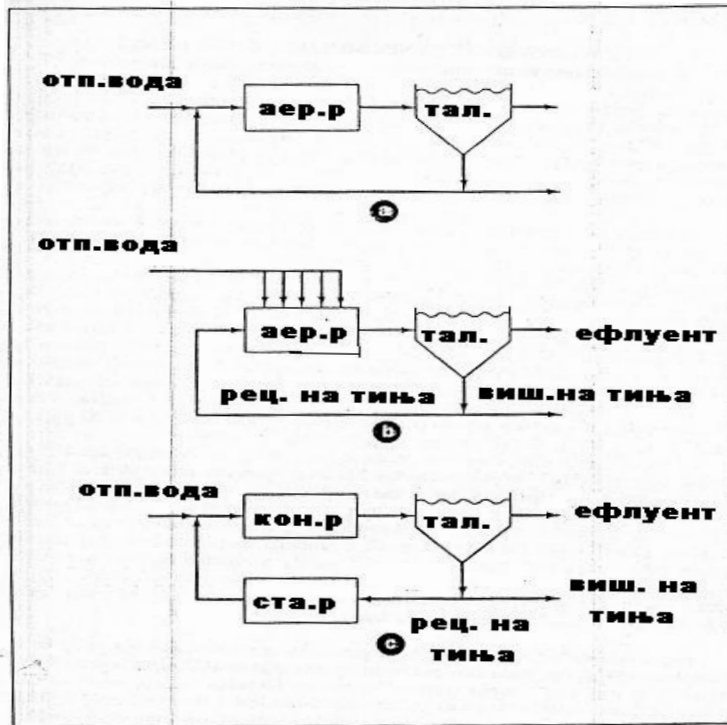
Figure 11 - Conventional procedure sludge, piston flow reactor



8.4.1.5. Степенеста аерација

При оваа постапка се воведува на повеќе места по должината на танкот (а не само на почетокот како кај конвенционалната постапка), односно аерациониот танк обично се дели на повеќе паралелни канали и во секој се воведува дел од отпадната вода која се пречистува додека рециркулираната активна тиња се воведува на почетокот од реакторот.

Со тоа се постигнува одредена рамнотежа во оптоварувањето, со што и потрошувачката на кислородот. Тука има подобро искористување на кислородот и поголема концентрација на микрофлора во реакторот, а со тоа и поголема ефикасност во пречистувањето на поголема количина на отпадна вода отколку со конвенционалната постапка.



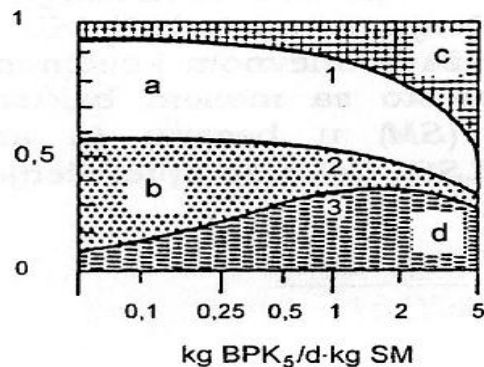
Слика 12 - Шема на постапка со активна тиња: а) конвенционална, б) степенеста, в) контактна.

Figure 12 - Scheme procedure sludge: а) conventional, б) gradual, с) contact.

8.4.1.6. Степен на пречистување

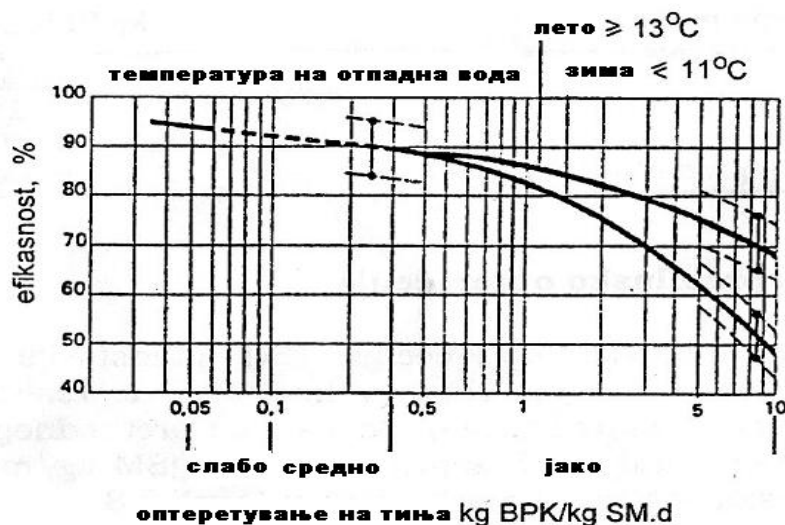
Во зависност од оптоварувањето во постројките се одигруваат различни промени на органските материи, се постигнува различен степен на пречистување со различна потрошувачка на кислород. Во зависност од оптоварувањето на масата на тињата на слика 13 е прикажан уделот: преостанатата БПК₅ (с), асимилација и респирација (а), ендогена респирација (б) и нето произведена биомаса (д). Покрај тоа, во постројките со оптоварување на масата на тињата помало од 0,1 до 0,4 (kg БПК₅ /ден kg SM), а зависно од рН вредностите и температурата, може да дојде до нитрификација. Ефикасноста на една постројка со активна тиња првенствено зависи од оптоварувањето на масата на тињата. Покрај тоа на ефикасноста влијае и температурата на водите (слика 14) која се менува во текот на годината, со обзир на тоа дека

објектите на постројките за пречистување на отпадните води најчесто се градат како отворени. На слика 13 е дадена промена на остварениот степен на отстранување на БПК₅ од оптоварувањето на масата на тињата.



Слика 13 - Промена на параметрите на пречистување во зависност од оптоварувањето на масата на тињата

Figure 13 - Change the parameters of treatment depending on the burden of the mass of sludge



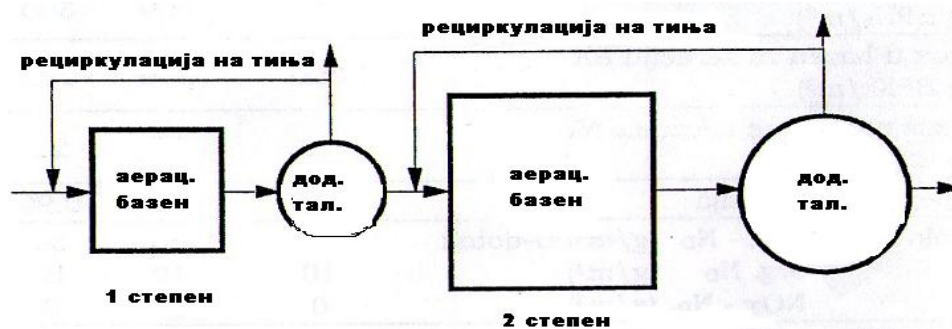
Слика 14 - Зависност на ефикасноста на процесот со активна тиња од температурата и оптоварувањето на тињата

Figure 14 - Depending on the efficiency of the process sludge from temperature and load of sludge

Ова е искористено кај двостепените постапки. Двостепената АВ постапка (слика 15) се состои од две конвенционални постапки во низа.

Првиот степен работи како високо оптоварување на постројката, додека вториот степен со пониско оптоварување на масата на тињата. Во однос на едностепена конвенционална постапка, АВ постапката дава помала запремина на аерационите базени, но има два таложника, така што одлуката за избор на оваа постапка мора да се донесе по техничко-економска анализа.

Двостепените постапки можат да се добијат и со комбинирање на биофилтри и аерационен базен или два биофилтра во серија.



Слика 15 - Двостепена АВ конвенционална постапка

Figure 15 - AB two stage conventional process

8.4.1.7. Вообичаени вредности на димензионирање

Во табела 9 се дадени вообичаени вредности за димензионирање на конвенционални постројки за биолошко пречистување со активна тиња на комунални отпадни води, заедно со индустриските коишто се доведени на слично ниво за четири различни ефекти на пречистување според ATV (Abwassertechnische Vereinigung – Здружение за канализациона техника, Германија). Се напоменува дека вредностите на БПК₅ на пречистена вода во почетокот на табелата претставуваат просечни вредности. Во табела 10 се дадени типични вредности за димензионирање на различни типови на постројки со активна тиња за пречистување на комунални отпадни води, според американската литература. Во табела 10 ознаката MLSS претставува сува маса на тињата (mixed – liquor suspended solids), а MLVSS - волатилна материја во тињата (mixed – liquor volatile suspended solids). Во литературата кај дефинирањето на оптоварувањето на масата на тињата најчесто се

користи волатилна материја во тињата. Волатилна супстанција претставува губиток со жарење на 600°C и тоа се, главно, органски материји во тињата. Односот MLVSS / MLSS зависи од карактеристиките на отпадните води и активната тиња, а кај комуналните отпадни води често е $\cong 0,8$.

Табела 9 - Параметри за димензионирање на конвенционални постројки со активна тиња (според ATV)

Table 9 - Parameters for the design of conventional active sludgeplants (according to ATV)

Постигнато пречистување	Стабилизација (продолжена аерација)	Нитри- фикација	Концентрација на БПК ₅ во прочистена вода 20 mg/l 30 mg/l	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ НА БАЗЕНОТ ЗА АЕРАЦИЈА				
Зафатнинско оптоварување – Load V _v (kg БПК ₅ / d. m ³)	0,25	0,5	1,0	2,0
Оптоварување на масата на тињата V _{SM} (kg БПК ₅ / d. kg SM)	0,05	0,15	0,3	0,6
Хидраулиско оптоварување Q _v (m ³ /d.m ³)	0,83	2,5	5,0	10,0
Концентрација на тињата во аерациониот базен SM (kg SM / m ³)	5	3,3	3,3	3,3
Минимално време суво време на аерација (h) дождливо време	-	4,0	2,0	1,0
	-	2,0	1,0	0,5
Количина на повратна тиња RM (%)	100	100	100	100
Вишок на тиња /зафатнинско Оптоварување VM / V _v	0,8	0,75	0,85	0,92
OC / V _v (во погон) – OC / Load (kg O ₂ / kg БПК ₅)	2,0	2,0	1,43	0,92
OC / V _v (димензионирање) (kg O ₂ / kg БПК ₅)	2,5	2,5	2,0	1,5
ПРОИЗВОДСТВО НА ВИШОК НА ТИЊА				
Индекс на зафатнината на тињата IZM (cm ³ / g)	100	150	150	150
Зафатнина на тиња ZM (l / m ³)	500	500	500	500
Сува маса на повратна тиња SM _{PM} (kg / m ³)	10	6,6	6,6	6,6
Количина на повратна тиња RM (%)	100	100	100	100
Доток во базенот за аерација (BA) V _D (g БПК ₅ / m ³)	300*	200	200	200
Нерастворени материји во дотокот NR _D (g / m ³)	450**	150**	150**	150**

Нерастворени материи во изливот NR_I (g / m ³)	20	20	20	20
Q_v 0,6 B_D (kg / d. m ³)	0,15	0,30	0,60	1,20
Q_v 0,6 NR_D (kg / d. m ³)	0,22	0,22	0,45	0,90
- Q_v NR_I (kg / d. m ³)	0,02	0,05	0,10	0,20
- 0,03 SM (kg / d. m ³)	0,15	0,10	0,10	0,10
Производство на вишок на тиња RVM (kg / d. m ³)	0,20	0,37	0,85	1,80
Вишок на тиња по единица оптоварување 0,80 0,90		0,75		0,85
Старост на тињата SM / PVM (ден)	25	9	4	2
ДИМЕНЗИОНИРАЊЕ НА ПОСТРОЈКА ЗА ВНЕС НА КИСЛОРОД				
	(1)	(2)	(3)	(4)
Хидрауличко оптоварување Q_v (m ³ /d. m ³)	0,83	2,5	5,0	10,0
Доток во претходен таложник PT (g БПК ₅ / m ³)	-	300	300	300
Доток во базен за аерација BA (g БПК ₅ / m ³)	300	200	200	200
Излез од додатен таложник NT (g БПК ₅ / m ³)	12	15	20	30
Степен на пречистување	0,96	0,925	0,90	0,85
Доток во BA : $NH_4 - N_D$ (g / m ³) D – доток	30	30	30	30
Org. N_D (g / m ³)	10	10	10	10
$NO_3^- - N_D$ (g / m ³)	0	0	0	0
Излив од NT : $NH_4 - N_I$ (g / m ³) I –излив	3	3	10	21
Org. N_I (g / m ³)	0	1	1	2
$NO_3^- - N_I$ (g / m ³)	2	16	12	5
Денитрификација: $N_2 - N_D$ (g / m ³)	27	10	7	2
Вишок: Org. N_{VM} (g / m ³)	8	10	10	10
Ендогена респирација: 0,1 SM (kg O_2 / d. m ³)	0,5	0,33	0,33	0,33
Разградување: 0,5 η BV (kg O_2 / d. m ³)	0,12	0,23	0,45	0,85
Нитрификација: Q_v 4,6 ($NO_3^- - N_I$) (kg O_2 / d. m ³)	0,01	0,19	0,28	0,28
Денитрификација: Q_v 1,7 ($N_2 - N_D$) (kg O_2 / d. m ³)	0,04	0,04	0,06	0,03
Вкупна потрошувачка на кислород (kg O_2 / d. m ³)	0,47	0,79	1,12	1,44
C_x концентрација O_2 во BA (g / m ³)	0,5	2,0	2,0	2,0
C_s концентрација на сатурација (g / m ³)	9,0	9,0	9,0	9,0
$C_s / (C_s - C_x)$	1,06	1,28	1,28	1,28
OC во погон (kg O_2 / d. m ³)	0,5	1,01	1,43	1,84
Фактор на сигурност	1,25	1,40	1,40	1,60
OC / B_v за димензионирање– $OC / Load$ (kg O_2 / kg БПК ₅)	2,5	2,5	2,0	1,5
Максимална саатна средна вредност	1:24	1:24	1:24	1:24

Табела 10 - Параметри за процесно димензионирање на различни постројки со активна тиња

Table 10 - Parameters for the process design of plants with different sludge

Тип на процеси	Старост на тињата (денови)	Оптоварување на масата на тињата $\left(\frac{\text{kg BPK}_5}{\text{kg MLVSS d}} \right)$	Зафатинско оптоварување (kgBPK ₅ /d. m ³)	Сува маса на тиња MLSS (kg / m ³)	Време на задржување во аерациониот базен (h)	Qr / Q (-)
Конвенционални	5 - 15	0,2 - 0,4	0,3 - 0,6	1,5 - 3,0	4 - 8	0,25 - 0,5
Степенесто додавање на кислород	5 - 15	0,2 - 0,4	0,3 - 0,6	1,5 - 3,0	4 - 8	0,25 - 0,5
Потполно мешање	5 - 15	0,2 - 0,6	0,8 - 2,0	3,0 - 6,0	3 - 5	0,25 - 1,0
Степенесто додавање на отпадни води	5 - 15	0,2 - 0,4	0,6 - 1,0	2,0 - 3,5	3 - 5	0,25 - 0,75
Модифицирана аерација	0,2 - 0,5	1,5 - 5,0	1,2 - 2,4	0,2-0,5	1,5-3,0	0,05-0,15
Контактна стабилизација	5 - 15	0,2 - 0,6	1,0 - 1,2	1,0 - 3,0 ^{a)} 4,0-10,0 ^{b)}	0,5 - 1,0 ^{a)} 3,0-6,0 ^{b)}	0,25-1,0
Продолжена аерација	20 - 30	0,05-0,15	0,1 - 0,4	3,0 - 6,0	18 - 36	0,75 - 1,5
Високооптоварена постројка	5 - 10	0,4 - 1,5	1,6 - 16	4,0 - 10,0	0,5 - 2,0	
Постројка со чист кислород	8 - 20	0,25 - 1,0	1,6 - 3,3	6,0 - 8,0	1,0 - 3,0	0,25 - 0,5

а) контактна единица

б) единица за стабилизација на тињата.

8.4.1.8. Реактор со целосно мешање

Се работи за модификација на конвенционалната постапка и наместо долгиот правоаголен танк на реакторот со клипен тек се применува реактор со целосно мешање, каде што мешањето е механичко. Реакторот е обично со кружна основа - радијален реактор и карактеристично за него е што има рамномерна распределба на концентрацијата на загадувањето и микрофлората по целиот реактор. Таквиот тип на реактор е поотпорен на поголеми оптоварувања или на токсични материи од отпадната вода поради ефектот на разблажување кој се постигнува со целосно мешање. Од тие причини реакторот со целосно мешање обично се користи за обработка на индустриски отпадни води.

8.4.1.9. Постапка со продолжена аерација

Оваа постапка се употребува при работа со мали оптоварувања и долга аерација. При оваа постапка е потребен реактор со поголема зафатнина и затоа се користи само за обработка на помали количини на отпадна вода. Карактеристично за оваа постапка е изостанувањето на фазата на примарното таложеење на непечистената отпадна вода.

8.4.1.10. Контактна постапка

Оваа постапка се одвива во два реактора. Во првиот реактор т.н. контактен танк во кој отпадната вода се задржува 30 минути до 1 час и се одвива претежно фазата на апсорпција на органските материи од флокулацијата на активната тиња. Потоа во таложникот се одвојува активната тиња која се воведува во т.н. стабилизирачки танк-реактор во кој се одвива стабилизација на тињата, односно оксидација на апсорбираното органско загадување во тек на 3 до 6 часа. Вкупната зафатнина на контактниот и стабилизациониот танк е за околу 50% помала од зафатнината на реакторот за конвенционална постапка,

додека потрошувачката на воздух за аерација во двата реактора практично е еднаква на потрошувачката на конвенционалниот реактор.

Оваа постапка е погодна при пречистување на комуналните отпадни води, а помалку е ефикасна кај пречистување на индустриските отпадни води.

8.4.2. Аерација со чист кислород

Оваа постапка е погодна за работа во услови на големи варијации во органското оптоварување на отпадната вода која доаѓа на обработка и е погодна за пречистување на многу загадени комунални и индустриски отпадни води. Реакторот за постапката за аерација со чист кислород мора да биде затворен. Реакторот обично се изведува како систем на реактори со целосно мешање, меѓусебно поврзани во серија како подобро би се искористил кислородот. Во секој реактор целосното мешање и аерација се постигнуваат со механичко мешање, а најчесто се користат површински аератори.

8.4.2.1. Аератори

Типот и конструкцијата на аераторите се од голема важност за успешно аеробно пречистување. Отпадната вода може да се аерира на двата останати начина: со воведување на воздух во водата по пат на заронети дифузери - распрскувачи на воздухот, често потпомогнато со заронета механичка мешалка или со механичко мешање на површината на водата со цел подобро растворање на атмосферскиот воздух (O_2) во водата.

Постојат повеќе типови на дифузери. Основна разлика помеѓу нив е во големината на меурчињата на воздухот кои се образуваат, што директно влијае на ефикасноста на растворање на внесениот воздух. Дифузерите се со различен облик; цевчести, плочести и др., а се прават од различни материјали со перфорации со различен облик. Основната задача која се поставува пред аераторите независно од типот и

конструкцијата е да обезбедува пренос на O_2 , кој ќе ги задоволи потребите на микрофлората на активната тиња.

8.4.2.2. Реактори, секундарни таложници

Аеробните реактори обично се прават од бетон и се правоаголни или кружни, а поретко се прават од челик кои по правило се тркалезни.

Постројките се опремени со пумпи кои рециркулираат дел од исталожена активна тиња во реакторот.

Секундарните таложници служат за бистрење на пречистената отпадна вода и концентрирање на активната тиња од кој дел се циркулира. Основниот проблем во работењето на таложниците е појава на флотација на тињата и појава на буење на тињата. Флотацијата на тињата настанува поради изразената денитрификација.

8.4.2.3. Аеробни аерирани лагуни и аеробни езера

Постапките за аеробно биолошко пречистување со суспендирана микрофлора кои се блиски на природните аеробни процеси на самопречистување во аеробните аерирани лагуни и особено аеробните езера. Се работи за големи отворени земјени базени (природни или вештачки-копани) кои служат како биолошки реактори во кои по аеробен пат се пречистува отпадната вода. Овие постапки се користат кога е на располагање доволна површина на земја и кога може да се толерира емисија на интензивни мириси кои настанале поради аерација и поради големите површини на вода. Вештачките копани лагуни или езера се обично правоаголни или квадратни по облик, додека природните се со неправилен облик, односно ја следат конфигурацијата на теренот.

Аеробни аерирани лагуни - Аеробните лагуни за разлика од аеробните езера се аерирани, односно кислородот кој е потребен за биолошка оксидација се внесува со површински аератори или дифузери. Внесувањето на воздухот со дифузери кои се поставени на дното од лагуната е погодно решение во ладни климатски услови, каде што

лагуната повеќе месеци е покриена со лед што го оневозможува на површински аератори. Длабочината на лагуната е обично околу 3-4 м.

Хидрауличкото време на задржување на отпадната вода во лагуната изнесува 3-30 дена, најчесто 5-8 дена. Аерираните лагуни во основа се исти со постапката на активна тиња со продолжена аерација, најголемата разлика е во помалиот интензитет на мешање и во ниската концентрација на флокулирана микрофлора, како и во многу поголемо влијание на околината, на температурата на водата во лагуната од што многу зависи интензитетот на активноста на микрофлората (односно ефикасноста на пречистувањето која во зимските месеци е значајно помала).

Аеробни езера - Аеробните езера се големи и плитки земјени базени во кои пречистувањето на отпадната вода се одвива со минимална регулација, практично како процес на природно самопречистување. Неопходната количина на кислород за биолошка оксидација на загадените отпадни води се обезбедува со метаболизмот на алгите, а бактериите кои разградуваат продуцираат материи кои се неопходни за растењето на алгите. Додатна количина на кислород се обезбедува со дифузија на атмосферскиот кислород низ површината на водата.

8.4.2.4. Аеробни постапки со имобилна микрофлора

Аероното пречистување на отпадната вода со имобилен слој (фиксиран слој) на микроорганизми на инертен носач т.н. аеробна биофилтрација е постапка која, главно, се користи за пречистување на комуналните отпадни води на помали населби и на претходно обработени индустриски отпадни води. Аеробните биофилтри се постара постапка од пречистувањето со активна тиња. Со воведувањето на пластични инертни носачи расте примената на биофилтрите. Тоа не се филтри во вистинска смисла на зборот, туку првенствена улога на филтерот е да образува површина за создавање на тенок слој на микроорганизми-биофилм. Од постапката на биофилтрација денес најмногу се користи филтер-прокапник или т.н. биодиск т.е. биофилтер

со ротирачки плочи (дискови) како носач на имобилен слој на микрофлора.

Ефикасноста и капацитетот на пречистувањето со биофилтри зависи од многу фактори, на прво место од хидрауличкото оптоварување и дебелината на слојот на носачот во филтерот, потоа од степенот на загадувањето на отпадната вода, температурата на водата, рН на водата и др.

Филтер прокапник - Филтер прокапник претставува најстара постапка на биофилтрација. Тој често се применува како алтернатива за помали протоци на отпадна вода. Филтер прокапник е кружен базен од бетон и челик. На дното се наоѓаат дренажни цевки за одвод на пречистената вода во секундарниот таложник.

Тие се покриени со искршени тули, чакал и други предмети врз кои се создава биолошка мембрана од аеробни бактерии, протозои, црви, која има голема површина и активно учествува во процесот на минерализацијата на органските материи. Од центарот вертикално нагоре се издига доводна цевка за отпадна вода, а пак од неа се одделуваат два крака на шупливи перфорирани цевки. Тие краци постојано ротираат над прокапникот и ја распрскуваат водата во ситни капки над филтрот. Ефикасноста на филтерот прокапник е голема, БПК се намалува за 75-90% (при претходно исталожена вода се намалува амонијакот и нитратите).

Биодиск - Биодиск е аеробен биофилтер со ротирачки пластични перфорирани дискови (кои служат како носачи на имобилната микрофлора) поставени на мало растојание на хоризонтална осовина и внурнат до половина (обично околу 40%) и сад со отпадна вода. Биодискот е многу еластична метода за пречистување, лесно се адаптира за обработка на најразлични протоци на отпадна вода од 40 м³/ден до 200.000 м³/ден. Во најголем број на случаи биодиск филтрите се користат за т.н. секундарно пречистување т.е. отстранувањето на органските загадувачи.

8.4.2.5. Процеси со фиксиран биолошки филм

Овој тип на процеси се користи кај биолошките филтри и ротациони биолошки контрактори (РВК).

Отстранување на колоидните и растворените материи од отпадните води се врши со апсорпција на биолошкиот филм кој се образува на цврста подлога. За да се зголеми ефикасноста на процесот на апсорпција е потребно да се зголеми површината на биолошкиот филм. Тоа се постигнува со пополнување со зрнест материјал или специјална пластика кај биофилтрите, односно голем број на тенки пластични дискови кај ротационите биолошки контрактори. На овие материјали доаѓа до образување на скрама која се состои од микроорганизми и органски материи. Потребните количини на кислород се обезбедуваат со струење на воздухот низ исполнет биофилтер, односно со ротација на дисковите кои се делумно заронети во вода кај РВК.

8.4.2.5.1. Биолошки филтри

Биолошките филтри се пополнети од груб зрнест материјал или специјална пластика со одредена висина. Отпадните води рамномерно се распоредуваат по горната површина на филтерот, од каде што со гравитација се слива по зрнцата додека воздухот непрекинато струи низ слободните простори. Во зависност од хидрауличкото и органското оповарување се разликуваат следниве типови на филтри:

1. *Слабо оптоварени филтри* – кои можат да бидат поволно решение за помали постројки и имаат степен на отстранување на БПК₅ од околу 95%.

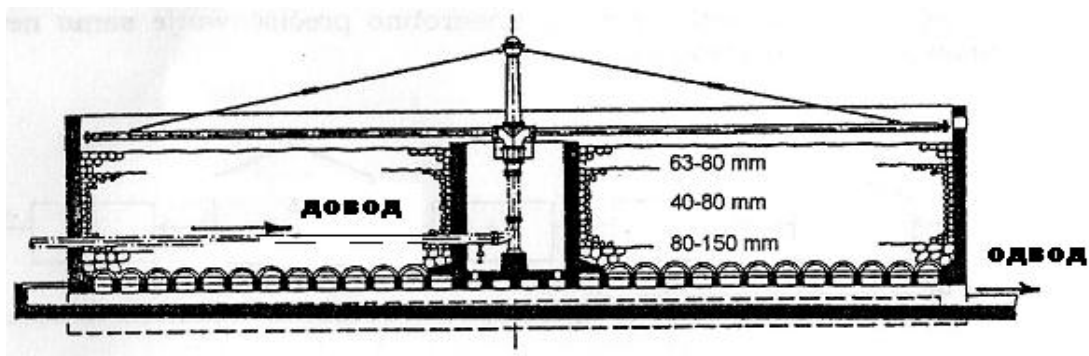
2. *Јако оптоварени филтри* – каде органските материи во тињата не се стабилизираат и степенот на отстранување на БПК₅ е 75 - 90%.

3. *Кули* – Со висина од 5 до 20 m, кои се користат за пречистување на органско високооптоварени отпадни води, како прв степен во пречистување во повеќестепените постројки. Помеѓу воздухот и водата се врши размена на гасовите. Во водата и аеробниот слој на биофилмот влегува кислород, а од нив излегува јаглероддиоксид. Од анаеробниот

слој на биофилмот се издвојуваат јаглерод диоксид, амонијак, сулфурводород и други гасови. Од водата во биофилмот преминуваат хранливите материи, а во водата се враќаат продуктите од разградувањето. Врската помеѓу подлогата и биолошката скрама со време на некои места попушта. Делови од скрамата повремено се откинуваат и одат со пречистувањето на водата и тие мора да се издвојат од водата со таложење во додатниот таложник. Составот на водата во биофилтерот се менува од влезот до излезот и оптоварувањето од неразградени органски материи опаѓа, расте концентрацијата на суспендирани материи кои претставуваат стабилни органски материи во помала или поголема мерка, а во случај на слабо оптоварени филтри расте концентрацијата на разни оксидирани елементи од кои најзначаен е нитратниот јон (продукт од нитрификацијата).

Во нискооптоварени филтри не е неопходна понатамошна обработка на тињата, а во некои случаи имајќи ја предвид малата концентрација не е неопходен ни додатен таложник. Меѓутоа, кај овие филтри доаѓа до развивање на ларви од инсекти во подлогата и до задушвање на подлогата со масовен развој на влакнестите бактерии и др. Такви во експлоатацијата ретко се јавуваат кај високооптоварени филтри.

Со примената на пластични подлоги овие тешкотии се отстранети, а ефикасноста на филтрите е зголемена. Овие пластични подлоги даваат многу поголема корисна специфична површина за образување на биофилм (до $200 \text{ m}^2/\text{m}^3$) и поголема порозност (преку 90%) од подлогите од другите материјали. На слика 16 е прикажан вертикален пресек на класичен биолошки филтер со подлога од туцаник. Висината на филтерската подлога е околу 3 m. Под подлогата се наоѓа дупло дно каде што се собира пречистената вода. Водата на горната површина на подлогата се излева од распрскувачот (Сегнерово коло) кој ротира и покрај реактивната сила на млазевите на вода, потребно е водата во распрскувачот да биде под притисок од околу 15 бара. Алтернативно може да се предвиди и моторен погон на распрскувачот.



Слика 16 - Вертикален пресек на биолошкиот филтер со подлога од туцаник

Figure 16 - Vertical section of the biological filter base of crushed stone

Потребната брзина за ротацијата на распрскувачот директно е пропорционална на хидрауличкото оптоварување, а обратнопропорционално од бројот на краците на распрскувачот. Кај биолошкиот филтер се остварува течење во незаситена средина (сува филтрација) тоа е вкупен хидраулички губиток низ биолошкиот филтер околу 5,5 m, за висина на подлогата околу 3 m.



Слика 17 - Постројка со биолошки филтер: а) гравитационо без рецикулација на водата, б) со пумпање на водата на филтерот и рецикулација на вода

Figure 17 - Biological filter plants: a) gravity-free recirculation of water, b) pump waterfilter and recirculation of water

На слика 17 се прикажани две можни шеми на постројки со биолошки филтер. Поради спречување на загадување на филтерот, задолжително мора да се предвиди и претходен таложник. Во пракса се применуваат различни шеми на едностепени и двостепени постројки со повратен тек на водата од додатниот таложник или пред него и др. На овој начин се постигнуваат различни услови на работа и различни степени на пречистување од 60 до 95%. Степенот на пречистување зависи исто така и од видот на подлогата на филтерот.

8.4.2.5.2. Оптоварување и димензионирање

При димензионирање на биолошки филтри се земаат предвид следниве големини:

А. Волуменско оптоварување на подлогата на филтерот со органски материи V_v (kg БПК₅ / m³ d.);

Б. Површината на хидрауличкото оптоварување по единица хоризонтална површина на објектот $q_A(1+R)$ (m³ / m² h);

В. Износ на рецикулацијата R во однос на Q_{SV} 18 (осумнаесетчасовен среден проток при суво време);

Г. Специфична површина на подлогата на филтерот A_v (m² / m³);

Д. Површинското оптоварување со органски материи по единица површина на подлогата на филтерот V_A (g БПК₅ / m² d).

Изборот на вредностите на проектните параметри зависи од големината на објектот, саканиот степен на пречистување и видот на подлогата на филтерот.

Табела 11 - Димензионирање на едностепени биолошки филтри според ATV

Table 11 - Dimensions of single-biological filters by ATV

Пречистување		без нитрификација	со нитрификација
ИСПОЛНУВАЊЕ ОД ТУЦАНИК			
Волуменско органско оптоварување	постројка за > 500 жители		0,2
		со изедначен тек во 24 h	≤ 0,6
			-

(kg БПК ₅ / m ³ d.)	50 - 500 жители		≤ 0,2	-
	50 жители		≤ 0,15	-
Хидраулично површинско оптоварување q _{A(1+R)} m / h			0,5 - 1,0	0,4 - 0,8
Рецикулација во однос на Q _{SV18}			R ≤ 1	R ≤ 1
ИСПОЛНУВАЊЕ СО ПЛАСТИЧНИ ЕЛЕМЕНТИ (не се применува ако БПК ₅ во водата по примарното таложење е <200 mg / l)				
Волуменско органско оптоварување B _V	специфична површина A _R (m ² / m ³)	~100 ~150 ~200	0,4 0,6 0,8	0,2 0,3 0,4
Хидраулично површинско оптоварување q _{A(1+R)}	специфична површина A _R (m ² / m ³)	~100 ~150 ~200	0,8 - 1,0 1,0 - 1,5 1,2 - 1,8	0,6 - 1,0 0,8 - 1,2 1,0 - 1,5
Површинско органско оптоварување B _A (g БПК ₅ / m ² d.)			4	2

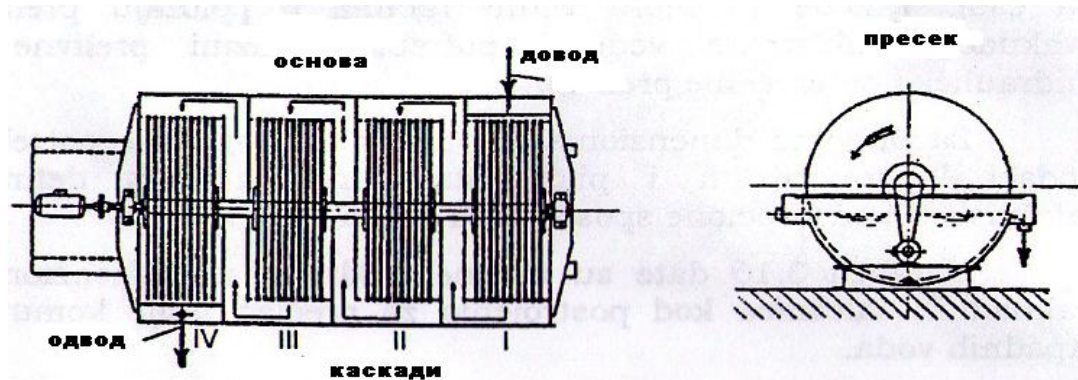
Табела 12 - Типични вредности за димензионирање на биолошки филтри

Table 12 - Typical values for the design of biological filters

Оптоварување на биофилтри				
	слабо	средно	високо	многу високо - кула
Хидраулично оптоварување (m ³ / m ² d.)	1 - 4	4 - 10	10 - 40	40 - 200
Органско оптоварување (kgБПК ₅ / m ³ .d)	0,08 - 0,32	0,24 - 0,48	0,32 - 1,0	0,80 - 6,0
Длабочина (m)	1,5 - 3,0	1,25 - 2,5	1,0 - 2,0	4,5 - 12
Рецикулација	0	0 - 1	1 - 3; 2 - 1	1 - 4
Материјал	туцаник шљака	туцаник шљака	шљака пластика	пластика туцаник
Потребна сила (kW / 10 ³ m ³)	2 - 4	2 - 8	6 - 10	10 - 20
Тек на водата	интермитентен	интермитентен	континуиран	континуиран
Интервали на дозирање	помал од 5 мин.	15 - 60 сек.	помалку од 15 сек.	континуиран
Ефлуент	делумно нитрифициран	слабо нитрифициран	слабо нитрифициран	нитрифициран

8.4.2.5.3. Ротациони биолошки контрактори (РВК)

Уредите од овој тип ги произведуваат различни произведувачи на опрема и ги нудат на пазарите под различни имиња (слика 18). Се состојат од кружни дискови на заедничка осовина на мало меѓусебно растојание. Дисковите се изградени од пластичен материјал: како плочи со различна набрана површина или како спирали од пластични цевки со брановидни ѕидови и др. Дисковите се делумно потопени во вода и полека се вртат во неа. Живиот свет се развива на површината на дисковите и постепено образуваат скрама на целата мокра површина на дисковите. Со ротација на делумно потопените дискови, биомасата наизменично се изложува на отпадната вода и воздухот и се одржува во аеробна состојба. РВК се изработени како монтажна постројка на пречистување до 1.000 еквивалент население. Ако сировата вода е јако концентрирана (БПК₅ околу 10.000 mg / l) РВК треба да се вгради во затворен простор во кој атмосферата е обогатена со чист кислород.



Слика 18 - Шема на РВК (биодиск) со четири каскади

Figure 18 - Scheme of RBC (biodisk) with four cascades

РВК обично се димензионираат според резултатите постигнати на експериментални или експлоатирани објекти, иако можат да се анализираат на сличен начин како и биолошките филтри. Критериуми за димензионирање се оптоварувањето со органски материи и хидрауличкото оптоварување. Процесот на оптоварување зависи од саканиот степен на намалување на БПК₅ и нитрификацијата, како и од

температурата. Пред влезот во RBK отпадната вода треба да биде во што поголема мерка ослободена од суспендирани материи.

Во RBK е ниска вредноста на односот на масите на доведените хранливи материи спрема масите на микроорганизмите (Н / М), па поради тоа тие добро го поднесуваат брзото зголемување на хидрауличкото и органското оптоварување. Проектот на RBK првенствено се состои во одредувањето на потребните површини на дисковите (A_{pot}): $A_{pot} = \text{БПК}_5 \text{ (kg/d) / Површинско оптоварување на дисковите (kg БПК}_5 \text{ / m}^2 \text{ d)}$. Притоа вредностите на површинското оптоварување на дисковите зависи од конструкцијата на RBK, саканиот степен на пречистување и составот на водата.

RBK обично се градат во каскади т.е. куп на дискови се делат во две или повеќе групи, кои ротират во посебни корита. На тој начин се подобрува ефикасноста па оптоварувањето може да биде и поголемо. Препорачаните вредности на оптоварувањето на дисковите се дадени во табела 13. Со ова оптоварувањето се постигнува во случај на домашни употребени води, концентрацијата на BPK_5 во ефлуентот од 10 до 20 mg/l и амонијак помеѓу 20 и 30 mg/l.

Табела 13 - Вредности на оптоварувањето на дисковите на RBK за димензионирање

Table 13 - Values of the burden on the disc for RBK sizing

Оптоварување на дисковите (g БПК ₅ / m ² . d)			
Број на каскади	Без нитрификација		Со нитрификација
2	8		-
3	10		4
4	-		5

8.4.3. Анаеробни процеси на пречистување

Анаеробните процеси на пречистување на отпадната води се развиле од постапката на биолошката стабилизацијата на тињата

настаната во тек на пречистување на отпадната вода. Основна карактеристика на анаеробното пречистување во однос на аеробниот процес е да поднесуваат поголеми органски оптоварувања и пречистените отпадни води со многу поголема концентрација на загадување. Од тие причини анаеробниот процес првенствено се користи во биолошко пречистување на јако загадени, најчесто индустриски отпадни води. Процесот на анаеробно пречистување е заснован на метанското вриење на органското загадување на отпадните води.

Метанско вриење: биохемија, микробиологија и кинетика

Метанското вриење може да се дефинира како низа на биохемиски реакции на бактериската микрофлора со коишто органските материи преминуваат во смеса на гасови (т.н. биогас), во кои основна компонента е метанот и CO_2 . Бактериите на метанското вриење својата активност ја реализираат во дефинирани услови чии основни карактеристики се: отсуство на O_2 , редуциона средина и одреден интервал на pH.

Метанското вриење е процес кој се одвива во три фази:

1. хидролиза-ацидогенеза,
2. ацетогенеза,
3. метаногенеза.

1. *Хидролиза-ацидогенеза* - Во отпадните води значаен дел од органското загадување во индустриските отпадни води често и претежно се наоѓа во облик на сложени соединенија. Хидролизата на тие сложени соединенија се остварува со хидролитички ензими на бактериите, со што тие преминуваат во состојки кои можат да ги асимилираат и ферментираат ацидогените бактерии: органски киселини (оттаму името ацидогенеза), алкохоли, CO_2 и H_2 . Бактериската флора која ја прави хидролизата се состои од анаеробни и некои факултативни бактерии. Се среќаваат следниве родови: *Bacillus*, *Klostridium*, *Escherichia*, *Proteus* итн.

2. *Ацетогенеза* - Продуктите на ацидогенезата-органските киселини и алкохолите не можат директно да ги користат метаногените бактерии (освен ацетат и метанол), така што посебна група на бактерии т.н. ацетогени бактерии ги метаболираат во директни прекурсори на

метанот: ацетат (оттаму името ацетогенеза) CO_2 и H_2 . Активноста на ацетогените бактерии е можна само во синтропија со хидрогенофилни бактерии (метаногени, нитроредуирачки, сулфат редуирачки бактерии), кои одржуваат низок парцијален притисок на H_2 кој е неопходен за одвивање на реакцијата на ацетогенезата. Од ацетогените бактерии се среќаваат: *Thermoanaerobium brockii*, *Desulfovibrio desulfuricans* и *D. vulgaris*.

3. **Метаногенеза** - Создавањето на метанот од метаногениот супстрат е од посебна група на облигатни анаеробни бактерии т.н. метаногени бактерии во кои спаѓаат родовите: *Methanotridz*, *Methanosarcina*, *Methanobacterium* итн. Околу 70% на метан настанува од ацетатите, а останатото од CO_2 и H_2 .

Кинетика на метанското вриење - познавањето на кинетиката на процесот на анаеробното пречистување односно кинетиката на метанското вриење овозможува рационално изведување на постапката на анаеробното пречистување и предвидување на нивните перформанси.

8.4.3.1. Контрола на процесот на анаеробно пречистување - постапки на анаеробно пречистување

Контрала на процесот - успешното водење и контрола на процесот на анаеробно пречистување е засновано на познавање на битните параметри и условите на работа на бактериите на метанското вриење, како што се: температура, рН, потребата за нутриенти, инхибиторни и токсични супстанции и слично.

Температура - Метанското вриење може да се одвива во широк распон на температура која се дели на три области: психрофилна (до околу 25°C), мезофилна ($30-40^\circ\text{C}$) и термофилна ($50-70^\circ\text{C}$). Бидејќи при анаеробна оксидација на органските материи настанува многу помала енергија (во однос на количината на енергија што настанува при аеробната оксидација), што има за последица побавен процес на пречистување. Сите современи постапки на анаеробно пречистување

работат на повисока температура во мезофилна (најчесто) или во термофилна област.

PH - Нормален распон на рН при метанското вриење е 7-8. Нутриционите потреби на процесот анаеробно пречистување (N, S, P, Fe, Mo) се мали во споредба со аеробниот процес, а последица е малиот раст на бактериската биомаса.

8.4.3.2. Постапки на анаеробно пречистување

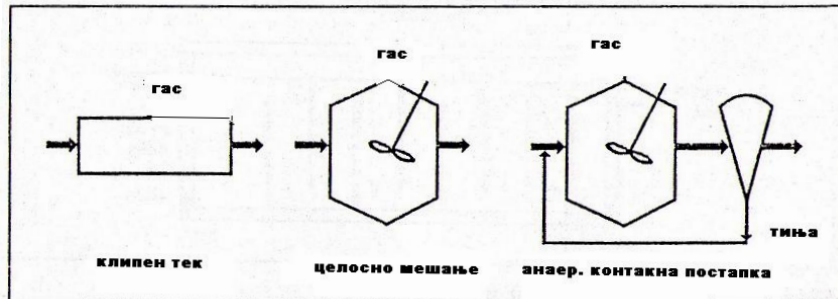
Постројката за анаеробно пречистување на отпадна вода се состои: од базен за прифаќање и егализација на водата, реактор (анаеробен ферментатор кој во пракса се нарекува *дигестор*) и базен за прифаќање на пречистената отпадна вода со придружната опрема, пумпи, мешалки, вентили, изменувачи на топлина, инсталација за прифаќање и складирање на биогазот и слично.

Најголема, а најчесто и единствена битна разлика помеѓу постоечките технолошки постапки е во типот на изведбата на дигесторот, така што разгледувањето на постапките на анаеробното пречистување може да се сведе на разгледување на типовите на дигесторите. Од многу можни поделби сè уште е онаа на дигестори од прва генерација и дигестири од втора генерација.

Дигестори од прва генерација - Дигесторите од т.н. прва генерација се најрано развиени и тие сè уште се најмногу застапени анаеробни реактори (слика 19).

- *Дигестор со клипен тек* - Овој дигестор е наједноставен по изведувањето и е погоден за пречистување на отпадна вода со голема концентрација на суспендирани честичи на органското загадување.

Поради едноставната конструкција, лесно одржување и надзор, а со тоа и мала цена, погоден е за мали капацитети. Дигесторот обично е вкопан во земја, за подобра термоизолација, бидејќи по правило работи на амбиентална температура. Се карактеризира со мало хидроауличко и органско оповарување и релативно слаб ефект на пречистување, со еден збор мала ефикасност.



Слика 19 - Поедноставна шема на дигестори од прва генерација

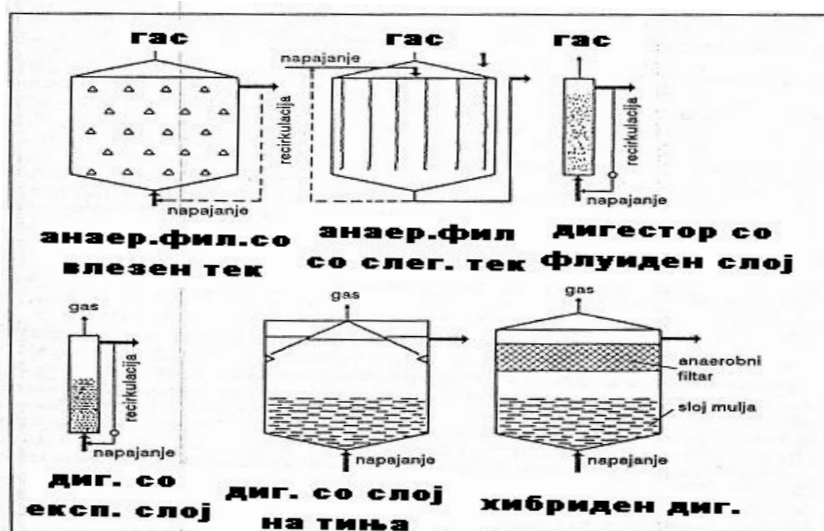
Figure 19 - Simplified scheme of first-generation digesters

- *Дигестор со целосно мешање* - Дигестор со целосно мешање без рецикулација на анаеробната микрофлора се применува за обработка на отпадни води со голема концентрација на суспендирани честици. Поради малата брзина на раст на метанските бактерии ефикасно пречистување може да се оствари кај подолго време на задржување (мин. 8-10, а обично 15-20 дена).

- *Постапка на анаеробен контакт* - Ограничувањата на дигесторот со целосно мешање во поглед на времето на задржување на отпадна вода се надминати со т.н. анаеробна контакт постапка, која претставува комбинација на дигестор со целосно мешање и уред за сепарација на флокулирана анаеробна микрофлора, анаеробна тиња од пречистена отпадна вода. Тињата се рециркулира во дигесторот. Раздвојувањето на водата и тињата обично се изведува во гравитационен таложник. Ефикасноста од контакт постапката зависи од ефикасноста на таложникот. Сепарацијата на тињата може да биде отежната посебно во случај на пречистување на отпадна вода со мала концентрација на суспендирани честици.

Дигестори од втора генерација (слика 20) - Општа карактеристика на овие дигестори е долгото време на задржување (50-100 дена), со тоа и голема концентрација на микрофлора внатре во дигесторот. Тоа се постигнува со различни техники кои се засновуваат на особините на бактериите да се прицврстат на површината на погоден носач (дигестори со имобилен слој). Голема концентрација на анаеробна микрофлора во дигесторот овозможува слабите и средно загадени води со успех да се

пречистуваат и на температури пониски од 35°C, односно на амбиентална температура.



Слика 20 - Поедноставна шема на дигестори од втора генерација

Figure 20 - Simplified scheme of second-generation digesters

Анаеробен филтер - Од сите постапки од втората генерација во пракса е најмногу застапен т.н. анаеробен филтер, каде што како цврст инертен носачна имобилната микрофлора се користи: камен, керамика, дрво, стакло, а во последно време најмногу пластичен материјал.

- *Дигестор со експандиран или флуидизирачки слој* - Потребата да се преминат главните ограничувања на анаеробните филтри (појава на запушување на меѓупросторите и каналите доведе до развој на постапка со носач со мала гранулација во експандираниот или флуидизирачки слој. Како носач на имобилната микрофлора се користи алуминиум оксид, поливинилхлорид, јоноизменувачка смола) или ситни честици на потешки материјали (песок, активен јаглен). И покрај добрите перформанси, овие постапки се засега на полуиндустриско ниво, главно затоа што релативно тешко се контролира работата, а проблемот им е повторното започнување со работа по намерното застанување (периодична или сезонска работа) или поради дефекти.

- *Дигестор со слој на тиња* - Добрите таложни карактеристики на анаеробната тиња се искористени за конципирање на таков тип на

дигестор во кој натрупувањето на тињата е овозможено со вградување на сепаратор на врв на дигесторот во кој се раздвојуваат биогасот, отпадната вода и тињата која се задржува во дигесторот. Оваа постапка е најпогодна за обработка на многу загадени води, при што не пречи и малку поголема концентрација на суспендирани честици, бидејќи слојот на тиња служи како филтер кој ги задржува суспендираните честици.

- *Мешање и загревање на дигесторот* - Две најважни технички карактеристики на дигесторот се начинот на кој е изведено мешањето на содржината на дигесторот и греењето на дигесторот.

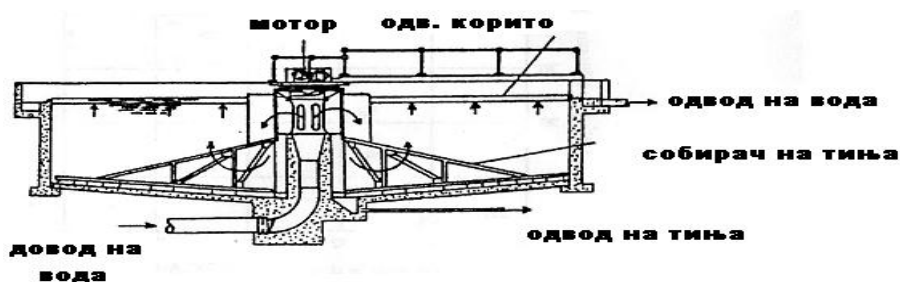
Мешањето може да се изведе со: механичка мешалка, рецикулација на дигестивната течност и со рецикулација на биогасот. Големите дигестори обично имаат комбинирано мешање (на пример, механичко мешање и рецикулација на биогасот, рецикулација на течности и рецикулација на гасот), бидејќи се покажало особено кај дигесторот со целосно мешање дека примената на еден начин на мешање, содржината на дигесторот не се меша во доволна мера. Со механички мешалки од најразлична конструкција се постигнува многу добар ефект при мешањето на содржината на дигесторот, но проблем е тешкото отстранување на дефектите (мора да се запре работата и да се отвори и испразни дигесторот). Мешањето со рецикулација на течноста обично се изведува со вградување на пумпа во бај-пас цевовод со кој се извлекува дигестивната течност и се враќа во дигесторот близу до неговото дно. Мешањето со биогаз се изведува така што дел од продуцираниот биогаз се набива со компресор и се вбригува во дигесторот преку перфорирани цевки. Греењето на дигесторот може да се изведе на два основни начина: директно загревање на дигестивната течност и предгревање на отпадната вода во изменувачите на топлина, при што овие два начина се надополнуваат. Најмногу се применува директното загревање со внурнати грејачи, бидејќи тоа е најевтино решение и губитоците при преносот на топлина се најмали.

- *Грешки во водењето на процесот* - Во пракса процесот на анаеробно пречистување е побавен од процесот на аеробното пречистување. Метанското вриење во основа е двофазен процес при што ацидигената фаза е побрза и поосетлива од метаногената фаза.

Од тие причини при пребрзото почнување со работа (кога обично уште нема доволно насобрано активна микрофлора) доведува до закиселување на дигесторот, преовладува ацидогена фаза чии продукти ја снижуваат РН во дигесторот што доведува до инхибиција или целосно престанување на работа на метаногените бактерии. Ако се користи неаклиматизирана микрофлора за обработка на отпадните води со голема концентрација на инхибирачки или токсични материји може да доведе до закиселување на дигесторот. Овие проблеми често се решаваат со намалување на оптоварувањето или дури со прекин на напојувањето на дигесторот во време кое е потребно за обновување на микрофлората.

8.4.4. Секундарни таложници

Секундарни таложници се поставуваат по биолошките и хемиските процеси на пречистувањето. Нивната задача е да ја отстранат со таложее активната тиња (или флокули настанати со хемиски реакции) од отпадната вода пред нејзиното испуштање во природниот приемник. Ако се постават по аерациониот базен (процес на активна тиња), активната тиња се однесува по зонската теорија на таложее. Во тој случај подобро е да се применат таложници со вертикален тек (слика 21), но може да се применат и хоризонтални. Обично се применуваат и кружни бетонски таложници. Пречникот на таложниците е од 3 до 60 m, а најчесто од 10 до 30 m. Во постројката мора да бидат предвидени најмалку две додатани таложници поради повремено чистее.



Слика 21 - Кружна секундарна таложница со вертикален тек

Figure 21 - Round secondary sedimentation tanks with vertical flow

Кај постројката со активна тиња е потребно да се обезбеди брза евакуација на тињата поради рециркулацијата. Собирачот на тињата поради тоа може да биде со вшмукување. Дното на таложниците е со многу мал наклон, а ако се применува вшмукување на тињата, може да биде и хоризонтално. Таложниците по биофилтрите издвојуваат делови на биомаса, откинати од површината на подлогата на филтерот. Овие таложници се нарекуваат *humus tank*. Концентрацијата на суспендираните материи овде е многу помала отколку кај постројката со активна тиња и не треба да се предвидува опрема за рециркулација на тињата. При димензионирање на додатните таложници се зема предвид хидрауличкото површинско оптоварување и површинското оптоварување на тињата. Исто така, мора да се води грижа положбата на преливот за евакуација на избистрената вода и потребната должина на преливниот раб. За правилно димензионирање на додатните таложници се потребни податоци од лабораториски и пилот-истражувања, со цел да се дефинираат таложливоста и апсорптивната способност на тињата. Во табела 14 се дадено типични вредности за димензионирање на додатните таложници кај постројки за пречистување на комунални отпадни води.

Табела 14 - Типични вредности за димензионирање на додатна таложница

Table 14 - Typical values for the design of additional sedimentation tanks

Тип на пречистување Длабочина (m)	Површинско оптоварување (m ³ / m ² d)			Оптоварување на тињата (kg / m ² h)	
	просечно	максимум		просечно	максимум
Биофилтер	14 - 24	40 - 48	3,0 - 5,0	8,0	3 - 4
Активна тиња	16 - 32	40 - 48	3,0 - 6,0	9,0	3,5 - 5,0
Продолжена аерација	8 - 16	24 - 32	1,0 - 5,0	7,0	3,5 - 5,0

8.5. Терциерно пречистување

Изразот терцијално пречистување ги опфаќа сите дополнителни постапки кои можат да се применат, по биолошкото пречистување или секундарното пречистување на отпадните води за да се постигне:

- дополнителна редукција на БПК;
- редукција на хранливите елементи: фосфор и азот;
- редукција на површинско-активните материи или други микрозагадувачи;
- редукција на боја, редукција на ХПК и др.

Така пречистените отпадни води можат да се користат повторно за индустриска употреба, па дури и за различни потреби на луѓето.

8.5.1. Отстранување на фосфор

Фосфорот од отпадните води заедно со азотот се сметаат за главни предизвикувачи на еутрофикацијата на водотеците и акумулациите на вода во кои отпадните води се испуштаат. Фосфорот мора да се отстрани и во случаи кога азотот е отстранет до таа мера што водата ќе има лимитирачки раст, бидејќи секој вишок на фосфорот може да поттикне раст на синозелените алги кои имаат способност да го фиксират азотот директно од воздухот, така што со нивното угинување и распаѓање ослободуваат асимилациони форми на азот што ја поттикнува еутрофикацијата. Главен извор на фосфорот се комуналните отпадни води и детергентите, отпадната вода од сточарството, водите од обработливите површини, одделни индустриски води (производство на вештачки ѓубрива, детергенти, сточна храна, преработка на месо, млеко и др.). Фосфорот во отпадните води се наоѓа во облик на ортофосфати, полифосфати и органски фосфор, при што нивниот меѓусебен однос зависи од карактеристиките на отпадните води и од степенот на разградување на сложените форми на фосфор, полифосфати и органскиот фосфор до ортофосфат. Растворливиот ортофосфат е облик на фосфор кој е најпристапен за растенијата. Во најголем број на отпадните води само околу 10% од вкупниот фосфор е во нерастворлив

облик и тој може да се отстрани со примарното пречистување (таложее), додека само мал дел од преостанатиот растворлив фосфор се отстранува со секундарно биолошко пречистување.

8.5.1.1. Хемиски постапки за отстранување на фосфорот

Растворливиот фосфор при примарното и секундарното биолошко пречистување се отстранува со претворање во нерастворлив талог со типични таложни реагенси, солите на алуминиумот и железото или со вар, со што во голема мера се зголемува ефикасноста во отстранувањето на вкупниот фосфор со примарното и секундарното пречистување (табела 15).

Табела 15 - Ефикасност во отстранувањето на фосфорот од отпадните води со примарно и секундарно пречистување

Table 15 - Efficiency in removing phosphorus from wastewater with primary and secondary treatment

Пречистување	Ефикасност, процент во однос на сировата отпадна вода		
	Без додавање на хемикалии	Со додавање на хемикалии	Додавање на вар
Примарно	5-10	70-90	80
Секундарно	10-20	80-95	

8.5.1.2. Отстранување на фосфорот со соли на алуминиум и железо

Кога на отпадните води кои содржат фосфати им се додадат соли на алуминиумот и железо, се создаваат многу тешко растворливи фосфати на алуминиумот или железото, кои обично се отстрануваат со таложее. Таложните соли можат да се додаваат во тек на примарното пречистување, при што исталожените фосфати се отстрануваат во

примарниот таложник или при секундарното пречистување во секундарниот таложник.

8.5.1.3. Отстранување на фосфор со вар

Со додавањето на вар во отпадната вода која содржи растворливи фосфати се создаваат тешко растворливи фосфати на калциумот. Со таложењето со вар на рН 10,5-11,0 се намалува концентрацијата на фосфорот во обработената вода на околу 1 mg/l.

8.5.1.4. Физички и физичко-хемиски постапки за отстранување на фосфор

Од физичките постапки се применува ултрафилтрацијата за отстранување на фосфорот кој е содржан во суспендираните и колоидните растворени честички, а реверзната осмоза и размената на јони за отстранување на растворливиот фосфор.

8.5.2. Отстранување на азот

Бидејќи азотот е неопходен за живот и растење на водните организми, неговото внесување во природните приемници може да предизвика зголемување на биолошката активност во нив (еутрофикација), што може да има негативни последици и затоа е потребно да се ограничи вкупната количина на азот во пречистените отпадни води кои се испуштат во природните приемници. Во отпадните води азотот може да се јави во облик на амонијак, азот врзан во органски соединенија (органски азот), нитрит и нитрат. Во класичната постапка на пречистување (механичко-биолошко пречистување) еден помал дел од азотот се отстранува со претходно таложење, а еден дел се отстранува со биолошко пречистување, така што микроорганизмите го вградуваат во биомаса. Доколку ефлуентот на биолошкото пречистување содржи амонијак (односно амониум јон), тој во водата на природниот приемник биолошки се оксидира до нитрат (нитрификација) со значителна

потрошувачка на растворениот кислород. Тоа доведува до намалување на концентрацијата на растворениот кислород во природниот приемник низводно од испуштањето, при што може да се загрози опстанокот на живиот свет во водата.

Отстранувањето на азот од отпадните води може да се оствари со процес на десорпција на амонијак (стрипинг), со процес на биолошка нитрификација–денитрификација и со хлорирање. Од наведените методи предност треба да се даде на постапката нитрификација–денитрификација, поради пониските трошоци, едноставното управување и отсуството на штетни влијанија врз животната средина.

8.5.2.1. Десорпција на амонијак (стрипинг)

Десорпцијата на амонијак се врши во посебни гравитациски аератори (кули за стрипинг на амонијак), при што претходно во отпадните води се додава вар за да се подигне рН вредноста на 11. По поминувањето низ кулата за стрипинг е потребно да се изврши корекција на рН вредноста на отпадната вода (на околу 7), најчесто со вдување на јаглерод диоксид. Оваа постапка е едноставна и лесна за работа, но главна слабост ѝ е создавањето на талог од карбонати поради високата рН вредност на водата и малата ефикасност на ниски температури. Постапката е исплатлива за отстранување на големи концентрации на амонијачен азот и ако отпадната вода е со висока температура, како што е случај кај постапките на мезофилно или термофилно анаеробно пречистување.

8.5.2.2. Отстранување на азот со размена на јони

За отстранување на амонијачниот азот (во облик на амониум јон) со размена на јони, погоден јоноизменувач е природниот зеолит клиноптилолит, поради својот афинитет кон амониум јонот. Како обработката на отпадните води со јоноизменувачи во општ случај е многу скапо, оваа постапка се користи само за мали концентрации или

(на пример, поради ниски температури) кога не е погодно да се користи нитрификацијата.

8.5.2.3. Нитрификација – денитрификација

Отстранувањето на азотни соединенија со биолошката постапка нитрификација – денитрификација се изведува во две фази: прво амонијакот во аеробни услови се оксидира до нитрат (нитрификација) со трошење на растворениот кислород од водата, а во втората фаза создадените нитрати, во услови кога нема растворен кислород во водата се редуцираат до елементарен азот (денитрификација). Елементарниот азот е слабо растворлив гас, кој со десорпција се отстранува од водата.

8.5.3. Размена на јони

Размената на јони најмногу се користи за омекнување на водата, но може да се користи и за отстранување на растворените материји од отпадната вода.

Разменувачите на јони како и апсорпционите смоли се применуваат за концентрирање на материите кои во отпадните води се присутни во многу мали количини, т.е во траги. Размената на јони е еден физичко-хемиски процес, кај кој се искористува способноста на еден материјал (смола за разменувачи на јони) да прифати одредени јони од една течност, а за возврат на тоа да даде една еквивалентна количина на други јони со истоветен полнеж.

Разменувачко-активните групи се наоѓаат на една материца (најчесто со дивинил промрежен полистирол) и се состојат од присутни анкер-групи цврсто на смолата (радикали, цврсти јони) и слободно подвижни спротивни јони (со спротивен полнеж) кои можат да се разменат со јоните кои треба да се извлечат од растворот. Додека порано се применуваа природни материјали, како на пр. вулкански или силикатни соли, на пр. зеолит $-K(AlSi_3O_8)$, денеска особено заради подобрата хемиска резистенција единствено се употребуваат материјали за разменувачи на јони од вештачки смоли врз база на полистирол или

акрилна смола. Смолите за разменувачи на јони најчесто се употребуваат во форма на топчиња со големина од 0,2 до 1,2 mm. Разменувачите на јони се делат на: катјонски разменувачи, анјонски разменувачи и разменувачи на јони со мешан слој.

Овде ќе биде разгледана само примената на јоноизменувачите за отстранување на растворените материји од отпадната вода. Јонската размена најмногу се применува во пречистувањето на отпадните води што се добиваат при површинска обработка на металите. Во постапките за површинска обработка на металите се создаваат води кои содржат тешки метали и раствори за обработка на металите (електролити, киселини, органски материји). Таквите отпадни води се многу загадени, токсични и мораат да се пречистат пред да бидат испуштени во реципиентот. Како хемикалиите кои се користат во обработката се скапи, така постои економски интерес тие да се издвојат од отпадните води и да се вратат во процесот. Со јонската размена можат да се постигнат две цели:

- пречистување на отпадните води, кои потоа можат да се рециркулираат како вода за процесот;
- регенерација и рецикулација на одделни хемикалии.

Тоа ќе се објасни со примерот на издвојување и рецикулација на хромната киселина. По хромирањето на металот се измива заостанатиот тенок слој од хромна киселина. Измиените води прво се испуштаат низ силнокиселиот катјонски изменувач за да се отстранат металите, како на пример тровалентниот хром и железо (инаку би се исталожиле како хидроксида на металот во анјонските јоноизменувачи што е нареден степен на обработка). Декатјонизираната отпадна вода потоа се пропушта низ обично слабо базен јонски јоноизменувач во кој се задржува хромната киселина.

Добиената деминерализирана вода се рециркулира и се користи за измивање.

Размената на јони може да се користи за завршно пречистување на отпадните води од површинската обработка на метали, по хемиското таложење кое има за задача да ги отстрани преостанатите количини на тешки метали. За тоа се користат смоли со голема селективност, кои

успеваат да издвојат мали концентрации на саканиот јон во присуство на голема концентрација на јони на други метали. На пример, со јоноизменувачки смоли кои имаат иминодиацетатна активна група концентрацијата на бакар може да се намали од неколку стотина милиграми на само 0,01 mg/l, во присуство на илјада милиграми по литар калциум и натриум. По регенерацијата на смолата добиениот концентрат на метали обично се враќа на обработка во процесот на хемиско таложење.

Размената на јони се користи и при обработка на радиоактивни отпадни води за отстранување на радиоактивни елементи, при што по правило јоноизменувачката маса не се регенерира туку се заменува со нова.

8.5.4. Апсорпција

За отстранување на растворените, претежно органски материи, од отпадните води сè повеќе се користи апсорпцијата. Притоа, апсорпцијата првенствено се користи за завршно (терциерно) пречистување, обично по биолошкото пречистување, односно за отстранување на преостанатото органско загадување кое не е биолошки разградливо или кои влијаат на мирисот, вкусот и бојата на водата. Меѓутоа, апсорпцијата се користи и како главна, основна постапка за пречистување, за отстранување на материите кои се токсични за микрофлората од биолошкото пречистување, односно опасни по реципиентот.

8.5.4.1. Апсорбент и апсорбат

Најчесто користен апсорбент во технологијата на води и отпадни води е активен јаглен.

Апсорбент – материјата на која се апсорбира.

Апсорбат – материја која од растворот (или од некоја гасна фаза) треба да се наслага на апсорбентот.

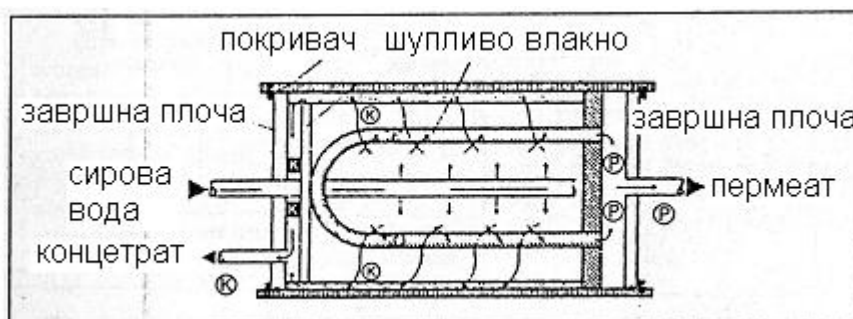
Апсорбат – Апсорбентот наполнет со апсорбат.

Активен јаглен се произведува со пиролиза на дрво или други органски материјали во отсуство на воздух при температури од 800°C, евентуално со хемиски додатоци. При ова бабрење од додатоците се одвојува вода, со што лесно испарливите органски материји одгасуваат и со тоа се создава еден богат со јаглерод систем на шуплини. Распоредот на големините на порите зависи во најголема мерка од применетата постапка на активација. Според тоа, особините и капацитетот на апсорпцијата на активниот јаглен зависат од материјалот од кој е составен и од расположивата површина за апсорпција. За обработка на водите и отпадните води се користи гранулиран активен јаглен и активен јаглен во прав. Со активниот јаглен се отстрануваат органските материји кои влијаат на бојата, мирисот и вкусот на водата и низа други органски соединенија, обично опасни за околината: хлорирани феноли, пестициди, органски растворувачи, полициклични ароматски јагленоводороди и др. Активниот јаглен не е погоден за отстранување на повеќето за околината опасни неоргански материји, на пример многу слабо апсорбира арсен, бариум, кадмиум, хром, селен, а може да се примени само за отстранување на оловото, живата и водородсулфидот. Апсорпцијата може да се изведе шаржно: по пат на контакт на апсорбентот со додадената отпадна вода, потоа со сепарација на заситениот апсорбент или континуирано со пропуштање на отпадната вода низ слојот на апсорбентот.

8.5.5. Реверзна осмоза

Познато е дека ако со една полупропусна мембрана се одвојат две течности со различна концентрација на соли, доаѓа до појава на разлика во притисокот од едната и другата страна на мембраната. Од комората со помала концентрација на вода ќе поминува низ мембраната во комората со поголема концентрација, каде што притисокот ќе се зголеми. Разликата во притисоките помеѓу растворите со различна концентрација претставува осмотски притисок, а транспортот кој овој притисок го предизвикува се нарекува *осмоза*. Доколку по механички пат во втората

комора се воспостави притисок кој е поголем од осмотскиот притисок, тогаш транспортот на вода ќе оди во обратна насока и водата ќе поминува од втората комора во првата. Оваа појава се нарекува *реверзна осмоза*. Во технологијата на води реверзната осмоза се користи за одвојување на водата од присутните во неа растворливи материи. Одвоената пречистена вода се нарекува *пермеат*, а заостанатата вода во којашто концентрацијата на нечистотии е зголемена се нарекува *концентрат* или *ретентат*. Мембраната за реверзна осмоза мора да биде што потенка и дебелината обично е околу 1 μm . Така тенките мембрани се механички неотпорни, така што мембраната мора да лежи на носач кој претставува мембрана, подебела и механички поцврста и со многу поголеми пори за да се намали хидрауличкиот отпор. Квалитетот на мембраната има одлучувачко влијание врз ефикасноста и капацитетот на реверзната осмоза. Квалитетот на мембраната во најголема мерка зависи од каков материјал е направена. Мембраните најчесто се направени од ацетат на целулозата и од полиамид. Мембраните од полиамид се подобри и имаат поголема употреба. Често се изработуваат и т.н. композитни мембрани односно мембрани од два материјала, каде што мембраната обично е од полиамид, а носачот на мембраната е од полисулфон. Мембраната (или мембраните) се наоѓаат во хоризонтално куќиште т.н. модул на којшто се наоѓа отвор за влез на сива вода и излез за пермеатот и концентратот (слика 22).



Слика 22 - Модул за реверзна осмоза со шупливи влакна

Figure 22 - Reverse osmosis module with hollow fibers

Типот (обликот) на мембраните влијае на нејзините карактеристики. Разликуваме цевчести мембрани, мембрани од типот на шупливо влакно, плочести мембрани и спирално завиени мембрани. За реверзна осмоза најчесто се користат мембрани од типот на шупливо влакно и спирална мембрана. Модулите се основниот дел на постројката за деминерализација на водата со реверзна осмоза каде што ги има и по неколку десетина. Пермеатот добиен од одделни модули се собира како пречистена вода, а концентратот оди низ неколку (обично 2-3) батерии на модулот, со што би се добила што повеќе пречистена вода. Со реверзната осмоза најчесто се добиваат 75–80% пречистена вода како пермеат и 20–25% отпадна вода како концентрат.

8.5.6. Отстранување на бионеразградливи органски материи

Микроорганизмите од конвенционалниот процес на секундарното биолошко пречистување не можат да разградат дел од органските материи од отпадните води и тие се означуваат како бионеразградливи. Доколку пречистените отпадни води повторно се користат, може да се бара и тие бионеразградливи органски материи да бидат отстранети. За отстранување на бионеразградливите органски материи се користи постапката со апсорпција со активен јаглен, хемиска оксидација и пречистување со земјиште.

8.5.6.1. Отстранување на растворени неоргански материи

Карактеристично за некои постапки за пречистување е да доведуваат до зголемена содржина на растворени неоргански материи во пречистената отпадна вода (на пр. при коагулација, флокулација, хемиско таложење, хемиска оксидација). Зголемената содржина на растворени неоргански материи пречи доколку таквите води се користат за наводнување.

Отстранувањето на неорганските материи т.е. деминерализацијата на пречистените отпадни води се прави со реверзна осмоза и размена на јони со јоноизменувачи.

8.5.7. Филтрација

Филтрацијата спаѓа во постапките на терцијално пречистување на отпадните води. Во технолошката шема нејзиното место е по секундарниот таложник, односно по завршеното биолошко пречистување. Со филтрацијата се постигнуваат добри резултати во отстранувањето на суспендираните материји, БРК и заматеноста, додека помала ефикасност има во отстранувањето на ХРК, бојата, азотот и фосфорот. Филтрирањето се остварува со преминувањето на водата низ гранулиран материјал поставен на перфорирана подлога.

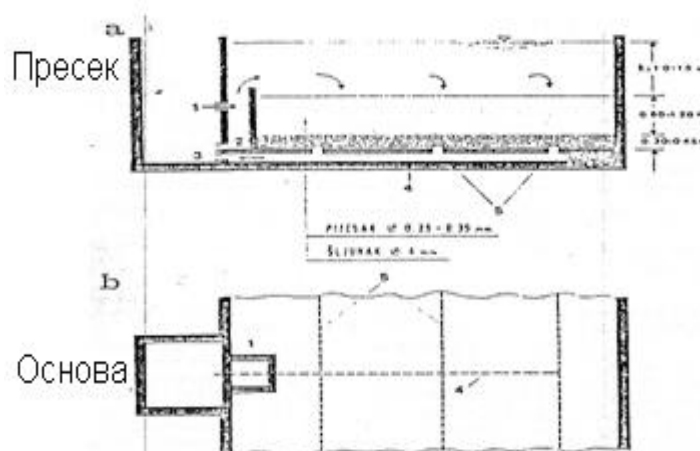
Постојат различни видови на филтрирање кои меѓусебно се разликуваат по насоката на движење на водата низ филтерскиот слој, брзината на движење на водата, составот на филтерското полнење, брзината на филтрирање и од видот на погонската сила за филтрација. Филтрирањето се одвива во бавни филтри, брзи гравитациони филтри и филтри под притисок.

Единицата за филтрирање во сите овие случаи се состои од објект изграден од бетон и челик на чие дно (перфорирана подлога) се наоѓа дренажен систем преку кој се собира филтрираната вода и се носи надвор од единицата за филтрирање. Истиот дренажен систем се користи и за перење на филтерот со движење на водата за перење од долу па нагоре, односно во спротивен правец.

8.5.7.1. Бавни филтри

Филтерското полнење е песок кој е поситен од песокот кај брзите филтри. Ако сировата вода е со мала заматеност, бавниот филтер може да работи повеќе недели, а да не изгуби во ефикасноста и капацитетот. Чистењето на филтерот се врши со вадењето на горниот слој на песокот 1–2 см. Крупноста на зрната песок и неговата гранулација (униформност) мора да бидат во одредени граници со што би се постигнал правилен однос помеѓу ефикасноста на филтрацијата и хидрауличките карактеристики на филтерот. Дебелината на слојот на

песокот е од 60 до 120 cm, а слојот на водата над песокот е од 100 до 150 cm (слика 23).



Слика 23 Бавни филтри

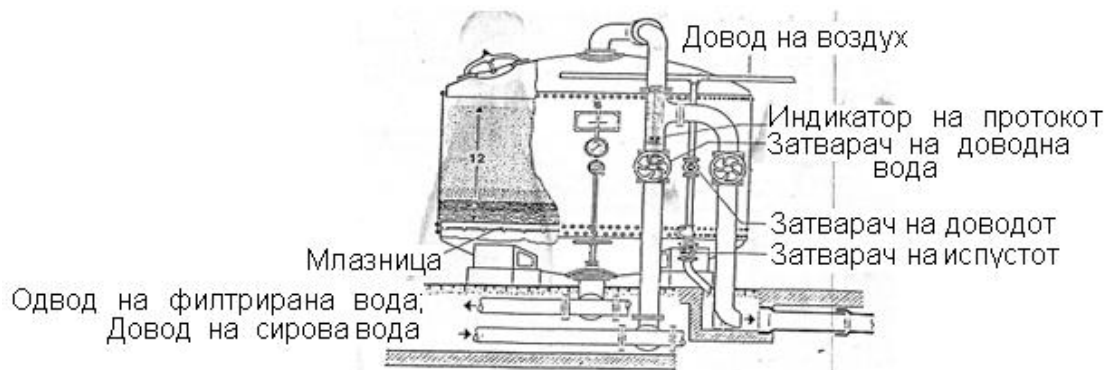
Figure 23 Slow filters

8.5.7.2. Брзи филтри

Филтерското полнење е покрупно од тоа кај бавните филтри, па разликуваме брзи отворени филтри и филтри под притисок. Кај процесите на брза филтрација задржувањето на водата над песокот е 10–20 минути. Филтерското полнење се поставува во армиран-бетонски базен со длабочина од 2,7 метри, а под полнењето лежи перфорирано дно со дренажен систем. Во процесот на филтрирање водата поминува низ филтерот, според дренажниот систем под атмосферски притисок, а перењето оди одоздола-нагоре. Полнењето може да биде еднослојно или повеќеслојно. Кај еднослојното полнење распоредот на зрната по гранулација е таков што на врвот на полнењето честиците се поситни, а одејќи кон дното честиците се сè покрупни. Ваквиот распоред на гранулацијата прави горниот слој да е помалку порозен, па затоа во првите 10–20 cm практично се одвива филтрацијата односно задржувањето на суспендираните честици. Кај двослојните филтри покрај песок има и слој на антрацит, а кај трислојните покрај песок, антрацит има и активен јаглен, со што се постигнува поголема брзина на филтрирање, подобар и еднаков квалитет на филтратот и поголем временски период помеѓу две перења.

8.5.7.3. Брзи филтри под притисок

Овие филтри се затворени (цилиндрични) челични садови со внимателно распореден кварцен песок над дренажниот систем кој е вграден на дното на цилиндерот (слика 24).



Слика 24 - Вертикален филтер под притисок

Figure 24 - Vertical Pressure Filter

Водата која се филтрира влегува во филтерот во горниот дел, поминува низ филтерскиот слој и низ дренажниот систем излегува од филтерот. Овие филтри, освен вертикални, можат да бидат и хоризонтални. Со овие филтри под притисок најчесто се отстрануваат: заматеноста, железо, манган, масла, органски материи, боја и бактерии, а ако се користи некој апсорбент (активен јаглен), тогаш може да се отстранат и непријатниот вкус и мирис. Притисокот за преминувањето на водата низ филтерот се формира со пумпа или со висински резервоар. Перењето на филтерот и овде се врши во обратна насока на водата и насобраниот материјал на горната површина на филтерот се испира и се испушта во одводниот канал. Покрај перењето со обратен тек на водата, заради подобро испирање, некои филтри под притисок на горниот дел имаат вградени ротирачки бризгалки кои под притисок го разложуваат наталожениот материјал и со тоа помагаат филтерот побрзо и подобро да се исчисти. Перењето на филтерот може да се направи и со вдување на воздух оздола-нагоре.

8.5.8. Дезинфекција на пречистената отпадна вода

Со помош на физичко-хемиските методи (коагулација, таложење, филтрација) од отпадната вода може да се отстранат скоро сите суспендирани материи, како и 90–95% бактерии. Меѓутоа, за уништување на преостанатите бактерии е потребно да се изврши дезинфекција на ефлуентот пред пуштањето во реципиентот. Според прописите при испуштањето на пречистените отпадни води во реципиентите од прва и втора класа концентрацијата на колиформните бактерии во реципиентот по мешањето со отпадните води треба да биде помала од 200 во 100 ml за прва класа и 6000 во 100 ml за втора класа на водотекот.

Кај испуштањето на отпадните води од инфективните клиници и санаториуми неопходно е да се изврши нејзина дезинфекција пред пуштањето во градската канализација. Хлорот уште се употребува за уништување на алгите и планктонот во водата, за спречување на гниењето во канализационата мрежа (непријатен мирис), анаеробните процеси и гниењето во таложниците и дигесторите за тиња, за разградување на водородниотсулфид, процесот на коагулација и сепарација на мастите и др.

Дезинфекцијата со хемикалиите се базира на дејството на хемикалиите на виталните функции на микроорганизмите. Најчесто применувани дезинфекциски средства се хлор, хлордиоксид, озон и ултравиолетова радијација. Гасовитиот хлор се доведува во боци под притисок, кој реагира со водата:



HOCl е хипохлореста киселина која е слаба киселина, но е силно дезинфекциско средство. Покрај своето дезинфекциско дејство, хипохлорестата киселина реагира и со органските материи присутни во отпадната вода, создавајќи непожелни соединенија – хлорфеноли, трихалометани итн. Дозирањето на хлор може да се врши во цевката, каналот или на преливот. Додадениот хлор мора да се измеша по целиот

волумен на отпадната вода што се постигнува со соодветен објект и опрема. Неопходна е соодветна опрема за дозирање на хлорот и контрола на резидуалниот хлор. Ако по дезинфекцијата во ефлуентот останал резидуален хлор, тогаш се врши дехлорирање со сулфурдиоксид или активен јаглен во прав.

8.5.8.1. Хлордиоксид

Во последно време наместо хлор се применува хлордиоксид како дезинфекциско средство, посебно при зголемувањето на рН вредноста хлордиоксидот за разлика од хлорот ја задржува ефикасноста за дезинфекција.

8.5.8.2. Озон

Озонот е алотропска модификација на кислородот и претставува силно оксидационо и дезинфекциско средство. Објектот и опремата за озонирање се скапи, а производството на озон има високи погонски трошоци, така што ретко се применува за дезинфекција на отпадните води.

8.5.8.3. Ултравioletова радијација

Дезинфекција може да се изврши и со ултравioletови зраци. Мора да се води сметка за растојанието меѓу изворите на ултравioletовите зраци, бидејќи тешко минуваат низ матен ефлуент и од тие причини оваа дезинфекција е применлива само за мали постројки.

8.5.9. Повторна употреба и испуштање на отпадните води

Се помалите количини на свежата вода со бараните карактеристики кои се на располагање се причина за повторно користење на пречистените отпадни води. За која намена ќе се користат некои пречистени отпадни води ќе зависи од нивниот квалитет, од бараниот

квалитет на води за одделни цели, резервите и цената на водата, цената на транспортот и пречистувањето на отпадните води и др. Секоја заедница го регулира квалитетот на пречистените отпадни води со соодветни стандарди и критериуми.

Повторното користење на пречистените отпадни води за комунални потреби е ограничено на потрошувачите кои располагаат со системот т.н. двојно снабдување (одвоени цевки за вода за пиење и пречистена отпадна вода), при што пречистената отпадна вода се употребува за тоалетите, поливање на зелените површини, за перење на улиците. Користењето на пречистените отпадни води за потребите на индустријата е секако најразвиен вид на повторна употреба на отпадните води што влијаело на значителното намалување на потребите на индустријата за свежа вода. Но, најмногу пречистените отпадни води се користат во земјоделството за наводнување на земјоделските површини и за перење на фармите. Овие води се користат и за спорт и рекреација преку поливање на тревните површини на терените, создавање на вештачки езера за спортови на вода и сл. Пречистените отпадни води се испуштаат во реципиентот, при што реципиент може да биде атмосферата (испарливата вода), земјиштето (и подземни води) и површинските води (водотекови и акумулации на вода). Најчест случај на испуштање на пречистени отпадни води е нивното испуштање во водотеците и акумулациите на слатка и солена вода, при што отпадната вода се разблажува со вода од реципиентот, а преостанатото загадување внесено со водата се разградува со процесите на самопречистување во реципиентот, при што се намалува концентрацијата на кислородот, но потоа се зголемува оксигенацијата преку дифузија на кислородот од воздухот во водата.

8.6. Обработка на тињата добиена при процесот на пречистување на отпадните води

Загадувачките материи од отпадните води кои се отстранети со процесот на пречистување најчесто се наоѓаат во облик на водени суспензии кои се наречени *тиња*. Тињата се добива при отстранување

на суспендирани честици од отпадната вода со таложее или флотација, со отстранување на суспендирани и колоидни растворени материи со коагулација и флокулација, талози кои настануваат во процесот на хемиско пречистување, вишок на активна тиња од процесот на биолошко пречистување. Во базените со аерација се адаптираат оптимални услови за раст и размножување на микроорганизмите кои ги разградуваат органските материи во отпадните води. По процесот на аерација отпадната вода во таложникот се раздвојува на пречистена вода и тиња. Дел од тињата се враќа во процесот, а вишокот на тиња доколку не може да се одложи на земјиште или во вода без негативно влијание на животната средина, мора да се обработи пред одложувањето, т.е. да се претвори во материјал што не е штетен по околината. Иако количината на тињата која настанува во тек на пречистување се движи околу 6% од количината на отпадната вода, која со процесот на згуснување се намалува под 1%, трошковите за обработка и одлагање на тињата се многу високи, изнесуваат околу 25-40% од вкупните трошоци на пречистувањето на отпадната вода. Количината на тињата зависи во прв ред од карактеристиките на отпадната вода и за индустриските отпадни води се движат во многу широк опсег, но во груби пресметки може да се каже дека пречистувањето на индустриските отпадни води продуцира 4-5 пати повеќе количина на тиња од пречистувањето на комуналните отпадни води.

8.6.1. Состав и основни карактеристики на тињата

Најважните суспендирани материи кои влегуваат во состав на тињата можат да се класираат во:

- зрнест материјал, најчесто од неорганско потекло;
- флокулирани или желатинозни материи, најчесто составени од колоидни честици (органски и неоргански) кои содржат голем волумен на врзана вода и чијашто специфична тежина е помала (флокули на метални хидроксида, биолошки флокули со доста протеини);
- масни материи, најчесто со хидрофобен карактер.

Табела 16 - Типичен хемиски состав на тињата**Table 16 - A typical chemical composition of sludge**

Особина	Нетретирана примарна тиња		Примар тиња после дигестија		активна тиња
	Опсег	типично	опсег	типично	опсег
Концентрација на суви материи(%)	2,0-8,0	5,0	6,0-12,0	10,0	0,83-1,16
Волатилни материи(% од СМ)	60-80	65	30-60	40	59-88
Масти и масла растворливи во етер(%од СМ)	6-30	-	5-20	18	5-12
Протеин (% од СМ)	20-30	25	15-20	18	32-41
Азот(% од СМ)	1,5-4	2,5	1,6-6,0	3,0	2,4-5,0
Фосфор (P ₂ O ₅ ,% од СМ)	0,8-2,8	1,6	1,5-4,0	2,5	2,8-11,0
Калиум (K ₂ O,% од СМ)	0-1	0,4	0,0-3,0	1,0	0,5-0,7
Целулоза(% од СМ)	8,0-15,0	10,0	8,0-15,0	10,0	-
Железо (не како сулфид) (mg/l)	2,0-4,0	2,5	3,0-8,0	4,0	-
Силициум (SiO ₂ ,% од СМ)	15,0-20,0	-	10,0-20,0	-	-
pH	5,0-8,0	6,0	6,5-7,5	7,0	6,5-8,0
Алкалност (mg/l како CaCO ₃)	500-1500	600	2500-3500	3000	580-1100
Органски киселини (mg/l како HAc)	200-2000	500	100-600	200	1100-1700
Енергетски состав (MJ/ kg)	23-29	25,5 ^{a)}	6-14	9 ^{b)}	18-23

а)Засновано на 65% волатилни материи
б)Засновано на 40% волатилни материи

Основни карактеристики на тињата се:

- концентрација на суви материи која се изразува во g/l или во процент маса;
- содржина на испарливи материи која се изразува во процент на суви материи;
- способност на таложење;
- вискозност;
- тискотропија – оваа карактеристика е важна како и претходната за проценка на можноста на собирање, транспорт и пумпање на тињата. Таа го прикажува однесувањето на тињата кога се згуснува без никакво мешање:

- филтрабилност – оваа особина ја карактеризира специфичната отпорност при филтрирање;

- центрифугибилност – оваа особина се дефинира со учинокот при сепарација на цврсти материји и покрај активноста на едното поле со зголемено забрзување;

- врзана вода – целата вода што тињата ја содржи се состои од слободна вода која во помала или поголема мера може да се елиминира со продолжена декантација и врзана вода за чиешто ослободување е потребна дополнителна енергија.

Изборот на постапката на обработка и одложување на тињата најмногу зависи од нејзините карактеристики. Тињата е различна, посебно тињата што се добива од индустриските отпадни води. Од количеството на тињата и концентрацијата на суспендирани честици најмногу зависи и начинот на обработка на тињата. Треба да се нагласи дека вообичаеното изразување на концентрацијата на суспендирани честици во тињата преку процент на масата на суви материји, не дава информација за однесувањето на тињата, бидејќи волуменот на суспендирани честици, поради нивната хидратибилност е многу поголем. Особено тоа е случај со активната тиња, на пример, активна тиња со 0,2-2% сува маса може да има волуменска концентрација на суспендирани честици 25-50%. Освен тоа, изразувањето на концентрацијата во проценти е погрешно, но е вообичаено во пракса, при што таа грешка е мала и се запоставува за мали концентрации и за тињи со суспендирани честици со мали густини (активна тиња на пр.). Концентрацијата на суспендирани честици има најголемо влијание на реолошките карактеристики на тињата (вискозитет во прв ред) за да се изведе на најдобар начин опремата за транспорт и обработка на тињата: пумпи, мешалки, вентили, цевководи и итн. Остнатите карактеристики на тињата (способност за обезводнување, топлотна вредност, хемиски и биолошки карактеристики) ќе се разгледаат во поедините постапки на обработка и одлагање на тињата.

8.6.2. ПОСТАПКИ ЗА ОБРАБОТКА НА ТИЊАТА

Тињата претставува голем проблем, бидејќи се состои од супстанции кои на сировата отпадна вода ѝ даваат лош квалитет (суспендирани органски и неоргански материи, супстанции кои даваат непријатни мириси, бактерии и сл.). Органските материи коишто се наоѓаат во сировата тиња се подложни на гниење. Во случај на спонтано и неконтролирано гниење во природата би дошло до развивање на непосакувани гасови, како што се метан, сулфурводород, амонијак и др. Во тињата можат да се најдат и патогени бактерии кои без нивна елиминација во процесот на обработка на тињата би можеле да предизвикаат заразни болести. Посебен проблем во обработката на тињата претставува високата содржина на вода во издвоената тиња, што бара релативно големи објекти за обработка на тињата. Главна цел на постапките за обработка на тињата се:

- намалувањето на волуменот на тињата (тоа ќе придонесе за намалување на објектите во кои се врши нејзина обработка, намалување на депониите за тиња, намалување на трошоците и олеснување на транспортот);

- стабилизацијата на тињата, со што се спречува нејзината спонтанa разградба во природната средина, уништување на бактериите и паразитите присутни во тињата и др.

Постапките за обработка на тињата се многу различни. Тие можат да се комбинираат на разни начини, зависно од големината на постројката и начинот на користење и отфрлање на обработениот производ. Која од постапките ќе се примени и по кој редослед зависи и од физичките, хемиските, биолошките карактеристики на тињата, можноста за рецикулација на одделни конституенти на тињата, цените на реагенсите и др. Постапките може да се групираат на следниов начин:

1) Постапки за намалување на волуменот на тињата и количината на водата:

а) Кондиционирање за промена на гел структурата на тињата во порозна структура, со цел да се подобри испуштањето на водата:

- хемиско кондиционирање – додавање на разни видови на хемикалии за коагулација и флокулација, елутријација, оксидација со хлор или озон;

- физичко кондиционирање (термичко, додавање на инертни материји и др.).

б) Згуснување за зголемување на концентрацијата на сувите материји во тињата:

- гравитациско (статичко или со мешање),

- флотациско (вдувување на воздух, со вакуум, со растворен воздух).

в) Одделување на водата за намалување на содржината на водата во тињата:

- природни постапки (полиња и лагуни),

- механизирани постапки: статички (филтрирање под вакуум–вакуум филтри, филтрирање под притисок – преси), динамички (центрифугирање) и др.

г) Сушење за понатамошно намалување на содржината на вода.

2) Преработка за стабилизација на материите подложни на распаѓање:

- анаеробно гниење,
- аеробна стабилизација,
- компостирање,
- гасификација,
- запалување.

3) Уништување на патогени микроорганизми и паразити:

- пастеризација,
- зрачење со UV зраци,
- хемиски постапки.

8.6.2.1. Постапки за намалување на волуменот на тињата и количината на водата

8.6.2.1.1. Згуснување на тињата

Намалувањето на волуменот на тињата ја поедноставува и поевтинува понатамошната обработка и одлагање, а тоа се постигнува во поголема мерка со згуснување, концентрирање на тињата. Со згуснување се намалува волуменот на тињата, обично од 2 до 5 пати. Згуснатата тиња оди на понатамошна обработка, а водата издвоена од тињата по правило се враќа во процесот на пречистување на отпадни води. Згуснувањето на тињата се изведува со гравитационо згуснување или флотација. Гравитационото згуснување многу почесто се користи во праксата од флотациониот, но треба да се нагласи дека флотационите згуснувачи се попогодни за згуснување на тињата чии суспендирани честици се со мали специфични маси и силно хидратирани.

Згуснувањето може да се врши на повеќе начини:

а) *Гравитациски згуснувачи* – тињата се внесува во комората за згуснување во која се задржува подолго време со цел на тој начин да се предизвика таложење на тињата која подоцна ќе се отстрани од долниот дел на комората, додека слободната течност ќе се евакуира низ отворите на горниот дел.

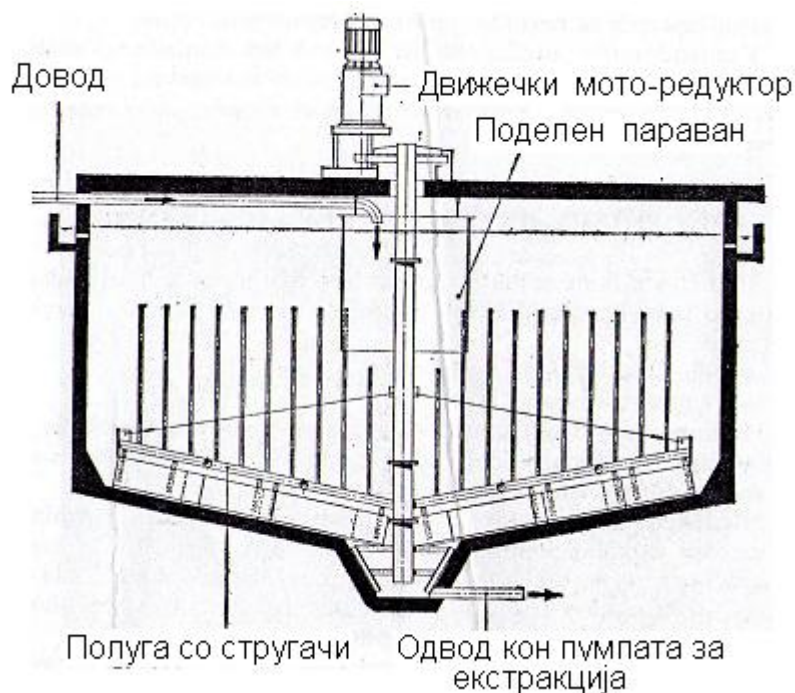
б) *Статични згуснувачи* – тоа се најчесто цилиндрични комори со конусно дно кои се конструираат на ист принцип како и статичните таложници. Нагибот на дното кон хоризонталата треба да е доволно голем (50 – 70). Пречникот на овие уреди кои ретко се вкопуваат во земја не преминува преку пет метри.

в) *Механизирани згуснувачи* (слика 25)

Тоа е цилиндричен резервоар опремен со ротационен механички уред чијашто улога е двојна:

- со помош на стругачите поставени над дното да се овозможи поместување на тињата кон централниот собирен дел;

- со помош на вертикалните решетки прицврстени за ротационен уред да се олеснува одвојувањето на слободната вода и преостанатите гасови во тињата.



Слика 25 - Згуснувач со стругачи

Figure 25 - Thickeners with scraping

г) *Згуснување со елутрација (испирање)*

Под елутрација се подразбира испирање на тињата со чиста вода со цел да се подобрат физичките и хемиските карактеристики на тињата, со што се елиминираат колоидните и фините честици, и за да се намали базичноста. Со елиминирање на фините честици се забавува процесот на згуснување, а со тоа се зголемува ефектот на сушење што се врши механички (со вакуум филтри, со филтер преса). Уредите за елутрација се познати како *уреди за згуснување*, со таа разлика што на влезот на базенот се додава голема количина на вода. Затоа многу често низводно од уредот за елутрација на напојниот приклучок се ставаат два плитки

базени од кои едниот ја прима тињата за испирање, така што степенот на разблажување лесно може да се контролира.

д) *Згуснување со флотација* може да се изврши со растворен воздух, со вакуумска флотација и со флотација со вдување на воздух. Најчесто се користи флотацијата со растворен воздух. За оваа постапка воздухот се внесува во комората со тиња под зголемен притисок од 2,75–3,50 бари. Времето на задржување изнесува неколку минути. Во флотаторот тињата е под атмосферски притисок и воздухот од растворот излегува во вид на фини меурчиња кои ја подигнуваат тињата кон површината од каде што истата се отстранува, а издвоената вода повторно се враќа во процесот на пречистување. Во местата со ниски температури флотаторот мора да биде во затворена и затоплена зграда. Ефикасноста на флотаторот може да се зголеми со додавање на раствор од полиелектролит во суровата тиња. Површинското оптоварување на флотаторот со сува материја во тињата е дадено во табела 17.

Табела 17 - Површинско оптоварување со суви материи во тињата на флотатор со растворен воздух

Table 17 - Surface loading of dry material in the sludge in dissolved air flotator

Видови на тиња	без хемикалии	со хемикалии
Активна тиња после аерација со воздух	50	> 220
Активна тиња после аерација со чист кислород	70 – 100	> 220
Тиња после биофилтер	70 – 100	> 220
Примарна + аерирана активна тиња	70 – 150	> 220
Примарна + тиња после биофилтер	100 – 150	> 220
Само примарна тиња	100 – 150	> 220

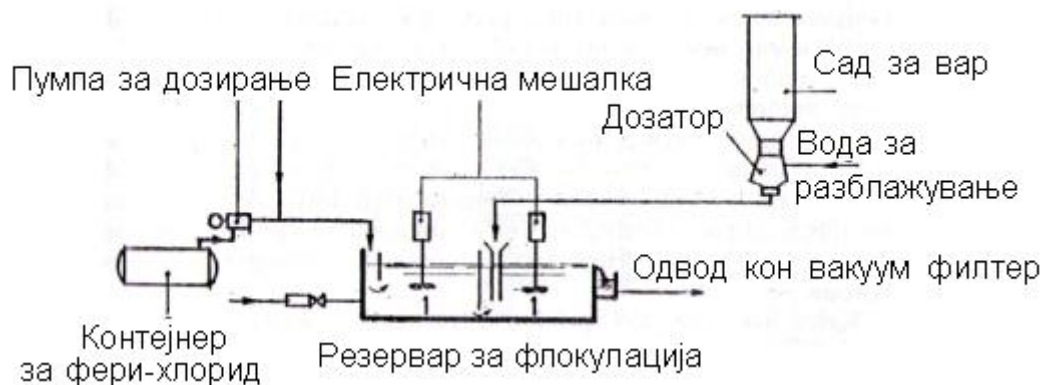
8.6.2.1.2. Кондиционирање на тињата

Кондиционирање е постапка со која се постигнува подобро одвојување на водата од тињата при згуснувањето и обезводнување, при што се менува конзистенцијата на тињата од аморфна маса слично на гел, тињата се претвора во матерјал кој лесно ослободува вода. Тоа се постигнува со хемиски методи т.е. со додавање на коагуланти и флокуланти и термичка обработка. Неоргански или органски коагуланти и флокуланти се користат во кондиционирањето на тињата на сличен начин, како и во постапката на бистрење на водата со коагуланти и флокуланти, а разликата е во дозите кои при обработка на тињата се поголеми и во сложеноста на работата (ефектот на кондиционирањето зависи од староста на тињата, како и од типот на тињата). Целта на хемиската стабилизација е да се зголемат суспендираните честици со што се создава порозна структура на тињата од покрупни и помалку хидратирани честици. Термичката обработка се состои од краткотрајно загревање на тињата под притисок (на 150-200°C и 10-20 бари) со воведување на пареа. Термичкиот третман предизвикува коагулација и намалување на хидратираноста на суспендираните честици, денатурација на белковините и слично, што доведува до уништување на микрофлората, со што се добива практично стерилизирана и дезодоризирана тиња која лесно се обезводнува. Треба да се нагласи дека со термичка обработка, освен кондиционирањето, делумно се остварува и стабилизација на тињата, бидејќи се оксидираат дел од органските материји на тињата, ако со пареата се додава воздух.

Хемиско кондиционирање – Реагенсите кои се користат при флокулација можат да бидат од неорганско и органско потекло.

Ферихлорид е реагенс кој најчесто се користи во комбинација со вар. Дозата за ферихлорид која е потребна, а со тоа и дозата на варта се зголемува пропорционално на содржината на испарливи материји во тињата и нејзината базичност. Се користат и други флокуланти алуминиум сулфат, феросулфат и др. Потребно е да се располага со

резервоари за флокулација во који тињата ќе одлежи 10-15 минути, за да се овозможи потребниот раст на флокулите (слика 26).

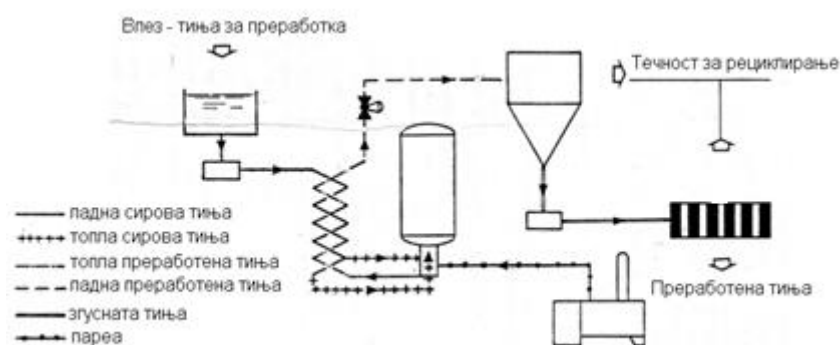


Слика 26 - Шема на уред за кондиционирање со ферихлорид и вар
Figure 26 - Scheme of device for conditioning the ferric chloride and lime

Полиелектролити се органски реагенси кои можат да се добијат во облик на прав или во течна состојба. Полиелектролитите пред да се инјектираат треба добро да се разблажат. Флокулацијата со помош на полиелектролити е обично моментална, оформениот флок е голем, но е прилично нестабилен. Поради тоа, полиелектролитите се вбригуваат низ отвори кои се наоѓаат непосредно пред уредите за сушење и тоа со интензивно но краткотрајно мешање.

Термичко кондиционирање – Врската меѓу водата и колоидните материи може да се прекине и термички со зголемување или намалување на температурата. Идејата тињата да се преработува на овој начин датира уште од почетокот на овој век и прв кој го употребил овој технолошки процес бил англискиот инженер Портеус. Загревањето на тињата на доволна температура, посебно кога тињата содржи голем процент на органски колоидни материи, неговата физичка структура неповратно се менува. Загревањето се врши при константен притисок, а температурата се движи од 150 до 210°C и трае од 30 до 90 минути, во зависност од тињата која се преработува. Во текот на вриењето колоидната маса се распаѓа, а некои суспендирани материи стануваат

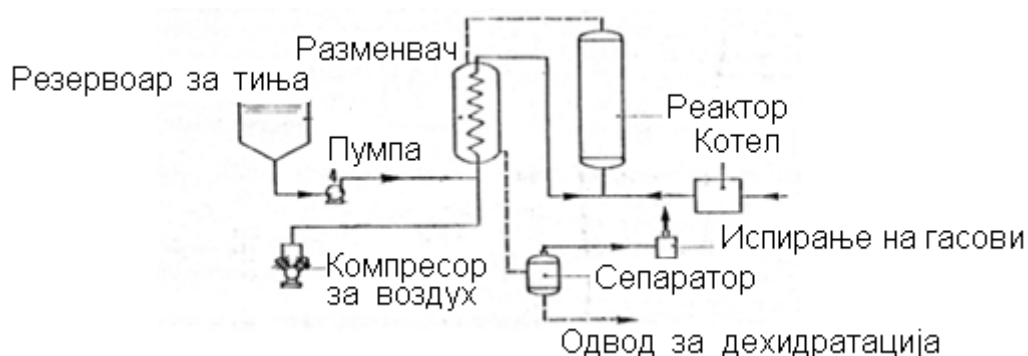
растворливи, а растворливите материи се таложат. Течната фаза издвоена од загреваната и дехидрираната тиња се користи како ѓубриво во земјоделието (слика 27).



Слика 27 - Термичка и механичка обработка на тињата

Figure 27 - Thermal and mechanical processing of sludge

Влажно согорување на тињата – И покрај називот овој процес повеќе претставува кондиционирање отколку согорување. Процесот се состои од загревање на тињата во присуство на воздух под притисок кој може да достигне и до 200 бара. Притоа доаѓа до интензивна оксидација на органските материи, а истовремено до физичка трансформација на колоидните материи (слика 28).

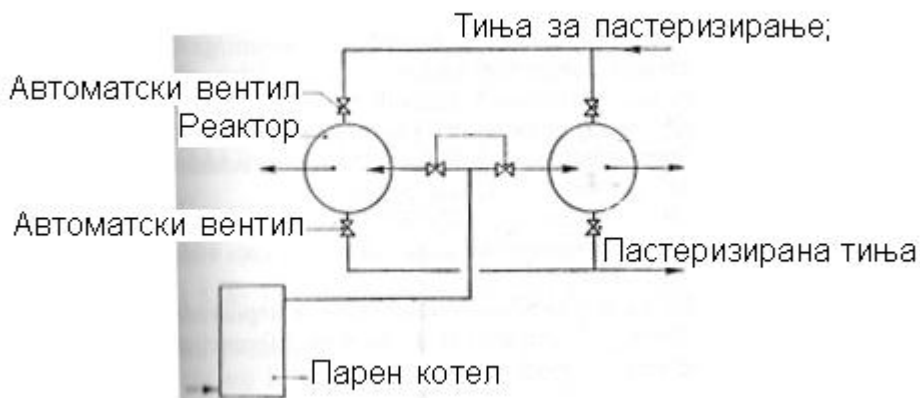


Слика 28 - Шема на процесот

Figure 28 - Scheme of the process

8.6.2.1.3. Пастеризација на тињата

Процесот на загревање и влажно согорување на тињата доведува до создавање на стерилна тиња во која се уништени сите патогени организми и кога се испушта таква тиња, таа веќе не гние и не ослободува непријатни мириси. Добиената тиња е доста просушена (40–50% SM) и ако е изгниена, не е веќе во состојба да ферментира. Пастеризација се прави со цел да се обезбеди асептичност на тињата. Пастеризираната тиња може без опасност да се користи во земјоделието, дури и за ѓубрење на култури наменети за исхрана на стока и ѓубрење на зеленчукот. Процесот на пастеризација се врши така што тињата 20 минути се изложува на температура од 70°C (слика 29).



Слика 29 - Уред за пастеризирање

Figure 29 - Apparatus for pasteurizing

Пастеризацијата може да се примени и на свежа, и на стабилизирана тиња и на превриена тиња.

Други начини на кондиционирање кои можат да се применат се: замрзнување, кондиционирање со додавање на суви инертни материи со што се подобрува кохезијата на тињата, а со тоа и филтрабилноста и електросмоза.

8.6.2.1.4. Дехидратација (обезводнување)

Со обезводнување тињата се претвора во полуцврсти материјали, чија конзистенција е слична на влажен цврст материјал. Материјал со таква конзистенција лесно понатаму се преработува или одлага. Поради отстранување на голем дел на водата, масата на тињата значително се намалува (обично на петина), што ја поевтинува понатамошната обработка, односно се намалуваат трошоците за транспорт при одлагање. Способноста за обезводнување на тињата зависи во најголема мера од концентрацијата и особините на суспендираните честици, но и од висозноста, базичноста и јоните во водата во тињата. За обезводнување на помали количини на кондиционирана и стабилизирана тиња, на активна тиња од која обично тешко се отстранува водата се користат полиња за сушење на тињата кои претставуваат бавни песочни филтри: на подлога на шљунак со инкорпориран дренажен систем се наоѓа слој на песок. Тињата се нанесува во слој со дебелина од 200 до 300 мм, а обезводнувањето, сушењето се постигнува со комбинирано процедување на водата од тињата низ слој на песок и со испарување. Периодот на сушење на тињата многу зависи од климатските фактори (температурата и влажноста на воздухот, ветер) во најдобар случај изнесува околу две недели, но и неколку месеци. Влагата на тињата се намалува на околу 60%, а тињата се отстранува рачно или механички. Капацитетот на полињата за сушење на тињата зависи од типот на тињата и од климата и не постојат егзактни туку само искусвени начини за негово одредување и се движи обично во интервал од 100 до 200 кг сува материја по метар квадратен површина годишно. За обезводнување на биолошки стабилизирана тиња во краеве со поволна клима можат да се користат плитки лагуни за тиња. Во нив од тињата во слој од околу 1 м длабочина се намалува дел од влагата со испарување на околу 70%, обично во тек на две години. За поголеми капацитети се користат механички постапки за обезводнување. Тињата може многу ефикасно да се обезводнува со центрифугирање (содржината на влага се намалува на 75-80%), но тој начин во принцип е поскап.

Вакуум филтри – тоа е ротационен филтер, кој се состои од движечки цилиндер во вид на барабан, кој е делумно потопен во коритото каде што се наоѓа тињата наменета за филтрирање. Тој се состои од одреден број на меѓусебно поврзани непропусни комори покриени со платно (сито) кои служат како подлога за филтрирање. Секоја од овие комори се поврзани преку цевки со главната цевка преку која влегува тињата. Во последно време вакуум филтрацијата не се користи поради комплексноста на системот, потребата од хемикалии и високи трошоци за работа и одржување.

8.6.2.1.5. Филтрирање под притисок

Од филтрите кои работат на овој принцип за сушење на тињата најмногу се употребува рамовата филтер преса. Основниот дел на филтерот го чинат низа на продупчени плочи коишто се цврсто припиени една до друга со помош на хидраулична преса, која е поставена на едниот крај. Од двете страни на овие плочи се поставени сита за филтрирање, а плочите имаат и отвори коишто споени формираат канал за напојување со тиња. Одвоената вода оди на повторно пречистување, а тињата се одлага на депонија или може да се продолжи со термичко сушење при што можат да се добијат органски и неоргански суви материи. Оваа постапка треба да се примени само ако со неа се добијат материи кои можат да се користат како ѓубриво или материи кои можат да се регенерираат во индустриските процеси. Сè популарни се хоризонталните лентести филтри кои се јавуваат како алтернатива на вакуум филтрите.

Сушење со топлина, спалување, оксидација со влажен воздух– Доколку тињата се користи како ѓубриво, влагата во тињата се намалува со сушење со топлина, односно со врели гасови на околу 10%. Се користат различни сушници со флуидизирачки слој и ротирачки барабански сушници, а во примена се и спреј - сушници, сушници со подови итн. Сушењето се врши на температура под 500°C, обично 370°C.

Спалување – Органскиот дел од тињата се оксидира, а неорганскиот останува како пепел кој потоа се одлага. Со оглед дека се работи за скап процес (=големи инвестициски трошоци, голема потрошувачка на енергија), спалувањето се применува за обработка на тињата само во склоп на големи постројки за пречистување. Потрошувачката на енергија при спалувањето ќе зависи од топлотната вредност на тињата, која мора да се одреди експериментално со калориметар, за спалување се користат печки со различни изведби. Најзастапени се печки со подови во кои тињата се спалува спуштајќи се од под на под. Гасовите од спалувањето се пречистуваат во т.н. *скрубери* (во нив гасовите се перат со вода со што би се отстранила летечката пепел, а во водата се раствораат гасовитите продукти на согорувањето, а во зависност од составот на димните гасови пречистувањето може да биде и посложено). По застапеноста следат печките за спалување со флуидизирачки слој коишто енергетски се поповолни. Специфичната маса на сувата пепел е околу $5,6 \text{ kg/m}^3$, а на влажната околу 880 kg/m^3 .

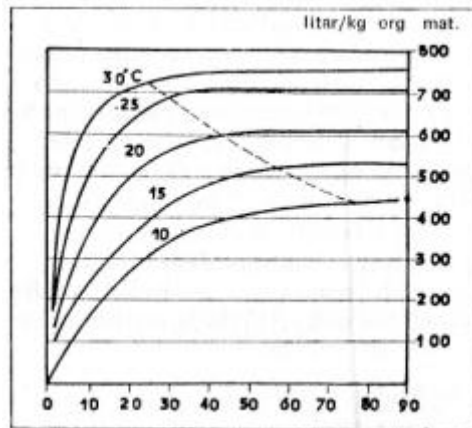
Оксидација со влажен воздух – Оваа постапка е погодна за обработка на тиња која тешко се обезводнува (што е неопходен чекор тињата поекономично да се суши или спалува), на пример активната тиња. Во основа тоа е иста постапка како и термичкото кондиционирање, само што се применуваат повисоки температури и притисоци ($230\text{--}320^\circ\text{C}$; $60\text{--}120$ бара). Органската фракција се оксидира со воздух растворен во вода. БПК на тињата со оксидација се намалува за преку 80%. По завршената оксидација се одвојува и се одлага цврстата фракција, а отпадната вода (ХПК на таа вода е обично 10.000 mg/l) мора да се врати во процесот на пречистување. Сложеноста на постапката и скапата опрема, како и неопходноста од пречистувањето на настанатата вода (дел од загадувањето на водата е бионеразградлив и релативнотешко се отстранува со физичко-хемиски или хемиски постапки) во голема мера ја ограничува примената на постапката на оксидација на тињата со влажен воздух.

8.6.3. Преработка за стабилизација на материите подложни на распаѓање

Анаеробна стабилизација - Метанското вриење во биолошкиот свет спаѓа во најмоќните процеси на деструкција на клетките и како такво овозможува елиминација на значителни количини на органски материји. Анаеробното гниење се состои од две фази: фаза на ликвација (претворање во течност) и фаза на гасификација (претворање во гас). Во фазата на ликвација, главно, се создаваат испарливите киселини, а во фазата на гасификација метанските бактерии кои се исклучително анаеробни и ги претвораат испарливите киселини, алкохоли, алдехиди формирани во првата фаза во метан. Овие микроорганизми споро се развиваат и се осетливи на варирањето на рН вредноста (максимална активност помеѓу 6,8 – 7,2). Создавањето на големи количини на испарливи киселини доведува до намалување на базичноста, со што се намалува биолошката активност во процесот на гниењето. Во тој случај зголемувањето на бикарбонатната базичност може да има поволен тампонски ефект.

8.6.3.1. Создавање на гас, температура и време на задржување на тињата

Гасот кој се создава при гниењето се состои, главно, од метан и јаглерод диоксид во следниот волуменски однос: CH_4 65–70% и CO_2 25–30%. Може да има и други елементи, како кислород, азот, јаглерод моноксид и други, но во многу мала концентрација. Создавањето на гасот е најдобар квалитативен показател на гниењето. Тоа најмногу зависи од температурата и од времето на задржувањето на тињата. На слика 30 се прикажани максималните количини на гас кои се добиваат за време на гниење на 1 кг органска материја на различни температури.



Слика 30 - Варијации на количината на ослободениот гас во функција на времето и температурата

Figure 30 - Variations in the amount of gas liberated in function of time and temperature

Влијанието на температурата е пресудно за добро одвивање на процесот на гниење: започнувањето на процесот, стабилноста на ферментацијата и развивањето на гасот. Времето на задржувањето на тињата зависи од брзината на репродукцијата на микроорганизмите, а теориската граница на траење на гниењето може да се фиксира на 3–4 дена.

8.6.3.1. Параметри кои влијаат на учинокот на анаеробното гниење

Најважни фактори кои поволно влијаат на стабилниот развој и довршување на метанската ферментација се:

- температурата на тињата која треба да е доволно висока;
- волуменот на реакторот кој треба да е толкав за да може тињата да се задржи толку време кое е потребно за добивање на бараната деградација;
- концентрацијата на тињата и подобро е тињата да е згусната и со тоа концентрацијата на метанските бактерии е зголемена, се забрзува развојот на биохемиските реакции и се олеснува нивниот почеток;

- интензитетот на мешање – со мешањето од една страна се зголемува веројатноста микроорганизмите да ги има низ целата тиња, а од друга страна се хомогенизира масата на тињата;

- изедначеност на доводот - доводот на свежа тиња и испуштањето треба да бидат изедначени, така што односот на органските материи ќе остане ист, со што се избегнуват брзи промени во развојот на микроорганизмите.

Главни фактори што го оневозможуваат гниењето или прават пречки се: - присуството на токсични материи - тешки катјони (бакар, никел, цинк), вишок на јони (амониумови јони) сулфурни соединенија, некои органски соединенија (цијаниди, феноли и др.), зголемена концентрација на детергенти.

- изненадни промени на рН вредноста поради доток на базични или кисели раствори,

- секоја изненадна промена на условите во поглед на температурата и оптовареноста.

8.6.3.2. Различни типови на решенија

Имхофова (Imhoff) комора – претставува комбинација од комора за гниење и примарен таложник поставени еден под друг. Двата дела се поврзани со еден отвор, така што тињата може директно да паѓа во зоната на гниење.

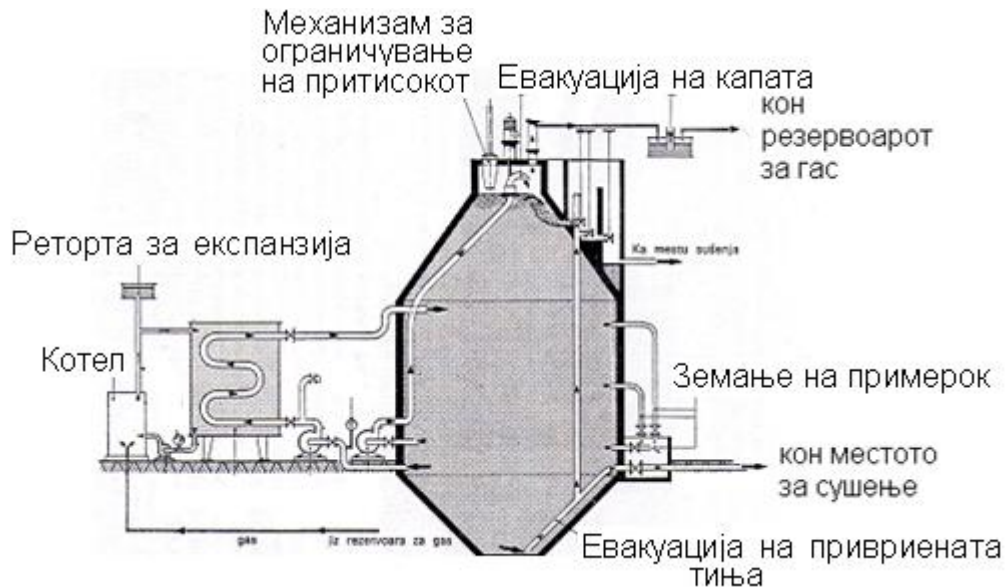
Овој едноставен уред може да се користи за мали постројки, а тешкотии често настануваат поради гасовите што настануваат во таложникот и ја поттиснуваат (флотират) тињата на површината, а во горната зона на комората за гниење се формира „капа“ од пена која потешко се елиминира и е во состојба да пречи при евакуација на гасот кој се ослободува при процесот на гниење (ако се во прашање големи количини).

8.6.3.3. Гниење при средно оптоварување

Гниењето при средно оптоварување се врши во една комора која содржи три основни зони:

- пливачки слој (пена) или капа;
- среден слој со слаба концентрација на суви материи;
- долен слој во кој превриената тиња и тињата чиешто гниење е во тек прогресивно се згуснува.

Дигесторот треба да располага со евакуационен преливен систем кој овозможува секој пат кога ќе има доток на свежа тиња да се елиминира само тињата чијашто концентрација е најмала. Наклонот на дното на комората треба да биде што поголем, бидејќи во спротивно устоената тиња не би можела да се отстрани само со мешање. Гасот кој се ослободува при гниењето обично се употребува за загревање на котелот во кој се грее тињата и затоа се поставува резервоар за гас (слика 31).



Слика 31 - Дигестор со средно оптоварување

Figure 31 - Digesters with high load

8.6.3.4. Гниење при голема оптовареност

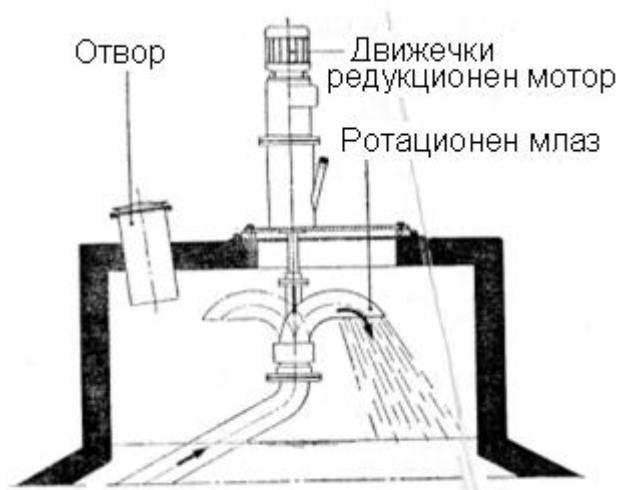
Многу е корисно пред уредот за гниење при голема оптовареност да се постави комора за згуснување на свежата тиња. Гниењето при голема оптовареност обично се врши во две фази. Коморите за втората фаза за гниење можат да бидат од отворен и затворен тип. Отворените комори треба да имаат мали пречници (до 8 м), бидејќи тие не се опремени со механизам за отстранување на „капата“ и пената да може да се отстрани рачно. Ако комората за секундарно гниење е затворена, на неа може да се додаде како и на комората за примарно гниење еден систем за рекулпација на гасот. Во спротивно дел од гасот кој продолжува да се ослободува при крај на метанската ферментација се губи.

8.6.3.5. Начин на мешање

Според начините на мешање, коморите за примарно гниење можат да се поделат во две категории. Тоа се:

- комори со хидрауличко мешање,
- комори со мешање со помош на гас.

Комори со хидрауличко мешање (слика 32)



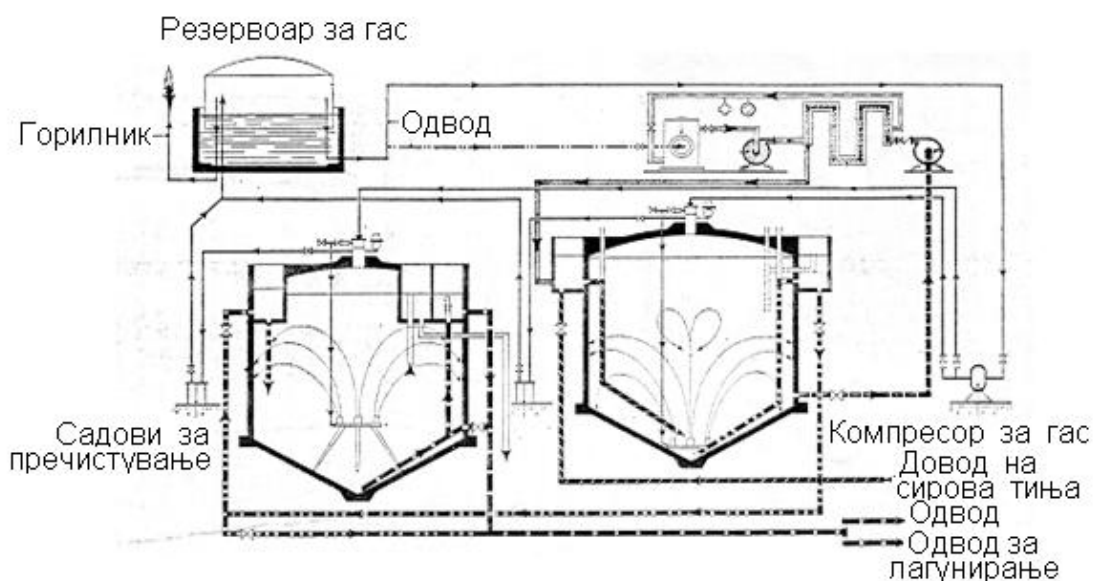
Слика 32 - Хидраулички отстранувач на капа

Figure 32 - Hydraulically cap remover

Тињата која е зафатена на дното на комората, еден хидраулички механизам за отстранување на капата ја префла до слободната

површина. Додека ротира овој механизам врши обилно и континуирано залевање на површината на тињата чие превривање е во тек. Со тоа, прво на микроорганизмите им се прави зона во која се собира материјал малку подложен на биодеградација и, второ, капата се натопува со влага, поради што таа тоне во внатрешноста на масата. Без ова залевање топлиот воздух во горната зона би можел со сушење да го олесни обновувањето на капата.

Комора со мешање со помош на гас (слика 33)



Слика 33 - Шема со гниење во две нивоа на мешање со помош на гас

Figure 33 - Decay scheme with two levels of mixing with the gas.

Кај оваа постапка мешањето на масата на тињата се врши со воведување на гас под притисок во комората. Најдобро е гасот за мешање да се концентрира во средишната зона и во основата на комората за гниење. Таквата концентрација на гасот прави силен вртлог кој врши мешање од центарот кон периферијата под услов односот помеѓу пречникот и висината да е добро одбран. Чистењето на дното е обезбедено со струење од спротивна насока од онаа која е формирана

на површината. Поради мешањето со гас, кај овие комори е присутно дно со помал наклон, со што се намалува нивната цена на чинење.

8.6.4. Аеробна стабилизација

Аеробна стабилизација е биолошки процес за стабилизација на органската тиња произведена во различни процеси на пречистување. Може да се користи за пречистување на вишокот на активна тиња, мешавина на вишок на активна тиња или тиња од секундарниот таложник по биофилтерот и примарната тиња или вишокот активна тиња од постројките кои се проектирани без примарен таложник. Аеробната стабилизација тече во една фаза. Со додавање на доволна количина на кислород микроорганизмите ги оксидираат разградливите органски материи и како краен производ се добива јаглеродендиоксид и вода, а покрај тоа уште и нитрати, фосфати и сулфати.

Предности на аеробната дигестија во однос на анаеробната дигестија се:

- редуцијата на волатилните суви материи отприлика е иста како кај анаеробната дигестија;
- пониска концентрација на БПК во наттињестата вода;
- крајниот производ на обработката на тињата е без мирис, сличен на хумусот и биолошки стабилен;
- управувањето со работата е релативно просто и пониски се инвестициите.

Главните недостатоци на аеробната дигестија се:

- високи трошоци за енергија неопходна за довод на кислород;
- стабилизираниот тиња механички потешко се исцедува;
- процесот е осетлив на температурни промени;
- не се издвојува метан како корисен производ.

Кај проектирањето на конвенционалната аеробна дигестија мора да се земе предвид влијанието на температурата, волуменот на објектот, потребата од кислород и потребата од енергија за мешање и работење на системот.

Табела 18 - Типични податоци за проектирање**Table 18** - Typical data for the design

Параметар	Вредност
Хидраулично време на задржување, на околу 20°C, d	
Вишок на активен мил, само	10-15
Активен мил од уред без примарен таложник	12-18
Примарен + вишок од активен или мил после биофилтер	15-20
Оптеретување со цврста органска материја, kg волатилни материји/ m ³ x d	1,6-4,8
Потр. количина на кислород, kg O ₂ /kg отстранета органска материја	
Ќелиско ткиво	~ 2,3
БРК ₅ во примарната тиња	1,6-1,9
Потребна енергија за мешање	
Механички аератор	0,02-0,04
Дифузно- аерационо мешање, m ³ /m ³ x min	0,02-0,04
Концентрација на растворен кислород во суспензија, mg/l	1-2
Редукција на волатилни суспендирани материји, %	40-50

Влијанието на температурата е значително, со оглед на тоа што аеробните дигестори се отворени. Пониската температура ги забавува биолошките процеси, а повисоката ги забрзува, па кај пониските температури мора да се зголеми времето на задржување. Губитоците на температурата треба да се минимизираат, па се препорачуваат вкопани бетонски резервоари наместо челични, употреба на длабинска аерација наместо површинска, а во екстремно ладни услови треба да се разгледа можноста за загревање на тињата или воздухот и покривање на резервоарот. Со проектот мора да се обезбеди неопходната ефикасност за обработка на тињата при најниски можни температури и да се

обезбеди максимално потребниот кислород при максимално очекуваните температури.

Кај аерацијата со чист кислород се добива тиња со слични карактеристики како кај конвенционалната аерација со воздух. Аерацијата со чист кислород посебно е применлива во ладните подрачја поради релативната неосетливост на промените на амбиенталната температура, што е последица на зголемената брзина на биолошките активности и егзотермната природа на процесот. Овие резервоари обично се покриени како и кај активната тиња со чист кислород. Исто така, потребно е да се врши поправка на pH вредноста поради нејзиниот брз пад. Постојат термофилна, мезофилна и криофилна аеробна дигестија.

8.6.5. Компостирање

Компостирање е аеробна декомпозиција на органските материји под дејство на микроорганизми. Се применува на сирова или изгниена тиња независно или во комбинација со градскиот смет. Тињата која е правилно компостирана е санитарно прифатлив материјал, сличен на хумусот.

Компостирањето се состои од следниве фази:

- мешање на исцедената тиња со додатоци (струготини, слама, рециркулиран компост, оризови лушпи) за образување на зголемен волумен;
- аерација на компостот;
- издвојување на додатоците за образување на зголемен волумен;
- лагерување на компостот;
- конечна диспозиција.

Оптималната влажност на компостот треба да е од 40 до 60%. Компостирањето може да се врши на отворен простор, каде што спреманиот материјал се остава на купови, со ширина во основата од 2 до 4 m и висина до 1,5 m.

Процесот на компостирање вообичаено трае 10–12 недели. Покрај ова може да се користати разни фабрички уреди за компостирање.

8.6.6. Одлагање на тињата

Тињата може да се одлага на земјиште, во вода и воздух. Со спалување органската фракција на тињата која се претвора во димни гасови се одлага во воздухот. Исто така, дел од органската фракција на тињата се одлага во воздухот при анаеробна и аеробна стабилизација на тињата во вид на гасовити продукти од метаболизмот на микроорганизмите. Меѓутоа, воздухот како место на одлагање не е погоден во прв ред, бидејќи не може да се прифатат сите состојки на тињата и затоа што дел од гасовитите состојки на тињата се штетни за екосистемот. Од слични причини, во прв ред поради штетноста на одделни состојки на тињата, ни водата не е погодно место за одлагање на тињата, посебно водотеците и акумулациите на слатка вода. На земјиште тињата може да се одложи на неколку начини во зависност од тоа што е на располагање: со расфрлање по обработливото земјиште, одлагање на депонија за комунално ѓубре, одлагање во лагуни, сместување на погодни простори (напуштени јамски рудници, површински лопови). Начинот на одлагање на тињата го диктира и начинот на обработка на тињата. Секако дека најдобар начин на одлагање на тињата е расфрлање по обработливото земјиште. Вообичаена количина се од 2 до 5 см (тиња со 2–5% сува материја) годишно. Начинот на расфрлање зависи од конзистенцијата на тињата. Предностите можат да бидат повеќе: растенијата користат дел од состојките на тињата (нутриенти како азот и фосфор, микронутриенти). Некоја тиња, како што е анаеробната стабилизирана тиња може да служи за поправање, кондиционирање на земјиштето на пример за подобрување на задржувањето на водата во песокливата земја. Меѓутоа, поединечни тињи кои содржат, на пример, поголема концентрација на тешки метали и патогени микроорганизми не можат да се одложат на овој начин.

9. ЗАКЛУЧОК

Како кандидат за членство во ЕУ, Македонија е соочена со високи стандарди за заштита на водите, барани од Директоратот за проширување на Европската комисија. Но, како да се постигнат дури и минималните стандарди барани за „усогласеност на законодавството за животната средина“ во еден од најкомлексните сектори, секторот управување со отпадните води?

Потребно е итно менување на политиката за квалитет и заштита на водите. Тие бараат секторска кохерентност, особено во индустријата и земјоделието. Неуправуваните индустриски отпадни води треба да добијат приоритет, сметајќи на јасна политичка волја, како на национално така и на локално ниво, па така намалувањето на загадувањето на водите и контролата треба да обезбедат одржливост на водните ресурси за сегашните и идните генерации.

Постојат многу неодложни прашања во водниот сектор кои треба да се решат:

- Ниска стапка на поврзаност на домаќинствата со комуналната инфраструктура, нерационална употреба на водата и незадоволителен квалитет на водата на повеќето површински води, како и недоволна заштита на квалитетот на водите;

- Ниската цена за водоснабдувањето и комуналните услуги. (Пример за ова е пречистителната станица во Куманово, најмодерна пречистителна станица изградена во Македонија, којашто произведува биогаз за загревање на станицата и има можност за продажба на стабилизирани мил - како природно ѓубриво, истата има огромни трошоци кои главно се за струја и полимер за згуснување и истите не можат да бидат покриени со навистина ниските наплатни сметки за вода. Треба да се направат напори да се зголеми и наплатната стапка. Ова претставува вистински природен кон начелото загадувачот плаќа, кој ја штити европската животна средина и ќе треба навистина да се примени во македонски услови);

- Недоволни инвестиции во канализационата инфраструктура и недостиг од адекватно финансирање во управувањето со отпадни води;

- Недостиг на значајни средства за имплементација на легислативата која е во согласност со законодавството на ЕУ;

- Недостиг на национална стратегија за имплементација на Рамковната директива;

- Административниот капацитет (човечки и финансиски), кој е сè уште недоволен;

- Ниско ниво на системи за мониторинг и оскудни податоци за секторот води.

Овие прашања се резултат на запоставувањето од целото општество на водата како ресурс. Главно влијание врз оваа состојба имаше минатото со незадоволителното внимание и финансиски ресурси насочени кон третманот на отпадните води, доведувајќи до загажувачки квалитет на крајните реципиенти - водните тела. Сегашната состојба е дека владините вложувања во овој сектор сè уште се на ниско ниво. Можеби ова однесување оди рака под рака со принципот дека во времиња на рецесија премногу екологија не може да се дозволи, затоа што истата тешко произведува нови работни места, а истовремено предизвикува големи издатоци на буџетот.

Во однос на управувањето со отпадните води се препорачуваат следниве мерки:

- Ценовно ефикасна употреба на природните ресурси со развивање и применување на соодветни механизми и системи за управување со квалитетот на водата;

- Постепено зголемување на јавните инвестиции во заштитата на животната средина (начело загадувачот плаќа) може да се постигне со подобри стимулации за индустријата, како што се ослободување од данок или зелени кредитни линии со ниски каматни стапки за одреден период, преку грантови од претпристапниот фонд на ЕУ (ИПА) ВО Компонентата 3 којшто е отворен за Македонија како земја-кандидат за членство, заеми од меѓународните институции;

- Овозможување на позитивна клима за јавни-приватни партнерства.

Многу е важно да се прифатат овие проблематични предизвици во секторот за квалитет на води и да се започне со напорна работа на

гореспоменатите предизвици, бидејќи тоа е вистинскиот пат кон ЕУ туку и за нашиот однос кон нашето природно добро - чистата вода. Најпосле, ние како потрошувачи на вода/производители на отпадна вода ќе бидеме главните носители на имплементацијата на дадените ЕУ директиви.

10. ДОДАТОК (КОРИСТЕНИ КРАТЕНКИ)

МЖСПП – Министерство за животна средина и просторно планирање

МЗШВС – Министерство за земјоделие, шумарство и водостопанство

РХМЗ - Републички хидрометеоролошки завод

ЈВП - Јавни водоводни претпријатија

ИРРС - План за контрола на загадувањето од индустријата

МЗ - Министерство за здравство

11. КОРИСТЕНА ЛИТЕРАТУРА

1. Д-р Слободан Гачеша, д-р Миле Клашња: *Технологија на вода и отпадни води*, Белград, 1994.
2. Томислав Златановски: *Отпадни флуиди и пречистителни станици*.
3. Д-р Милтон Мулев: *Заштита на животната средина*, Скопје, 1997.
4. Д-р Дејан Љубисављевиќ, м-р Александар Џукиќ, м-р Бранислав Бабиќ: *Пречистување на отпадни води*, Белград, 2004.
5. Закон за води, Службен весник на РМ, бр. 87/08 од 15.7.2008.
6. Уредба за класификација на водите, Службен весник на РМ, бр. 18/99 од 31.9.1999.
7. Правилник за методологијата за проценка на речните сливови, Службен весник на РМ, бр. 148/09.
8. План за контрола на загадувањето од индустријата, март 2002.
9. Благица Атанасова: *Биолошко пречистување на отпадни води*, 2010 година, семинарска работа (непубликувана).

Благодарност

Магистерскиот труд е работен под менторство на проф. д-р Борис Крстев, при што ја користам оваа пригода да му се заблагодарам за поддршката и корисните сугестии за време на изработката на овој труд.

Исто така, ја користам оваа пригода посебно да ја изразам мојата благодарност на проф. д-р Мирјана Голомеова за стручната помош.

Голема благодарност до моето семејств: Вангел, Анцела и Бобан за нивното трпение, разбирање, помош и поддршка коишто постојано ми ги даваат и без кои не би имала мотив да го завршам овој труд.

Посебна благодарност до мојата ќерка Анцела за сите корисни сугестии и моралната поддршка.