

**Факултет инжењерских наука
Универзитета у Крагујевцу**



Назив студијског програма: Урбано инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Предмет: Водоснабдевање и канализација

Бројиндекса: 901/2015

Вања С. Поповић

**Прорачун канализационе мреже за стамбени
објект**

дипломски рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. др Вања Шуштершич – ментор

Датум одбране:

2. _____

3. _____

Оцена: _____

У оквиру дипломског рада кандидат треба да да основне напомене о врстама канализационих система. Такође, треба да прикаже основне елементе кућне канализације, а затим да, за конкретни стамбени објекат, прорачуна количину отпадних вода, као и да процени количину атмосферских вода које се сакупљају на кровним површинама и терасама. Након тога треба да испројектује канализациону мрежу и усвоји одговарајуће канализационе елементе за дати стамбени објекат.

Препоручена литература:

- [1] М. Радоњић, Водовод и канализација у зградама, Croatia књига, Загреб, 2003.
- [2] Правилник о начину и условима за мерење количине и испитивање квалитета отпадних вода и садржини извештаја о извршеним мерењима ("Сл. гласник РС", бр. 33/2016)
- [3] Уредба о граничним вредностима емисије загађујућих материја у воде и роковима за њихово достизање, (Сл. Гласник РС, бр. 67/2011 и 48/2012)

Крагујевац, 30.09.2019. године

Ментор:

Др Вања Шуштершич, ред. проф

Резиме: Дипломски рад се састоји из осам поглавља. Прво поглавље се односи уопштено на управљање отпадним водама. У другом поглављу су дате основне напомене о канализацији и канализационим системима. Треће поглавље се односи на кућну канализацију, у оквиру ког су дефинисани елементи кућне и дворишне канализације. Четврто поглавље представља документацију, која је неопходна за израду прорачуна канализационе мреже стамбеног објекта, а односи се на табеле и графиконе чији подаци варирају у зависности од материјала, нагиба или површине сливних површина. Уопштене информације о објекту за који је прорачун рађен се налазе у петом поглављу, а прорачун за канализациону мрежу у шестом. У седмом поглављу је дат 2D приказ канализационе мреже објекта.

Кључне речи: канализација, канализациони системи, кућна канализација, прорачун канализационе мреже

Садржај

1. Увод.....	4
2. Канализација	6
2.1. Мешовити систем одвођења отпадних вода	7
2.2. Разделни систем одвођења отпадних вода.....	8
2.3. Делимично разделни (полуразделни) систем одвођења отпадних вода	9
2.4. Комбиновани систем одвођења отпадних вода	10
2.5. Примена нових начина одвођења отпадних вода	10
2.5.1. Потисна канализација	10
2.5.2. Вакумска канализација.....	11
2.5.3. Одвод атмосферских вода	12
3. Кућна канализација	14
3.1. Систем кућне канализације	14
3.2. Главни делови кућне канализације	16
3.2.1. Хоризонтална спратна мрежа	18
3.2.1. Верикална канализација.....	21
3.2.3. Сабирна хоризонтална канализациона мрежа.....	26
3.2.4. Кућна атмосферска канализација	27
3.2.5. Прикључак на јавну канализацију	28
3.3. Дворишна канализација.....	30
3.4. Дренажна канализација	31
4. Документација потребна за израду прорачуна стамбеног објекта	33
5. Општи подаци о објекту	39
6. Прорачун	40
7. 2D приказ стамбеног објекта са усвојеним канализационим елементима	46
8. Закључак	47
9. Литература	48

1. Увод

Природна или кондиционирана вода, пошто је једном искоришћена за одређену намену, постаје употребљена или отпадна вода. Том приликом у њен састав улази мања или већа количина различитих примеса – загађивача, односно њене физичке, хемијске и биолошке карактеристике се у току употребе толико мењају да она постаје неподобна за ону употребу при којој је и настала. Самим тим, она се може поделити по месту настанка.

Врсте отпадних вода су:

- домаће отпадне воде,
- индустријске отпадне воде,
- атмосферске воде,
- инфилтрационе воде,
- отпадне воде из пољопривреде,
- депонијске отпадне воде.

Домаће отпадне воде представљају водоводску воду или природну воду приближног квалитета која је употребљена за кување, прање или санитарне потребе у домаћинству. Поред минералних и органских материја које су већ биле присутне у води чијом је употребом ова отпадна вода и настала, она још садржи и значајне количине хуманих екскременти, папира, сапуна и других средстава за прање, отпадака од хране, минералних отпадака и великог броја других отпадних материјала. За домаће отпадне воде из читавог једног насеља или града, са малим или никаквим уделом индустријских отпадних вода, и које садрже и значајан удео отпадних вода из различитих установа и јавних институција, често се користи назив санитарне отпадне воде. Уколико је за то насеље или град карактеристична и развијена индустријска производња и уколико се и индустријске отпадне воде (уз одређени степен обраде) испуштају у градску канализациону мрежу и мешају са домаћим, односно санитарним отпадним водама, онда се тако настала смеша назива комунална или градска отпадна вода. Отпадне воде у чијем саставу доминирају хумани или животињски екскременти, а које углавном потичу из нужника, писоара, штала и слично, називају се фекалне отпадне воде.

Индустријске отпадне воде обухватају све оне отпадне воде које не воде непосредно и искључиво порекло из домаћинства. Индустријске отпадне воде настају у фабрикама и индустријским погонима након употребе воде у процесу производње. Основна карактеристика ове групе отпадних вода је веома велика разноврсност састава.

Атмосфере (кишне) воде се појављују повремено за време падавина или при топљењу снега и најчешће нису значајније загађене. Једини загађивачи ове врсте вода су инертне, минералне материје (прашина, песак, и слично), а у одређеним периодима године и суво лишће, те се оне најчешће могу без икакве претходне обраде испустити директно у пријемне водотоке.

Инфилтрационе (подземне) воде су, у суштини, воде за које се користе најједноставнија технолошка решења.

Отпадне воде из пољопривреде садрже пестициде и ђубрива који завршавају растворени у токовима река и подземним водама. Проблеми у заштити животне средине се јављају услед неодговарајућег коришћења хемијских средстава у пољопривредној производњи, који се нестручно користе од стране пољопривредника и тиме веће количине загађујућих материја доспевају у тло, површинске и подземне воде. Велико загађење водних токова нутријентима потиче са сточних фарми, као и из кланичне индустрије. Сточарске фарме веома често одлажу стајњак у природне депресије, земљане базене, лагуне. Ова одлагалишта немају заштитни слој, па штетне материје лако продиру у подземне воде.

Депонијске процедурне воде су процедурне воде са депонија које се не сакупљају, нити пречишћавају, и оне загађују подземне и површинске воде [1].

2. Канализација

Канализацију чине грађевински и технолошки објекти, који служе за прихватање отпадних вода и њихово одвођење ван насељеног подручја, до места где се отпадне воде излажу поступцима пречишћавања и испуштају у природни водни систем, односно околину.

Канализацијски системи урбаних средина се састоје од:

1. **Кућне канализације**- која обухвата санитарне предмете, цевну мрежу унутар објекта и канализацијски прикључак.
2. **Градске канализације**: која садржи мрежу помоћних и главних канала у насељу, уређај за чишћење отпадних вода и испуст у природни водни систем, односно околину.

Градска (јавна) канализација представља мрежу канала са пратећим објектима за прикупљање отпадне воде из појединих улица или делова насеља, која тако прикупљене воде главним каналом одводи до уређаја за пречишћавање отпадних вода.

Уређај за чишћење отпадних вода, који може бити градски или локални, је објекат у којем се отпадна вода излаже поступцима пречишћавања до одређеног нивоа, након чега се може испустити у природни водни систем, без штетних последица за њу, а тиме и за животну средину.

Развојем заната и занатске прозводње, отпадне воде унутрашње канализације треба све чешће излагати поступку делимичног пречишћавања, односно поступку претходног чишћења отпадних вода у уређајима за предпречишћавање.

Поступком предпречишћавања у отпадним водама се смањују концентрације загађења до нивоа који је одређен за јавну канализацију, чиме се омогућава заштита објеката јавне канализације и квалитетан рад централног уређаја за чишћење отпадних вода.

Под испустом се подразумева место, где се прочишћене отпадне воде испуштају у околину.

Канализацијом се решава проблем одвода свих врста отпадних вода из објеката, са саобраћајница и из индустријских погона до уређаја за прочишћавање воде. На уређају се отпадна вода прочишћава до степена који неће довести до промене (погоршања) квалитета воде пријемника и на одређеном месту се испушта у природну водну средину као што су реке, природно или вештачко језеро, море, канали и др.

У складу са тим, треба настојати да се са што већег сливног подручја отпадна вода одводи гравитацијским путем како би изградња и одржавање сносило што мање трошкове. У равничарским подручјима најчешће се примењује потисна канализација, зато што се не може увек избећи делимично дизање воде, јер би иначе дубине канала постале превелике и економски неприхватљиве.

Према начину прикупљања отпадне воде из насеља постоје два основна система одвода:

1. Мешовити систем одвођења отпадних вода- у којем се све врсте отпадне воде заједно одводе истим каналима.
2. Разделни систем одвођења отпадних вода- у којем се атмосферске воде одводе одвојено од кућних и индустријских.

У оквиру основних система за одвод воде развијени су системи који представљају њихову комбинацију:

1. Полуразделни или делимично разделни систем и
2. Комбиновани систем [3].

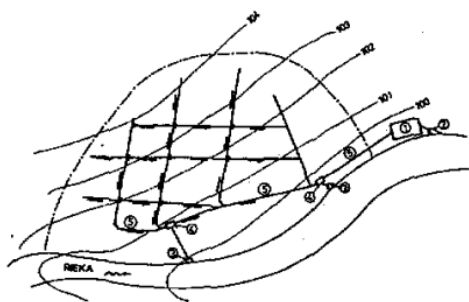
2.1. Мешовити систем одвођења отпадних вода

Овим системом се све врсте отпадних вода које су формиране на подручју канализацијског слива, истим каналима одводе у заједнички уређај за пречишћавање и потом испуштају у пријемник. При полагању мреже треба водити рачуна о топографским могућностима и могућностима гравитацијског тока воде у каналима. Такође је потребно утврдити врсте и састав воде обзиром на штетне утицаје на канализацијску мрежу, и уколико је потребно, увести претходно пречишћавање за индустријске отпадне воде.

На слици 1. приказани су мешовити системи градске канализације и његови главни елементи. Канали се у мешовитом систему најчешће постављају у оси саобраћајница, при чему је најчешћи изглед попречног пресека овог система приказан на слици 3.

У мешовитом систему одвођења отпадних вода, највеће хидраулично оптерећење у каналу ствара атмосферска вода. Самим тим се канали хидраулички димензионишу према релевантној падавини. У сушној сезони проток воде у овим каналима је доста смањен, што доводи до таложења.

Ради смањења димензија канала и уређаја за пречишћавање на главном сабирном каналу мешовитог канализацијског система често се примењују преливне грађевине (кишни преливи), којима се у време јаких киша растеређује каналски систем директним испуштањем разређених вода у пријемник [3].

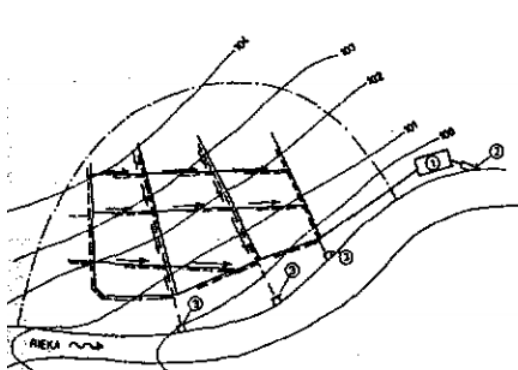


1. Уређај за пречишћавање отпадне воде
2. Испуст пречишћене воде
3. Испуст растеретне воде
4. Преливне грађевине (кишни преливи)
5. Главни сабирни канал

Слика 1. Мешовити систем одвођења отпадних вода [2]

2.2. Разделни систем одвођења отпадних вода

У овом систему најчешће постоје две или више засебних канализационих мрежа, при чему се једна мрежа користи за кућну и индустријску канализацију, а друга за одвод атмосферских вода. Канали за атмосферске отпадне воде се најкраћим путем воде до пријемника, јер се до недавно сматрало да атмосферска отпадна вода са собом носи благо загађење. Сада је познато да падавине доносе велика загађења, па се јавља потреба за санацијом стања квалитета воде појединих пријемника. На слици 2. је приказан разделни систем градске канализације са главним елементима.



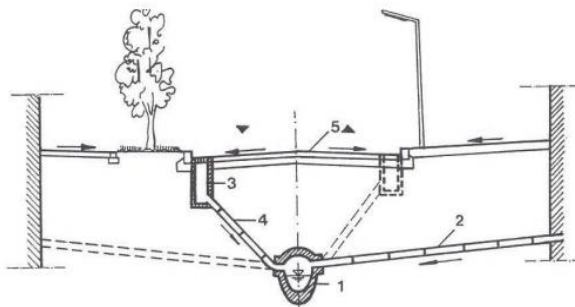
1. Уређај за пречишћавање отпадне воде
 2. Испуст пречишћене воде
 3. Испуст атмосферске воде
- Канали за отпадне воде
--- Канали за атмосферске воде

Слика 2. Разделни систем одвођења отпадних вода [2]

У разделном систему одвођења отпадних вода се део атмосферских вода испушта у пријемник. Због квалитета отпадне воде се захтева одговарајући предtretман пре испуста.

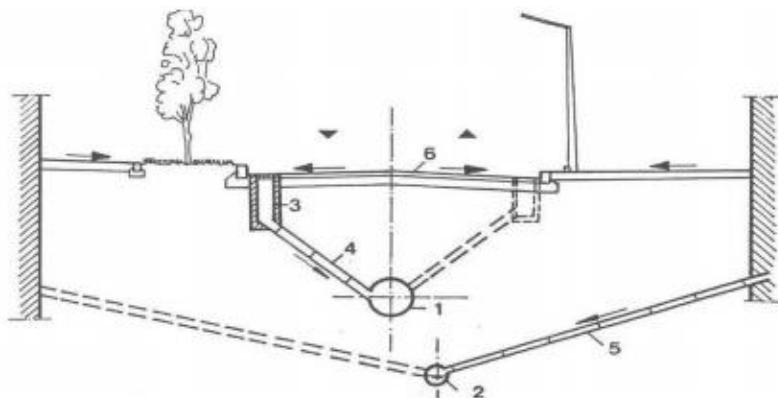
Карактеристичан попречни пресек саобраћајнице са разделним канализацијским системом је приказан на слици 4.

Разделни систем отпадних вода може бити потпуно раздељен и непотпуно раздељен. Потпуно раздељен је онај код кога се помоћу две или више канализацијских мрежа врши одвод свих врста отпадних вода које су формиране на подручју канализацијског слива. Систем који је непотпуно раздељен је онај у коме се отпадне воде прикупљају са системом канала, а атмосферске воде се одводе помоћу јарака, ригола и отворених канала. Најчешће представља прву фазу градње канализационог система, који на крају постаје разделни систем [3].



Слика 3. Положај канализације и каналских прикључака у попречном пресеку улице са мешовитим системом одвођења отпадних вода [3]

1-колектор; 2-прикључак кућних и индустријских отпадних вода; 3-сливник; 4-прикључак; 5-коловоз



Слика 3. Положај канализације и каналских прикључака у попречном пресеку улице са потпуно раздјељеним системом одвођења отпадних вода [3]

1-колектор атмосферске воде; 2-колектор кућних и индустријских отпадних вода; 3-сливник; 4-прикључак атмосферске воде; 5-прикључак кућних и индустријских отпадних вода; 6-коловоз

2.3. Делимично разделни (полуразделни) систем одвођења отпадних вода

Као и разделни и делимично разделни системи се састоје од одвојених самосталних канализацијских мрежа за отпадну и атмосферску воду, али су на канализацији за атмосферске отпадне воде уграђени специјални елементи, који прве дотоке атмосферске воде (оне која има највећи степен загађења) одводе у каналску мрежу за отпадне воде, а након тога на уређај, док остале атмосферске воде одводе директно према пријемнику (слика 5.).



Слика 5. Елементи полуразделног система за одвођење отпадних вода [2]

Полуразделни систем представља разделни систем у смислу заштите квалитета воде пријемника, са тим што воду од прања саобраћајница и прве дотоке атмосферске воде која је најзагађенија, укључује заједно са отпадном водом и преусмерава на градски уређај за прњчишћавање. Овај систем има предности и у погледу одржавања канализацијских елемената, јер се приликом упуштања атмосферске воде у канале за отпадну воду формирају веће количине воде са већом брзином тока што омогућава чишћење, односно испирање канала.

У овом систему је потребно истовремено изградити обе канализацијске мреже, и то на начин да је канализација кућних отпадних вода уграђена ниже од атмосферске канализације како би се омогућило прикључивање подрумских просторија [2].

2.4. Комбиновани систем одвођења отпадних вода

Комбиновани систем одвођења отпадних вода најчешће настаје као последица ширења насеља, која су већ имала изграђену канализацију мешовитог типа. У том случају се у старом делу града задржава канализација мешовитог типа, а у новом делу се изграђује разделни систем, па се кућне отпадне воде из новог разделног система прикључују на постојећи мешовити. За атмосферске канале изграђују се посебни канали са испустом у пријемник. У великим градовима се може формирати неколико таквих подручја са комбинованим канализацијским системом. [3]

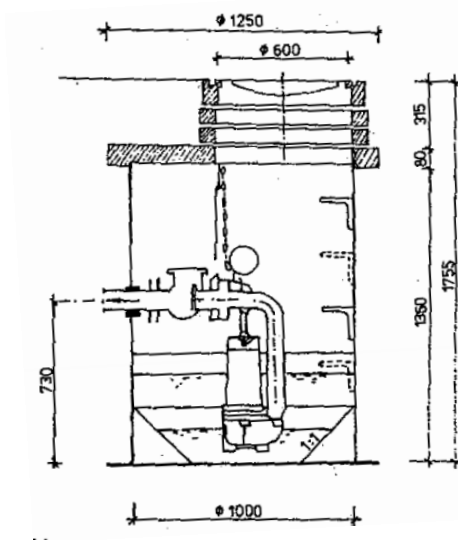
2.5. Примена нових начина одвођења отпадних вода

2.5.1. Потисна канализација

За мања насеља или делове насеља са мањим количинама отпадних вода често се због повољнијих инвестиционих и економских трошкова, предлаже изградња потисне канализације. Такав систем се препоручује:

1. У равничарским подручјима, где је због немогућности постизања одређених брзина, односно нагиба цеви, потребно уграђивати препумпне станице,
2. На подручјима са високом подземном водом,
3. На подручјима са нестабилним тлом, као што су клизишта,
4. На водозащитним подручјима.

Потисни канализациони системи се састоје од кућног сабирног окна са пумпом (слика 6.), кућног потисног прикључка, заједничког потисног вода, и одређених препумпних станица. Систем кућне канализације је један као у разделном систему, а отпадна вода се из појединих објеката гравитацијски доводи до кућног сабирног окна.



Слика 6. Кућно сабирно окно са пумпом [3]

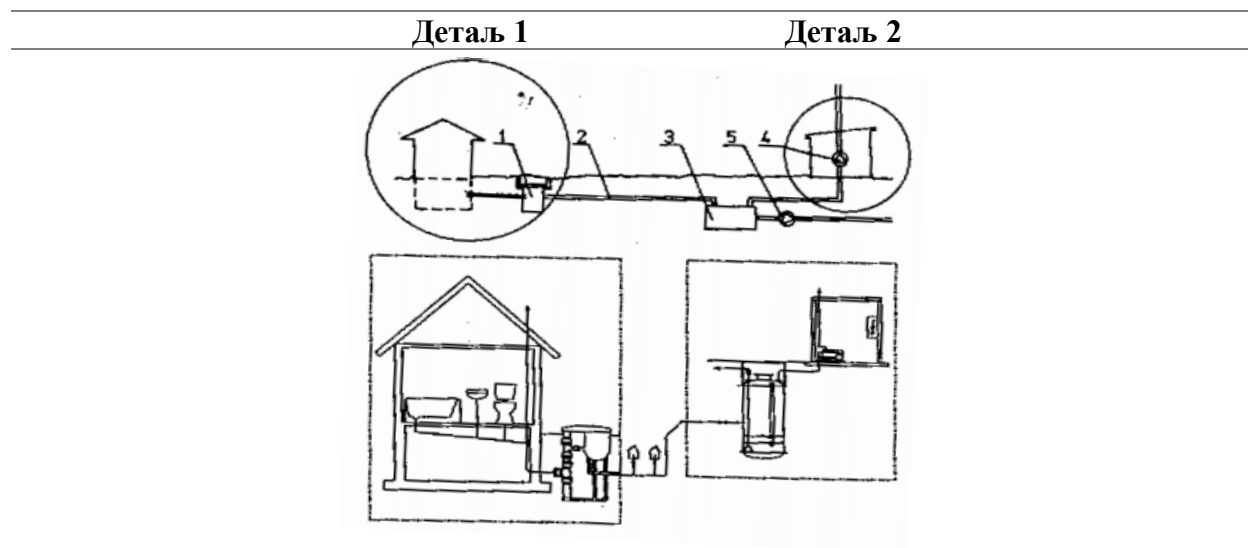
Данас се најчешће користе цеви од пластичног материјала, са мањим попречним пресеком ($\varnothing 80$ до 100 mm), које је као и код водоводних инсталација могуће полагати плитко.

Недостаци потисне канализације су већа потрошња енергије, потреба за пумпом и изградњом објекта. Овакав систем мора омогућити сигурну и једноставну употребу. Намењен је искључиво за одвод кућних отпадних вода, а атмосферске се воде одвојено, гравитацијским путем. [2]

2.5.2. Вакуумска канализација

Системи вакуумске канализације развијени су из истих разлога као и код потисне канализације. Самим тим и код овог система одвод отпадних вода из објекта се врши гравитацијски до сабирног окна. Затим се примењује систем подпритиска, тј. знатно мањег притиска од атмосферског, који се постиже механички, односно вакуумским пумпама. Принцип деловања (слика 7.) огледа се у томе да се при одређеном нивоу воде у сабирном окну (1) вакуумски затварач отвара у унапред утврђеним интервалима, а отпадне воде се,

помешане са ваздухом, увлаче у главни вакуумски цевовод (2), при чему се затварач поново затвара. Отпадне воде се одводе до централног резервоара (3) из којег се препумпавају у гравитацијски систем градске мреже.



Слика 7. Принцип рада вакуумске канализације [2]

Вакуумски систем који је приказан на слици састоји се од:

1. Сабирног окна са регулацијским вакуумским затварачем, у којем се прикупља отпадна вода из објекта,
2. Вакуумског цевовода,
3. Заједничког резервоара отпадне воде,
4. Вентила за осигуравање подпритиска у црпној станици,
5. Пумпе за муљ.

Пречници цеви за вакуумску канализацију се одређују тако да у њима не буде таложења, а то омогућава осигуравање минималне брзине од 1 m/s. Подпритисак у вакуумској станици износи од 0.6 до 0.8 бара, а одређује се према дебљини система и величини подручја његове примене. [2]

2.5.3. Одвод атмосферских вода

До скоријег периода се сматрало да атмосферске воде треба што брже прикупити и одвести изван урбаних подручја, а данас се, због хидролошких разлога, ради прихрањивања подземља и поновног искоришћења воде, покушава се да се задрже у сливу. Обзиром да квалитет атмосферских вода (падавина) није увек беспрекоран, примењује се додатна филтрација која се осигурава уз помоћ биљног корова и слојева подлоге.

Кишне воде се такође, пре загађења, прикупљају у одређеним ретенцијама и преко подземних дренажа упуштају у подземље. Овај начин прихрањивања подземља, осим предности има и недостатака као што су загађење подземних вода из површинских слојева,

што смањује учинак и филтрацију при наредним падавинама. Кишница која се у мањим количинама сакупи на местима одакле се не може гравитацијом одвести у канализацију или где није изграђена атмосферска канализација, може се упустити у терен преко упијајућег бунара. Ако је кишница чиста, ово је веома повољно решење за заштиту квалитета и уштеду воде.

Величина упијајућег бунара зависи од величине сливне површине, количине падавина, пропусности земљишта (врсте тла) као и нивоа подземне воде. Једно од основних правила је да између нивоа подземне воде и дна упијајуће бушотине треба оставити најмање 1 m размака [2].

3. Кућна канализација

Кућна канализација представља канализацију унутар објекта или комплекса објеката. Канализацијски систем зграда је почетак канализације у насељу. Без обзира на могућност прикључка на систем градске канализације или локално испуштање отпадне воде, кућне канализације се до прикључка, односно сабирног вода, пројектују и изводе једнако и то увек као разделни систем.

Унутар објекта, канализација мора осигурати хигијенско-санитарни одвод свих врста отпадних вода из њега и његових припадајућих делова, при чему треба пазити да се ни приликом извођења, а ни за време евентуалних будућих интервенција на каналској мрежи не поремети статичка стабилност објекта.

Отпадне воде се из објекта одводе уз нормални атмосферски притисак, а отичу слободним падом са вишег на ниже место.

Због гравитацијског начина одвода отпадне воде из објекта, димензије канализационих цеви морају бити веће од димензија цеви за друге инсталације, као и због потребе за вентилацијом каналске мреже. По начину извођења и њеној функцији у објекту, канализација спада у најсложеније инсталације на подручју кућних инсталација.

Кућна канализација мора да задовољи следеће услове:

- Сигурно и беспрекорно функционисање,
- Употребу материјала који ће осигурати дуг век трајања,
- Првокласно извођење спојева од постојаног материјала ради осигуравања водонепропусности,
- Потребну вентилацију целог система одвода,
- Потребно димензионисање цеви,
- Осигурано чишћење и одржавање канализације,
- Заштиту од наглих промена температуре,
- Треба пазити да цеви не дођу под утицај слегања зграде,
- Мора се спречити поврат успорене воде из јавне канализације,
- Треба осигурати сталну контролу и одржавање канализацијског система у исправном стању [2].

3.1. Систем кућне канализације

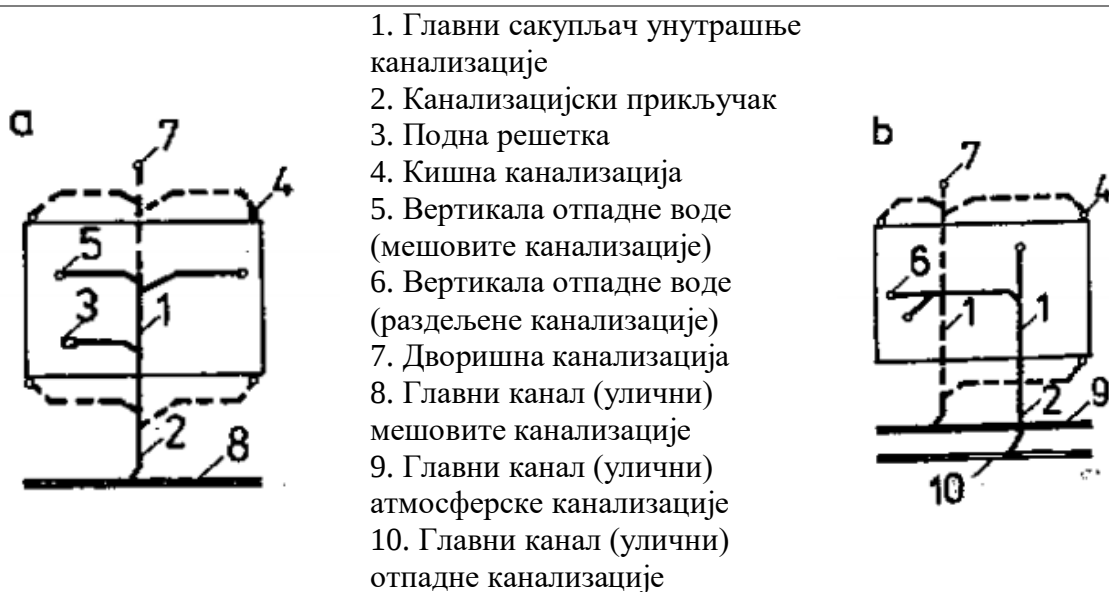
У кућној канализацији се посебним системом прикупљају отпадне, а посебним атмосферске, а на градски систем се прикључују у зависности од његове врсте.

Ако је градски систем мешовитог типа (у којем се истим цевима одводе све врсте отпадних вода: кућне, атмосферске, индустријске), кућна канализација ће све отпадне воде

прикупљати у главној сабирној цеви, а на градску канализацију ће бити прикључена преко контролног окна (слика 8а).

Ако је градска канализација разделног система (у којем се одвод отпадних вода врши одвојено од атмосферских вода), о томе треба водити рачуна већ приликом пројектовања кућне канализације, тако да ће кућна канализација имати по два контролна окна и прикључка, тј. посебни за кућне отпадне, односно атмосферске воде (слика 8б.).

Важно је напоменути да се често гради и такозвана непотпуна канализација. Непотпуна канализација настаје кад се кућна отпадна вода одводи системом канала у градску канализацију или на локално пречишћавање (септичка јама, биолошки уређаји), а одатле у пријемник, а атмосферске воде (кишница) слободно изливају на земљиште око зграда (које мора бити прикладно припремљено за упијање или одвођење кишнице) или се упушта у такозване упијајуће бунаре, односно у подземље.



а.) Мешовити канализацијски систем

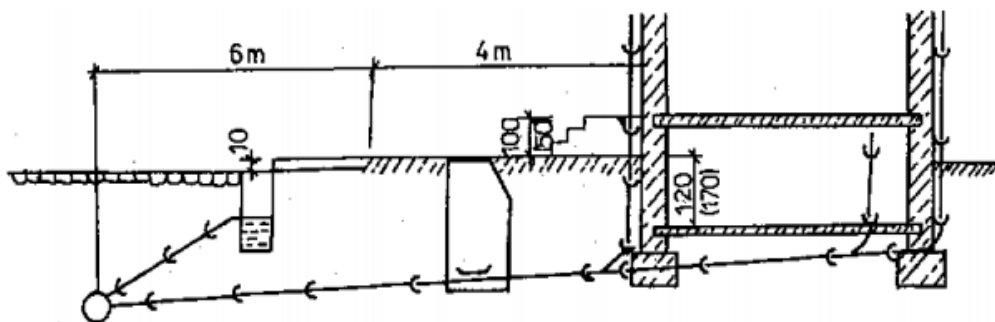
б.) Раздељени канализацијски систем

Слика 8. Мешовити и разделни канализацијски системи унутар објекта [2]

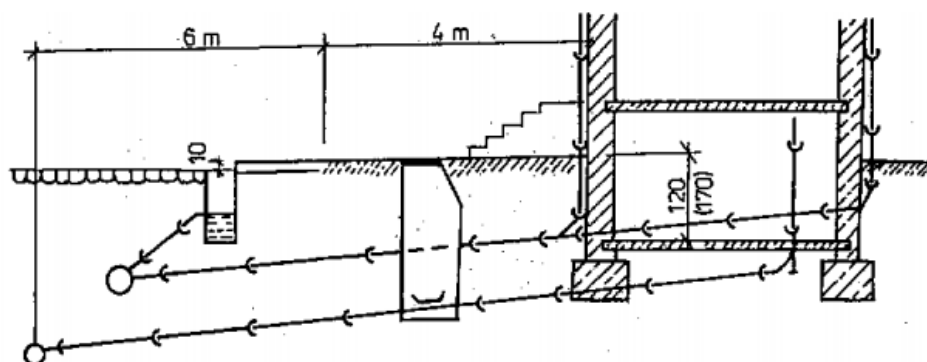
Кућна канализација представља повезани систем цеви који функционише у неколико фаза:

1. Прима отпадне воде из санитарних и уређајних предмета у згради, од највиших до најнижих;
2. Тако прикупљену отпадну воду системом хоризонталних цеви и вертикала доводи до заједничког сабирног канала (темељног вода);
3. Преко контролног окна (последњег на кућној канализацијској мрежи) отпадне воде се из зграде изливају у градску канализацију или у локални уређај за пречишћавање (на место где је могући прикључак на градску канализацију).

На сликама 9. и 10. су приказани прикључци на градски мешовити и разделни систем за одвођење отпадних вода [2].



Слика 9. Прикључак на градски мешовити систем за одвођење отпадних вода [2]



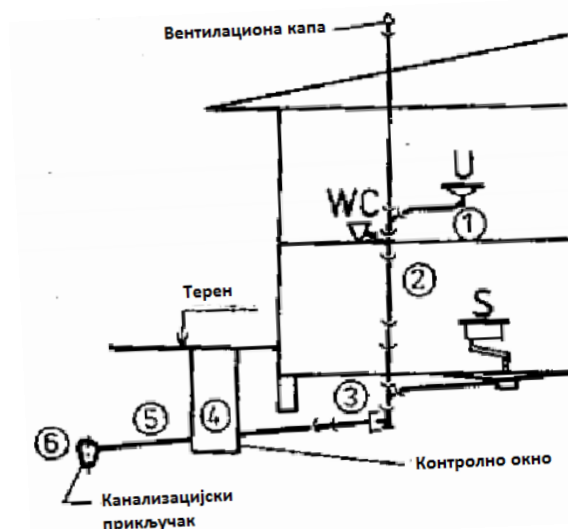
Слика 10. Прикључак на градски раздвојени систем за одвођење отпадних вода [2]

Услови прикључивања кућне канализације на градски канализацијски систем одређени су правилницима предузећа која се баве водоснабдевањем и канализацијом града у којем се прикључивање врши.

3.2. Главни делови кућне канализације

Кућна канализација (слика 11.) се састоји од:

1. Пријемника отпадне воде (санитарни или уређајни предмети са сифоном).
2. Хоризонталне подне мреже која осигурава одвод отпадне воде од пријемника до вертикалне канализације са вентилацијским делом;
3. Главног сабирног канала у најнижој етажи (подрум, приземље) или у тлу испод објекта (темељна канализација);
4. Сливника и вертикала атмосферске канализације; неке зграде у систему кућне канализације имају и припадајућу дворишну мрежу која се састоји од ригола или сливника за прикупљање атмосферске воде или прикупљање отпадних вода из других објеката истог власника, на истој локацији, самим тим, припадајућу спољну цевну мрежу и контролна окна;
5. Прикључка зграде на градску канализацију, тј. дела од последњег контролног окна до канала градске мреже.



Слика 11. Главни делови кућне канализације [2]

Осим споменутих делова, кућна канализација у одређеним условима може садржати и друге елементе:

1. Објекте и уређаје за делимично или потпуно пречишћавање отпадних вода пре њиховог прикључка на јавну канализацију (предtretман отпадних вода);
2. Објекте и уређаје за дизање отпадних вода на виши степен- кућне црпне станице ако се у градској канализацији појављује успорена вода или је градска канализација плића од кућне канализације;
3. Објекте за прикупљање и обраду отпадних вода: сабирне јаме, септичке јаме, мале уређаје;
4. Објекте и уређаје за снижавање нивоа и одвод подземних вода (дренажна канализација)

Ефикасност и економичност кућне канализације зависи од броја санитарних и уређајних предмета, као и од избора инсталацијског материјала.

Број санитарних предмета одређује пројектант објекта- архитекта, према намени објекта и броју корисника. Број ових предмета одређује потрошњу воде у згради, односно оптималну количину отпадне воде.

При решавању система кућне канализације додатни проблем представља евентуално продирање у гасне просторије, настале распадањем органских материја у каналској мрежи, односно њихово уклањање. Самим тим је веома важан вентилацијски систем. Ако се кућна канализација улива у градску мрежу, најчешће је реч о сумпорводонику (H_2S) и угљендиоксиду CO_2 , а ако је повезана са септичком јамом, може се јавити и метан CH_4 . Да би се то спречило, у сваки санитарни предмет се уграђују сифони или водени чепови, односно хидраулички затварачи. Сваки део кућне канализације има своје особине и називе, према улози, месту и положају.

Отпадна вода из санитарних предмета, пролази кроз сифон и прикупља се у хоризонталној спратној мрежи, одакле отиче у вертикале, прикључене на главни сабирни хоризонтални вод (темељна канализација), и то преко контролног окна, помоћу којег се излива у градску мрежу.

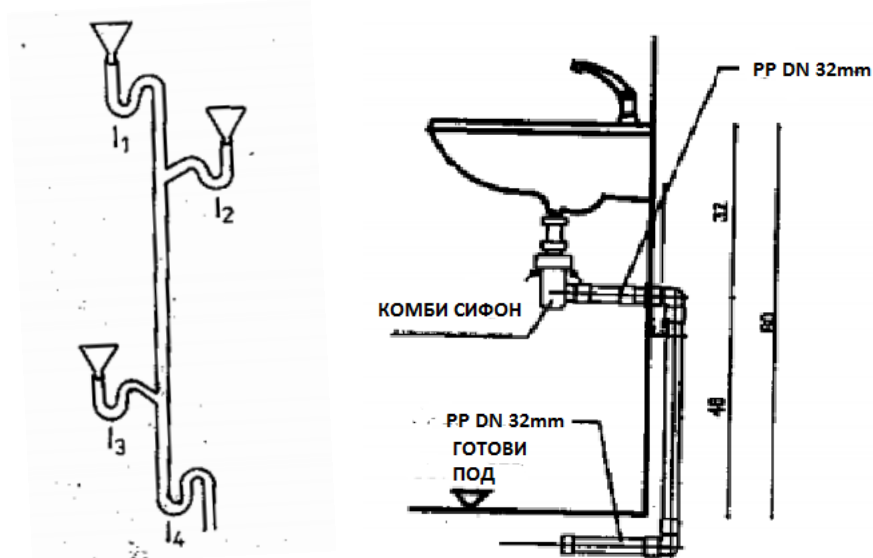
Систем кућне канализације је само делимично испуњен отпадном водом, док преостали део заузимају ваздух и гасови. Протицање кроз цеви је променљиво, у складу са количином воде и временом. У неким случајевима је у цевима само ваздух, а некад су оне испуњене отпадном водом. Ове промене изазивају различите притиске у цевној мрежи и сметње у функционисању [2].

3.2.1. Хоризонтална спратна мрежа

Хоризонтална спратна мрежа се састоји се од огранака, а служи за одвођење отпадних вода из пријемних посуда (санитарних и уређајних предмета) до најближе вертикале или темељног вода.

У гранама и сифонима могу настати зачепљења и шумови при протицању, а могуће је и исисавање воденог чепа сифона. Правилно отицање отпадних вода, без могућих сметњи, зависи од врсте цеви, њене дубине и облика гране. Ако није правилно изведена хоризонтална спратна мрежа, тј. њене гране и огранци, може доћи до појаве исисавања воденог чепа, тј. сифона.

- Самоисисавање воденог чепа - сифона настаје у случају протицања воде кроз одводну цев ако је она пуна воде, при чему није омогућен довод ваздуха. Тада се у цевима формира водени клип који при кретању иза себе изазива подпритисак. У случају да је тај снижени притисак већи од висине воденог чепа, долази до исисавања воде из сифона (самоисисавање). Оваквим случајевима су најчешће изложене левкасте санитарне посуде, као што су умиваоници.
- Индуцирано (страно) исисавање воденог чепа сифона настаје под утицајем појаве воденог клипа при пражњењу других санитарних предмета. То се догађа ако су разни санитарни предмети спојени на исту деоницу огранка, а није осигурано задовољавајуће повезивање са атмосфером (слика 12.)



а.) Одводна цев без вентилација

б.) Примена комби сифона

Слика 12. Спој више санитарних предмета на исту вертикалу [2]

На слици 12,а.) је приказан случај страног исисавања воденог чепа сифона. На одводну цев без вентилације су прикључена три изливна места са одговарајућим сифонима. Када се у излив I_2 нагло испусти одређена количина воде, она ће при сливању у вертикалну цев испред себе изгурати ваздух између I_2 и I_3 , а то ће истиснути и воду из сифона I_3 . Обратно ће се догодити у делу цеви изнад тачке исисавања сифона излива I_1 у којем ће као последица тока воде појавити вакуум.

Промена притиска у систему кућне канализације може да се догоди и због наизменичног пуштања топле, односно хладне воде, што има за последицу скупљање и ширење ваздуха у цевној мрежи и такође може изазвати поремећаје у сифонима. То су последице термичких утицаја.

Појава се може избећи применом комби сифона (сифон у комбинацији са одушним вентилом), који спречава исисавање воденог чепа сифона, продирање неугодних гасова, елиминише шумове у одводном систему и не захтева додатну вентилацију (слика 12,б.).

Најбоље	Водени клип	Већа брзина	Водени клип

Слика 13. Могућност извођења гране [2]

G – грана, OG – огранак, V – вертикала

Гране могу бити положене косо, хоризонтално или вертикално ломљене или сложене. На слици 13. су приказане неке могућности извођења грана. При томе је најбоље положена грана у решењу 1, јер спречава самоисисавање сифона (настаје успоравање тока воде због губитака на прикључку). У случају 2. вертикално скренути огранак при протицању омогућава формирање воденог клипа у вертикалној деоници, а сам водени клип изазива исисавање воденог чепа сифона. Да би се то спречило, треба повећати пречник гране и огранка, или, ако је санитарни предмет више од 5 m удаљен од вертикале, изводи се посебна вентилација.

При извођењу косе гране, случај 3., такође се због повећане брзине воде и могућности настајања воденог клипа повећава могућност исисавања воденог чепа сифона. Прикључењем два санитарна предмета на верикални огранак, случај 4., изазива се индуцирано исисавање воденог чепа сифона. У том случају треба повећати пречник вертикалног дела огранка или такође поставити посебан одушни вод.

На самоисисавање утиче и облик улива гране у вертикалу, који може бити изведен луком од 45° или рачвом од 45°, што због веће брзине при уливу повећава самоисисавање сифона, а истовремено смањује притисак у вертикали и индуцирано исисавање. Улив преко рачве од 70° до 87° смањује исисавање чепа сифона и омогућава бољу вентилацију гране и вертикале. Најприкладнији нагиб гране или њеног дела је 2% или 1:50. Што је нагиб већи, грана мора бити краћа.

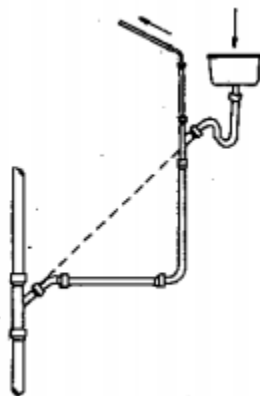
Дубина гране је ограничена због избегавања појаве самоисисавања сифона. Она зависи од њеног пречника и нагиба. Дубина гране, односно удаљеност изливног места од вертикале, ограничава се да не би дошло до појаве самоисисавања (табела 1.)

Табела 1. Највеће удаљености између сабирног предмета и вертикале (од осе излива до осе вертикале) [2]

Ø [mm] гране	Удаљеност [cm]
32	90
40	120
50	170
75	210
100	330

Многе државе у своје прописе уносе ова ограничења. У табели 1. су наведене највеће удаљености између оса излива санитарног предмета и оса вертикала према америчким прописима. Немачки прописи допуштају највеће удаљености од 5 m, што важи и код нас као препорука комуналних предузећа. Швајцарским прописом је удаљеност дефинисана на 4 m.

Исисавање воденог чепа сифона може се појавити и при пролазу воде кроз вертикалу ако је огранак испуњен ваздухом, а није одушним водом повезан са атмосфером (слика 14.) [2].



Слика 14. Исисавање сифона огранка при протоку воде вертикалом [2]

3.2.1. Верикална канализација

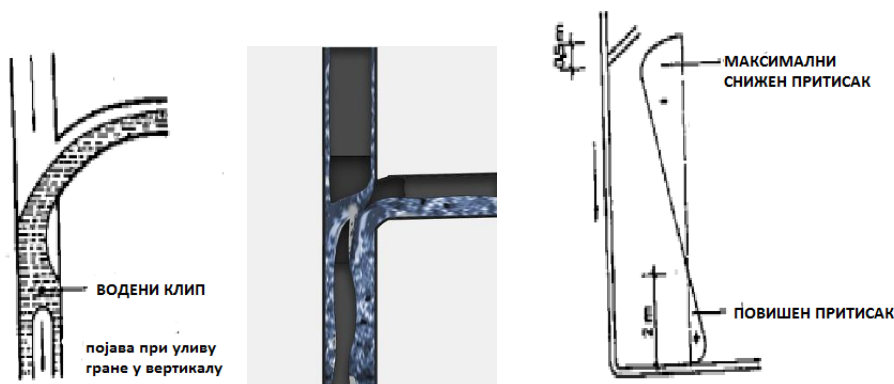
Вертикалану канализацију чине канали у које се, преко хоризонталне спратне мреже улива вода из санитарних уређајних предмета и одводи у главне сабирне канале (темељну канализацију). Вертикале се продужују у одушне (вентилацијске) вертикале, које продиру кроз кровну конструкцију и завршавају вентилацијским главама (примарна вентилација).

Према врсти отпадних вода разликујемо:

1. Кишне вертикале (само за кишницу) и
2. Санитарне вертикале.

За правилно функционисање овог дела кућне канализације потребно је утврдити неке чињенице о протоку отпадне воде кроз вертикалу.

Приликом испитивања тока воде кроз вертикале установљено је да при уливу гране у вертикалну цев, у зависности од количине воде, облика излива и пречника вертикале, вода више или мање испуни пресек цеви (слика 15.). При томе се обликује водени клип, који пред собом згушњава и потискује ваздух, што повећава притисак, а иза воденог клипа се ваздух разређује, а притисак смањује.



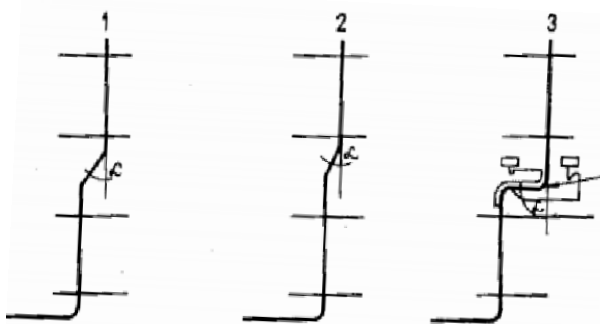
Слика 15. Распоред притисака у вертикалној канализацији са бочним уливом [2]

Мерењем притисака, који вода изазива при протицању кроз вертикале, утврђено је да одмах иза улива, на приближно 0,5 m, настаје највеће смањење притисака, који се према доле повећава, а на висини од око 2 m од дна вертикале прелази преко нормалног атмосферског притиска у повећани притисак. На месту прелаза вертикале у хоризонтални вод долази до појаве успорене воде и повећаног притиска (слика 15.).

Снижени притисак може изазвати индуцирано исисавање воденог чепа сифона у санитарним предметима на подручју сниженог притиска. Да би се спречило исисавање сифона, поставља се санитарна одушна вертикала.

Повишени притисак изазива прскање и истицање воде из сифона и излажење пене од детерџената кроз сифоне. Због тога у зони повишеног притиска се не смеју прикључивати санитарни предмети, који морају бити прикључени изван овог подручја.

Будући да се нагиби верикала не могу увек избећи, препоручује се да угао нагиба буде највише $\alpha = 45^\circ$, а још боље $\alpha = 30^\circ$, јер тада нема значајног повећања притиска у вертикали и утицаја на сифоне, па се рачуна као да је таква вертикала равна (слика 16.) [2].

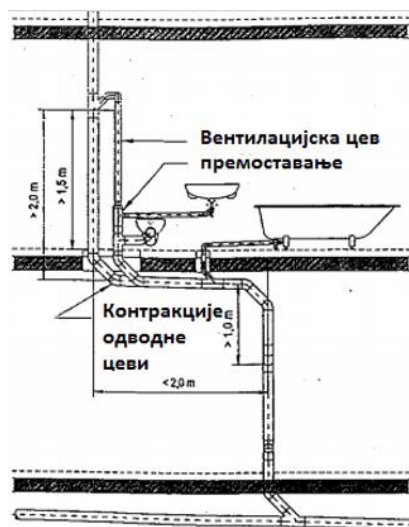


Слика 16. Шеме нагиба вертикале [2]

Ако је угао скретања већи од 45° , пример 3., настаје повећани притисак на местима прелаза вертикалног у хоризонтални вод. На том месту се санитарни предмет не сме прикључити директно на вертикални, већ на хоризонтални део, да не би дошло до изbacивања сифонске воде. Прикључак се може извести постављањем премоштења одводне цеви или спајањем санитарног предмета изван подручја повећаног притиска (слика 17.).

При сваком прелазу вертикале у хоризонтални вод, без обзира на то на којој је висини, настаје притиснута зона, у којој се санитарни предмети не смеју прикључивати (слика 17.).

За високе објекте препорука је да на свака четири спрата вертикала буде благо измакнута, и то уградњом "етажера", ради смањења брзине, спречавања сегрегације отпадних материја и поништавања кинетичке енергије пада, која може негативно утицати на подножје цеви.



Слика 17. Пример премошћавања одводне цев [2]

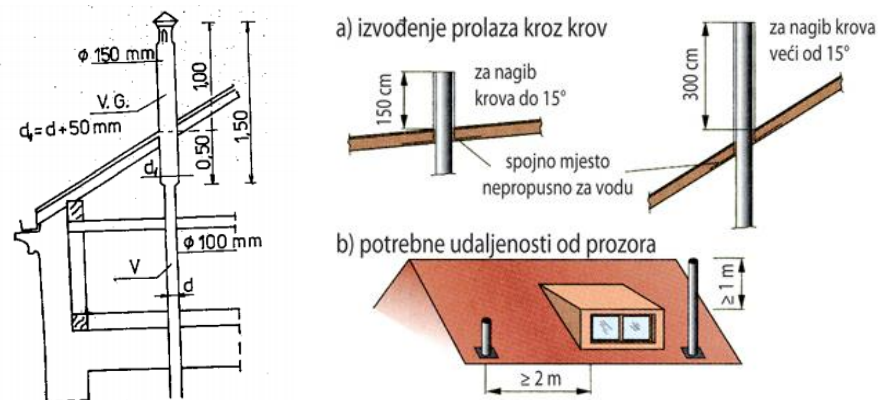
Санитарни предмети који се налазе у подруму се, у случају када је сабирни вод испод подрумског пода, због појаве повећаног притиска не прикључују на вертикалу него на сабирни вод.

Кишне вертикале, у зависности од врсте крова на објекту, према свом положају могу бити спољашње или унутрашње. За унутрашње вертикале важе иста правила као и за вертикале отпадних вода. Спољашње кишне вертикале су најчешће лимене или пластичне, па се због опасности од механичких оштећења пре прикључка на систем канализације у доњем делу, на висини од 150 cm од терена, постављају цев

Атмосферске воде се у решењима са спољашним кишним вертикалама, прихватају ливеним гвожђем испод кровног врха. У кишне вертикале се не уводе отпадне воде.

Ради вентилације канализације и спречавања исисавања сифона треба све вертикалне водове провести изнад крова. Овако спроведене цев

Вентилација канализације служи за одвод гасова из цевне мреже. Гасови настају разградњом органских материја у отпадној води, при чему се ствара неугодан мирис, којег треба што пре извести изван зграде. Најједноставнији начин је продужењем вертикале изнад крова. Ова појава се назива примарном вентилацијом. По начелу примарне вентилације вентилирају се и окна градске и дворишне канализације.



Слика 18. Вентилацијска капа за довод ваздуха у мрежу и одвод из ње [2]

Вентилацијски водови омогућавају улаз ваздуха у канализациону мрежу и његово излажење из ње. Када се санитарни предмети не употребљавају и када нема дотока отпадне воде у њу, цевна канализациона мрежа је празна. Чим почне изливање отпадне воде, извесна количина ваздуха мора изаћи из цевне мреже, а на његовом месту ће се у њу усисати једнака количина ваздуха.

Вентилација служи и за изједначавање притисака при протицању отпадне воде. Расподела притисака у вертикалама је приказана на слици 15. Сnižен притисак изазива исисавање водених чепова сифона, чија је последица излаз гасова из просторије, а повећани притисак изазива избацивање отпадне воде из сифона. Ове појаве се спречавају изједначењем притисака са атмосферским преко одушних водова.

Вентилација може бити изведена као примарна или секундарна. За примарну вентилацију се вертикале повуку изнад крова и на њих се постави вентилацијска капа. Овај систем је развијен и примењује се у средњој Европи.

Секундарна вентилација се изводи тако што се уз сваку вертикалу канализације поставља паралелна одушна цев, која је барем на сваком трећем спрату спојена са вертикалом. На тај начин се избегава исисавање сифона које би могло настати услед подпритска који је створен истовременим испуштањем отпадне воде на различитим спратовима зграде. Спој одушне цеви са вертикалом канализације треба извести са нагибом према главној вертикали да би се спречило изливање отпадне воде у одушни систем. Овакав систем је развијен у Америци. На слици 19. приказане су две могућности извођења секундарне вентилације.

Секундарна вентилација је обавезна и код нас, за све објекте са више од пет етажа, а најмањи пресек мора бити $\varnothing 70 \text{ mm}$.

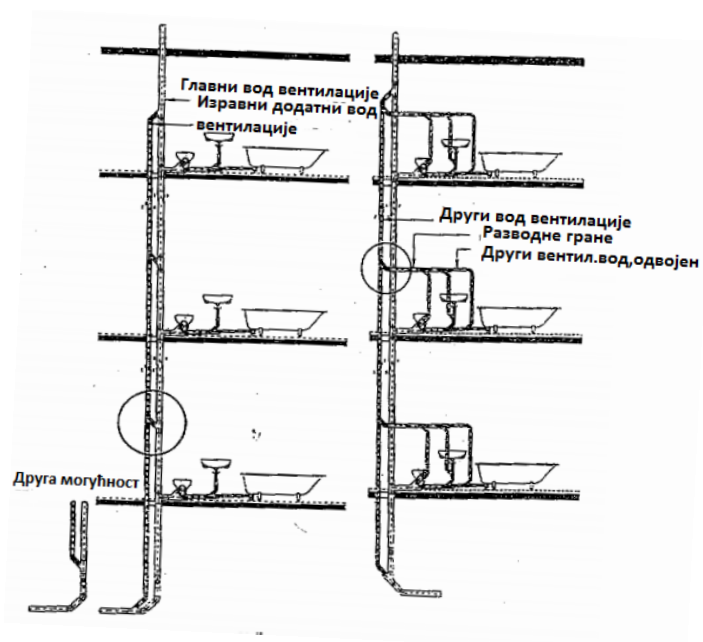
Посебну врсту вентилације представља систем "SOVENT" (развио га је швајцарски научник F. Sommer) (слика 20.). У таквој вентилацији је примењен посебан елемент Sovent-рачва- који на ушћу гране у вертикалу има преграду, па вода приликом изливања не може затворити цели пресек цеви воденим клипом. На тај начин се осигурава вентилација

примарном вентилацијом, а смањује се могућност појаве сниженог притиска и опасност од исисавања воденог чепа сифона [2].

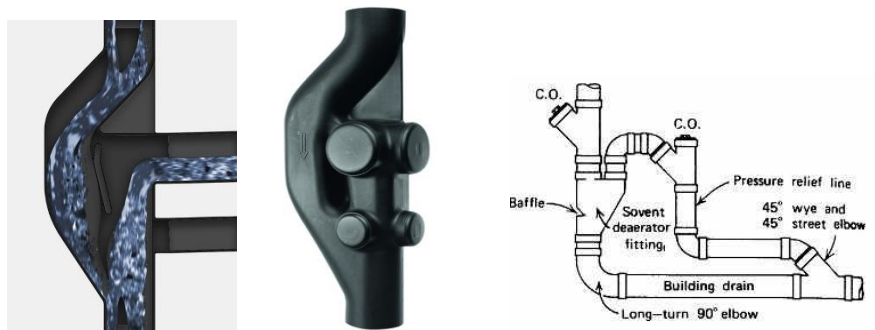
За одвод ваздуха на прелазу вертикале у хоризонтални сабирни вод примењује се Sovent- деаератор, који одваја ваздух од воде и омогућава његово одвођење одушним водом.

При примени примарне вентилације, ради заштите водених чепова сифона самоисисавања, вертикале треба хидраулички димензионисати на тај начин да се никад потпуно не испуне водом, већ да вода тече из зида, а у цевима остаје одређена количина ваздуха која циркулише у вертикали.

Нижа цена извођења је предност система примарне вентилације, а мања сигурност од појаве исисавања сифона санитарних предмета је њена мана.



Слика 19. Секундарна вентилација [2]



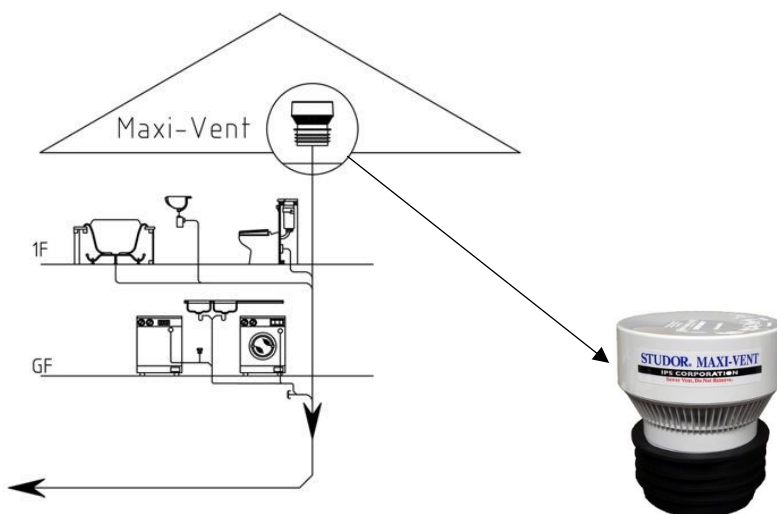
а.) Sovent- рачва

б.) Sovent- деаератор

Слика 20. Вентилација система "Sovent" [2]

Секундарна вентилација пружа већу сигурност од исисавања сифона, али због двоструког система цеви захтева знатно веће трошкове. У данашњем времену на нашем подручју се нуде и уграђују аутоматски одушни вентили Studor, који су пре тридесетак година патентирани у Шведској (EN 12380). Производе се два типа. Maxivent се уграђује на врху вертикале, при чему нема потребе за продор кроз кровну конструкцију. Вентил у зградама са класичном кровном конструкцијом се поставља у поткровљу, или у зиду санитарног чвора, осигуран решетком која омогућава приступ ваздуха вентилу, или у инсталацијском вертикалном окну.

Други тип је аутоматски одушни вентил Minivent, који се, прекривен решетком ради приступа ваздуха, поставља на одводну цев појединог санитарног предмета (умиваоника, судопера,...) или у вертикално инсталацијско окно [2].



Слика 21. Примена одушног вентила Studor

3.2.3. Сабирна хоризонтална канализациона мрежа

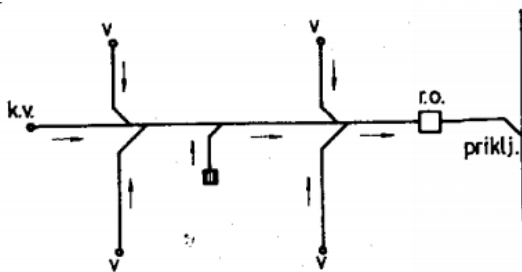
Сабирну хоризонталну канализациону мрежу чине хоризонтално положени канали у згради, а у њих се улива отпадна вода из вертикала и евентуално директно прикључених грана, односно подних сливника. Хоризонтална мрежа (темељни вод) одводи воду у прикључни канал или у дворишну каналску мрежу.

Према врсти отпадне воде разликујемо сабирне водове:

1. Санитарни- за отпадну воду;
2. Кишни- само за кишницу;
3. Укупни- уједно је и санитарни и кишни.

Сабирна канализација се изводи положена у тлу испод пода најниже етаже или у viseћем положају испод плафона. Сабирна канализација испод пода у тлу назива се темељном канализацијом, а има задатак да сву отпадну воду најкраћим путем и равним

потезима одведе из зграде. Таква је само најјефтинија, већ и најбоља. Самим тим је мрежа сабирних водова једноставна и прегледна.



Слика 22. Сабирна хоризонтална канализација [2]

Приликом постављања хоризонталних сабирних водова мора се водити рачуна о:

1. Конструктивним елементима зграде;
2. Хидрауличким захтевима,
3. Могућностима извођења према примењеним цевима и фазонским комадима;
4. Монтажи и одржавању.

Сабирни вод се увек поставља паралелно са темељним зидовима, на размаку од 50-100 cm од њих, како би се омогућило лакше спајање и избегавање утицаја слегања зидова.

Сабирни водови се темељним зидовима увек постављају под правим углом, јер је тада продор кроз зид најкраћи.

Тада треба избегавати мењање правца сабирног вода. Ако се у неким случајевима мора мењати, најбоље је то учинити помоћу лукова са што већим радијусом или у контролним окнима, што је најповољније решење.

У заједничком мешовитом систему сабирне и кишне мреже се спајају само на нивоу сабирне мреже, јер би иначе, због зачепљења или превеликог отпора при протоку, могло доћи до поплаве.

Препоручује се да размак између кишних и санитарних вертикала на заједничком воду буде најмање 3 m [2].

3.2.4. Кућна атмосферска канализација

У данашњици се све више тежи ка томе да одвођење кишнице из куће буде што једноставније. Будући да је на земљишту, на којем је кућа изграђена, тектонским процесима, испирањем и таложењем створена је природна равнотежа између падавина и отицања вода, при чему треба одржати ту равнотежу.

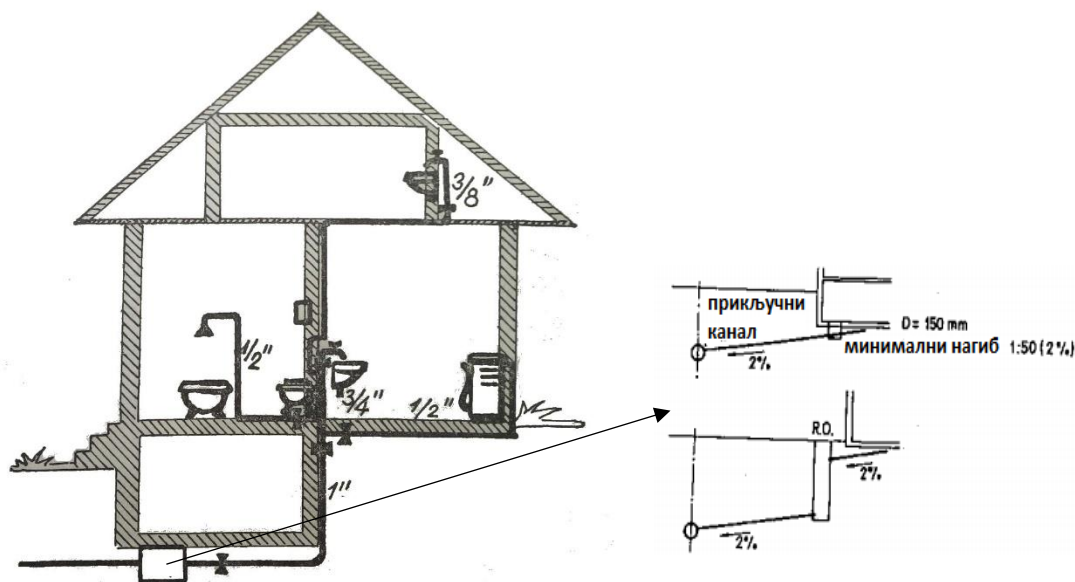
Ширењем градова и економским развојем у последњих неколико деценија знатно је поремећена равнотежа између падавина и начина одвођења атмосферских вода. Брз развој градова допринео је брзом одводу кишнице, а тиме је повећана опасност од поплава и смањена могућност прихрањивања подземних вода, што значи угрожавање добијања питке воде.

У свету, вода, због промене квалитета и могућности њене употребе, постаје све скупља. Тако све више постоје предлози о томе да се кишница не би смела одводити у каналску мрежу, већ се треба задржати у сливу којем припада, јер могућности њене поновне употребе могу бити вишеструке. У индивидуалној стамбеној изградњи се посебно препоручује постављање резервоара за сакупљање кишнице, која се може искористити за заливање вртова или прање и чишћење дворишта. За ове намене вода из градског водоводног система постаје прескупа, а штедња свих ресурса из биосфере, међу којима вода заузима важно место, је основно начело данашњице.

3.2.5. Прикључак на јавну канализацију

Прикључни канал спаја кућну канализациону мрежу са уличним каналом, односно са градском канализацијом.

Прикључни канал почиње у контролном окну у објекту, односно у дворишту, што је повољније, а завршава на споју са уличним каналом (слика 23.)



Слика 23. Прикључни канал [2]

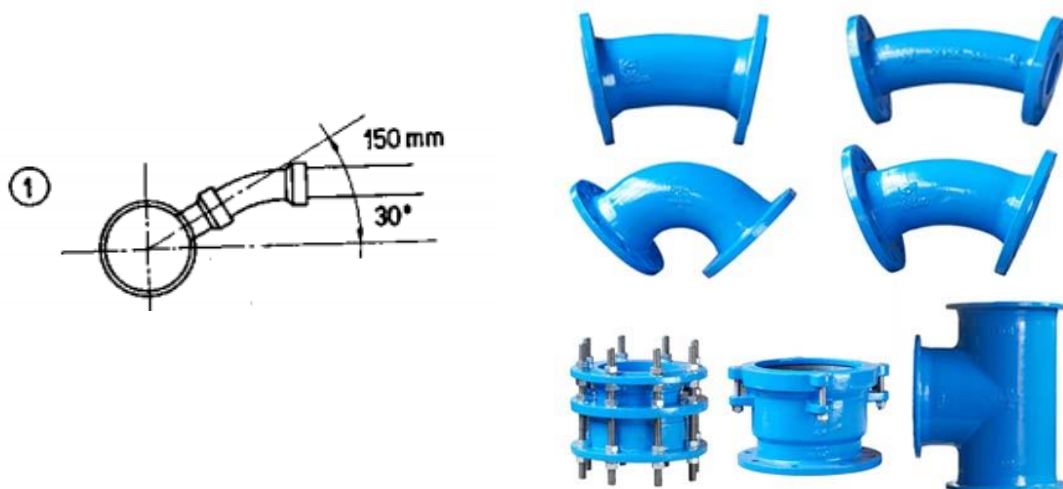
Прикључни канал је саставни део кућне канализације, али се пројектује према прописима за јавну канализацију. Прикључење на улични канал је обавезно за све објекте на подручју где постоји јавна канализација.

Прикључне канале, по правилу, изводи и одржава комунално предузеће које се бави водоснабдевањем и канализацијом, али о трошку власника објекта.

У разделним системима градске канализације постоје два прикључна канала, посебно за отпадне, односно атмосферске воде.

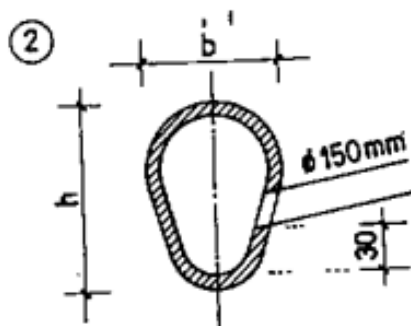
Кућни канал се може прикључити на три начина, и то у зависности од врсте цеви и пречнику уличног канала.

1. Прикључак помоћу одговарајућег (фазонског) комада се може применити када се у улици, у којој већ постоје објекти, гради јавна канализација, па се они или одмах прикључују на градски систем или је унапред остављено место за прикључак (слика 24.).



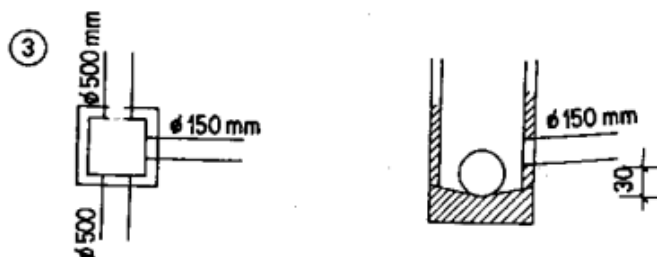
Слика 24. Прикључак помоћу одговарајућег (фазонског) комада [2]

2. Бушењем уличног канала изводи се прикључак на већ постојећу градску канализацију, посебно ако је она од бетонских цеви. У том случају се на зиду уличног канала, 30 см изнад његовог дна, избуши отвор у који се уведе прикључна цев и затвори спој (слика 25.)



Слика 25. Прикључак бушењем уличног канала [2]

3. Прикључак се може извести и ревизијским окном. Такав прикључак је начешће вертикалан или под правим углом у односу на градску канализацију, тако је 30 cm изнад дна окна (слика 26.).



Слика 26. Прикључак ревизијским окном [2]

Ако се на градски канализациони систем прикључује више објеката истог власника или више улаза истог објекта, то се по правилу изводи једним прикључним окном.

3.3. Дворишна канализација

Дворишна канализација повезује кућну канализациону мрежу са градском канализацијом или, ако нема такве, са локалним уређајем за пречишћавање отпадне воде.

Сва отпадна вода из дворишта и других површина око зграда истог корисника се одводи са дворишном мрежом.

По опсегу дворишна мрежа се може радити за:

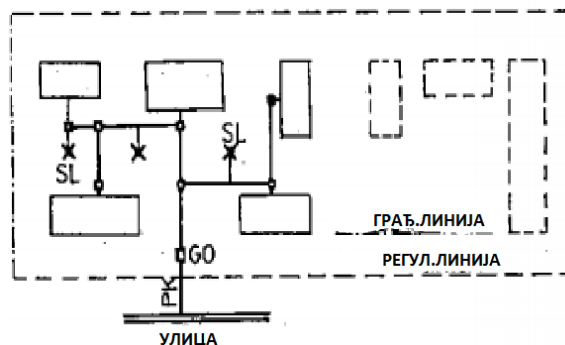
1. Једну зграду, са евентуално мањим споредним зградама;
2. Скуп зграда, више зграда у дворишту, где могу бити неко предузеће, школа, болница итд.

За пројектовање и извођење дворишне канализације вреде правила која се примењују и за јавну канализациону мрежу (материјали, сливници, контролна окна, нагиби итд.).

Положај канала унутар скупа зграда приказан је на слици 27. Распоред зависи од прикупљања атмосферске воде унутар скупа објеката и положаја других инсталација.

За дворишну канализацију је важно да канали буду:

1. Што краћи, због цене и бољег функционисања;
2. Паралелни са спољашњим зидовима зграде;
3. На одређеном размаку од зграде, због осигурања одводних цеви и зграде;
4. На најмањој, али ипак довољној дубини;
5. На одређеном размаку од корења дрвећа;
6. Да не буду на површина које су предвиђене за будућу градњу.



Слика 27. Канализација за више зграда [2]

3.4. Дренажна канализација

Ако је зграда лоцирана на падини брда или уопштено на таквом месту где је изложена процеђивању воде са стране, потребно је, ради заштите подрумских просторија од влаге и подземне воде, осигурати одводњавање, и то са дренажном инсталацијом. Први прикључак на градску мрежу, вода прихваћена дренажним системима укључује се у заједнички канал, и то увек у систем одвода атмосферских вода.

Дренажне цеви (које могу бити од керамике, бетона, пластичне или печене глине) постављају се у близини спољашњих темељних зидова. Дубина дренажне одводње мора да се одреди тако да и на највишој тачки и буде нешто нижа од хидроизолације пода просторија, која се штити.

Нагиб дренажних цеви је 1-3‰. Цеви је најбоље поставити на бетонску подлогу ради осигурања од испирања подлоге. Цеви у рову се облажу крупним шљунком или туцаником до потребне висине, а око тога филтером од крупног песка у слоју приближне дебљине 20 cm (слика 28.)

Дренажни водови се прикључују на окна са таложницима, а из тих окана се вода слива у канал атмосферске канализације или заједнички канал у мешовитом систему.

Треба водити рачуна да дренажна канализација буде изнад канализације за отпадне воде како се отпадне воде не би уливале у дренажни систем.

Уколико постоји могућност појаве успорене воде у градској канализацији на коју се прикључује дренажа, за заштиту треба поставити ручни или аутоматски затварач за успорену воду, који ће просторију штитити од поплаве успореном отпадном водом, а дренажу од евентуалног разарања због притиска.



Слика 28. Дренажни водови око зграде [2]

Ако није могућ гравитацијски одвод из дренажне канализације, процесне (дренажне) воде треба подизати у виши одводни канал. У том случају неће бити опасности од успорене воде, јер ће висина бити виша од висине успорене воде (слика 29.) [2].



Слика 29. Црпна станица на прикључку дренажне канализације [2]

4.0. Документација потребна за израду прорачуна стамбеног објекта

Да би се поступак одређивања количине воде поједноставио, уведен је бездимензионални број који се назива еквивалентна јединица [EJ]. Еквивалентна јединица је релевантни број који представља однос између количина отпадних вода посматраног и референтног санитарног елемента, где је као референтни елемент усвојен умиваоник из кога истиче 0,25 l/s. На основу тога следи да је количина употребљених вода:

$$Q = 0,25 \cdot \Sigma EJ \quad (l/s), \text{ где је } EJ = 0,25 \text{ l/s} \quad (4.1)$$

Уз помоћ табеле 2., која представља вредност EJ за санитарне уређаје, у наредном поглављу овог рада, израчуната је вредност EJ санитарних уређаја који се налазе у објекту за који је рађен прорачун [6].

Табела 2. Вредност EJ за санитарне елементе [6]

Врста уређаја	Вредност EJ	Пречник изливне цеви [mm]
Умиваоник	1,0	32
Судопера	1,5	40
Када	3,0	50
Туш	2,0	50
WC шоља	6,0	100
Писоар	1,5	40
Машина за прање веша	1,5	40
Машина за прање судова	1,5	40
Сливник у поду	3,0	50
Биде	1,0	32

Вредност максималне пропусне моћи канализационе вертикале варира у зависности од пречника цеви највећег усвојеног за појединачну вертикалу и прикључка хоризонталног огранка који може бити преко Т рачве и косе Y рачве, приказана је у табели 3.

Табела 3. Максимална пропусна моћ (у EJ) канализационе вертикале у објекту [6]

Пречник (mm)	Прикључак хоризонталног огранка преко Т рачве		Прикључак хоризонталног огранка преко косе Y рачве		Максимална дужина вертикале (m)
	оптерећење		оптерећење		
	деонишно	укупно	деонишно	укупно	
50	9	16	15	36	26
75	24	48	45	72	65
100	144	256	240	384	91
125	324	680	540	1020	119

150	672	1380	1122	2070	155
200	2088	3600	3480	5400	229

У табели 4 су приказане димензије водова у случају атмосферских падавина, а које се узимају при прорачуну кишне канализације.

Табела 4. Димензије хоризонталних водова за атмосферске воде [6]

Прикључена површина у m ² на коју падају падавине, уз нагиб канализације 1% и уз максималну локалну количину падавина					Пречник хоризонталног вода само за атмосферске воде (mm)	Еквивалентни фактор за атмосферске воде у мешовитом одводу (N)
Количина падавина						
I/s/ha	70	100	150	200		
Површина која је подложна падавинама у m ²	100	70	45	35	70	25
	200	140	90	70	-	43
	300	210	135	105	-	62
	400	280	180	140	100	81
	500	350	225	175	-	100
	600	420	270	210	-	134
	700	490	315	245	-	168
	800	560	360	280	125	202
	900	630	405	315	-	235
	1000	700	450	350	-	270
	1100	770	495	385	-	311
	1200	840	540	420	-	352
	1300	910	585	455	-	394
	1400	980	630	490	150	435
	1500	1050	670	525	-	475
	1600	1120	720	560	-	517
	1700	1190	765	595	-	558
	1800	1260	810	630	-	600

Табела 5. Вредности месечних и годишње количине падавина за град Крагујевац (mm)

	Јануар	Фебруар	Март	Април	Мај	Јун	Јул	Август	Септембар	Октобар	Новембар	Децембар	Година
Крагујевац	49,9	62,2	93,7	25,8	52,6	95,4	129,3	22,1	7,4	9,4	41,8	51,8	641,4

На основу табеле 5. израчуната је средња вредност падавина, која износи (за месец јул), који је био најкишовитији 2-5 mm/min. Из тог разлога је, у прорачуну усвојен интезитет падавина 4 mm/min.

Податак који је неопходан за прорачун количине атмосферске воде је коефицијент отицања ψ , чија вредност зависи од подлоге на коју се атмосферска вода слива (подлога на коју падавина пада), при чему се у доста случајева узима у обзир и нагиб подлоге. Подаци о вредностима коефицијента отицања су приказани у табели 6.

Табела 6. Коефицијент отицања ψ [2]

Број	Врста површине и завршног слоја	Конфигурација терена		
		Раван до 1% нагиба	Нагиб 1-5 %	Нагиб > 5%
1.	Кров објекта	0,90	0,90	0,90
2.	Асфалтна и бетонска стаза	0,70	0,80	0,90
3.	Бетонски плитки коловози	0,30	0,40	0,50
4.	Парковске стазе	0,20	0,25	0,30
5.	Трава	0,10	0,15	0,20

Како би се одредила количина отпадних вода и израчунала Samming-ова једначина, на основу санитарних уређаја који се налазе у објекту за који је рађен прорачун, потребни су подаци еквивалентног фактора, еквивалентне вредности санитарних уређаја и излива загађене воде. Поменути подаци варирају у зависности од броја заједничких уређаја који се налазе на обе вертикале (у овом случају), а налазе се у табели 7 и 8.

Табела 7. Проценти истовремених излива из једнаких санитарних предмета [2]

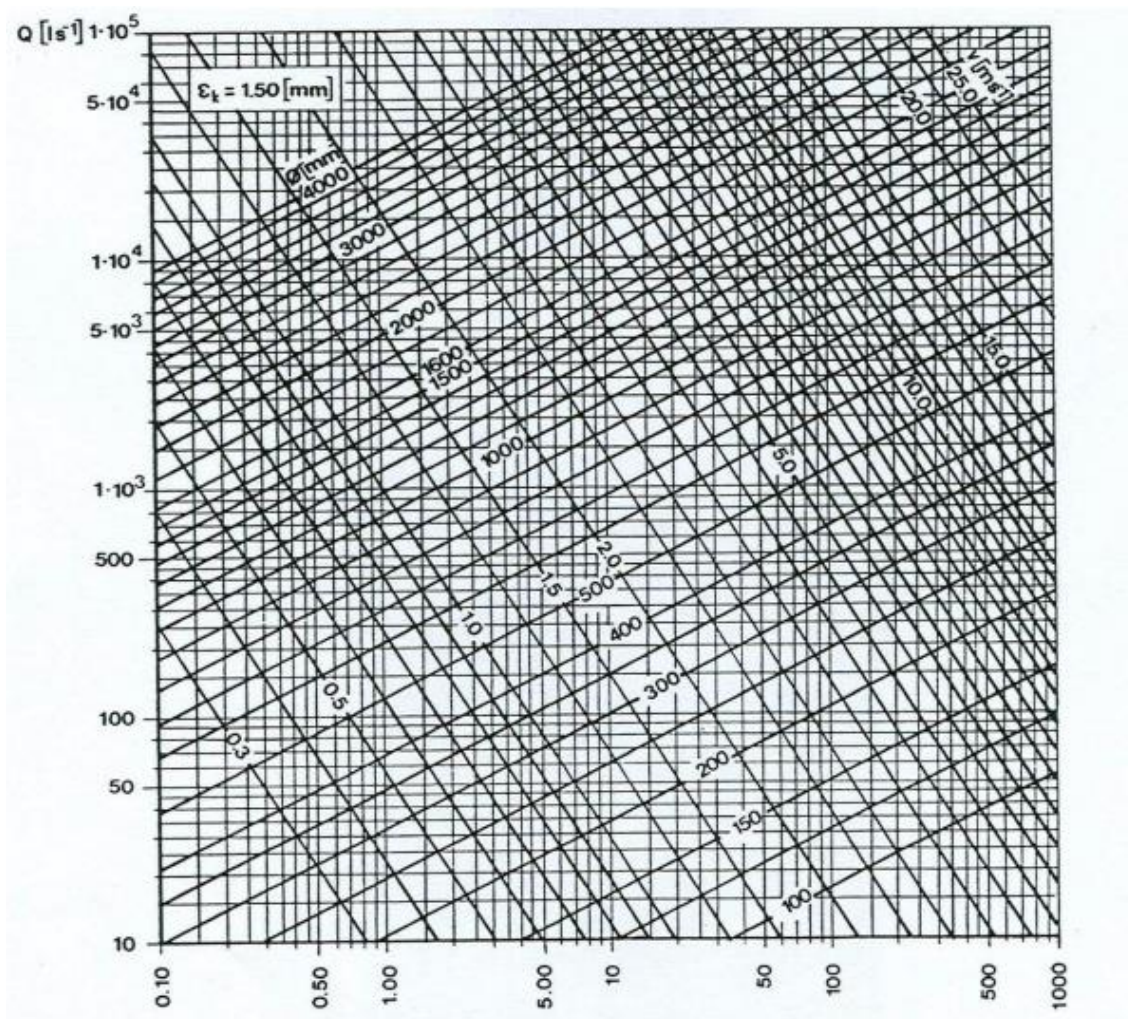
Стамбене зграде				Друштвене зграде			
NK	P	NK	P	NK	P	NK	P
До 10	19,8	Од 160	5,0	До 10	14,3	До 10	4,5
" 15	16,2	" 180	4,7	" 12	12,9	" 120	4,1
" 20	14,0	" 200	4,4	" 14	12,0	" 140	3,8
" 25	12,6	" 250	4,0	" 16	11,2	" 160	3,6
" 30	11,5	" 300	3,6	" 18	10,5	" 180	3,4
" 35	10,6	" 350	3,4	" 20	10,0	" 200	3,2
" 40	9,9	" 400	3,1	" 25	9,0	" 250	2,8
" 45	9,4	" 450	3,0	" 30	8,2	" 300	2,6
" 50	8,9	" 500	2,8	" 35	7,6	" 350	2,4
" 60	8,1	" 600	2,6	" 40	7,1	" 400	2,2
" 70	7,5	" 700	2,4	" 45	6,7	" 500	2,0
" 80	7,1	" 800	2,2	" 50	6,3	" 600	1,8
" 90	6,6	" 900	2,1	" 60	5,8	" 700	1,7

" 100	6,3	" 1000	2,0	" 70	5,4	" 800	1,6
" 120	5,7	" 1500	1,6	" 80	5,0	" 900	1,5
" 140	5,3	" 2000	1,4	" 90	4,7	" 1000	1,4

Табела 8. Количина излива из појединих санитарних предмета [6]

Врста санитарног прибора	Еквивалентни фактор К	Количина излива q^n	
		y l/s	y l/min.
Излив	1	0,33	20
WC шоља	3,6	1,20	-
Писоар	0,5	0,17	10
Умиваоник	0,5	0,17	10
судопера	2,0	0,67	40
Када	2,0	0,67	40
Туш	0,7	0,22	14
Биде	0,5	0,15	10
Мали излив	0,25	0,08	5
Машина за прање веша	2,71	0,89	-
Машина за прање судова	2,62	0,86	-

Након израчунате пропусне моћи главног одводног цевовода и усвојеног релевантног нагиба цеви, уз помоћ хомограма хидрауличких параметара (слика 30.) се усвајају пречник цеви, проток и брзина протицања воде. Самим тим, се јасно може видети тренутно стање у цевима.



Слика 30. Хомограм хидрауличких параметара тренутно испуњених канализационих цеви округлог облика профила према формули Colebrook – Whitea [3]

У пракси се прикључак канализације димензионише према подацима о укупној количини отпадне воде из објекта.

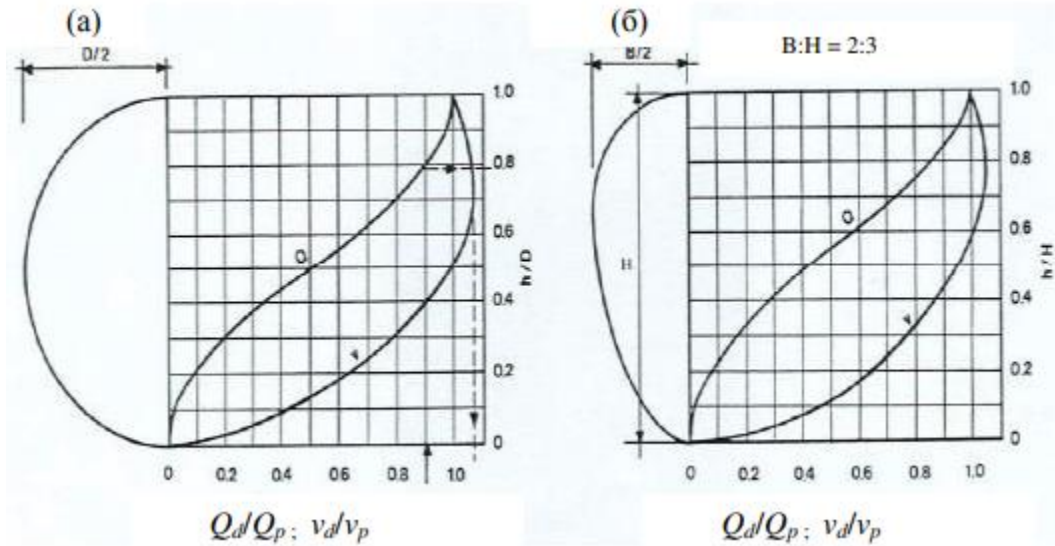
За прорачун отпадне санитарне воде из објекта се примењује Saming-ова једначина према којој се, као што је већ поменуто, у зависности од броја санитарних уређаја, количини излива из појединачног санитарног уређаја и проценту истовременог рада санитарних објеката, израчунава количина отпадне воде:

$$Q = \frac{N \cdot P \cdot q}{100} \quad (l/s) \quad (4.2)$$

где је:

- Q количина отпадне воде (l/s)
- N број санитарних предмета
- P проценат истовременог излива из санитарних предмета исте врсте (%)
- q количина излива из појединих санитарних предмета (l/s) [6]

На дијаграму стања у цевима (слика 31.) се може видети колики је протицај и колико је оптерећење профила цеви.



Слика 31. Параметри канализационих цеви за буџет делимично испуњених профила
а) округли облик ; б) јајолики облик [3]

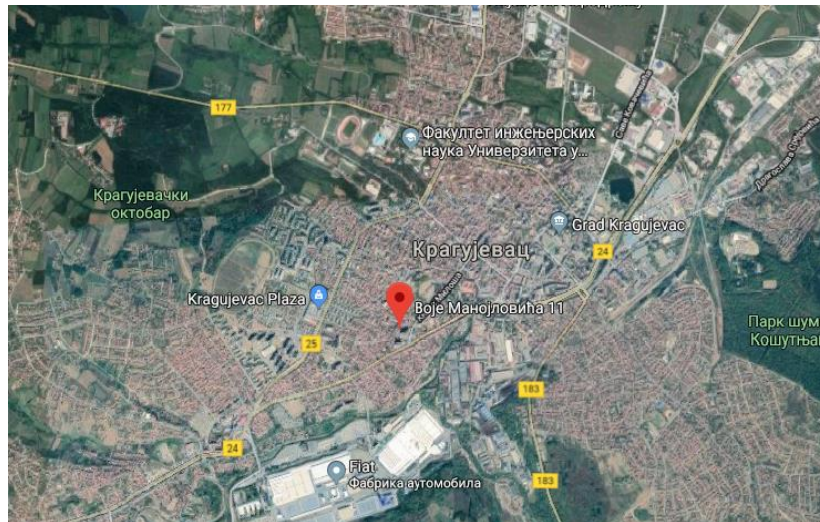
Табела 9. представља процедуру прорачуна количина отпадних вода, односно образац за израчунавање количина отпадних вода.

Табела 9. Процедура прорачуна количина отпадне воде за вертикале [6]

Врста санитарног прибора	Укупан број санитарних уређаја No	Еквивалентни фактор Ке	Еквивалентни број санитарних уређаја No·Ке	Рo (%)	qo (l/s)	Q= $\frac{N \cdot P \cdot q}{100}$ (l/s)
Укупно					Q(l/s)	

5.0. Општи подаци о објекту

Стамбени објекат, анализиран у овом раду се налази у Крагујевцу у улици Воје Манојловића 11, чија је катастарска парцела под регистарским бројем 4494. На слици 32. је приказан положај објекта у односу на град Крагујевац, а на слици 33. је приказана површина парцеле на којој је објекат саграђен. Објекат заузима површину од 282,64 m², а састоји се од приземља и првог спрата. Објекат у приземљу поседује купатило и кухињу, на првом спрату купатило и просторију за вешерај. Кров објекта је раван кров са танким слојем хумуса и траве, при чему се на кровној површини налазе вентилациона глава, као и сливници који представљају посебну врсту олучних вертикала. Објекат се налази у строгом центру града, и самим тим има могућност прикључка на градску канализациону и водоводну мрежу.



Слика 32. Положај објекта у односу на град Крагујевац



6.0. Прорачун

1.) Положај и димензије канализационих вертикала

Објекат поседује две канализационе вертикале KV1 и KV2 које су усвојене због великог растојања санитарних чворова, за сваки санитарни чвор по једна.

Канализациона вертикала у санитарном чвору се поставља на зид код санитарног објекта који има највеће оптерећење. Вертикала се такође може димензионисати на основу оптерећења (сума ЕЈ), али у том случају се као резултат може добити мањи пречник цеви од оног који је потребан. Из тог разлога се усваја вертикала санитарног уређаја који има највеће оптерећење, што је у овом случају WC шоља чије је оптерећење 6 ЕЈ (табела 2.), па се канализационе вертикале KV1 и KV2 у оба санитарна чвора постављају у углу просторије, што је приказано на 2D приказу објекта (Прилог).

Димензије канализационе вертикале не смеју бити испод 50 mm, односно од највећег пречника излива прикључних санитарних објекта. За оба санитарна чвора, која су постављена у овом објекту највећи пречник излива има WC шоља и то Ø 100 (табела 2.).

Према томе усвојене канализационе вертикале су од PVC-а са димензијама:

KV1 PVC Ø 100

KV2 PVC Ø 100

2.) Контрола пропусне моћи канализационих вертикала

Усвојена је веза канализационих вертикала у хоризонталним огранцима под правим углом (прека праве рачве).

Максимална пропусна моћ канализационе вертикале је Ø100, са прикључком хоризонталног огранка преко праве рачве (табела 3.)

- Деонично: $\Sigma E_{J_{doz}} = 144 \text{ EJ}$
- Укупно: $\Sigma E_{J_{doz}} = 256 \text{ EJ}$

Количина отпадне воде коју прихвата KV1 са једног спрата приказана је у табели 10. (табела 2.):

Табела 10. Количина отпадне воде коју прихвата KV1 са једног спрата

Санитарни уређај	Количина	Вредност EJ	Укупно [EJ]
Умиваоник	1	1,00	1,00
Када	1	3,00	3,00
WC шоља	1	6,00	6,00
Машина за прање веша	1	1,50	1,50

Судопера	1	1,50	1,50
Машина за прање судова	1	1,50	1,50
Сливник у поду	2	3,0	6,0
		Укупно [EJ]	$\Sigma EJ=20,50 EJ$

Према томе оптерећење канализационе вертикале KV1 износи:

- Деонично: $\Sigma EJ_{stv} = 20,50 EJ$
- Укупно: $\Sigma EJ_{stv} = 2 \times 20,50 EJ_{doz} = 41 EJ$

➤ **Контрола пропусне канализационе вертикале KV1:**

- Деонично: $\Sigma EJ_{stv} = 20,50 EJ < \Sigma EJ_{doz} = 144 EJ$
- Укупно: $\Sigma EJ_{stv} = 41 EJ < \Sigma EJ_{doz} = 256 EJ$

Количина отпадне воде коју прихвата KV2 са једног спрата приказана је у табели 11. (табела 2.):

Санитарни уређај	Количина	Вредност EJ	Укупно [EJ]
Умиваоник	2	1,00	2,00
Када	1	3,00	3,00
WC шоља	2	6,00	12,00
Машина за прање веша	2	1,50	3,00
Сливник у поду	3	3,00	9,00
		Укупно [EJ]	$\Sigma EJ=29 EJ$

Према томе оптерећење канализационе вертикале KV2 износи:

- Деонично: $\Sigma EJ_{stv} = 29 EJ$
- Укупно: $\Sigma EJ_{stv} = 2 \times 29 EJ_{doz} = 58 EJ$

➤ **Контрола пропусне канализационе вертикале KV2:**

- Деонично: $\Sigma EJ_{stv} = 29 EJ < \Sigma EJ_{doz} = 144 EJ$
- Укупно: $\Sigma EJ_{stv} = 58 EJ < \Sigma EJ_{doz} = 256 EJ$

3.) Процедура прорачуна количина отпадне воде

Табела 11. Прорачун количине отпадне воде у зависности од санитарних уређаја који се налазе у објекту за који је рађен прорачун

Врста санитарног предмета	Укупан број санитарних уређаја No	Еквивалентни фактор Ке	Еквивалентни број санитарних уређаја NoКе	Рo (%)	qo(l/s)	$Q = \frac{N \cdot P \cdot q}{100} \text{ (l/s)}$
WC шоља	3	3,60	10,80	16,2	1,20	0,58
Умиваоник	3	0,50	1,50	19,8	0,17	0,11
Судопера	1	2,00	2,00	19,8	0,67	0,13
Машина за прање веша	3	2,71	8,13	19,8	0,89	0,53
Машина за прање судова	1	2,62	2,62	19,8	0,86	0,17
Када	2	2,00	4,00	19,8	0,67	0,26
Сливник у поду	5	1,00	5,00	19,8	0,33	0,33
Укупно отпадне воде Q=						2,11 l/s

4.) Samming-ова једначина

$$Q = \frac{N \cdot P \cdot q}{100} \text{ (l/s)} = 2,11 \text{ (l/s)}, [\text{израз 2.}]$$

5). Димензије дворишног одвода

Укупно оптерећење за цео објекат изражено је збиром сума еквивалентних јединица вертикала KV1 и KV2.

$$\Sigma EJ = \Sigma EJ_{KV1} + \Sigma EJ_{KV2} = 20,50 + 29 = 49,50 EJ$$

Количина отпадних вода из објекта:

$$q_k = 0,25 \cdot \Sigma EJ = 0,25 \cdot 49,50 = 12,375 \text{ l/s}$$

➤ Површине са којих се евакуише атмосферска вода и усвојени коефицијенти отицања (табела 5.):

- Кров: $f_K = 141,32$ $\psi_K = 0,90$
- Бетон: $f_B = 19,76$ $\psi_B = 0,90$
- Трава: $f_T = 34,08$ $\psi_T = 0,15$

- **Количина атмосферске воде која се евакуише:**

$$Q_a = i \cdot \sum_1^3 f_i \cdot \psi_i = \frac{4 \cdot 10^{-3}}{60} \cdot (141,32 \cdot 0,90 + 19,76 \cdot 0,90 + 34,08 \cdot 0,15) \cdot 10^3 = 10,01 \text{ l/s}$$

- **Укупна количина воде при минималном оптерећењу, за сушни период:**

$$Q_s = q_k = 12,375 \text{ l/s}$$

- **Укупна количина воде при максималном оптерећењу, за кишни период:**

$$Q_k = q_k + q_a = 12,375 + 10,01 = 22,385 \text{ l/s}$$

Из дијаграма стања у цевима (слика 31.):

$$\frac{H}{D} = 0,70 \quad \rightarrow \quad \frac{Q_H}{Q_D} = 0,85$$

- **Потребна пропусна моћ главног одводног цевовода:**

$$Q_D = \frac{Q_H}{0,85} = \frac{22,385}{0,85} = 26,34 \text{ l/s}$$

Усвојено: $J = 2,00 \%$

Из дијаграма за керамичке цеви (слика 30.)

$$Q_D = 26,34 \text{ l/s}$$

$$\rightarrow \varnothing 200 \text{ mm}, Q_D = 45 \text{ l/s}, V_D = 1,5 \text{ m/s}$$

$$J = 20,00 \text{ ‰}$$

- **Степен искоришћености капацитета главног одвода у сушном периоду:**

$$\frac{Q_H}{Q_D} = \frac{26,34}{45,00} = 0,58 \quad \rightarrow \quad \frac{H}{D} = \frac{H}{20,0} = 0,48 \quad \rightarrow \quad H = 0,48 \cdot 20,00 = 9,6 \text{ cm}$$

$$\frac{Q_H}{Q_D} = \frac{26,34}{45,00} = 0,58 \quad \rightarrow \quad \frac{V_H}{V_D} = \frac{V_H}{1,50} = 0,98 \quad \rightarrow \quad V_H = 0,98 \cdot 1,50 = 1,47 \text{ l/s}$$

6.) Количина атмосферских вода

$$F = 141,32 \text{ m}^2$$

За раван кров, са танким слојем хумуса и траве, усвојиће се коефицијент отицања бетона. (табела 5.): $\psi = 0,90$

Раван кров објекта поседује две олучне вертикале, које функционишу идентично као и хоризонтални олуци коју атмосферску воду предају вертикалним.

- **Количина атмосферске воде која се евакуише са целог крова:**

$$Q = F \cdot i \cdot \psi = 141,32 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-3}}{60} \cdot 0,9 \cdot 10^3 = 8,48 \text{ l/s}$$

- **Површина крова са које се атмосферске воде евакуишу једном олучном вертикалом:**

$$f = \frac{F}{2} = \frac{141,32}{2} = 70,66 \text{ m}^2$$

- **Количина атмосферске воде која се евакуише једном олучном вертикалом:**

$$q = f \cdot i \cdot \psi = 70,66 \cdot \frac{4 \cdot 10^{-3}}{60} \cdot 0,9 \cdot 10^3 = 4,24 \text{ l/s}$$

7.) Димензионисање олука:

Димензионисање олука се врши према основним једначинама хидраулике. Према табели 5. за олука од поцинкованог лима $r = 0,06$.

I. претпоставка: $D = \varnothing 100 \text{ mm}$

$$A = \frac{D^2 \cdot \pi}{8} = \frac{0,1^2 \cdot \pi}{8} = 0,0039 \text{ m}^2$$

$$R = \frac{D}{4} = \frac{0,1}{4} = 0,025$$

$$C = \frac{87 \cdot \sqrt{R}}{r + \sqrt{R}} = \frac{87 \cdot \sqrt{0,025}}{0,06 + \sqrt{0,025}} = 63,07$$

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot J} = 63,07 \cdot \sqrt{0,025 \cdot \frac{0,9}{100}} = 0,95 \text{ m/s}$$

$$Q = A \cdot V = 0,0039 \cdot 0,95 = 0,0037 \text{ m}^3/\text{s} = 3,71 \text{ l/s}$$

$$Q = 3,71 \text{ l/s} < q = 4,24 \text{ l/s} \quad \rightarrow \text{Претпостављени пречник } D = \varnothing 100 \text{ mm} \text{ не одговара}$$

II. претпоставка: $D = \varnothing 200 \text{ mm}$

$$A = \frac{D^2 \cdot \pi}{8} = \frac{0,2^2 \cdot \pi}{8} = 0,0157 \text{ m}^2$$

$$R = \frac{D}{4} = \frac{0,2}{4} = 0,05$$

Усвојено: $r = 0,06$

$$C = \frac{87 \cdot \sqrt{R}}{r + \sqrt{R}} = \frac{87 \cdot \sqrt{0,05}}{0,06 + \sqrt{0,05}} = 68,59$$

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot J} = 68,59 \cdot \sqrt{0,05 \cdot \frac{0,9}{100}} = 1,46 \text{ m/s}$$

$$Q = A \cdot V = 0,0157 \cdot 1,46 = 0,0229 \text{ m}^3/\text{s} = 22,9 \text{ l/s}$$

$Q = 22,9 \text{ l/s} < q = 4,24 \text{ l/s} \rightarrow$ Претпостављени пречник $D = \varnothing 200 \text{ mm}$ одговара

7. 2D приказ стамбеног објекта са усвојеним канализационим елементима

У оовом делу рада је дат 2D приказ основе, првог спрата и кровне конструкције анализираног стамбеног објекта са усвојеним канализационим елементима.

Легенда:

- Фекална канализација – горњи развод

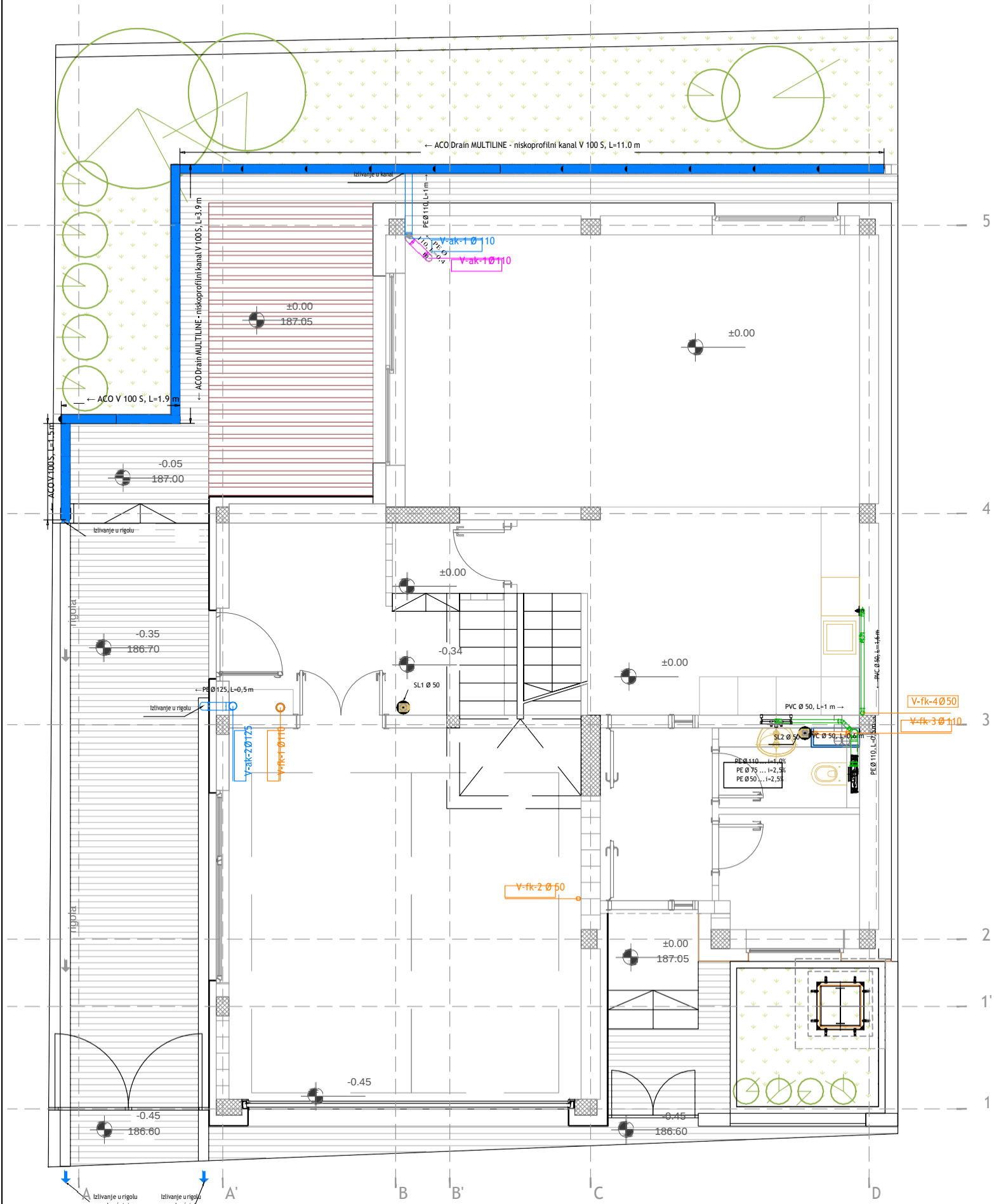
Фекална канализација – доњи развод

Атмосферска канализација

Атмосферска канализације... горњи развод
- V-fk

V-ak

RO-fk



Легенда:

- Фекална канализација-горњи развод

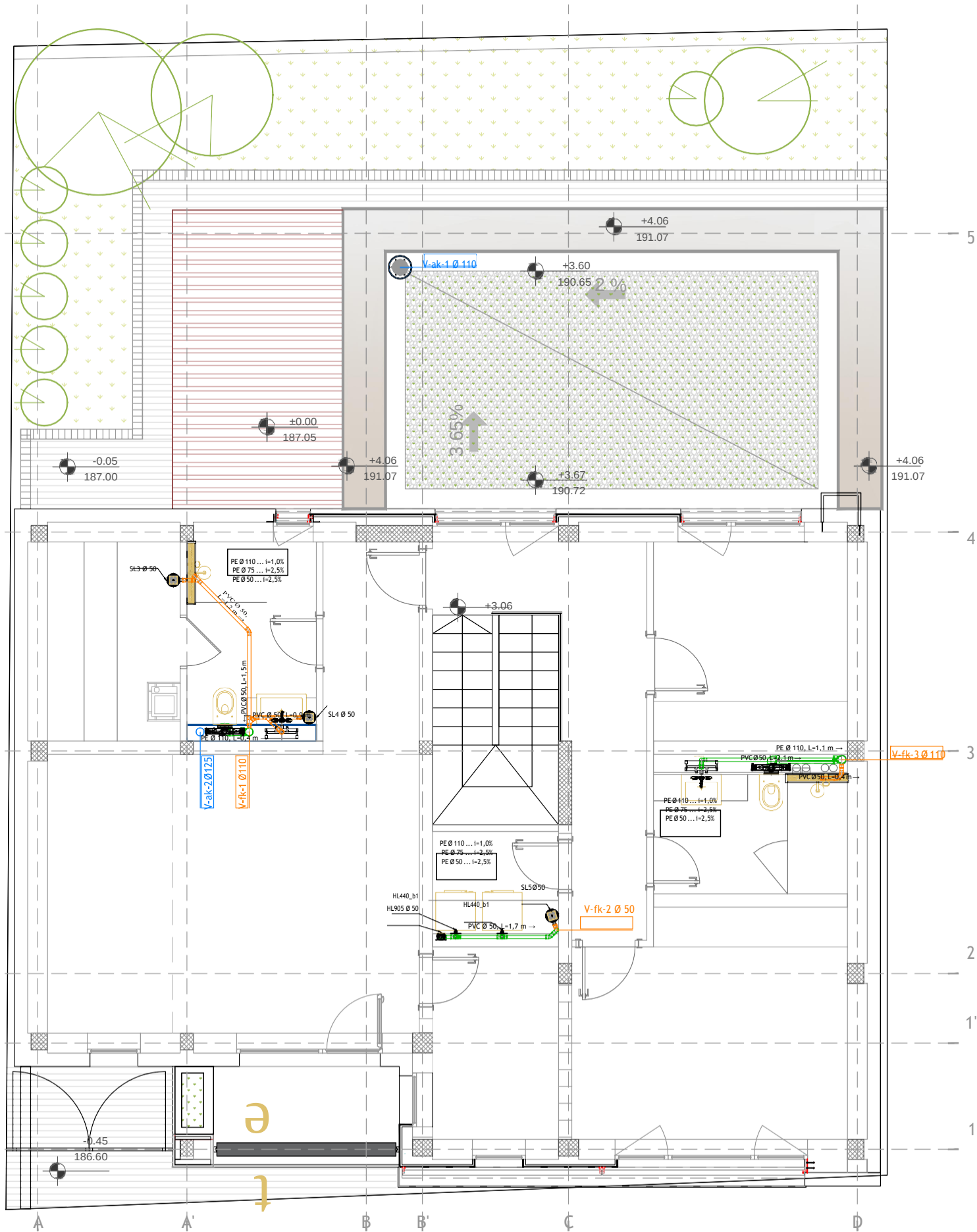
Фекална канализација-горњи развод

Атмосферска канализација

Атмосферска канализација-горњи развод
- V-fk

V-ak

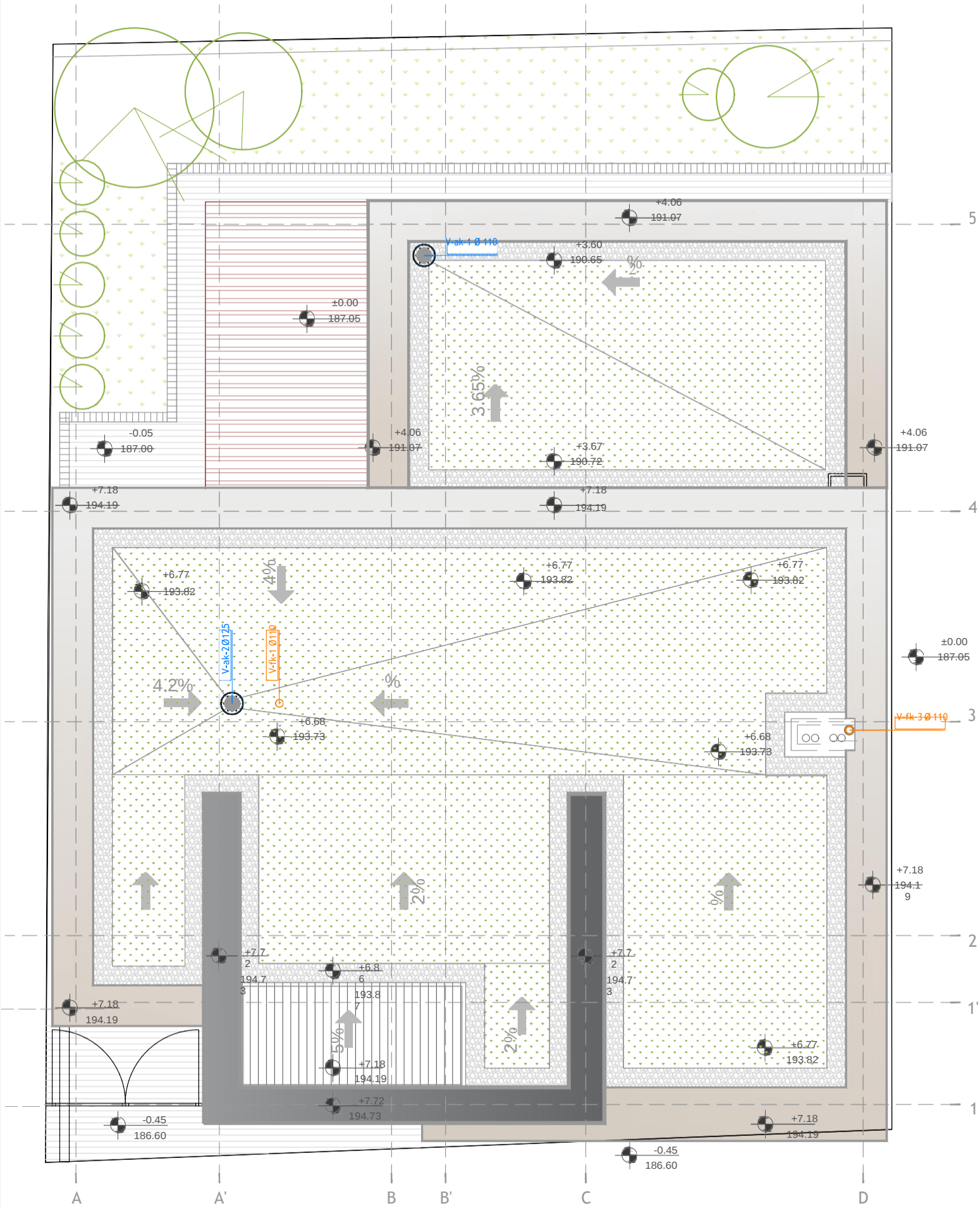
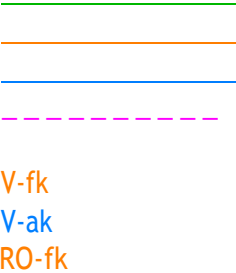
RO-fk



Легенда:

- Фекална канализација-горњи развод
- Фекална канализација-доњи развод
- Атмосферска канализација
- Атмосферска канализација-горњи развод

- Вертикала фекалне канализације
- Вертикала атмосферске канализације
- Ревизионо окно фекалне канализације



8. Закључак

Кућна канализација, која се изводи у сваком изграђеном објекту и примењује се више од стотина година, запостављена је као едукацијски предмет на нашим високим школама и факултетима. У данашње време, када се у целом свету изузетна важност поклања екологији, заштити околине и одрживом развоју, највећи проблем по околину произилази из неодговарајућег начина управљања отпадним водама и отпадом.

Канализација урбаних средина покривена је законским прописима и одговарајућом литературом. Међутим, у Србији нису усвојени прописи, који се односе на прописе кућне канализације, већ се углавном примењују неке смернице, искуства и страна литература, која није увек примерена нашим приликама.

У оквиру дипломског рада приказане су основне напомене о канализацији и канализационим системима, као и основни елементи кућне канализације, након чега су дате табеле са подацима који су били неопходни за прорачун канализационе мреже. На крају је урађен је прорачун канализације одабраног стамбеног објекта и приказан је 2D приказ усвојених вертикала и канализације за исти објекат.

9. Литература

- [1] М. Радоњић, Водовод и канализација у зградама, Croatia књига, Загреб, 2003
- [2] Тушар, Б., Кућна канализација, Свеучилиште у Загребу, Грађевински факултет, Загреб, 2001.
- [3] В. Шуштершич, Канализација, скрипта, (приступљено 30.08.2019.)
http://moodle.mfkg.rs/pluginfile.php/104926/mod_resource/content/1/Kanalizacija%20skripta%20za%20predavanja.pdf
- [4] Д. Милићевић, Водовод и канализација зграда: Збирка задатака, АМГ књига, 2018.
- [5] С. Миленковић, Водовод и канализација зграда, АМГ књига, 2007.