



Методологија извођења екскурзија на  
водопривредним објектима  
**ОТПАДНЕ воде**



## Садржај

Насловни лист .....	3
1 Општи увод.....	4
1.1.1 Легенда нивоа:.....	4
1.1.2 Прича о води:.....	4
1.1.3 Прича о материји и енергији:.....	4
1.1.4 Народна прича:.....	5
1.1.5 Како се припремити за екскурзију? .....	6
2 Сопствена екскурзија.....	9
2.1 здравље и безбедност .....	9
2.2 Значај пречишћавања градских отпадних вода .....	10
2.3 Развој пречишћавања отпадних вода.....	12
2.4 Прича о води.....	13
2.4.1 Извор отпадних вода.....	13
2.4.2 Пут воде до постројења за пречишћавање отпадних вода .....	18
2.4.3 Постројење за пречишћавање отпадних вода.....	21
2.4.4 Квалитет и контрола отпадних вода .....	23
2.4.5 Будућност чишћења .....	25
2.5 Прича о супстанцама и енергији добијеним из отпадних вода.....	26
2.6 Прича о људима који воде рачуна о канализационој мрежи и раде на постројењу за пречишћавање отпадних вода .....	32
2.7 Цена воде.....	34
3 Опис технологија ППОВ .....	36
3.1 Механичко чишћење.....	37
3.2 Биолошко чишћење.....	39
3.3 Терцијарно чишћење .....	42
3.4 Управљање муљем .....	44

## Насловни лист

Овај документ је креирао колектив аутора: Јитка Цзакојова, Мартин Срб, Хелена Бакешова, Јакуб Соцхор, Дениса Чадкова, Ленка Процхазкова, Јиндрицх Процхазка, Андреа Бенакова, Елишка Маршалкова, Јана Шмидкова и Јири Паул као део пројектног решења,



# Od kohoutku do záchodu

Tento projekt je financován Evropskou unií v rámci Národního plánu obnovy.

Projekt cílí na zlepšování kvality odborných exkurzí a odborných přednášek či demonstrací v oblasti vody. Primárně se zaměřuje na poskytnutí podpory a materiálů pro učitele, odborníky a pracovníky vodo hospodářských společností, kteří provádějí exkurze.

Realizace projektu: únor 2024 – červenec 2025

Руководилац пројекта је Удружење за воде



# 1 Општи увод

Добродошли у методологију екскурзија до постројења за пречишћавање отпадних вода (ВТП). Постројења за пречишћавање отпадних вода изузетно су важна за заштиту животне средине и здравља људи. Ова методологија ће вам пружити општи увод и упутства како да представите постројење за пречишћавање отпадних вода као фасцинантно место где се одвија прича о води, супстанцама и енергији, али и људима који тамо раде. Циљ екскурзије није само да се ученици упознају са основним принципима пречишћавања отпадних вода, већ и да их мотивише да се одговорно односе према води и животној средини.

**Методологија је креирана тако да се може користити на већим и мањим постројењима за пречишћавање отпадних вода. У поглављу Опис технологија наћи ћете преглед технологија чишћења, од којих можете изабрати само оне које имате на датом локацији и укључити их у екскурзију.**

Методологија је дизајнирана за ученике основних и средњих школа, па чак и за најрадозналије учеснике екскурзије. Параграфи означени бојама се користе за разликовање различитих нивоа.

## 1.1.1 Легенда нивоа:

*Основне школе - због наставе хемије и других предмета првенствено се рачунају ученици другог разреда основне школе (тј. око 11-15 година).*

*Средње школе – цца. 15-19 година из разних школа (гимназија, индустријске школе, шегртовање...).*

*Радознало - корисно, на пример, за излете на изборне семинаре из хемије или животне средине у матурским годинама или за омладинске техничке клубове и друге институције од интереса и неформалног образовања.*

Екскурзија се може водити из различитих тачака гледишта, које можете комбиновати и тако створити свеобухватан поглед на питање пречишћавања отпадних вода. Припремили смо за вас три – причу о води, причу о супстанцама и енергији и причу о људима.

## 1.1.2 Прича о води:

Започните обилазак представљањем постројења за пречишћавање отпадних вода као места где се одвија прича о води. Објасните ученицима да отпадне воде које производимо у нашим домовима и индустријама иду у постројење за пречишћавање где се пречишћавају и враћају у природу. Упознати их са процесом пречишћавања воде и објаснити њихов значај за заштиту животне средине.

## 1.1.3 Прича о материји и енергији:

Затим се фокусирајте на причу о супстанцама и енергији који се рециклирају у постројењу за пречишћавање отпадних вода. Објасните ученицима да постројење за пречишћавање користи различите технологије и процесе за уклањање нечистоћа из отпадних вода. Покажите им како се из отпадних вода добијају вредне материје као што су фосфор или азот, које се даље користе, на пример, у

пољопривреди. Поменути и коришћење енергије добијене из отпадних вода, на пример за грејање постројења за пречишћавање или производњу обновљиве електричне енергије и биометана.

#### 1.1.4 Народна прича:

Нека ученици знају и причу о људима који раде на постројењу за пречишћавање отпадних вода. Упознајте их са различитим професијама и занимањима која се налазе у постројењу за третман, као што су хемичари, техничари или оператери. Објаснити значај њиховог рада за заштиту животне средине и како се старају о правилном раду постројења за пречишћавање.

### 1.1.5 Како се припремити за екскурзију?

Да би екскурзија заинтересовала посетиоце и уједно одузела знање за наредни живот, потребно је за њу припремити и интерпретацију прилагодити публици, њеном узрасту, искуству и интересовањима. У исто време, добра је идеја да екскурзију учините што је могуће интерактивнијом (што вас чини другачијим од других курсева објашњења, на пример обилазака двораца и двораца). Запамтите да су екскурзије са дужим теоријским делом погодније за средњошколце. Млађи учесници имају тенденцију да имају знатно нижи ниво концентрације, због чега је потребно размишљати што практичније, чак и по цену мањег обима пренетих информација.

#### Посебно је добро знати:

- **Колико ће посетилаца доћи?**

Не само у погледу интерпретације, пошто се пажња смањује како се број учесника повећава, већ и у погледу техничког уређења – да ли ће ме сви чути? можемо ли се уклопити у појединачне станице? или у контролну собу? Ако имате довољно водича, немојте се плашити да поделите групу у неколико мањих група.

- **Колико имају година и из које су школе?**

Ученици индустријске школе фокусиране на аутоматизацију биће заинтересовани за другачије информације од ученика гимназије усмерене на хуманистичке науке, а они ће заузврат бити заинтересовани за другачије информације од будућих медицинских сестара; екскурзија ће изгледати другачије за ученике 6. разреда основне школе без знања хемије.

- **Која је сврха екскурзије?**

Да ли првенствено пренети теоријска знања о процесима чишћења, или је већ одржан теоријски час у школи и циљ екскурзије је да се стечено знање покаже у пракси; или представи опис послова запослених (каријера у сектору вода).

- **Колико времена имате за екскурзију?**

Типично време је два наставна часа, тј. отприлике 1,5 сат; међутим, то не зависи само од старости учесника, већ и од удаљености између школе и зграде постројења за чишћење – овај аспект обиласка се увек мора унапред договорити са наставним особљем.

#### Добра је идеја унапред припремити опште информације о третману отпадних вода, на пример:

- **Колико ће воде проћи кроз постројење за пречишћавање отпадних вода без кише у секунди, дневно, годишње? Колико воде ППОВ може да очисти током јаке кише (тј. када је њен капацитет попуњен)?**

За бољу идеју, препоручљиво је претворити вредности у неке приступачније јединице, погледајте табелу испод.

Јединица	Волуме
Олимпијски базен (дубина 2,5 м)	3.125 м <sup>3</sup>

сеоска бара	реда величине хиљада м <sup>3</sup>
железничка цистерна	46–90 м <sup>3</sup>
тенк на шасији Т815	9 м <sup>3</sup>
тенк на ВЗС шасији	3,5 м <sup>3</sup>
купка	100–200 л
канта	стар 12 година
канта за заливање баште	5 л

- **Колики је удео отпадних вода, баластних вода и воде из индустрије?**
- **Из којих делова града/општине пречишћавају отпадне воде на одређено ППОВ?**

Да ли се цела територија града/општине одводи на ово ППОВ или се нека подручја третирају другачије. Или да ли постоји неко друго подручје у близини повезано са одређеним ППОВ.

- **Од колико људи/домаћинстава пречишћавају отпадне воде?**

Наравно, није вам потребан тачан број, већ ред величине за идеју.

- **Колико је дуга канализациона мрежа и од ког материјала је направљена?**

Опет, могуће је зумирати коришћењем, на пример, удаљености од места излета, или центра града/села до града КСИ; колико је бензинских пумпи и других занимљивих објеката на њему.

- **Колико је струје потребно за чишћење отпадних вода?**

Можете упоредити са потрошњом код куће – просечна потрошња електричне енергије у Чешкој 2023. године за 1 домаћинство је била 3.500 кВх/годишње, (уобичајена потрошња воде на постројењу за пречишћавање по 1 еквивалентном становнику је око 50 кВх/ЕО).

- **У који водоток отичу пречишћене отпадне воде?**

Поред назива водотока могуће је додати и друге податке као што су:

Какав је квалитет воде у потоку? Колики је његов проток? Који део тока чини ефлуент из постројења за пречишћавање?

- **Колико кошта пречишћавање 1 литра воде?**

**Размислите о:**

- **Где ћете водити посетиоце?**

С обзиром на њихову безбедност, безбедност саобраћаја, капацитет простора, временско ограничење за обилазак и удаљеност између појединих локација.

- **Које главне информације учесници треба да понесу са екскурзије?**

Овде није препоручљиво мењати овлашћења, довољно је да им одузму 3-4 кључна податка.

- **Како ћете их отприлике назвати заједно са временом за поједина заустављања?**
- **Шта ћете им показати и демонстрирати да могу да се окушају у вашим условима?**
- **Шта би вас могли питати?**
- **Шта нисте разумели у њиховим годинама и да ли бисте желели да разумете?**
- **Шта ћеш их питати?**

Како би обилазак био интерактивнији и истовремено сазнао почетно стање знања учесника о датој проблематици.

**Уверите се и припремите унапред:**

- **Потребни документи које захтева оператер објекта (на пример, здравље и безбедност, списак имена учесника).**
- **Неопходна заштитна опрема, по потреби (заштитни прслуци, шлемови, рукавице,...).**
- **Радни листови за посетиоце (по договору са наставницима).**
- **Демонстрациона помагала.**

На пример, опрема за узимање воде у појединим технолошким фазама, цилиндар за таложење муља итд. Препоручујемо и припрему поједностављеног технолошког дијаграма, мапе или фотографије из ваздуха (да бисте је или поделили учесницима или, ако је потребно, редовно приказивали тренутну локацију на великом формату).

- **Мале награде за посетиоце, ако су доступне (на пример оловке компаније, бомбоне...).**
- **Могућност коришћења тоалета и прања руку након излета.**

## 2 Сопствена екскурзија

### 2.1 здравље и безбедност

Кратка обука за безбедност и здравље на терену је први обавезни део сваког излета. Молимо вас да не потцењујете овај део, иако вам може изгледати сувишно или непотребно.

Током обуке о БЗР користите интерне смернице ваше компаније, или можете користити додатак ове методологије, који садржи једноставан преглед о томе са чим треба упознати учеснике екскурзије.

Такође, препоручљиво је да се унапред пошаље увод у безбедност и здравље и да се затражи потписан списак имена учесника са потврдом да су унапред упознати са безбедношћу и здрављем и да се пре екскурзије уради само кратко освежење о здравственим и безбедносним тачкама.

На почетку екскурзије је прикладно нагласити да учесници током екскурзије неће моћи да једу, пију или напуштају групу. Пре почетка, препоручљиво је оставити времена учесницима за брзу ужину или посету тоалету.

## 2.2 Значај пречишћавања градских отпадних вода

? **Питање:** Зашто пречишћавамо воду?

💡 **Одговор:**

У прошлости су се канализациони канали уливали директно у локалне реке, потоке, баре, мора и сл., циљ је био да се отпадне воде што пре ослободе. Међутим, загађење пловних путева често је резултирало уништавањем њихових екосистема, болестима и мирисима који су се ширили водом, те се вода није могла користити за неопходне активности.

Пречишћавање воде је посебно важно у погледу коришћења реке низводно од постројења за пречишћавање отпадних вода. Ако отпадне воде нисмо довољно очистили, дошло би до опасности по здравље грађана. Вода испод постројења за пречишћавање отпадних вода може се користити за рекреацију, као извор воде за пиће или за наводњавање. Пречишћавање воде спречава пренос клица, бактерија и хемикалија које би могле да изазову болести, инфекције и подстичу процес еутрофикације.

**ЗШ:** Чишћење градских отпадних вода је од фундаменталног значаја за заштиту животне средине и здравља људи. Ово питање прати човечанство од давнина, када су се прве цивилизације бориле са утицајем загађене воде на своје становнике.

**СШ:** У старом Риму постојао је разрађен систем канализације и канализације који је одводио отпадне воде из града. Ипак, болести попут колере и дизентерије узроковане контаминираним водом наставиле су да се шире. Историјски гледано, ове епидемије су однеле милионе живота и довеле до потребе да се проблем канализације реши на ефикаснији начин.

Прекретница је била откриће микроорганизама и њихове улоге у разградњи органских материја у 19. веку. Ово је омогућило развој биолошких постројења за пречишћавање отпадних вода која користе природне биолошке процесе за уклањање загађивача. Прво модерно постројење за пречишћавање отпадних вода пуштено је у рад у Британији 1892. године.

Данас је пречишћавање отпадних вода апсолутно неопходно за одржавање квалитета водних ресурса и заштиту животне средине. Испуштање непречишћене канализације у реке, језера и мора имало би разорне ефекте на водене екосистеме, убијајући рибе и друге водене животиње и онемогућавајући коришћење воде у рекреативне сврхе или за производњу воде за пиће.

Пример може бити ситуација у Индији, где је река Ганга једна од најзагађенијих река на свету због испуштања непречишћених отпадних вода из градова и индустрија. Ово загађење не само да угрожава локалне екосистеме, већ представља и озбиљан здравствени ризик за милионе људи који зависе од реке.

Напротив, правилан третман отпадних вода омогућава безбедно испуштање пречишћене воде назад у водене токове без њиховог загађивања. На овај начин се штите водени екосистеми, чува квалитет воде за пиће и смањује ризик од ширења болести.

*Пречишћавање отпадних вода такође омогућава рециклажу и поновну употребу вредних ресурса као што су хранљиве материје и енергија садржана у отпадним водама.*

*Јасно је да је пречишћавање градских отпадних вода кључни фактор за одрживи развој наших градова и општина и заштиту животне средине за садашње и будуће генерације.*

***Занимљиво: У лето 1858. у Лондону се појавио такозвани Велики мирис. У то време у Лондону је живело око 2 милиона људи и број се стално повећавао. Првобитно су у тоалет ишли у лончама које су се празиле у септичке јаме, које су ван града извозиле на њиве, а њихов садржај су фармери користили као ђубриво, али и за производњу барута. Међутим, како се број људи повећавао, јаме више нису биле довољне, а појавили су се и тоалети на испирање, па се количина отпадних вода додатно повећавала. Менаџмент Лондона је коначно одлучио да се канализација у почетку испушта кроз атмосферске одводе у Темзу. Река се претворила у одвод. У њему је завршило све од садржаја тоалета до угинулих паса, распаднуте хране и индустријског отпада, укључујући животињске делове из кланица и хемикалије из кожара. Осим тога, лето 1858. било је изузетно топло, па се отпад у реци разлагао још брже него иначе. Отпад у реци је "буквално кључао и ферментирао", а смрад је био такав да су људи повраћали и падали у несвест на улицама, краљица Викторија је отказала крстарења реком, а парламент није могао да заседа. Није помогло ни 250 тона хлорног креча изливеног у реку. На крају је одлучено да се изгради нова, комплетна канализација у дужини од 1.800 км, одводњавање воде испод града (изградња је почела већ следеће године). Након његовог завршетка, у Лондону никада више није било епидемије колере.***

? Питање: Шта је еутрофикација?

💡 Одговор: Еутрофикација се односи на процес обогаћивања воде хранљивим материјама, посебно азотом и фосфором садржаним у урину и фецесу. Прави се разлика између природне и неприродне еутрофикације (узроковане људском активношћу). Као резултат велике количине хранљивих материја, у води се размножавају планктон, а такође и цијанобактерије (цвет воде), што доводи до смањења кисеоника у води, што се манифестује њеним труљењем, угинућем риба и других организама који живе у води.

У већини земаља постоје законски захтеви за квалитет воде и третман воде који се морају поштовати. Ови прописи су дизајнирани да заштите људско здравље и животну средину.

## 2.3 Развој пречишћавања отпадних вода

Екскурзију је могуће започети кратким историјским упознавањем са развојем третмана отпадних вода на датом локалитету. Циљ овог одељка није да улази у велике детаље, већ само да укаже на важне прекретнице. Информације о локалним дешавањима могу се наћи у архиви предузећа или у архиви релевантне општине. Такође, препоручљиво је обавестити посетиоце да ли ће се постројење за пречишћавање у наредним годинама развијати, на пример, повећавати га у зависности од повећања броја становника.

Ако историјски подаци нису доступни, можете користити следеће параграфе за кратак увод, који се баве општим развојем одлагања отпадних вода и третмана канализације.

**Основна школа:** Препоручујемо да ове ученике не оптерећујете тачним датумима, већ да наведете само највеће промене које су се десиле на пречистачу током његовог постојања.

**Средња школа:** Са овим ђацима већ можете ићи у детаље, али покушајте да податке укрстите разним занимљивостима и причама, на пример из реконструкције.

### Општа историја индустрије чишћења у Чешкој

Процес пречишћавања отпадних вода се из Енглеске проширио на Чешку, где су крајем 19. века успостављена прва постројења за пречишћавање (механичка или механичко-хемијска). Ова постројења за пречишћавање укључују и Стару фабрику за пречишћавање отпадних вода у Прагу у Бубенчу. Занимљиво је да се ово постројење за чишћење налази под земљом.

Почетком 20. века, процес активације је откривен у Манчестеру у Енглеској. Двојица британских хемичара (Едвард Ардерн и Вилијам Локет) су спроводили експерименте са аерацијом отпадних вода и открили да се у води формирала суспензија, што је скратило време пречишћавања отпадних вода. Ову суспензију су назвали активни муљ. Ширење овог открића успорили су Први и Други светски рат, а процес се ширио тек после Другог светског рата (после 1945. године). Прво постројење за пречишћавање отпадних вода са биолошким третманом помоћу процеса активације било је ППОВ Модрице (1961). Овај процес је касније коришћен у Прагу 1968.

## 2.4 Прича о води

### 2.4.1 Извор отпадних вода



**Савет за тумачење:** Овде има много простора за размишљање учесника екскурзије. Шта све иде у хемијско чишћење? Одакле? Где се ствара отпадна вода код куће (ВЦ, туш, машина за прање судова, машина за веш итд.) и у којој количини? Који су други извори отпадних вода у близини (индустријска предузећа, пољопривреда, болнице, школе, ресторани,...)? Шта би се десило да отпадне воде не бисмо пречистили и испустили директно у реку? Када се помиње органско загађење може се навести број еквивалентних становника. У закључку је прикладно рећи како становници плаћају пречишћавање отпадних вода.

? Питање: Где се одводе отпадне воде?

💡 **Одговор:** Отпадна вода је вода коју смо користили и која је сада загађена. Ова вода долази из наших домова (ВЦ, машина за прање судова, веш машина,...), фабрика, болница и канцеларија. Ово такође укључује кишницу која се није утопила у земљу током олује или јаке кише, већ је отишла у одвод. Сва ова вода се одводи у цев која је води у постројење за пречишћавање отпадних вода да би се очистила како би се вратила у природу.

***ЗШ:** Разговарајте уопште о томе који су извори отпадних вода у домаћинству – где они мисле да имају највећу потрошњу воде и шта се налази у отпадној води (вода, чврсте честице, плутајуће честице, уља, масти).*

***Радознали:** Према пореклу, отпадне воде делимо на:*

- *канализационе отпадне воде (или канализација) – долазе из домаћинства и друштвених објеката*
- *индустријске отпадне воде - долазе из индустрије (из фабрика)*

? Питање: Шта садржи отпадна вода?

💡 **Одговор:** Загађење воде чине растворене и нерастворене супстанце. Раствори могу бити биоразградиви (нпр. моносахариди) или не-биоразградиви (нпр. азо боје). Растворене супстанце које се налазе у отпадним водама такође укључују растворене неорганске соли. Нерастворене органске материје у отпадним водама поново се деле на разградиве (скроб, целулоза) и неразградиве (пластика). Нерастворене неорганске супстанце укључују, на пример, песак и шљунак. У приточну воду спадају и ствари које више личе на комунални отпад. Међутим, они не спадају у канализацију и никако не би требало да улазе у њу. Штавише, у води постоје бактерије и микроби који могу изазвати болести.



**Савет за тумачење:** Искористите ову прилику да разговарате са учесницима о томе шта не спада у отпад. Обично је препоручљиво водити ову дискусију на месту где се види вода која тече и где је могуће одмах указати на објекте који не припадају отпадној води. Такође је препоручљиво да се распитате о њиховој пракси код куће, а можда и о томе шта раде са уљима и мастима.

*Основна школа: За старије ученике можете директно постављати питања која се односе на хемијски састав отпадних вода – које органске или неорганске супстанце се налазе у отпадној води.*

? Питање: Колико отпадних вода човек производи?

💡 Одговор: Количина и квалитет отпадне воде коју производе људи могу варирати. За потребе пројектовања постројења за пречишћавање створена је јединица под називом еквивалентна популација (ЕО), која одражава просечну количину и квалитет отпадних вода које произведе један становник у једном дану. Количина загађења коју производи један ЕО одговара:

1 ЕО = 120-150 л/д отпадне воде

1 ЕО = 60 г/д органске супстанце (БПК5) 1 ЕО = 11 г/д Нукупно 1 ЕО = 2,5 г/д П<sub>тотал</sub>

БПК5 (биолошка потреба за кисеоником) је аналитичка метода за одређивање органских супстанци које су подложне биохемијском разлагању у аеробним условима. Другим речима: биолошка потражња кисеоника изражава колико је кисеоника потребно бактеријама да уклоне органско загађење у отпадној води.

На постројење за пречишћавање отпадних вода по правилу су прикључени и индустријски објекти. За процену загађења креирају се табеле конверзије помоћу којих можемо израчунати загађење које одговара еквивалентном броју становника.

на пример:

Производња 1 тоне репе у фабрици шећера одговара 45-70 ЕО.

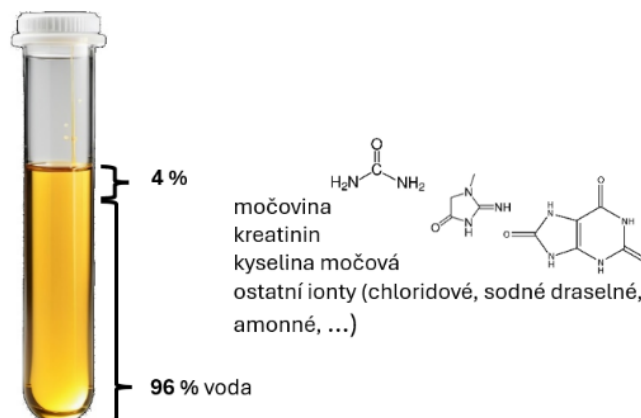
Производња 1 м3 пива одговара 150-350 ЕО.

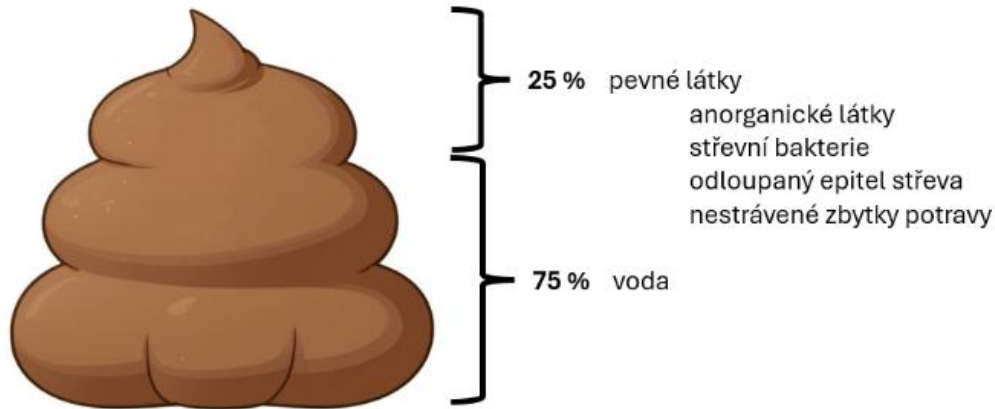
Прање 1 тоне веша у вешу одговара 350-950 ЕО.

? Питање: Које супстанце садрже људски урин и измет?

💡 Одговор: Урин и фецес су отпадни производи људског метаболизма. Урин се производи филтрирањем крви у бубрезима, а столица се формира у дебелом цреву.

Састав људског урина и столице приказан је на следећим сликама. Са становишта пречишћавања отпадних вода, урин је важан извор азота. С друге стране, фекалије су извор фосфора и органских материја. Органске материје потичу из остатака хране која се у нашем телу не вари у потпуности.





? Питање: Да ли се састав отпадних вода разликује у различитим градовима/локацијама или је свуда исти?

💡 Одговор: Отпадне воде из домаћинства и друштвених објеката (канализација) имају приближно исти састав. Што се тиче индустријских отпадних вода, састав овде веома зависи од врсте индустрије. Природа загађења снажно утиче на технологију која се користи на ППОВ.

? Питање: Шта припада, а шта не припада тоалету?



**Савет за тумачење:** У овом одељку саветује се да посетиоце едукујете о томе шта не спада у канализацију, или шта не треба испуштати у тоалет, умиваоник или лавабо код куће.

💡 Одговор: Канализација не укључује:

- остаци хране
- отпад из кухињских сецкалица
- масти и уља
- хигијенске потрештине – влажне и козметичке марамнице, памучни штапићи, пелене за једнократну употребу,...
- комунални отпад
- хемијски остаци, или можда жива

**Занимљиво:** Божић је критично време када је лоша навика људи да сипају огромне количине уља у ђубре. Уље припада у контејнере за уље или у сабирно двориште.

? Питање: Зашто ове ствари не спадају у канализацију?

💡 Одговор: Зато што могу оштетити или зачепити канализационе цеви и опрему у постројењу за пречишћавање отпадних вода. На пример, масноћа се талози на зидовима канализације, а на њој се потом хватају друге нечистоће (салвете, средства за хигијену,...). То може довести до потпуног зачепљења цеви, а отпадне воде тада немају где да се одводе. Не ради се само о цевима које воде отпадну воду до постројења за пречишћавање, може доћи до зачепљења и у канализационим цевима у вашем дому. У таквом случају, лек је веома компликован и непријатан. Или, у случају остатака хране, они могу да издрже обиље пацова у канализацији, који могу да преносе болести и генерално су непожељни гости у градовима и кућама, што онда треба да се реши истребљењем канализације. У случају опасних материја и хемикалија, постоји опасност од оштећења технологије постројења за пречишћавање, посебно биолошког процеса, као и од угрожавања људи који раде на канализацији и на постројењу за пречишћавање.

*Радознали: Најпознатији случај зачепљења канализације машћу и другим отпадним водама је из Лондона 2017. Нагомилани материјал је имао 250 метара и тежак 130 тона. Било је потребно 9 недеља рада да се уклони. На енглеском је чак скован назив "Фатберг" за ово "наслагање", које је настало од речи "фат" - маст и "ицеберг" - ицеберг, на чешком би се могло назвати "туковец".*

## 2.4.2 Пут воде до постројења за пречишћавање отпадних вода



**Савет за тумачење:** Овде је добро знати одакле отпадне воде отичу до вашег постројења за пречишћавање (из којих градова/локалних округа/општина), колико је (годишње и по секунди), од колико људи долази, колико је дуга канализациона мрежа која доводи воду, колико је потребно да отпадне воде дођу до постројења за пречишћавање. Можете направити анкету међу посетиоцима о томе чије отпадне воде теку овде, где теку отпадне воде из њихове школе и тако даље.

? **Питање:** Како се отпадне воде испуштају у постројење за пречишћавање отпадних вода?

💡 **Одговор:** Отпадне воде из зграда се испуштају кроз цеви које се отварају у веће цеви формирајући канализациону мрежу. Канализациона мрежа је транспортни систем којим се отпадне воде транспортују од места где настају до места где се пречишћавају. Канализациона мрежа је подземна, али се по округлим поклопцима шахтова на улици види куда иде.

Канализациони систем, односно канализациона мрежа, може бити пројектован у различитим стиловима у зависности од тога да ли се канализација и кишница одводе заједно. Јединствена мрежа у којој се, као што само име каже, уклањају све отпадне воде без обзира на њихову врсту, односно отпадне воде се уклањају заједно са кишницама. Канализациона мрежа у којој се отпадне и кишнице испуштају одвојеним путевима и не мешају се назива се засебним системом. Отпадне воде се испуштају у постројење за пречишћавање отпадних вода, док се кишница испушта, на пример, у водоток.

Недостатак јединствене канализационе мреже је њено преоптерећење током јаких киша. Канализациона мрежа је пројектована за максималну количину отпадних вода коју може да задржи, а исто важи и за постројење за пречишћавање отпадних вода. Ако се прекорачи капацитет канализационе мреже или постројења за пречишћавање отпадних вода, отпадна вода која је „екстра“ пада кроз рељефне коморе директно у водоток. Ова непречишћена отпадна вода, која садржи, на пример, отпадну воду из тоалета, загађује пловни пут.

Опција за смањење количине кишнице која улази у канализациони систем је циљано заробљавање кишнице. Кишница која би се сливала тротоаром, коловозом или, на пример, кровом у канал, преусмерава се тако да доспева у земљиште, где је могу искористити биљке.

*Основна школа: Сазнајте колико је удаљена школа из које су дошли и упоредите то са дужином канализационе мреже. Нека погоде колико ће времена бити потребно да отпадне воде стигну на пречистач. Разговарајте где и зашто се налазе шахтови из канализације (главни путеви). Могуће је питати за разне објекте и уређаје канализационе мреже на које су наилазили - најчешће ће поменути канал, можете им рећи да се правилно називају одвод или гула.*

*Радознали: На улицама најчешће можемо срести два објекта која се обично називају „каналом“. Можда сте приметили да неки "канал" имају решетку и омогућавају да вода уђе. То су канализациони одводи, који се такође називају гула. Али неки отвори имају или само мале рупе или уопште немају рупе. То су поклопци канализационих шахтова који омогућавају приступ објектима канализационе мреже. У њима се најчешће крије прикључак, нека промена у правцу канализације (пробијање шахта),*

**или је у питању ревизиона окна која се редовно поставља да би се обезбедио приступ канализацији и њено чишћење водом под притиском и специјалном опремом.**

? Питање: Зашто канализација смрди?

💡 Одговор: Разлагањем органских једињења у канализационој мрежи настају гасови који изазивају јак мирис. До распадања органских једињења долази на местима где је слаб проток отпадних вода или недовољан нагиб канализационе мреже. Разлагањем органских једињења која садрже сумпор настаје сулфан, који је отрован гас. Сулфан мирише на покварена јаја.

Проток ваздуха у канализационом систему такође игра значајну улогу. Ако у канализацији има довољно кисеоника, долази до труљења на минимуму.

За време јаке кише сва таложена прљавштина се избацује у канализациону мрежу. Први талас отпадних вода који стиже на пречистач је стога веома концентрисан.

**Основна школа: Ученицима можете дати простор и питати да ли су икада осетили мирис канализације и са чиме би га упоредили.**

**СШ: Сулфан већ мирише у концентрацијама од 0,5 ппм (честица на милион). Овде можете питати ученике за наговештај – шта они мисле, колико молекула мора да има у канализацији да бисмо осетили мирис сулфана? Ово питање ће навести ученике на размишљање и упознати их са новим јединицама ппм које се често користе за изражавање концентрације у САД.**

Сулфан дакле мирише из концентрације, када у ваздуху има један молекул сулфана на два милиона молекула ваздуха (кисеоник + азот). Или при садржају од 0,00005% сулфана у ваздуху. Дакле 0,5 мл сулфана у 1 м3 ваздуха.

? Питање: Да ли неке животиње живе у канализацији?

💡 Одговор: У канализационој мрежи има пацова, бацањем остатака у отпад обезбеђујемо им извор хране. Из тог разлога, могу се чак и размножавати у неким градовима. У пролећним и летњим месецима долази до њиховог истребљења, када се у канализациону мрежу постављају отровне замке како би се популација пацова одржавала на разумном нивоу. Хубек се користи за истребљење пацова - замки за храну погодне за влажне средине. Оне садрже, на пример, презле, брашно, кукуруз, чоколаду, маст и активну супстанцу антикоагуланс.

Пацов се често греша за пацова. Пацов има светлије крзно, већи је, има краћи реп од тела и воли влажно окружење. Док пацов има до црно-сиво крзно, он је мањи, али му је реп дужи од тела и не воли влажну средину.

? Питање: Колика је температура у канализацији?

💡 Одговор: Температура канализационе воде у канализацији зависи од годишњег доба, креће се од 8 до 20 °Ц.

? Питање: Каког је облика канализација?

💡 Одговор: Попречни профили канализације могу имати различите облике. Основни облик је кружни. Други облик је овални облик, који је идеалан за уједначене одводе са флукутирајућим протоком. Профил уста се користи када није довољна висина откривке.

? Питање: Од којих материјала је направљена канализациона мрежа?

💡 Одговор: Канализациона мрежа мора бити изграђена од материјала који су отпорни на абразију, корозију, хемикалије и микробно деловање. За изградњу канализационе мреже користи се камен, бетон, ливено гвожђе, базалт, канализациона цигла (звонари) или пластика.

***Радознало: У изградњи канализације раније су коришћене специјалне керамичке цигле, такозване звонасте цигле. Реч је о веома тврдим опекама од специјалне глине, које се два пута пеку у цигланој пећи у редуцирном пламену. Старе мреже за чарапе могу се видети, на пример, у Риму (Форум Романум) или у Прагу, где се Улаз за странце отвара неколико пута годишње (код Староградског астрономског сата). Овде је могуће ући у спојну комору, која је изграђена пре више од сто година.***

### 2.4.3 Постројење за пречишћавање отпадних вода



**Савет за тумачење:** Овај део треба да се састави тако да одговара вашем специфичном постројењу за чишћење. У следећим параграфима ћете наћи опште описане кораке за третман отпадних вода. За конкретније објашњење појединачних технологија које се налазе у вашем постројењу за пречишћавање, можете користити поглавље 3. Опис технологија ППОВ. Ово поглавље је замишљено као такозвани каталог, из којег можете изабрати само делове који вам одговарају у интерпретацији екскурзије.

? Питање: Где и како се чисте отпадне воде?



**Одговор:** На постројењу за пречишћавање отпадних вода.

Канализациона мрежа доводи отпадне воде до постројења за пречишћавање отпадних вода, где почиње њихово пречишћавање. Мале количине загађења може сама природа очистити, овај процес се назива самочишћење. Постројење за пречишћавање отпадних вода користи исте принципе као и природа, само што ми стварамо оптималне услове да се они одвијају што је брже могуће.

Начин на који ће се вода пречишћавати разликује се у зависности од конкретне локације, зависно од технологије којом је постројење за пречишћавање опремљено, врсте отпадне воде која се улива, као и количине воде која се пречишћава.

Ако је могуће, отпадна вода протиче кроз постројење за пречишћавање гравитацијом, односно гравитационим падом. Ово је посебно повољно у погледу потрошње електричне енергије. Уштедећемо енергију коју бисмо иначе користили за рад пумпи.

Прво, морамо уклонити велике предмете који плутају у води или се налазе на дну. То може бити, на пример, камење, песак, остаци хране или влажне марамнице. Ови предмети се уклањају на начин да се проток воде успори и да се прљавштина таложи на дно (шљунак, песколлов) или да се ухвати на решетке или сита (просторија за чешљање). Поред наведених објеката, у води су присутне и нерастворене органске материје које се захватају у таложницима. Овај исталожени материјал, који се назива примарни муљ, испумпава се ради даље обраде у управљање муљем. Тада у води остаје загађење које није видљиво голим оком, односно раствара се у води.

Растворено загађење може у одређеној мери уклонити бактерије и друге микроорганизме из воде (активациони резервоар). Технички, сакупљање ових бактерија се назива активни муљ, а процес чишћења се назива биолошко чишћење.



**Савет за тумачење:** Препоручљиво је прилагодити дубину описа биолошког третмана отпадних вода циљној групи. У наставку нудимо варијанте према нивоу слушалаца.

*ЗШ: На постројењу за пречишћавање отпадних вода држимо ове бактерије као животиње у зоолошком врту. Бринемо о њима стварајући им одговарајуће услове за живот и дајући им отпадне воде као храну. Овде узгајамо неколико врста бактерија. Који услови су им потребни за живот? Зависи од њихове природе, неким је потребно много ваздуха за живот, док други цене када уопште немају ваздуха. Задовољне бактерије живе заједно и стварају тако мале градове, које ми називамо пахуљицама, множе се и њихова популација расте.*

**СШ:** Активни муљ се састоји од микроорганизама, које одржавамо у потребној количини на постројењу за пречишћавање отпадних вода. Микроорганизми у активном муљу укључују бактерије, протозое (бубреге, мекушци, ракови), метазое (ротифере, нематодe, црви), као и плесни, гљиве и квасце.

**Савет за тумачење:** Овде би било добро да деци покажете неке слике поменутих микроорганизама или видео снимак, на пример на мобилном телефону, да не буде само дугачко објашњење. Поред тога, можете подстаћи децу да питају свог наставника биологије у школи за додатне информације.

Бактерије својим метаболизмом трансформишу загађење из отпадних вода, односно загађење им служи као храна. Разликујемо неколико врста бактерија према њиховом метаболизму. Бактерије које оксидирају органски супстрат (органотрофне), бактерије које оксидирају амонијачни азот и нитритни азот у нитратни азот (нитрификују), бактерије које редукују нитратни азот у гасовити азот (денитрификују) и бактерије које акумулирају већу количину фосфора (поли-П) у својим ћелијама. Појединачним врстама бактерија су потребни одговарајући услови кисеоника за њихов метаболизам - оксидирајућим бактеријама је потребан кисеоник, редукујућим бактеријама, с друге стране, потребни су услови практично без кисеоника. Због тога се услови у постројењу за пречишћавање отпадних вода мењају тако да свака врста бактерија може да ради свој посао. Бактерије живе заједно у пахуљицама, размножавају се и повећава се њихова количина или концентрација у систему.

**Радознали:** Постоји стална жестока конкуренција за ресурсе („храну“) између појединих врста организама у активном муљу. Највише ће се размножавати бактерија која може да добије највише енергије под задатим условима, и тако ће почети да доминира и истискује оне мање успешне. Различите групе бактерија које разграђују различите врсте загађења често сматрају потпуно различите услове идеалним. Поред тога, већина бактерија може да преради „храну“ кроз различите метаболичке путеве. На пример, у присуству кисеоника, они уклањају органску материју користећи такозвано аеробно дисање, али ако кисеоник није доступан, могу да пребаце свој метаболизам на много мање корисну денитрификацију. Организми увек „одабирају“ процес из којег добијају највише енергије под датим условима. У постројењима за третман, међутим, често су нам потребне и бактерије које спроводе мало хранљивих реакција и због тога споро расту. Трудимо се да им створимо што боље услове и мазимо их. Типичан пример су нитрификујући организми, за које правимо резервоаре за регенерацију са вишком кисеоника, где могу да се „одмарају“ и „сваре“ ускладиштене супстанце.

Организми активног муља су заиста микроскопски, њихова величина се креће од десетина до јединица микрометара. За референцу, један микрометар је милионити део метра. Ови мали организми могу да прогутају само мале молекуле хране. Међутим, већина загађивача у води је много већа. Па како бактерије могу пробавити ове веће нечистоће? Да би то урадиле, бактерије користе посебне хемикалије зване егзоензими. Ензими су супстанце које убрзавају или успоравају хемијске реакције. У случају бактерија активног муља помаже им процес који се назива хидролиза. Префикс „егзо“ значи да ове ензими

*ослобађају бактерије из свог тела у околину. Слично је пауку који убризгава своје пробавне сокове у муву ухваћену у мрежу. Уместо муве у паучини, у овом случају имамо отпадне воде у резервоару. Дуги молекули загађивача се деле на мање молекуле уз помоћ егзоензима. Они су већ довољно мали да их бактерије прихвате унутар својих ћелија и тамо их даље обрађују и варе.*

Затим бактерије настављају да се таложу у резервоарима, где их треба одвојити од пречишћене воде. Бактерије у пахуљицама (или у њиховим "градићима") полако тону на дно резервоара. Морамо да вратимо већину бактерија у процес да бисмо очистили текућу отпадну воду. Ово је непрекидан процес и не можемо себи приуштити да чекамо да израсте нова пуноправна култура микроорганизама. И пошто се микроорганизми заиста брзо размножавају, неки од њих се уклањају из процеса због „залиха“ и упумпавају у управљање муљем на даљу обраду.

На врху таложника је пречишћена вода која се прелива преко ивица или у потопљену одводну цев и отиче из постројења за пречишћавање назад у природу (на пример, у водоток).

**Радознали:** *Говорити о активном муљу само о бактеријама је велико поједностављење. У ствари, активни муљ је цео микросмос са безброј различитих врста бактерија које доминирају у њему, али се поред њих налазе и виши микроорганизми као што су разне протозое, метаморфе, трепавице, хелминти, ротифери или гриње и, под погодним условима и на одређеним местима, и организми који активирају фотосинтезу као што су алге.*



**Савет за тумачење:** Овде је добро упозорити посетиоце да ова вода није за пиће! И умесно је објаснити зашто.

? Питање: Да ли је вода која излази из постројења за пречишћавање отпадних вода питка?

💡 Одговор: Овако пречишћена вода је довољно чиста да не загађује поток повећаном количином органских материја, азота и фосфора, али није за пиће! Слично је као вода за пиће директно из реке или локве. Бактерије које могу да изазову проблеме са варењем морају се уклонити из ове воде.

? Питање: Где се производи вода за пиће?

💡 Одговор: На постројењу за пречишћавање воде за пиће. Што је још један уређај у коме се вода за пиће производи од воде природног порекла.

#### 2.4.4 Квалитет и контрола отпадних вода



**Савет за тумачење:** Има места да се наведе у који водоток се улива пречишћена вода и која је, на пример, класа квалитета и да ли је проток у потоку довољан.

Ако имате доступну мобилну аналитику (pH сонда, тестови капљицама,...), можете да натерате посетиоце да провере квалитет ефлуента.

? Питање: Како да сазнамо да је пречишћена отпадна вода у реду?

💡 Одговор: Квалитет отицања се оцењује на различите начине. Најлакше је користити чула (вид, мирис) – искусни радници памте како одвод нормално „изгледа“, ако се нешто промени (боја, провидност, количина љускица, мирис), траже узрок. Још једна помоћ су онлајн сонде и анализатори (на пример, мерење амонијака, нитрата, замућености, фосфата,...), али су веома скупи (више од десетина хиљада до стотина хиљада ЦЗК по комаду), па се користе на заиста великим постројењима за пречишћавање. Могу се користити и преносиве сонде и "тестови капљица", где се боја пореди са скалом боја. Најтачније је одређивање супстанци у лабораторији.

? Питање: Какав квалитет треба да има пречишћена отпадна вода?

💡 Одговор: Квалитет ефлуента из постројења за пречишћавање подлеже законским прописима. Чешки прописи одговарају законодавству Европске уније. Границе су постављене како за границе појединачних једињења, тако и за ефикасност уклањања појединачних материја на постројењу за пречишћавање отпадних вода. Ниво граница се степењује према величини постројења за пречишћавање, што је веће постројење за пречишћавање, то су границе строже. Тачне границе за постројења за пречишћавање одређује надлежни орган, а свако постројење за пречишћавање може имати незнатно другачија ограничења. Квалитет пречишћене воде која истиче подлеже независним проверама од стране надлежних органа, на пример чешке инспекције за животну средину, надлежних за воду, итд. Ако се прекораче границе, оператери постројења за пречишћавање плаћају казне.

У циљу мерења количине пречишћене отпадне воде, на излазу из уређаја за пречишћавање уграђују се мерења протока пречишћене воде. Најчешће се за мерење протока воде користи Парсхалл корито са сензором нивоа.

У неким водотоцима (реке, потоци) ефлуент из постројења за пречишћавање је одговоран за велики део текуће воде. Постоје и случајеви када је квалитет ефлуента из постројења за пречишћавање већи од квалитета воде у пловном путу. Ограничења које је одредила управа за воде се мењају у погледу коришћења воде низводно (рекреација или захватање воде за пиће).

***ЗШ: Не оптерећујте ове ђаке појединостима законске регулативе, довољно је рећи да пречишћена вода мора да испуни одређене параметре концентрације угљеника, азота и фосфора пре него што уђе у реку и да у њој не сме да плута велика количина нерастворених материја.***

***Средња школа: Овим ученицима можемо детаљније објаснити како функционише узорковање и мерење протока воде.***

***Радознали: Ако је неко веома заинтересован да сазна ограничења за испуштање отпадних вода, можете га упутити на Уредбу бр. 401/2015 ЗБ. Занимљива карактеристика у законодавству је увођење две границе "м" и "п". Символ "м" означава максималну непређену границу, а симбол "п" је дозвољену границу, која се у одређеној количини узорака отицања може прекорачити у дозвољеној мери.***

? Питање: Које су опције за даље пречишћавање како би вода била још чистија?

💡 Одговор: Вода се у одређеним случајевима прерађује тзв. терцијарним третманом (механичко и биолошко пречишћавање се може назвати примарним и секундарним), што већ укључује специјализоване методе дизајниране за прилагођавање специфичних индикатора квалитета воде карактеристичних или значајних за дату пречишћену воду или рецепијента.

Терцијарни третман се све више примењује на постројењима за пречишћавање отпадних вода, због постепеног пооштравања граница које се не могу испунити коришћењем само примарног и секундарног третмана.

Терцијарне методе чишћења укључују дезинфекцију, мембранске технологије, хемијско таложење фосфора или филтрацију кроз слој активног угља. Другим речима, ово су методе водовода.

**ЗШ: Ако ваше постројење за пречишћавање нема ниједну од технологија терцијарног третмана, онда је довољно на крају дренаже рећи да ће се захтеви за пречишћеним отпадним водама постепено повећавати и због тога ће се на постројењу за пречишћавање појавити друге технологије.**

**Занимљиво: 2024. године биће објављена нова директива Европске уније о третману отпадних вода, која ће драматично пооштрити границе хранљивих материја у испуштеним отпадним водама.**

## 2.4.5 Будућност чишћења

? Питање: Како ће изгледати третман отпадних вода у наредним годинама и деценијама?

💡 Одговор: На неким пречистачима у свету већ постоје терцијарни и квартални третмани, односно следећи ниво пречишћавања, када из постројења за пречишћавање излази квалитетна вода. Међутим, ова вода више не иде само у водени пут. Због високог квалитета, могућа је његова рециклажа (поновна употреба).

? Питање: За шта се може користити рециклирана вода?

💡 Одговор: Неке од могућих употреба рециклиране воде укључују:

- наводњавање и пољопривреда – наводњавање башта, градског зеленила, голф терена и пољопривредних површина
- индустријске примене – употреба у разним индустријским процесима као што су хлађење или прање
- озелењавање – вештачка инфилтрација или пуњење језера и фонтана

У будућности ће бити велики притисак на квалитет испуштених отпадних вода, не само са становишта хранљивих материја, већ и микрозагађивача као што су остаци лекова, гени отпорности на антибиотике, микропластика, пестициди итд.

Широм света, назив постројења за пречишћавање отпадних вода (на енглеском) се већ мења у постројење за мелиорацију воде у слободном преводу, односно место где обнављамо воду.

**Радознао је: у вези са отпадним водама често се говори о такозваним микрозагађивачима. Ово је широк појам који укључује супстанце као што су остаци лекова, хормони, микропластика, пестициди, супстанце из производа за личну негу,**

*неке супстанце које се користе у индустрији. Ово је широка група супстанци које се јављају у отпадним водама у веома ниским концентрацијама. Ниво њиховог уклањања на постројењима за чишћење је различит, увек зависи од конкретне супстанце. Њихово уклањање је такође компликовано чињеницом да су њихове концентрације у отпадним водама веома ниске. За њихово ефикасније елиминисање, у будућности ће бити потребно допунити технологије постројења за пречишћавање специјализованим фазама, као што су напредна хемијска оксидација, сорпција на активном угљу и сл.*

## 2.5 Прича о супстанцама и енергији добијеним из отпадних вода



**Савет за тумачење:** Када причате овај одељак, морате заиста да узбудите учеснике, јер у друштву још увек постоји велика стигма у вези са третманом отпадних вода. Људи схватају потребу за пречишћавањем отпадних вода, али то схватају само као неопходност. Учесницима можете представити нови поглед на ову страну ствари – у постројењима за пречишћавање можемо добити вредне супстанце приликом чишћења отпадних вода, нпр. активни муљ се сматра отпадом, али се може посматрати и као вредна сировина! Сам муљ има одлична својства ђубрења, постепено ослобађа хранљиве материје, а такође помаже да земљиште задржи воду. Даљом обрадом муља можемо добити енергију (нпр. прерадом биогаза) као и елементе садржане у муљу – углавном једињења фосфора и азота.

Отпадне воде садрже невероватно велику количину различитих супстанци и енергије. На пример, ако посматрамо варење човека, велики део материја из хране прелази у отпадне воде, јер наше варење није потпуно савршено и не можемо у потпуности да искористимо све супстанце.

**ЗШ: Само сумирајте супстанце које се могу добити из отпадних вода и фокусирати се на употребу муља на пољопривредном земљишту или спаљивању.**

**Средња школа: Старији ученици могу детаљније говорити о анаеробној стабилизацији и таложењу фосфора.**

**Занимљиво: Опишите детаљно различите врсте сагоревања (пиролиза, гасификација), који су производи овде и наведите биоугље као перспективну супстанцу. У ову групу спада и тема прераде биогаза у биометан. Треба напоменути да су нека постројења за пречишћавање у Европи (чак иу Чешкој) већ енергетски самодовољна, или чак производе више енергије него што троше захваљујући довољној производњи биогаза.**

? Питање: Које супстанце можемо добити из отпадних вода?

💡 Одговор: Резиме супстанци које смо у могућности да добијемо из отпадних вода:

- Органске супстанце, Н, П,....
- Муљ
- Енергија
- Остало - масти, целулоза
- Шљунак, песак

**Радознали:** У прошлости, фекалије су се углавном користиле у пољопривреди као ђубриво. Некада се урин користио као средство за чишћење, стари Римљани су користили урин за избељивање зуба. Тканине су биле натопљене урином пре бојења да би боја била трајнија. Урин је такође био важна сировина за производњу барута. Измет се користио за третирање коже, кожари су у кафанама имали такозване писоаре за прикупљање урина.

? Питање: Које супстанце се издвајају из воде током механичког пречишћавања воде?

💡 Одговор: У механичком делу постројења за пречишћавање отпадних вода добијамо шљаку, песак, шљунак, уља и масти из отпадних вода. Отпаци су хигијенски непожељни, из тог разлога се одлажу на депоније или спаљују у спалионицама. Један становник произведе у просеку 5-15 литара крхотина годишње. Песак и шљунак су такође хигијенски непожељни, али се после третмана могу користити, на пример, у грађевинарству. Уља и масти се користе у анаеробној стабилизацији и затим се из њих производи биогаз који се може користити за енергију.

? Питање: Како се хранљиве материје уклањају из отпадних вода?

💡 Одговор: За уклањање ових елемената користи се неколико биолошких процеса који се одвијају у активационом резервоару постројења за пречишћавање.

#### Уклањање угљеника

- Оксидација органских материја дејством микроорганизама у присуству кисеоника до угљен-диоксида и воде. Угљен-диоксид је безопасан гас који излази у атмосферу.

#### Уклањање азота – нитрификација и денитрификација

- Азот улази у отпадне воде углавном из урина.
- Азот се уклања кроз два процеса: нитрификација и денитрификација.
- Током нитрификације, нитрификујуће бактерије оксидирају амонијум јон преко нитрита у нитрате. Током овог процеса резервоаре је потребно интензивно проветравати, јер се током овог процеса троши велика количина кисеоника. Аерација је енергетски, а самим тим и финансијски захтевна. Аерација се одвија уз помоћ дубаљки и елемената за аерацију, који се налазе на дну резервоара. Дубаљка убацује ваздух у ове елементе. Из елемената накнадно излазе фини мехурићи.
- Током денитрификације, нитрати се претварају у гас азота. На крају, азот (безопасни гас који чини око 78% атмосфере) нестаје из наше воде, испуштајући у нашу атмосферу. Током денитрификације, органски угљеник из отпадних вода се такође троши.
- Ако постоји недостатак органског угљеника у отпадној води, потребно је на резервоаре нанети спољни супстрат (најчешће метанол) – бактерије тада користе спољашњи супстрат за метаболизам нитрата у гасовити азот.
- Због довољно органског угљеника, обично постоји резервоар у коме се денитрификација одвија пре нитрификације. Између резервоара тада ради унутрашњи рециклаж, где се део отпадне воде из нитрификације упумпава назад у денитрификацију, тако да се нитрати настали при нитрификацији транспортују у денитрификацију, где су услови погодни за њихово уклањање. Напомена: овај одељак може значајно да варира у зависности од специфичног хемијског чишћења. Прилагодите интерпретацију својој технологији, а посебно својој публици. Детаљан опис уклањања азота може бити веома збуњујући и компликован за основне, али често и средње школе.

## Уклањање фосфора – хемијско таложење или појачано биолошко уклањање фосфора

- Фосфор улази у отпадне воде из фекалија, из индустријских перионица (дозвољено им је да користе фосфатне детерџенте), из таблета у машинама за прање судова.
- Фосфор се може уклонити из воде хемијским таложењем или појачаним биолошким уклањањем фосфора помоћу посебних бактерија које акумулирају фосфор.

? Питање: Да ли се гасови стаклене баште производе током уклањања хранљивих материја?

💡 Одговор: Приликом активације настају гасови стаклене баште: угљен-диоксид (производ уклањања органског угљеника), азот-оксид (настаје током нитрификације) и, на неким местима са изузетно ниском концентрацијом кисеоника, метан. Азот-оксид и метан имају знатно већи ефекат стаклене баште од угљен-диоксида. Остали гасови стаклене баште настају током производње електричне енергије за погон машина на постројењу за пречишћавање.

? Питање: Шта је муљ са становишта управљања муљем?

💡 Одговор: Муљ је отпадни производ пречишћавања отпадних вода, који представља 1-2% запремине пречишћене воде, али је у њему концентрисано 50-80% првобитног загађења садржаног у дотоку у постројење за пречишћавање отпадних вода. Третман и прерада муља има за циљ минимизирање негативних утицаја на животну средину и здравље људи. Са муљем се бавимо на различите начине, који зависе од величине постројења за третман.

На постројењу за пречишћавање отпадних вода сакупљамо муљ из два резервоара. Прво уклањамо муљ из таложника, који се назива примарни муљ. Након тога уклањамо муљ из таложника, који се назива секундарним или сувишним. Мешавина примарног и секундарног муља назива се сирови муљ.

***ЗШ: Ако ви и учесници пређете са одвода на управљање муљем, добро је да их поново на поједностављен начин подсетите шта је муљ и одакле долази.***

***СШ: Са овом групом ученика идеално је да се на почетку управљања муљем покрене дебата о томе које супстанце се налазе у муљу и шта им се може десити, покушавајући да дођу до других супстанци осим органског загађења. Муљ садржи мешавину органских и неорганских супстанци, воде и разних токсичних материја као што су тешки метали, пестициди, остаци лекова или патогени и други микроорганизми.***

***Занимљиво: Цена прихватљивог третмана муља одговара приближно 50% оперативних трошкова третмана отпадних вода. На мањим постројењима за пречишћавање не исплати се имати управљање муљем.***

? Питање: Како се муљ обрађује у малим постројењима за пречишћавање?

💡 Одговор: Анаеробна стабилизација се не дешава на малим постројењима за пречишћавање због недовољне производње биогаза. То значи да се муљ обично или аеробно стабилизује или одводи, или се течност транспортује у веће постројење за пречишћавање. Током аеробне стабилизације, муљ се или оставља дуже време у активационом резервоару, или се пумпа у резервоар за газирани муљ. Након одводњавања,

муљ се може транспортовати у веће постројење за пречишћавање, где се затим преноси у резервоаре за дигестор.

? **Питање:** Како се муљ обрађује у већим постројењима за третман који имају управљање муљем?

💡 **Одговор:** На средњим и великим постројењима за пречишћавање најчешће се користи анаеробна стабилизација муља (или анаеробна дигестија). У муљу је концентрисана велика количина првобитног загађења садржаног у надолazeћој отпадној води. У већим постројењима за пречишћавање, део овог загађења се претвара у биогаз у резервоарима за варење (кроз анаеробну стабилизацију).

Током анаеробне стабилизације, муљ се сакупља у резервоарима у којима је ограничен приступ кисеонику (=анаеробна средина). У овим резервоарима, супстанце садржане у муљу се разлажу уз помоћ посебних бактерија (метаногене бактерије) за производњу биогаза. Према температури у резервоарима разликујемо мезофилну (35 °C) и термофилну дигестију (55 °C).

Након што муљ прође кроз резервоар за варење, он постаје стабилизован муљ, што значи да у њему више не би требало да се одвија интензивна спонтана разградња. У анаеробној дигестији, приближно половина суве материје муља се претвара у биогаз.

***СШ:** Процес варења се такође назива анаеробна стабилизација. Бактерије садржане у муљу постепено метаболишу органске супстанце у једноставне шећере и алкохоле, а затим у угљен-диоксид, водоник и метан. Мешавина гасова произведених у овом процесу назива се биогаз и састоји се углавном од угљен-диоксида и метана (око 60-80%). Уређај у коме се биогаз претвара у топлоту и електричну енергију назива се когенерациона јединица. Биогаз се користи за погон мотора са унутрашњим сагоревањем или турбине. Сагоревање биогаза производи топлоту и истовремено покреће генератор који производи електричну енергију.*

***Радознали:** Поред угљен-диоксида и метана, анаеробна стабилизација такође производи амонијак (амонијак) и сулфан, који су гасови јаког мириса.*

***Занимљиво:** Метаногене бактерије су по развоју веома стара група бактерија, појавиле су се пре 3,5 милијарди година (старост Земље је 4,5 милијарди година). У то време у атмосфери није било кисеоника, а Земљина атмосфера је подсећала на данашњу Венеру. Поређења ради, диносауруси су се појавили пре 250 милиона година, а човек пре 2,8 милиона година. Ако је оса 0 стварање Земље и 10 садашњост, тада су се метаногени појавили у тачки 2.22, диносауруси на 9.44 и човек на 9.99).*

? **Питање:** Каква је употреба стабилизованог муља?

💡 **Одговор:** Употреба стабилизованог муља зависи од његовог квалитета. Овај муљ се може применити на пољопривредно земљиште захваљујући својим ђубривним својствима, јер садржи велику количину органске материје, фосфора и азота. Такође се може користити у постројењима за компостирање. Други начин прераде је термичка обрада, која укључује сагоревање, пиролизу или гасификацију. Током пиролизе

формирају се пиролизни гас (сингас), уље и чврсти остаци (биоугље). Данас се чини да је биоугље веома обећавајућа супстанца која, на пример, повећава задржавање воде у земљишту.

Питање наношења стабилизованог муља на пољопривредно земљиште је сложено јер, с једне стране, знамо да је муљ вредно ђубриво, али са друге стране може бити извор низа загађивача, као што су тешки метали, остаци лекова, патогени микроорганизми (нпр. салмонела) и постојане органске материје. Дакле, муљ који се наноси на пољопривредно земљиште свакако мора бити у складу са законским прописима. Законска регулатива прати не само квалитет муља, већ и у којој количини и где се муљ може применити. Технички је неопходно имати уговорене пољопривреднике који имају довољно капацитета за складиштење муља, јер се земљиште ђубри неколико пута годишње, али производња муља је континуирана.

**СШ: Ако сте ви и ученици имали дебату о томе које супстанце садржи муљ, можете покушати да наставите питањем о њима. Шта они мисле – где одлази муљ од чишћења и где би могао да се даље користи? Стабилизирани муљ се користи у пољопривреди због коришћења ђубривих својстава неорганских и органских хранљивих материја садржаних у њему. Да ли постоји ризик од коришћења муља на терену? (само поједностављено)**

**Занимљиво: Могући ризик од наношења стабилизованог муља на пољопривредно земљиште је садржај микрозагађивача у муљу. Међу микрозагађивачима које муљ садржи су микропластика, пестициди, ендокрини дисруптори и остаци лекова. Упркос ниској концентрацији, ове супстанце потенцијално могу имати негативне ефекте на животну средину и здравље људи. Законодавни параметри за коришћење муља на пољопривредном земљишту обухватају микробиолошке критеријуме (салмонела, Е. цоли и ентерококе) и ограничења садржаја тешких метала, полихлорисаних бифенила и полицикличних ароматичних супстанци.**

Гени отпорности на антибиотику такође се могу наћи у муљу, који се затим може проширити на друге бактерије.

Технологије које се могу користити за третирање муља укључују и пиролизу или гасификацију, где се гориво производи из муља. Нпр. у суседној Немачкој, најчешћи начин поступања са муљем је његово спаљивање. Муљ се или спаљује одвојено у специјализованој спалионици, или се меша са другим материјалом и спаљује заједно, нпр. у спалионици отпада, електрани/топлани или цементној пећи.

У муљу се складишти велика количина фосфора који се из муља може добити термички (опоравак фосфора из пепела након сагоревања муља) или хемијски (таложјење).

### ? Питање: Како се настали биогаз користи?

💡 Одговор: Биогаз се сагорева у когенерационој јединици која из њега производи топлоту и електричну енергију. Топлота се користи за загревање резервоара дигестора. Произведена електрична енергија се користи на постројењу за пречишћавање, нпр. за рад пумпи или аерацију резервоара за активирање.

Друга могућност коришћења биогаса је његова рафинација у биометан. Биометан има квалитете сличне природном гасу и може се пумпати у мрежу гасовода.

## 2.6 Прича о људима који воде рачуна о канализационој мрежи и раде на постројењу за пречишћавање отпадних вода



**Савет за тумачење:** Већина људи нема појма колико је тешко уклонити и третирати канализацију и колико је људи на различитим позицијама укључено у овај процес. Из тог разлога препоручујемо да екскурзију обогатите помињањем људи који раде у канализацији или на постројењу за пречишћавање на одговарајућим местима. Повећањем знања о овим позицијама могуће је повећати ниво перцепције значаја ових занимања, али и интересовање за њихово проучавање. Овде је могуће навести како ће се развијати потреба за овим професијама и како ће се, на пример, променити садржај рада појединих запослених (нпр. прорачун угљеничног отиска, дигитални близанац постројења за пречишћавање отпадних вода или ЕСГ извештавање).

Уклањање и третман отпадних вода је континуиран процес који се не може једноставно зауставити. Тако да све функционише и да цео процес не стане, то кошта много труда и рада многих људи различитих професија. Појединачне професије прате једна другу и једна без друге не може да функционише. Канализациону мрежу и постројење за пречишћавање отпадних вода видимо као једну добро подмазану машину.

Канализациони систем је потребно редовно проверавати и у случају квара или зачепљења прљавштином, мора се поправити или очистити. Преглед канализационе мреже врши водопривредни техничар специјализован за дијагностику мреже коришћењем система камера који се поставља на почетак прегледане локације и камере се воде кроз цевовод помоћу даљинског управљача. У случају откривања нарушене пропустљивости цеви, користи се чишћење млазницом и испумпавање материјала помоћу камиона за чишћење под високим притиском. Однедавно постоје чак и дрoнови који аутоматски лете кроз канализацију и врше потребна мерења. Поправке и чишћење врше оперативни монтери и руковоаоци специјалног камиона за чишћење канализације.

На постројењу за пречишћавање отпадних вода у функцији је више уређаја, чијим радом директно управљају инжењери водопривредне опреме. Ови радници обезбеђују рад машина и технолошке опреме и обезбеђују њихову пуну функционалност и редован преглед. Одржавање и поправке електричне опреме обављају оперативни електричари. Рад постројења за пречишћавање отпадних вода је континуиран, због чега је неопходан стални надзор над процесима на постројењу за пречишћавање, који обезбеђују диспечери (контролори). Диспечери посматрају излазе из операције на мониторима и користе контролни систем за контролу рада постројења за пречишћавање отпадних вода. Диспечери раде у сменама тако да је обезбеђен 24/7 надзор постројења за пречишћавање.

Кроз лабораторију се прати квалитет отпадних вода и различити резултати процеса пречишћавања отпадних вода. Запослени у лабораторији обрађују узорке и врше хемијске, микробиолошке и хидробиолошке анализе. Узорци се сакупљају и транспортују у лабораторију помоћу узорковача.

Технолог је одговоран за исправно функционисање постројења за пречишћавање отпадних вода и квалитет пречишћене отпадне воде која излази. На основу резултата анализа из лабораторије, вредности са сонди, анализатора и мерача протока на постројењу за пречишћавање, оцењује процес чишћења и прилагођава подешавања појединачних уређаја како би се обезбедио несметан рад и добар квалитет текуће воде.

Контролни систем проверавају и развијају ИТ стручњаци. Интересантан сектор је и стварање такозваних дигиталних близанаца постројења за пречишћавање отпадних вода помоћу специјализованог

софтвера, који налазе примену, на пример, у тестирању различитих неуобичајених ситуација или оптимизацији рада.

У последње време расте интересовање за праћење карбонског отиска и других параметара који се односе на утицај опреме на животну средину, а самим тим и потребу за овим стручњацима из области водопривреде.

Из горе поменутог списка занимања види се да на пречистачу отпадних вода може да се запосли и радник са сертификатом о стручној спремности и високом стручном спремом.

**Основна школа:** Само сумирајте занимања и покушајте да их наведете за цистерне и машине у којима се њихов посао обавља, како би имали што боље представу о датој професији.

**Средња школа:** За старије ученике постоје опције где можете да се школујете за звање технолога воде - универзитети са фокусом на воду (ВШЦХТ, БУТ, ВШБ).

**Инквизитори:** Овде је на вама да понесете разне предмете са којима ове професије раде: кутије за узорке, инструменте, мерни цилиндар за индекс муља, камеру итд.

## 2.7 Цена воде

Цена воде је честа тема у медијима и јавним расправама, али мало ко заиста зна како се обрачунава укупна цена воде и колико труда заправо кошта производња воде за пиће и пречишћавање отпадних вода. Често људи замишљају да се вода за пиће може узимати директно са извора, који је бесплатан, а онда се покрећу расправе о томе да водопривредна предузећа зарађују огроман новац од онога што је у природи бесплатно. Није тако! И зато је важно упознати децу како настаје цена воде, од чега се она састоји и колико су финансијски захтевни процеси производње воде за пиће и пречишћавања отпадних вода.

Укупна цена воде се састоји од две ставке, које се зову вода и канализација. Водна накнада је накнада за производњу воде за пиће и њену доставу до нашег дома (потрошачу). Канализација је накнада за уклањање отпадне воде из њеног извора (нпр. из домаћинства) и њен накнадни третман.

Цена воде је регулисана, односно креирана према правилима које је утврдило Министарство финансија Републике Чешке. Ова правила дефинишу од којих ставки се коначна цена може, а шта не може састојати и какав профит могу да задрже водоводна предузећа. Цена воде се ажурира сваке године. Власник водопривредне инфраструктуре има коначну реч у креирању цене.

### Цена воде = одобрени трошкови + разумна добит + државни намети

- прихватљиви трошкови (примери):
  - прибављање/изнајмљивање, рестаурација и модернизација водопривредне имовине
  - потрошња електричне енергије, хемикалија, контрола квалитета воде (лабораторијски рад) итд.
  - трошкови одржавања и поправке
  - плате запослених који обезбеђују пословање, корисничку подршку (уговарање, фактурисање, рекламације)
- разумну добит
  - које регулише Министарство финансија Чешке
  - мак. 7% уложеног капитала
- државни намети
  - ПДВ
  - накнаде за испуштање отпадних вода
  - накнаде за узимање сирове воде од које се накнадно производи вода за пиће

**ЗШ: Само објасните појмове воде и канализације. И упореди цену једног литра воде из чесме у односу на друге цене, нпр. флаширану воду, кока-колу, слаткише итд. За бољу представу колико је 1м3 воде, добро је рећи да је то исто као и 500 флаша од два литра.**

**СШ: Упоредите цену воде са другим трошковима – на пример, са ценом струје, Нетфлик-а, месечним телефонским рачуном итд.**

**Радознали: Да опишем детаљније од чега се састоји цена воде - појединачних ставки које су ту укључене.**

? Питање: Која је била просечна цена воде у Чешкој 2024?

💡 Одговор: 2024. године просечна цена воде (канализација + вода) била је 125 ЦЗК по м<sup>3</sup>. Просечна цена воде је била 63 ЦЗК по м<sup>3</sup>, а просечна цена канализације је била 59 ЦЗК по м<sup>3</sup>.

За бољу идеју, представљамо и конверзију цене за један литар воде. Просечна укупна цена воде била је 0,125 ЦЗК по литру, од чега је просечна цена воде била 0,063 ЦЗК по литру, а просечна цена канализације 0,059 ЦЗК по литру.

? Питање: Да ли је вода из славине скупа?

💡 Одговор: Најбољи одговор на ово питање је упоредити нечију потрошњу воде са осталим трошковима и ценом воде и канализације на датом подручју. На пример, представљамо поређење са просечном ценом воде у Чешкој из 2024. године.

Просечна потрошња воде из чесме по особи у Чешкој је око 90 литара дневно.

Ценовник:

Период	Број литара отпадних вода (1 особа)	Цена воде за пиће	Цена за пречишћавање воде	Укупна цена
1 дан	90 л	5,67 ЦЗК	ЦЗК 5,31	10,98 ЦЗК
1 месец	2,700 л	170,1 ЦЗК	159,3 ЦЗК	329,4 ЦЗК
1 година	32,850 л	2.069,55 ЦЗК	1.938,15 ЦЗК	4.007,7 ЦЗК

Период	Број литара отпадних вода (4 особе)	Цена за пречишћавање воде
1 дан	360 л	21,24 ЦЗК
1 месец	10,800 л	637,2 ЦЗК
1 година	131.400 л	7.752,6 ЦЗК

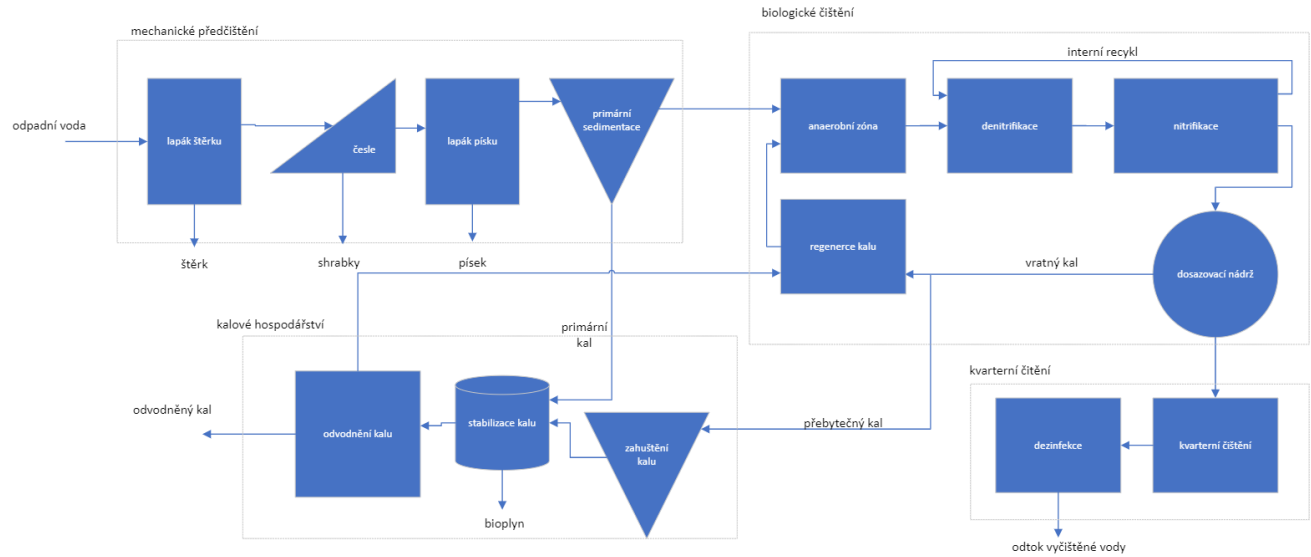
? Питање: Да ли ће цена воде бити нижа ако сви почнемо да штедим воду?

💡 Одговор: Не, смањење потрошње воде доводи до повећања цене по литру, јер је велики део трошкова у индустрији воде фиксни. На пример, није битно да ли кроз постојећи цевовод тече мање или више воде, његово одржавање, поправка и сервис ће и даље бити потребни.

### 3 Опис технологија ППОВ




**Савет за тумачење:** У овом поглављу ћете пронаћи основне информације о технологијама, чињеницама и занимљивостима. Користите ово поглавље као каталог из којег можете изабрати информације о технологијама које имате у свом постројењу за чишћење.



### 3.1 Механичко чишћење

Пре свега, ППОВ треба да уклони нерастворени материјал који би могао да запуши пумпе, наталожи се у резервоарима или уништи другу опрему (абразија).

Шљунчана замка		
	<b>Важност</b>	Хватање великих предмета који су у стању да се таложе на дно (седимент).
	<b>Принцип</b>	Јама у којој се успорава проток отпадних вода и на тај начин седиментира материјал. Ухваћени материјал се затим мора извући са дна и утоварити у контејнер који се одвози из постројења за пречишћавање отпадних вода, обично на депонију.
	<b>Ухваћени материјал</b>	<b>Шљунак, камење.</b>

Длијето		
	<b>Важност</b>	Уклањање већих плутајућих остатака.
	<b>Принцип</b>	Уређај налик сити кроз који се филтрира вода. Материјал који се ухвати у ову мрежу назива се грабуље. Ухваћени материјал се затим уклања из саћа (ручно или аутоматски) и утоварује у контејнер, у којем се обично одвози на депонију.
	<b>Ухваћени материјал</b>	<b>= грабуље</b> гране, крпе, амбалажа, остаци хране, воће и поврће, кондоми, улошци, тампони, влажне марамнице... новчаник, документа мртви пацови, новац, накит, одећа, кључеви, јастуци, коре од банане

**ЗШ:** Овде је умесно скренути пажњу на оно што не спада у канализацију и објаснити зашто. Обично ће нешто од тога испливати и на проблем се може директно указати.

**Радознали:** остаци су обично најхигијенскији материјал који се може наћи у хемијској чистионици. Истовремено, то је материјал који уопште не би требало да улази у канализацију.



Савет за тумачење: Могуће је припремити малу „изложбу“ занимљивих експоната на чешљевима или можда показати фотографије занимљивости снимљених на чешљевима.

## Пешчана замка



### Важност

Одвајање песка (неорганског материјала) од органских суспендованих материја, што је важно у наредном делу технологије постројења за пречишћавање отпадних вода.

### Принцип

Одвајање песка од органских суспендованих материја одвија се на основу њихове различите густине. Замке за песак се разликују по томе да ли се за одвајање користи гравитација или центрифугална сила.

### Ухваћени материјал

= **песак**  
тешке неорганске материје – песак, комадићи стакла, фина шљака

? Питање: Зашто је песколовник аериран када би песак требало да се таложи овде?

💡 Одговор: То је због одвајања органских нечистоћа из песка. Потребно је само да уклонимо песак у песколовки. Органске материје би изазвале труљење трапа и ископаног песка, штавише, потребне су нам као храна за бактерије даље у процесу.

## Таложни резервоари



### Важност

Седиментација нерастворених материја органског порекла и брисање плутајућих нечистоћа са површине.

### Принцип

Таложник ради на принципу гравитације, када теже честице тону на дно и накнадно се усисавају са дна ради даље обраде.

### Ухваћени материјал

= **примарни кал**  
Материјал који се таложи на дну резервоара за таложење назива се примарним муљем. Овај муљ је богат органским материјама и користи се за управљање муљем.

**Занимљиво:** Таложници могу уклонити отприлике 30% долазног загађења, а у исто време, муљ који се овде ухвати доприноси отприлике половину укупној производњи биогаса и електричне енергије.

### 3.2 Биолошко чишћење

#### Резервоар за активирање

	<b>Важност</b>	Биолошко уклањање угљеника, азота и фосфора - заједнички названи хранљиви састојци.
	<b>Принцип</b>	Овде се одвијају безбројни биолошки процеси. Загађење садржано у отпадној води се метаболише бактеријама у специфичним условима, који су прилагођени тако да одабрани сојеви бактерија преживе (и превладају) у резервоарима. Група бактерија и микроорганизама који метаболишу загађење у отпадним водама назива се активни муљ. Како микроорганизми конзумирају загађење, они расту и размножавају се. Из тога произилази да се количина активног муља временом повећава и вишак муља се мора редовно уклањати из активационог резервоара.
	<b>Ухваћени материјал</b>	Овде се директно не хвата никакав материјал, али постоји раст и репродукција бактерија активног муља на којима се могу сорбовати (захватати) различите врсте супстанци. Бактерије даље трансформишу органске супстанце, азот и фосфор у облике који се уклањају из воде.

? **Питање:** Можете ли да пливате у резервоарима за активацију?

💡 **Одговор:** Не можете пливати у резервоарима, мешавина је толико јако газирана да има премалу густину за пливање. Ако би неко то покушао, утопио би се. Због тога је потребно обезбедити резервоаре од пада радника или користити ужад, итд.

? **Питање:** Да ли се услови у резервоарима разликују?

💡 **Одговор:** Услови у појединим резервоарима се значајно разликују.

нитрификација – висока концентрација кисеоника (аеробна зона)

денитрификација – без кисеоника, али са нитратима (аноксична зона)

уклањање фосфора – без приступа кисеоника и без нитрата (анаеробна зона)

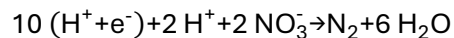
*нека постројења за пречишћавање немају одвојене резервоаре издвојене за различите услове, али се услови током времена мењају у једном резервоару*

**ЗШ:** За ове ученике потребно је осигурати да процес буде што јаснији. Било би корисно имати спремне слике микроорганизама који се налазе у активном муљу, али нема потребе помињати имена. Можете им показати и како изгледа елемент за аерацију (физички, слика, фотографија испуштеног резервоара).

Можемо показати да се муљ састоји од појединачних пахуљица које се могу видети голим оком. Штавише, рећи да ове пахуљице формирају микроорганизми који се хране загађењем.

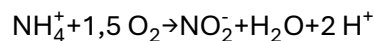
**СШ:** Овде је могуће детаљније говорити о појединачним биолошким процесима уклањања хранљивих материја, имати припремљене реакције нитрификације и денитрификације, директно поменути организме који су одговорни за те процесе. Наведите да се у активном муљу, поред бактерија, налазе и протозое (филиформи, мекушци, криптиди), метазое (ротифери, нематоде, црви) и, у мањој мери, плесни, гљиве и квасци.

Денитрификација:

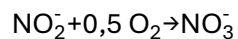


Нитрификација (састоји се од две реакције):

нитритација – оксидација амонијачног азота у нитритни азот



нитрација – оксидација нитритног азота у нитратни азот



**Радознали:** У неким постројењима за пречишћавање, активни муљ се редовно испитује под микроскопом како би се проверило које бактерије и микроорганизми се налазе у муљу и са којом фреквенцијом. Функционисање појединих процеса може се проценити из појединих врста и укупног састава организама.

## Таложник

	<b>Важност</b>	Резервоар служи за одвајање активног муља од пречишћене отпадне воде.
	<b>Принцип</b>	<p>Проток воде у резервоару ће се успорити. Под овим условима активни муљ се може таложити на дно резервоара. Са дна резервоара највећи део активног муља се враћа у активациони резервоар, где муљ поново чисти воду. Пошто је активни муљ живи организам који се размножава, потребно је одржавати само потребну количину у систему и испумпати његов вишак из система. Вишак муља који се не користи назад у активациони резервоар се пумпа у систем за управљање муљем. На постројењима за третман без управљања муљем у резервоар за складиштење. Одатле се одводи у већа постројења за пречишћавање са управљањем муљем.</p> <p>Изнад таложеног муља налази се пречишћена отпадна вода, која се из резервоара прелива у одвод и затим наставља до реципијента (река, поток,...).</p>
	<b>Ухваћени материјал</b>	<p><b>Вишак муља – вишак активног муља који се уклања из система.</b></p> <p><b>Повратни муљ – активни муљ који се враћа у активациони резервоар и поново чисти отпадне воде.</b></p>

**Радознали:** У случају таложника или активационих резервоара, могуће је објаснити учесницима како се одређује квалитет муља са становишта таложења, односно индекса муља. Индекс муља се мери тестом седиментације, када се узорак узме из резервоара и сипа у мерни цилиндар, а затим се након 30 минута мери висина границе између воде и муља. Индекс муља се затим израчунава као висина седимента подељена са временом седиментације. Према израчунатом индексу муља могуће је проценити колико се муљ лако или тешко таложу.



**Савет за тумачење:** Тест седиментације можемо извршити на лицу места. На почетку интерпретације на активационим резервоарима, узмите узорак муља, а на крају интерпретације већ се може видети интерфејс вода-муљ и офсет вода. Ако ћемо да радимо ову демонстрацију, препоручљиво је да се на овај начин сакупи доливна отпадна вода и покаже разлика у изгледу отпадне и пречишћене воде.

### 3.3 Терцијарно чишћење

#### Дезинфекција воде



##### Важност

Очишћене отпадне воде и даље садрже разне бактерије, вирусе и паразите који могу негативно утицати на водене екосистеме. Дезинфекција смањује број микроорганизама и обезбеђује заштиту животне средине.

##### Принцип

Могуће је користити неколико метода, нпр. УВ зрачење или озонирање. УВ зрачење дате таласне дужине продире у уски слој воде. Ово зрачење накнадно убија микроорганизме (само убија, не уклања). Друга метода је примена дезинфекционог средства, на пример водоник пероксида.

#### Филтрација кроз слој активног угља




##### Важност

Уз строжија ограничења за супстанце које нису хранљиве, могуће је применити филтрацију кроз слој активног угља. Активни угљ је у стању да уклони микростагајиваче (супстанце садржане у води у веома ниским концентрацијама).


##### Принцип

Адсорпција органских супстанци, лекова, тешких метала и других нечистоћа из отпадних вода на активни угљ


## Мембранска технологија

	<b>Важност</b>	Примени мембранских технологија приступамо када желимо да на излазу имамо изузетно квалитетну воду. Када се користи мембранска технологија, смањује се број бактерија, концентрација елемената и једињења, у зависности од величине пора мембране.
	<b>Принцип</b>	Очишћена отпадна вода се пумпа кроз мембрану коју чине рупе задате величине (разликујемо: микрофилтрацију, нанофилтрацију и ултрафилтрацију). Кроз мембрану ће тећи вода и материје које су мање величине од датих рупа, док ће супстанце веће од ових пора почети да се акумулирају на мембрани.


## Хемијска преципитација фосфора на одводу

	<b>Важност</b>	Ако је концентрација фосфора у ефлуенту из таложника и даље висока и не задовољава границе, могуће је смањити концентрацију фосфора хемијским таложењем.
	<b>Принцип</b>	Преостали фосфор садржан у пречишћеној води се таложи коришћењем средства за таложење. Постројења за третман примењују различите супстанце, најчешће сулфате или гвожђе хлорид. Со гвожђа реагује са фосфатима да би се формирало нерастворљиво једињење гвожђе фосфата.

### 3.4 Управљање муљем

<b>Згушњавање муља</b>		
	<b>Важност</b>	Смањење садржаја воде у муљу пре даље обраде.
	<b>Принцип</b>	Муљ се згушњава гравитацијом у резервоарима за згушњавање или механички у центрифуги за згушњавање или ситиу за згушњавање.

## Стабилизација муља

	<b>Важност</b>	Производња стабилног и безбедног материјала који се може даље користити, на пример, у пољопривреди.
	<b>Принцип</b>	<p>Стабилизација муља доводи до смањења количине органских материја у муљу и до смањења броја патогених и других живих организама. Стабилизовани муљ се даље не распада и не изазива проблеме са мирисом.</p> <p><u>Врсте стабилизације муља:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>анаеробни</li> <li>аеробни</li> <li>хемијски</li> </ul> <p>Приликом анаеробне стабилизације (труљења) муља, органске супстанце се претварају у биогас, који се даље прерађује за енергију. Користи се у средњим и великим постројењима за пречишћавање.</p> <p><b>Аеробна стабилизација се заснива на аерацији муља. Органске супстанце садржане у њему су оксидоване.</b></p> <p>Током хемијске стабилизације, муљу се додаје живи креч (ЦаО). Живи креч реагује са водом присутном у муљу да би произвео топлоту и хидроксид, који ће повећати pH и тиме инхибирати активност микроорганизама.</p>

## Одводњавање муља



### Важност

Смањење садржаја воде у стабилизованом муљу, како би се могао даље користити и смањују се трошкови његовог транспорта (мања количина воде значи мању запремину муља, што значи мањи број напуњених контејнера).

### Принцип

Одводњавање муља врши се механички или на муљним пољима.

Машинске методе укључују:

- центрифуге
- пресе за сито траке
- калопресе
- вакуум пресе
- вијчана преса

**Центрифуга ради на принципу центрифугалне силе. Ово је тако убрзано таложење честица (седиментација). Током центрифугирања, ротор центрифуге се брзо ротира и муљ се одваја на чврсте честице и воду. Калолиси су тада такво сито које хвата муљ и пропушта воду.**