

# Održivi sustavi odvodnje

---

Rumenović, Ružica

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:123:781184>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-05**



*Repository / Repozitorij:*

[FCEAG Repository - Repository of the Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy, University of Split](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

# **ZAVRŠNI RAD**

**Ružica Rumenović**

**Split, 2021.**

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

**ODRŽIVI SUSTAVI ODVODNJE**

**Završni rad**

**Split, 2021.**

***Sažetak:***

Na primjeru stvarne potrošnje vode u zgradi unutar sveučilišnog kampusa (zgrada FGAG), potrebno je razmotriti mogućnosti uštede kao i tehnička rješenja koja vode do iste. Nadalje, potrebno je razraditi usvojenu tehničku mjeru do razine idejnog rješenja uz primjenjivanje principa održive odvodnje u izgrađenom okolišu.

***Ključne riječi:***

Zgrada FGAG, prikupljanje kišnice, oporaba kišnice, klimatske promjene, održivi sustavi

## **Sustainable drainage systems**

***Abstract:***

Using the data of actual water consumption within the study case of public building use on University campus in Split (FCEAG), the possibilities of water savings as well as related technical measures will be investigated. The conceptual solution for sustainable drainage system will be provided to insure water savings and functional technical solution.

***Keywords:***

FCEAG, rainwater harvesting, rainwater recovery, climate change, sustainable systems

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**

**FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE**

Split, Matice hrvatske 15

**STUDIJ: PREDDIPLOMSKI SVEUČILIŠNI STUDIJ GRAĐEVINARSTVA**

KANDIDAT: Ružica Rumenović

MATIČNI BROJ (JMBAG): 0083219793 (4536)

KATEDRA: **Katedra za Gospodarenje vodama i zaštita voda**

PREDMET: Vodoopskrba i kanalizacija

### **ZADATAK ZA ZAVRŠNI RAD**

Tema: Održivi sustavi odvodnje

Opis zadatka: Na primjeru stvarne potrošnje vode u zgradi unutar sveučilišnog kampusa (zgrada FGAG), potrebno je razmotriti mogućnosti uštede kao i tehnička rješenja koja vode do iste.

Nadalje, potrebno je razraditi usvojeno tehničku mjeru do razine idejnog rješenja uz primjenjivanje principa održive odvodnje u izgrađenom okolišu.

U Splitu, 09.09.2021.

Voditelj Završnog rada: Doc.dr.sc. Ivo Andrić, dipl.ing.građ.

## SADRŽAJ

---

---

1. Uvod .....	2
2. Kruženje vode u prirodi .....	3
3. Nagle klimatske promjene .....	4
4. Evapotranspiracija .....	7
5. Smanjenje volumena otjecanja i opterećenja onečišćujućih tvari oborinskih voda .....	8
6. Kako upravljati vodama.....	9
7. Postojeće rješenje .....	10
8. Infiltracija i akumulacija infiltrirane vode.....	11
9. Održive mjere upravljanja oborinskih voda u urbanim sredinama.....	12
9.1 Zeleni krovovi .....	14
9.2 Kanali .....	15
9.3 Kišni vrtovi.....	16
9.4 Kišni parkovi.....	17
9.5 Retencijska jezera.....	18
9.6 Parkiralište na spremnicima vode .....	19
10. Idejno rješenje prikupljanja i uporaba kišnice na primjeru zgrade javne uporabe- Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije .....	20
10.1 Tehnički opis .....	20
10.2 Prikaz slivnih i infiltracijskih površina .....	21
10.3 Vodopropusnost i tlačna čvrstoća poroznog betona.....	22
10.4 Mjerodavna oborina .....	23
10.5 Određivanje volumena spremnika.....	25
10.6 Dimenzioniranje .....	26
10.7 Analiza stvarne potrošnje vode .....	28
11 Koristi od sakupljanja kišnice .....	30
13. Zaključak.....	31
14. Literatura.....	32

---

15. Grafički prilozi.....	34
15.1 Prilog- situacija.....	34
15.2 Prilog- uzdužni presjek 1-1.....	34
15.3 Prilog- uzdužni presjek 2-2.....	34

## 1. Uvod

---

Uloga vode je mnogoznačna, ona je ključna potreba svakodnevnice, pokriva više od 70% površine Zemlje. Potrebna je svim organizmima na planeti Zemlji. Stoga, naglasak je na načinu upotrebljavanja tog neprocjenjivog resursa, što ukazuje na mijenjanje načina korištenja i postupanja sa vodom. Voda je postala krajnje određeno otpada. Onečišćenje i prekomjerno iskorištavanje, fizičke promjene vodnih staništa i klimatske promjene, sve više umanjuju kvalitetu pa tako i dostupnost vode.

Ovim radom prikazano je idejno rješenje održivih sustava odvodnje u svrhu uštede pitke vode te ekološkom efektu do kojih može dovesti primjena određenih tehnologija.

Ideja je prikupiti i filtrirati vodu kroz porozne medije, te dovesti istu do spremnika.

Poznato je da postojeći sustavi ne mogu primiti količinu oborina koja padne u kratkom vremenu. Odgovor projekta je da se smanje poplave uslijed velikih količina oborina, te poslije upotrijebe za svakodnevne potrebe.

Upravljanjem vodom i adaptacijom prema nagloj promijeni klime, uporaba kišnice uvelike će utjecati na iskorištavanje vodnih resursa. Implementacijom sustava za zbrinjavanje kišnice, planiranjem i ulaganjem resursa u obnavljanje vodne infrastrukture štiti se cijeli ekosistem. Skupljanje i korištenje kišnice u velikoj mjeri utječe na upotrebu gradske urbane vode. Tehnologija prikupljanja i skladištenja kišnice je vrlo jednostavna. Osnovu tehnologije prikupljanja i infiltracije kišnice čine drenažni sistem kanala za prikupljanje i odvođenje. Za skladištenje kišnice upotrebljavaju se modularni spremnici koji su rađeni od visoko kvalitetnih materijala. Primjena tehnologija, moguća je na svim dostupnim površinama koje dosežu sistem navodnjavanja.



## 2. Kruženje vode u prirodi

Prirodni ciklus vode poznat kao hidrološki ciklus, opisuje kontinuirano kretanje vode na, iznad i ispod površine Zemlje. Voda se kreće u tri oblika kao plin, kapljevina i čvrsta tvar.



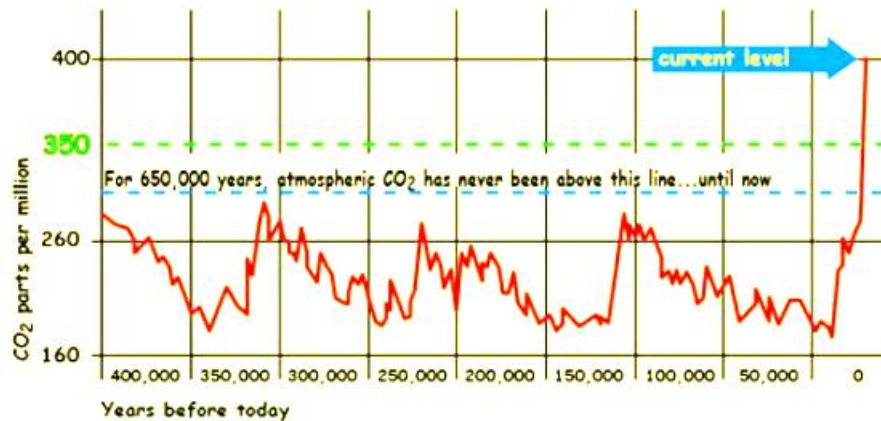
Slika 2.1. Hidrološki ciklus (Science for a changing world, The water cycle, U.S. Geological Survey)

Sunce zagrijava vodu u oceanima. Voda dijelom isparava. Led i snijeg sublimiraju izravno u vodenu paru. Rastuće zračne struje odvođe paru u atmosferu zajedno sa vodom koja je evaporirana iz tekućica i transpirirana iz biljaka. Para se diže tamo gdje su hladnije temperature, te uzrokuje kondenzaciju, time se stvaraju oblaci. Zračne struje pomiču oblake. Čestice se sudaraju, rastu i padaju s neba kao oborine.

Dio otjecanja priteče u rijeke u dolinama krajolika, a protok vode kreće se prema oceanima. Otjecanje i procjeđivanje podzemnih voda akumulira se i pohranjuje kao slatka voda. Ipak, ne slijevaju se sve oborine u rijeke. Većina se upije u zemlju što nazivamo infiltracija. Hidrološki ciklus je proces stalnog kruženja vode na Zemlji.

### 3. Nagle klimatske promjene

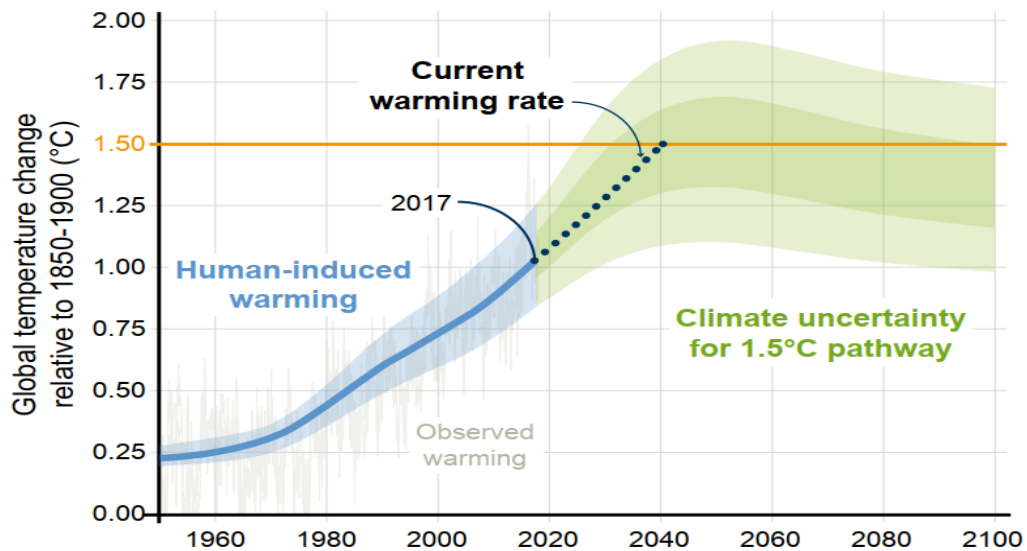
Zemljina atmosfera trenutno sadrži 416 (ppm) ugljičnog dioksida. Sagorijevanjem fosilnih goriva, poput benzina i ugljena, stvara se ugljični dioksid. Povećane količine ugljičnog dioksida, aerosola i ostalih štetnih plinova u zraku čini Zemlju sve toplijom, čineći efekt staklenika (Greenhouse effect). Znanstvenici smatraju količine od 350 (ppm) dijelova mnogo povoljnijim.



**Slika 3.1.** Udio ugljičnog dioksida u atmosferi (Službena stranica NASA, Why is carbon important?)

Tijekom milijun godina Zemljina klima se mijenjala, tako što se zagrijavala i hladila. Međutim, u posljednje vrijeme (zadnjih nekoliko desetaka godina) uspoređujući sa prošlim vremenom Zemlja se brže zagrijava. Globalne temperature porasle su za 2°C u prošlom stoljeću. Posljednjih pet godina bilo je najtoplijih pet godina stoljećima. Klimatska promjena za samo nekoliko stupnjeva °C može imati velik utjecaj na zdravlje ljudi, biljaka i životinja.

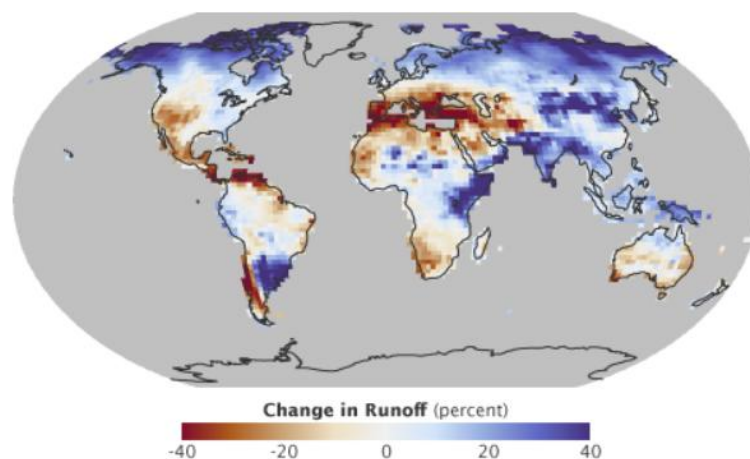
Među najozbiljnijim pitanjima znanosti "O Zemlji i politici zaštite okoliša" s kojima se društvo suočava, potencijalne su promjene u vodnom ciklusu Zemlje zbog klimatskih promjena. Znanstvena zajednica slaže se da nastupaju promjene Zemljine klime i one su odgovor na prirodne varijabilnosti. Uključujući solarnu varijabilnost, sve veće koncentracije stakleničkih plinova i aerosola. Naime, raširen je dogovor da ove promjene mogu duboko utjecati na koncentraciju vodene pare u atmosferi, što rezultira stvaranju oblaka, oblike oborina, otjecanja i protoka vode.



Slika 3.2. Koliko smo blizu 1.5°C? (IPCC)

Što se zapravo događa? Kako donja atmosfera postaje toplija, povećavaju se stope isparavanja, što će rezultirati povećanjem količine vlage koja cirkulira kroz toposferu (donja atmosfera). Uočena posljedica većih koncentracija vodene pare stvara povećanu učestalost intenzivnih oborina, uglavnom na kopnenim područjima. U dijelovima sjeverne hemisfere, dolazak proljetnih uvjeta dovodi do ranijeg topljenja snijega te rezultirajućih riječnih tokova.

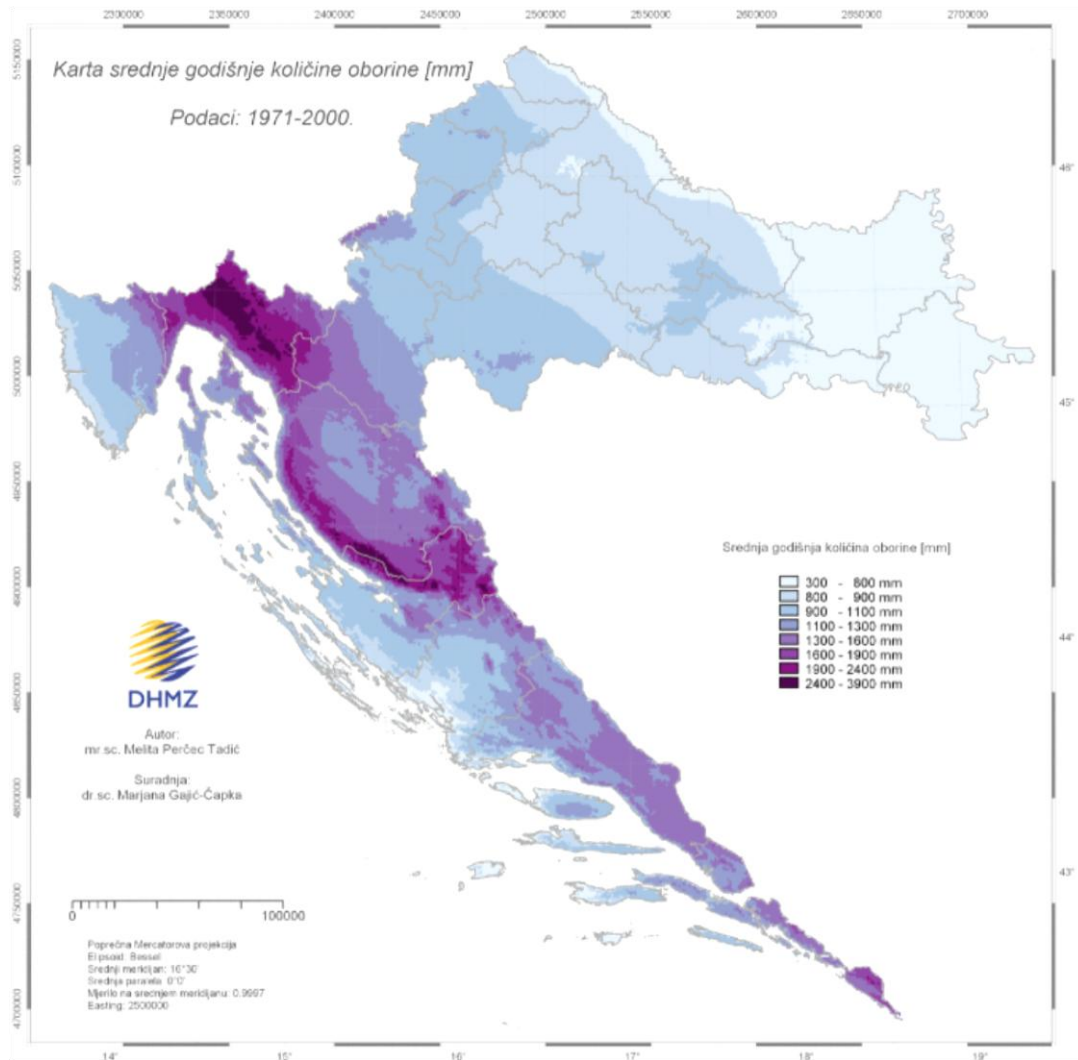
Kao posljedica toga u vremenu najveće potražnje vode, obično ljeto i jesen, nastupa smanjena dostupnost slatke vode. Očekivani učinak klimatskih promjena biti će povećanje intenziteta oborina u kraćem vremenu, padati će veće količine oborina.



Slika 3.3. Promjene u režimu direktnog površinskog otjecanja (IPCC, Laboratorij za geofizičku dinamiku fluida NOAA)

Prikazuje se predviđeni porast otjecanja u plavoj, pad u smeđoj i crvenoj.

Prosječne godišnje količine oborina u Hrvatskoj kreću se od 650 mm do 3.500 mm u istočnoj Slavoniji, te negdje i više npr. u Gorskom kotaru 3.800 mm . Kontinentalni dio koji obuhvaća sjeverni dio Hrvatske do granice između sliva Kupe i Odre, ima najviše oborina u lipnju, a najmanje u veljači.

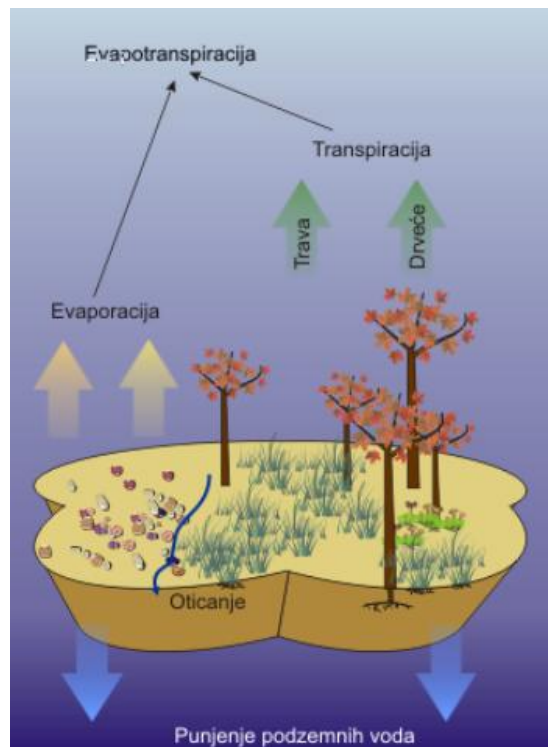


**Slika 3.4.** Prosječne godišnje visine oborina (1971. – 2000.) (Narodne novine, Strategije upravljanja vodom)

Prijelazno područje između kontinentalne i mediteranske klime ima najviše oborina u studenome, a najmanje u veljači, kopneni dio u zaleđu jadranske obale ima obilježje maritimnoga oborinskog režima s najviše oborina u studenome, te najmanje u srpnju. Priobalno područje ima sličan režim kao i zaobalje, samo su količine oborina znatno manje.

## 4. Evapotranspiracija

Evapotranspiracija je proces isparavanja vode s površine tla i biljaka.



Slika 4.1. Evapotranspiracija (Federalni hidrometeorološki zavod)

Evapotranspiracija u Hrvatskoj kreće se u rasponu od 500 do 1000 mm, prosječno 700 mm, prosječno otjecanje od oborina iznosi oko 40%.

Za računanje evapotranspiracije korišteni su podaci iz Državnog hidrometeorološkog zavoda: srednje mjesečne temperature i relativne vlažnosti zraka, te mjesečne količine oborine s meteoroloških postaja u Hrvatskoj. Metoda koristi određene podatke o temperaturi zraka i relativnoj vlažnosti. Uzimajući u obzir brzinu vjetra i geografski položaj postaje zajedno sa maksimalnim kapacitetima tla u površinskom sloju do 20 (cm) i dubljem sloju do 1 (m).

Dobiveni rezultati ukazuju na signifikantan porast godišnjih vrijednosti temperature zraka i potencijalne evapotranspiracije na promatranim postajama.

Analiza evapotranspiracije poslužiti će u danjim proračunima za mjerodavnu oborinu kod dimenzioniranja spremnika.

Primjena proračuna komponenti vodne ravnoteže bitna je u racionalnom gospodarenju s vodom u poljoprivredi i vodnom gospodarstvu.

## **5. Smanjenje volumena otjecanja i opterećenja onečišćujućih tvari oborinskih voda**

---

Tehnički dizajn i operativni rad za korištenje kišnice osmišljen je da može pružiti fleksibilnost upravljanja otjecanja oborinskih voda.

Određivanje veličine spremnika za oborinske vode zahtijeva detaljnu analizu. Analiza uzima u obzir površinu sliva, lokalne obrasce padalina i predviđenu upotrebu vode u zatvorenom i na otvorenom.

Podaci koji su potrebni za određivanje volumena spremnika trebaju biti mjereni kontinuirano. Dostupni su kod ovlaštenih institucija za mjerenje oborina.

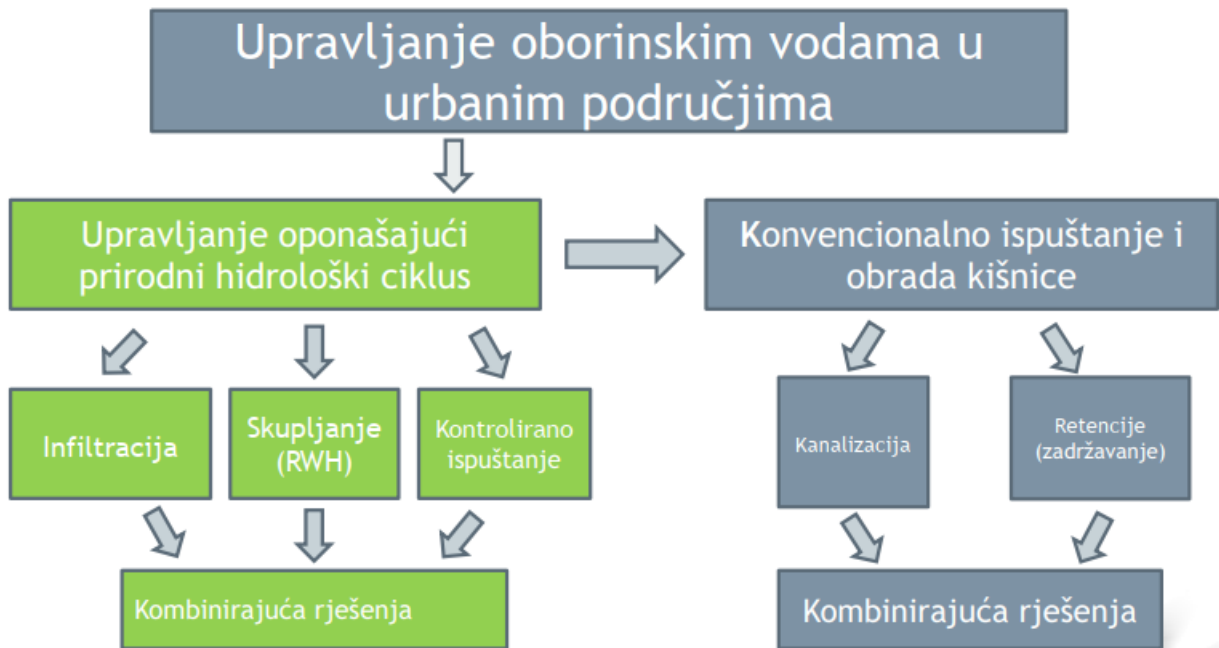
Učinkovitost sustava i upravljanje otjecanjem oborinskih voda ovisi o volumenu spremnika. Specifikacije za prikupljanje kišnice osiguravaju pouzdane količine i metodologije za dimenzioniranje spremnika, koje se temelje na analizi povratnog perioda od 2 godine. Sustavi koji se navode kao rješenje smanjuju površinska otjecanja oborinskih voda i opterećenja od onečišćenja na podzemne vode.

## 6. Kako upravljati vodama

Prikupljanje kišnice je proces prikupljanja, spremanja i distribucije kišnice.

U praksi upravljanje oborinskih voda svrstava se u dvije skupine:

- upravljanje oponašajući prirodni hidrološki ciklus (održive metode.)
- konvencionalno ispuštanje i obrada kišnice (postojeći sustavi)



Slika 6.1. Upravljanje oborinskih voda u urbanim područjima (CWC, Održivo upravljanje oborinskim vodama)

Planiranjem i izvođenjem održivih metoda u urbanim područjima reducira se moguće opterećenje na postojeće sustave uslijed perioda najvećih inteziteta padalina.



## 7. Postojeće rješenje

---

Konvencionalni izvori vode:

- veliki gubici
- stvaranje ugljikov dioksida (zbog gubitaka)
- neracionalna upotreba vode
- neisplativost na dulji period
- rizik od poplava- preopterećenje sustava
- zastarjele cijevi



**Slika 7.1.** Ekstremne kiše i poplave

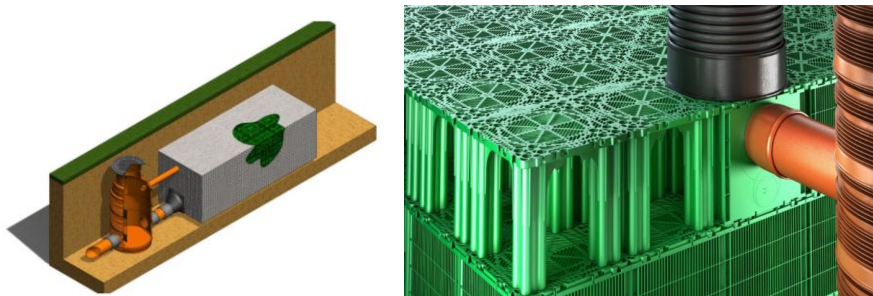


## 8. Infiltracija i akumulacija infiltrirane vode

Gdje tlo ne može apsorbirati svu oborinsku vodu odjednom, posebno u urbanim područjima, nužni su sustavi za infiltraciju oborinskih voda kako bi se spriječile poplave i zaštitile ceste, kuće i druga infrastruktura.

Primjeri sustava za infiltraciju oborina:

1. Sustav za pohranu oborina (rješenje se izvodi sa propusnom površinom)



Slika 8.1. Infiltracija oborinske vode- (Raineo stormbox- katalog Pipelife)

2. Sustav za pohranu oborina (rješenje se izvodi sustavom dovodnih kanala- spremnik je sa svih strana nepropusan zbog hidroizolacijske membrane)

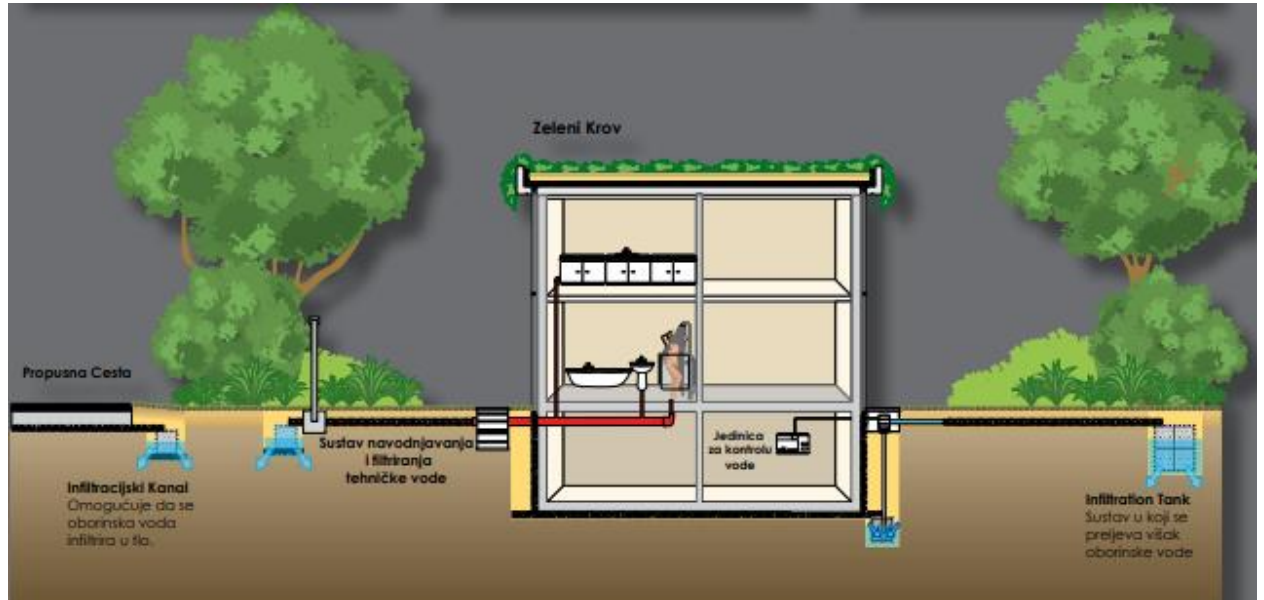


Slika 8.2. Instalacija spremnika za infiltraciju i ponovno korištenje vode (katalog: Atlantis- green cities)

## 9. Održive mjere upravljanja oborinskih voda u urbanim sredinama

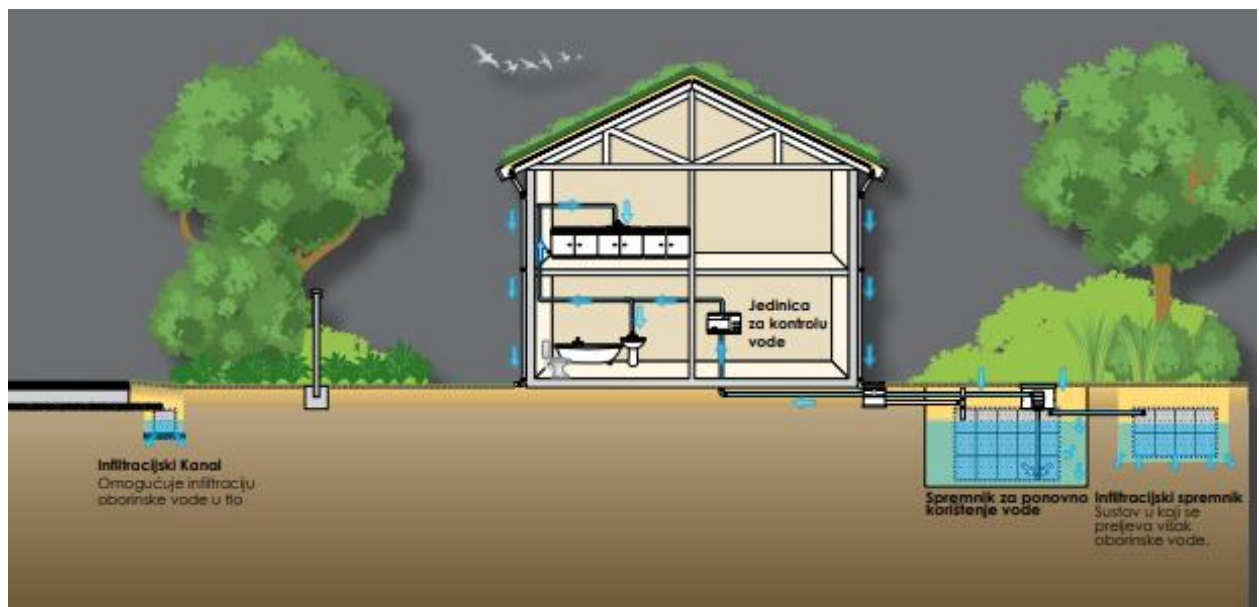
Idejna rješenja sustava:

### 1. Kombinacija infiltracijskog kanala i spremnika.



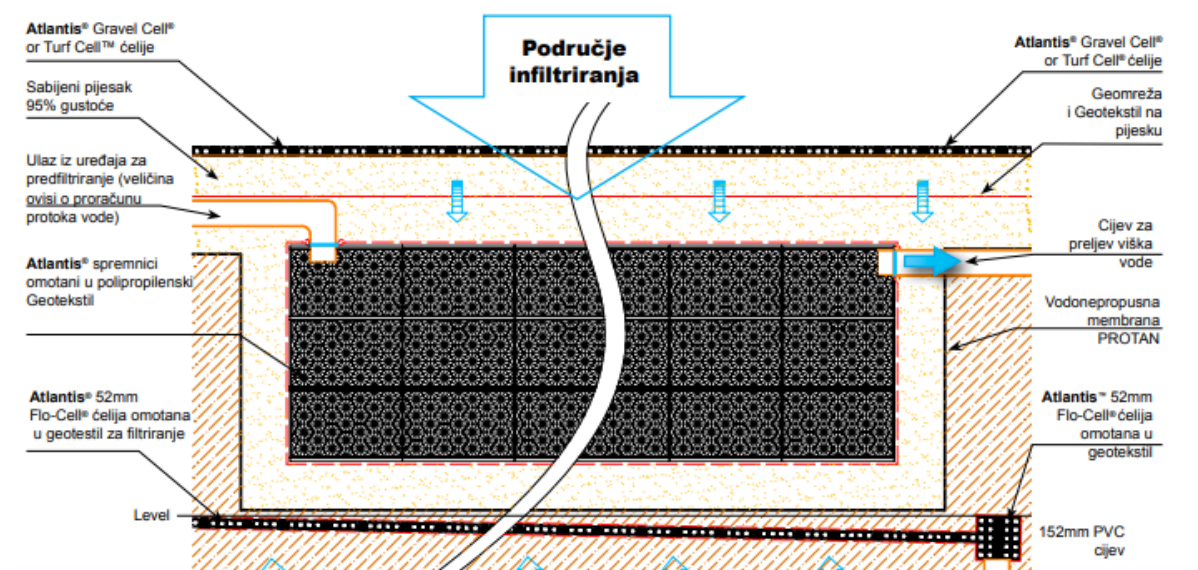
Slika 9.1. Sustav za skupljanje kišnice (katalog Atlantis, rješenje br.1)

2. Spremnik sa nepropusnim dnom. Vodu infiltriranu sa zelenog krova prikuplja se u modularne spremnike. Slojevi iznad razine spremnika su porozni.



Slika 9.2. Sustav za skupljanje kišnice (katalog; Atlantis, rješenje br. 2)

3. Sustav modularnih spremnika koristi tehniku površinske i podzemne infiltracije. Rezultat je voda dobre kvalitete koja se može ponovno iskoristiti ili ispustiti u prirodni vodotok. Primjer prikazuje parkiralište.



Slika 9.3. Sustav za kontrolu podzemnih voda i skladištenje kišnice (katalog; Atlantis)

## 9.1 Zeleni krovovi

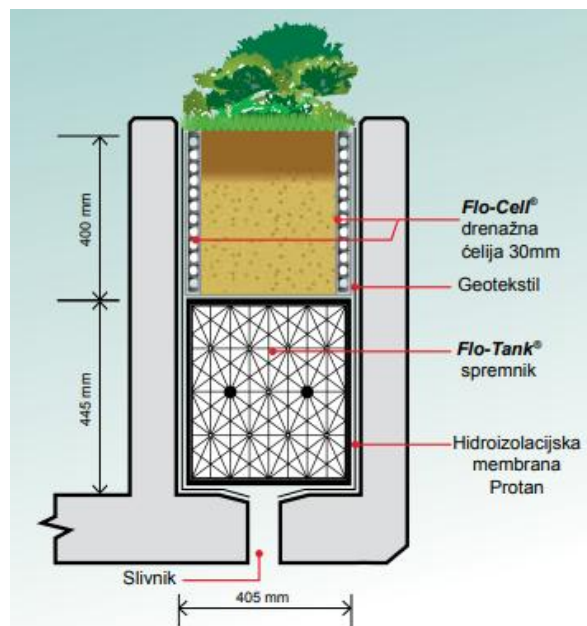
Zeleni krovovi su višeslojni sustavi koji pokrivaju krov zgrade vegetacijom ili zelenim uređenjem drenažnog sloja.

Propusna površina omogućuje kišnici infiltraciju kroz slojeve, rezultat je voda dobre kvalitete.

Prikupljanjem kišnice smanjuje se otjecanje oborinske vode koja ide do krajnjih točaka ispuštanja, omogućena je ponovna upotreba time i ušteda energije.

Neke od prednosti zelenih krovova:

- Proizvodnja kisika
- Smanjenje štetnih emisija CO<sup>2</sup>
- Apsorpcija i transformacija sunčevog svjetla
- Prikupljanje i zadržavanje oborinskih voda
- Smanjenje troškova za energiju (hlađenje i grijanje)
- Stvaranje uvjeta za prirodan okoliš (bioraznolikost)



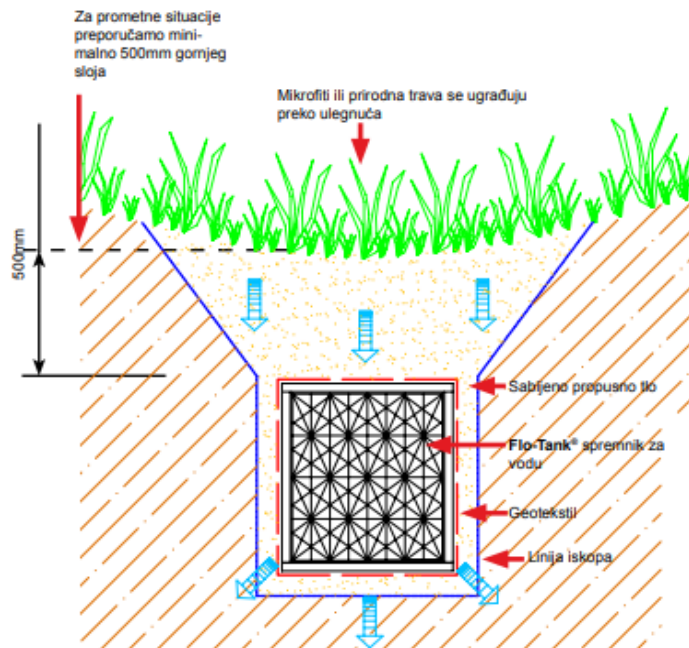
Slika 9.4. Presjek zelenog krova (katalog; Atlantis )



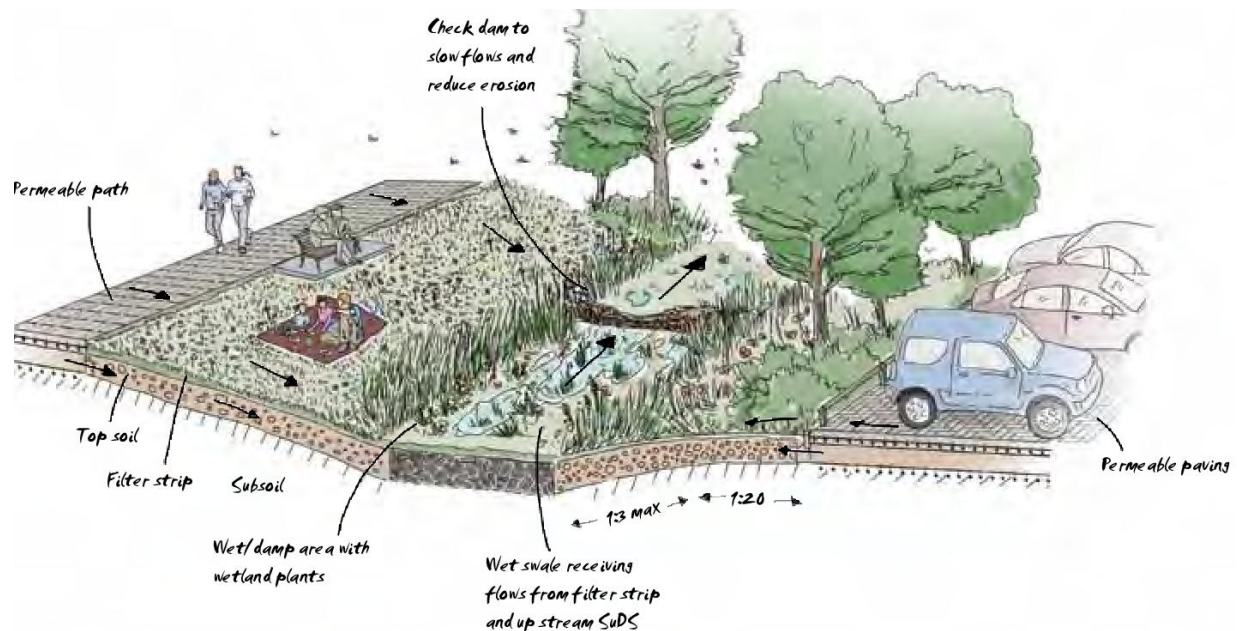
## 9.2 Kanali

Sakuplja površinsku vodu s ceste i umjesto da je transportira do centralnog jezera ili bazena, ovaj sustav pruža kratkotrajne lokalizirane sabirnike tako da se oborinska voda može infiltrirati i time ispustiti ili reciklirati na kontroliran način za potrebe navodnjavanja.

Voda se pročišćava, sprema i reciklira na licu mjesta za razne potrebe.



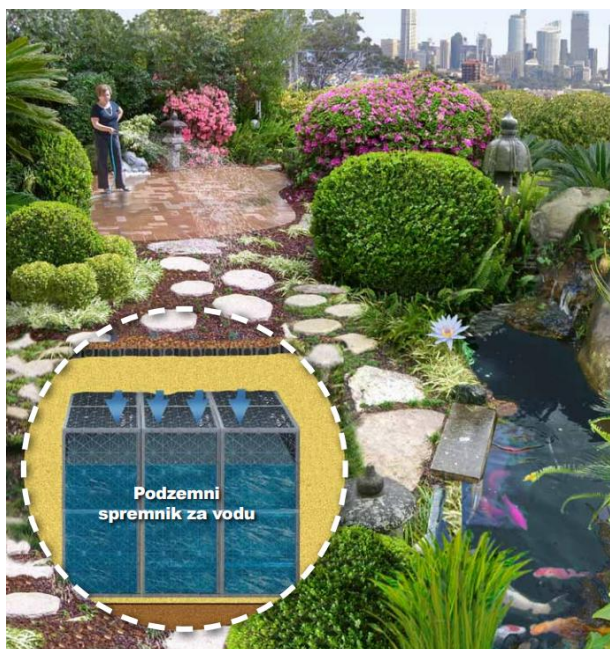
**Slika 9.5.** Rješenje za cestu i površine koje u projektnom rješenju moraju imati plan sprečavanja zadržavanja vode, (katalog; Atlantis)



**Slika 9.6.** Infiltracijske površine u kombinaciji sa održivim drenažnim sustavom (Semantic scholar; Sustainable drainage systems)

### 9.3 Kišni vrtovi

Sastoje se od unutarnjih drenažnih i vanjskih odvoda, krovnih oluka i garigola. Korisni su u sušnim razdobljima.



**Slika 9.7.** Prikupljanje kišnice i aerobna infiltracija (katalog: Atlantis)

## 9.4 Kišni parkovi

---

Urbani šumski parkovi mogu pružiti širok spektar usluga povezanih s hidrologijom i drugih ekosustava. Šume u urbanim sredinama imaju veliku vrijednost ugodnosti, poboljšavaju kvalitetu zraka, poboljšavaju lokalnu mikroklimu, urbane biološke raznolikosti time ublažavaju klimatske promjene .



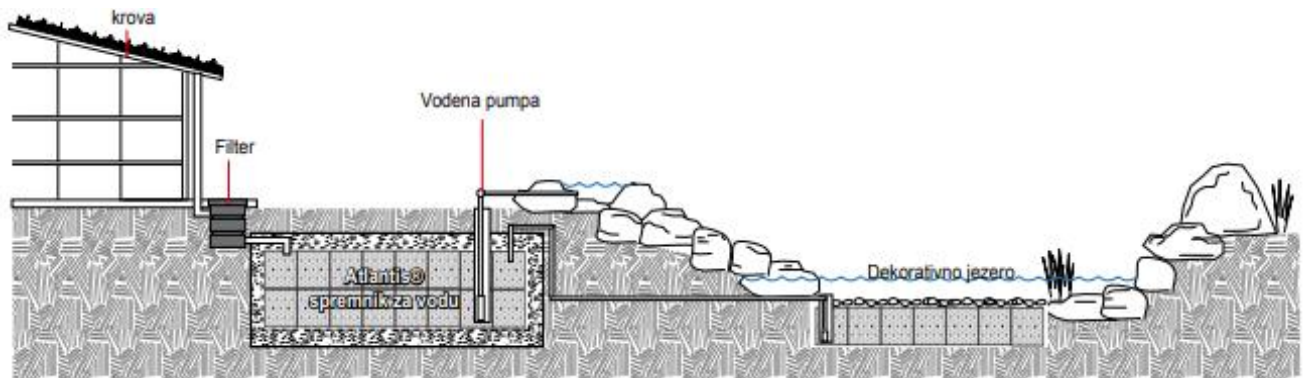
**Slika 9.8.** Snimak šumskog parka, Francuska (Fontainebleau)

Neke od prednosti kišnih vrtova:

- Povećava evapotranspiraciju
- povećava infiltraciju i dopunjava podzemne vode
- smanjuje opterećenje onečišćenja na podzemne vode
- prilagođavanje i ublažavanje klimatskih promjena
- estetska i kulturna vrijednost
- sprema kišnicu u podzemne spremnike

## 9.5 Retencijska jezera

Kombinacija spremnika i kišnog vrta. Voda se filtrira kroz porozne slojeve u spremnik sa nepropusnim dnom. Višak vode preljeva se u dekorativno jezero. Voda u jezeru djelomično se infiltrira u tlo.



Slika 9.9. Dekorativno vrtno jezero (katalog: Atlantis)

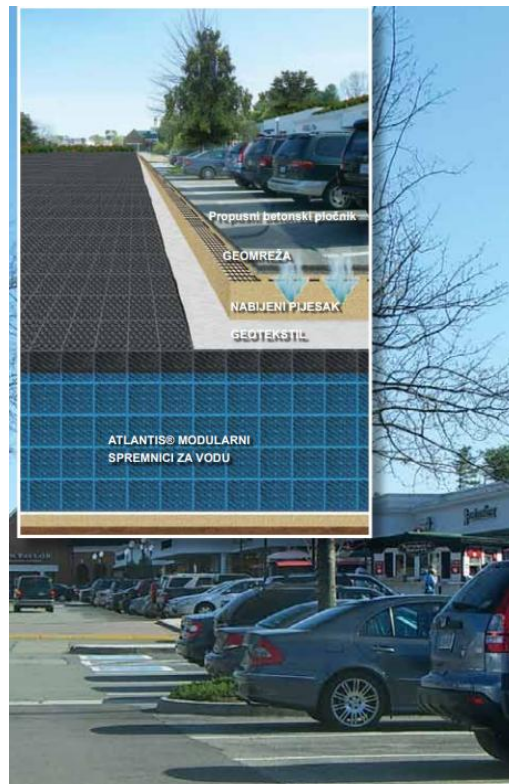


## 9.6 Parkiralište na spremnicima vode

Prikazano je jedno od mogućih konstrukcijskih rješenja infiltracijskog parkinga na modularnim spremnicima. Porozni beton kao završni sloj ima glavnu ulogu da vodu sa betonirane površine propušta u donje slojeve. Prema proračunima otpornosti zahtjeva se minimalna debljina srednjih slojeva. Rješenje zahtjeva stabilizaciju tla u kombinaciji sa geotekstilom ili geomrežom. Debljina nabijenog pijeska kreće se od 300 (mm) do 700 (mm). Ovakvim primjerom postignuta je propusnost tla do spremnika čime je reducirana opasnost tla od sloma.

Prednosti izvođenja poroznih parkinga i modularnih spremnika za akumulaciju kišnice:

- smanjenje oborinskog otjecanja
- poboljšana kvaliteta oborinskih voda
- prihranjivanje rezervi podzemnih voda



**Slika 9.10.** Modularni spremnici za skladištenje vode sa nepropusnim dnom (Green city design, Case Study)

## 10. Idejno rješenje prikupljanja i uporaba kišnice na primjeru zgrade javne uporabe- Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije

---

### 10.1 Tehnički opis

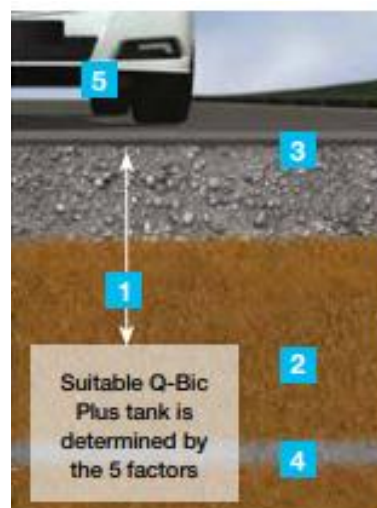
---

Nosivost kolničke konstrukcije mora biti osigurana tako da podnese prometna opterećenja. Akumuliranje vode se postiže podzemnom instalacijom PHD čelijskih jedinica koji imaju određenu poroznost 0.96. Kod izbora geočelijske jedinice treba biti zadovoljen odgovarajući vertikalni i bočni dokaz nosivosti te karakteristike otklona prema određenim uvjetima. Minimalna debljina zatrpavanja za opterećenje sa povremenim prometom vozila je 600 (mm). Orijentacija spremnika mora biti instalirana tako da osigurava maksimalnu nosivost.

Pet glavnih parametara koji utječu na izbor modela:

Glavne stavke prilikom planiranja:

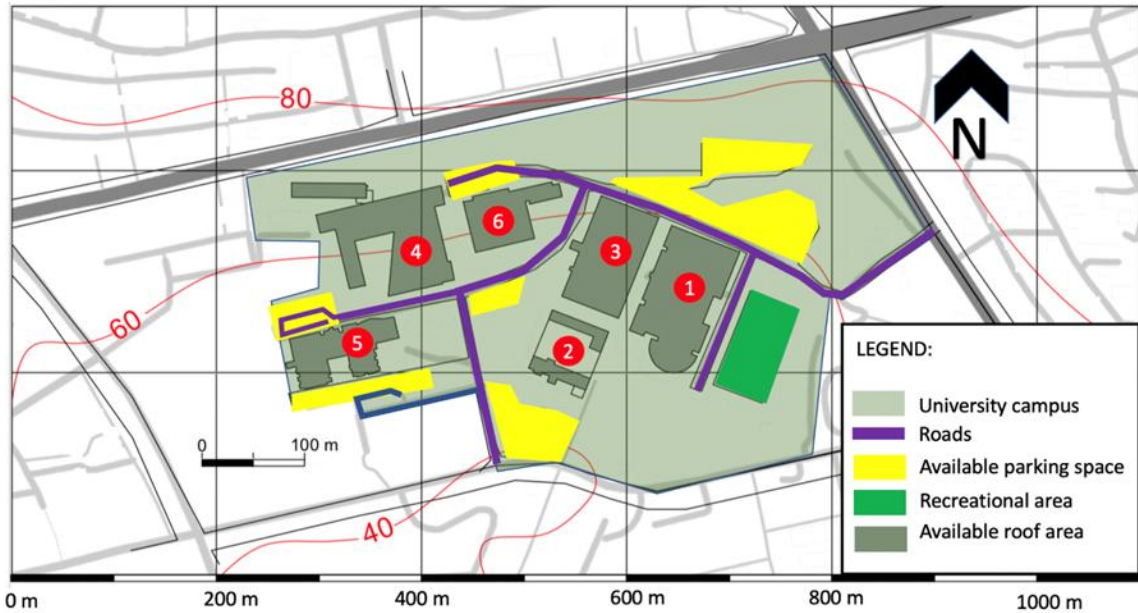
1. Dubina poklopca
2. Vrsta tla
3. Završna obrada površine
4. Prisutnost podzemne vode
5. Vrsta prometa (prije i poslije izgradnje)



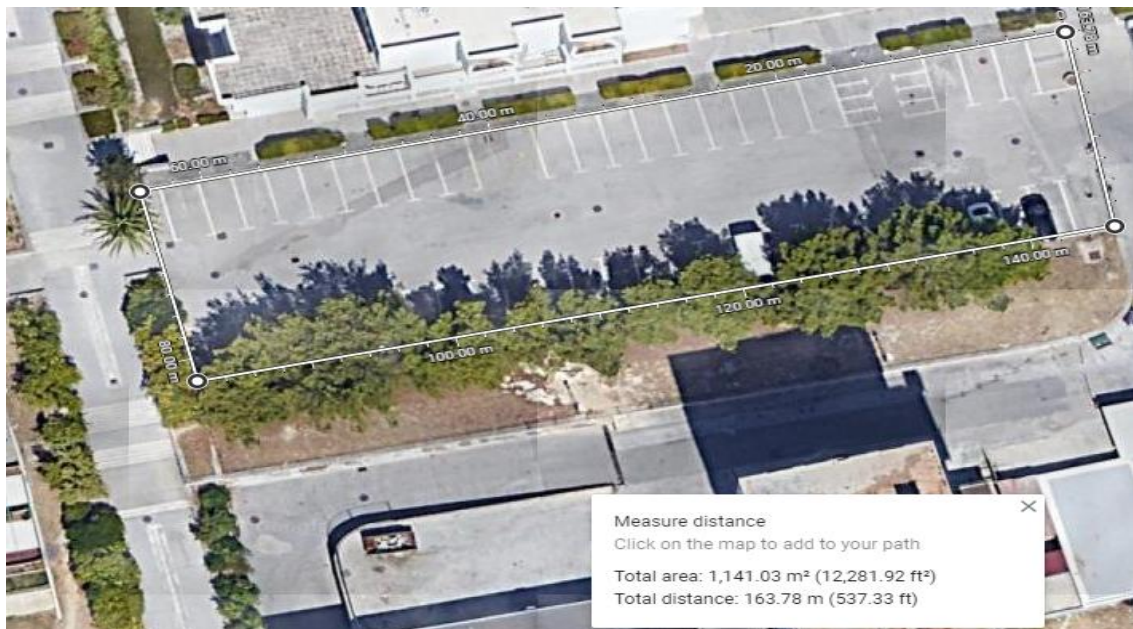
**Slika 10.1.** Grafički prikaz navedenih parametara (Product and installation manual, Wavin)

## 10.2 Prikaz slivnih i infiltracijskih površina

Tlocrt prikazuje kompleks sveučilišta u Splitu. Promatra se slivna površina 5 i infiltracijska površina koja je označena kao parkirna zona (označeno žuto).



Slika 10.2. Sveučilište u Splitu, kampus (Interreg FUA level potential analyses on place-based applicability of RW and WW)



Slika 10.3. Satelitski snimak postojeće situacije parkirališta (Google maps)

### 10.3 Vodopropusnost i tlačna čvrstoća poroznog betona

Brzina vodopropusnosti definirana je sljedećim izrazom (1) na standardiziranom uzorku.

$$K = \frac{aL}{At} \times \ln \frac{h_1}{h_2} \quad (1)$$

gdje je:

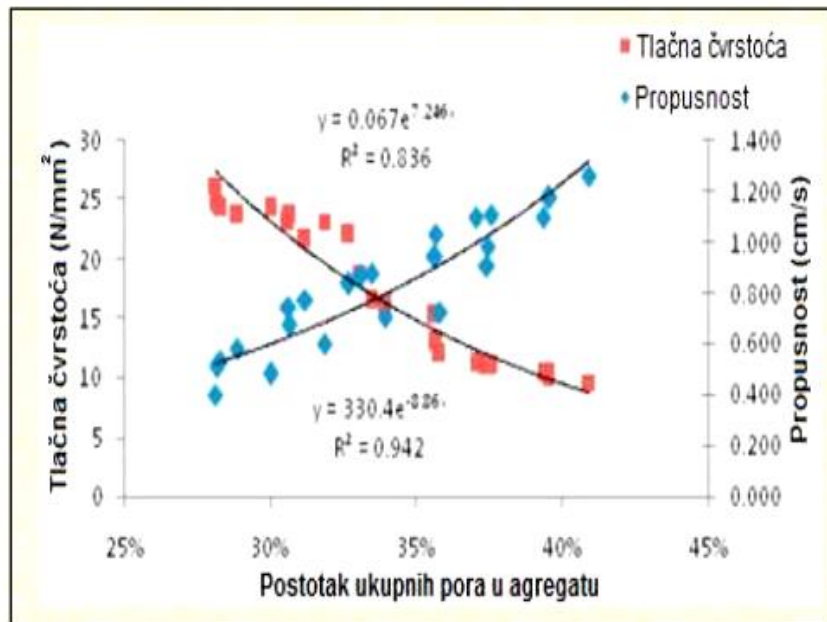
k- koeficijent propusnosti (mm/s)

a-površina cilindrične cijevi (mm<sup>2</sup>)

A-površina uzorka (mm<sup>2</sup>)

L-duljina uzorka (mm)

t- vrijeme potrebno da voda dođe od razine h<sub>1</sub> do razine h<sub>2</sub> (mm/s)

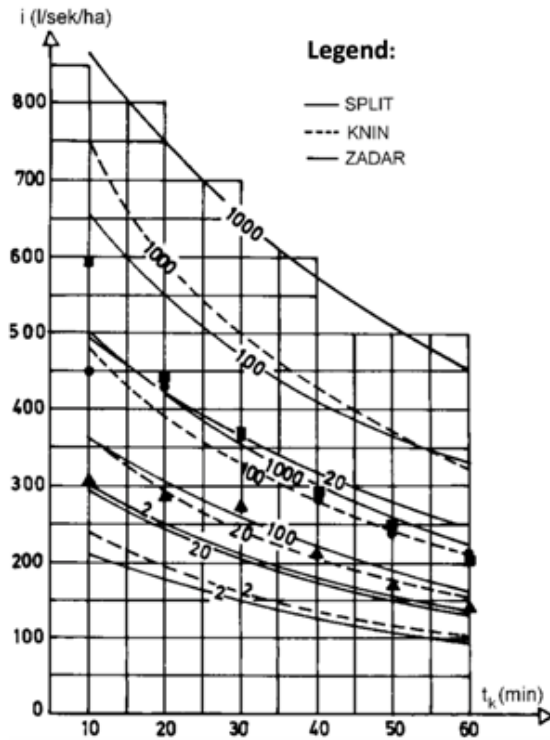


**Slika 10.4.** Optimalna mješavina temeljena na sadržaju šupljina u agregatu, tlačnoj čvrstoći i propusnosti (kolegij GM2, FGAG)

## 10.4 Mjerodavna oborina

Mjerodavna oborina (eng. design storm) definirana je vremenski varijabilnim intezitetom kako bi se što realnije prikazala stvarna oborina.

Za određivanje maksimalnih skladišnih kapaciteta, korišten je povratni period od dvije godine za procjenu inteziteta kiše. Vrijednosti su uzete za vrijeme kišnog događaja od 10 minuta.



Slika 10.5. Intezitet –trajanje oborine-povratni period za Split (Interreg FUA level potential analyses on place-based applicability of RW and WW)

### 10.4.1 Zeleni krov

$$P + L = ET + R + RO \quad (2)$$

P-količina oborina

L- gubitak vlage iz tla

ET- evapotranspiracija

RO- otjecanje

RO- infiltrirano

## 10.4.2 Parkiralište

$$P = R + RO \quad (3)$$

RO- otjecanje

RO- infiltrirano

P- količina oborina

$$RO=c*I*A \quad (m^3/s)$$

$$R=S*A \quad (m^3/s)$$

$$S=P_{bruto}*(1-C) \quad (mm/s/ha)$$

A-površina slivnika (infiltracijska površina)

Maksimalni volumen za otjecanje određen racionalnom formulom (4) uz ostale navedene parametre.

$$V = C * i * A * t \quad (4) \text{ gdje je:}$$

C- koeficijent otjecanja

V- maksimalni volumen ( $m^3$ )

i- intezitet oborine (l/s/ha)

A-površina slivnika ( $m^2$ )

t- trajanje kišnog događaja (s)

**Tablica 10.1.** Mjerodavne količine za dimenzioniranje spremnika

Br.	Područje	Površina ( $m^2$ )	Koeficijent otjecanja	Povratni period (god.)	Intezitet (l/s/ha)	Trajanje(10min) Volumen( $m^3$ )
1.	Krov FGAG	2,463	0.20	2	200	24
2.	Parkiralište FGAG	1,134	0.35	2	200	13.608

UKUPNA ZAPREMINA OBORINA:  $V=37.608 \quad (m^3)$



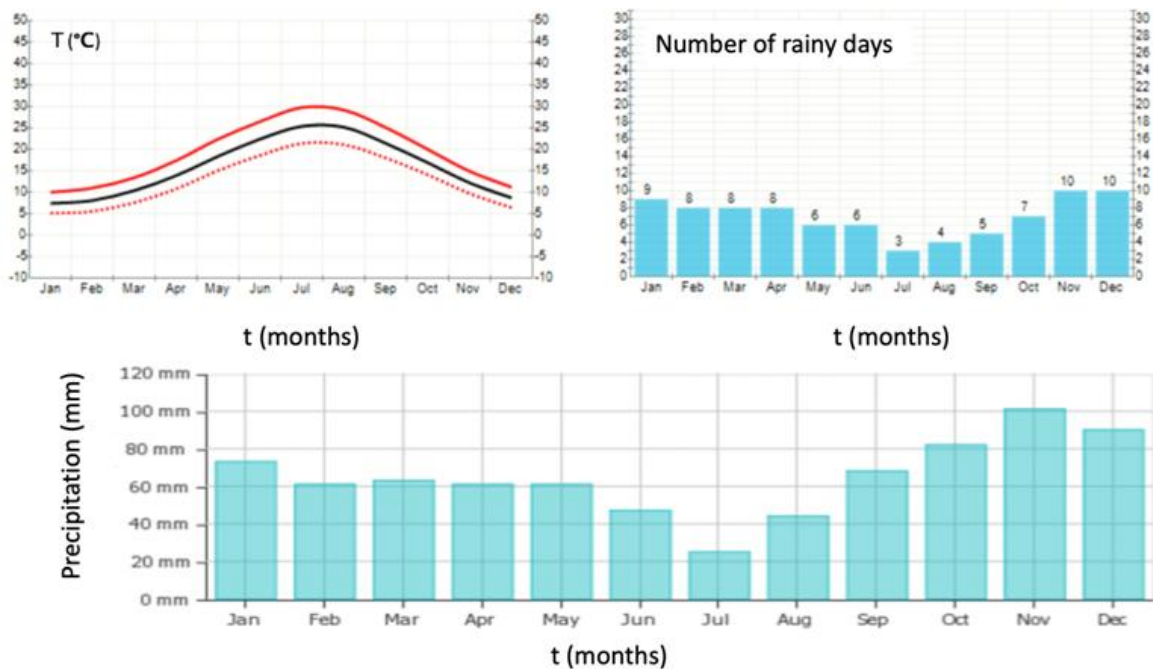
## 10.5 Određivanje volumena spremnika

Prethodno su priloženi podaci za određivanje mjerodavnih količina kišnice. U volumen spremnika treba uključiti količine oborina koje doteku sa krovova i parkirališta kroz poroznu kolničku konstrukciju. Volumen kiše koja doteče sa krova je  $24 \text{ (m}^3\text{)}$ . Količine koje se prikupe na projektnoj površini poroznog parkirališta su  $13.608 \text{ (m}^3\text{)}$ . Voda koja se infiltrira kroz sustav za vrijeme 10 minutnog pljuska inteziteta je  $200 \text{ (mm/s/ha)}$ , što čini mjerodavnu količinu od  $37.608 \text{ (m}^3\text{)}$ .

Volumen modularne jedinice je  $0.8 \times 0.8 \times 0.6 \text{ (m)} = 0,384 \text{ (m}^3\text{)}$

Broj modularnih jedinica  $n=100$

Volumen spremnika  $13.6 \times 0.6 \times 4.8 \text{ (m)} = 39.168 \text{ (m}^3\text{)}$



**Slika 10.6.** Klimatske karakteristike za Split (Interreg FUA level potential analyses on place-based applicability of RW and WW)

## 10.6 Dimenzioniranje

---

Revizijsko okno je standardnih dimenzija  $\varnothing 0.6(m)$ , maksimalni razmak revizijskog okna je  $50(m)$ . U spremnik je predviđeno ugraditi 5 modularnih jedinica koje imaju funkciju revizijskog okna, na istim mjestima spajati će se odvodne i dovodne drenažne cijevi kao i preljev.

Betonsko okno- otvor standardnih dimenzija  $\varnothing 0.6(m)$ , ukupna širina  $1(m)$ .

U betonsko okno instaliran je crpni agregat, dvije potopne crpke koje osiguravaju kontinuirano dizanje vode iz akumulacije u naglavni spremnik na krovu, po potrebi osiguravaju tlak za navodnjavanje zelenih površina.

Odvodna i dovodna drenažna cijevi, kao i preljev dimenzionirane su preko formule (5)

$$Q = v \cdot A, (5)$$

koristeći se ponudom normiranih dimenzija od proizvoljnih proizvođača.

U proračun je uzet u obzir koeficijent hrapavosti cijevi te preko tablice određena optimalna veličina.

Tehničko rješenje sakupljanja vode sa poroznog parkinga odvija se kroz dvije drenažne cijevi koje su položene ispod parkirne površine, cijev je povezana na dva mjesta sa spremnikom. Slivne površine na parkiralištu usmjerene su prema dvjema drenažnim cijevima Nagib slivnika je  $0.5\%$ . Perforacija drenažne cijevi je  $2\pi r$ .

Odvodna cijev spaja spremnik sa betonskim oknom u kojem crpka crpi vodu iz modularnog spremnika do naglavnog spremnika koji se nalazi na krovu fakulteta.

Naglavni spremnik je povezan sa dotokom vode uslijed sušnih razdoblja. Naglavni spremnik biti će direktno povezan sa uređajima za ispiranje.

Dimenzije cijevi:

- preljevna PEHD  $\varnothing 200$  (mm)
- dovodna cijev koja prikuplja vodu sa krova  $\varnothing 100$  (mm)
- cijev koja spaja potopnu crpku sa spremnikom PEHD  $\varnothing 100$  (mm)
- drenažne cijevi  $\varnothing 100$  (mm)



Priložene tablice za dimenzioniranje cijevi:

**Tablica 10.2.** Standardne dimenzije PEHD cijevi (kolegij: Vodoopskrba i kanalizacija)

5.0 ‰ (1 : 200)	DN, k(mm), Q(l/s), v(m/s)									
	$k_s = 1.50$		$k_s = 0.75$		$k_s = 0.50$		$k_s = 0.25$		$k = 0.10$	
	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v	Q	v
<b>DN</b>										
<b>100</b>	3.7	0.47	4.1	0.52	4.3	0.55	4.7	0.59	5.0	0.64
<b>125</b>	6.7	0.54	7.4	0.60	7.8	0.64	8.5	0.69	9.1	0.74
<b>150</b>	10.9	0.62	12.1	0.68	12.7	0.72	13.7	0.78	14.6	0.84
<b>200</b>	23.5	0.75	25.9	0.83	27.3	0.87	29.4	0.94	31.7	1.01
<b>250</b>	42.6	0.87	46.9	0.95	49.3	1.00	53.1	1.08	57.1	1.16

**Tablica 10.3.** Standardne dimenzije PE drenažnih cijevi (katalog: Vodoplast)

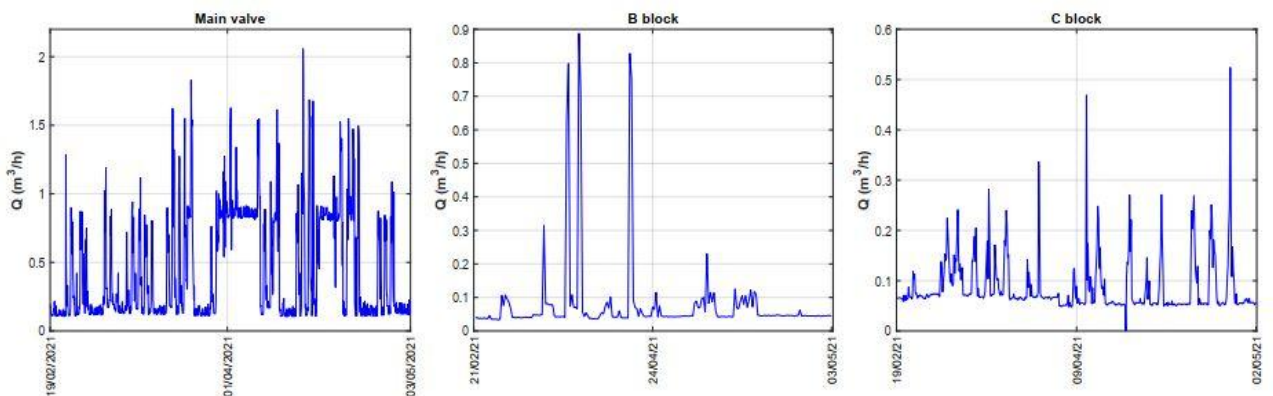
Nazivni promjer cijevi	Vanjski promjer cijevi (mm)	Unutarnji promjer cijevi (mm)	Broj perforacija	Stvarna površina za ulaz vode (cm <sup>2</sup> /m)	Dimenzije koluta			
					Dužina cijevi (m)	Unutarnji promjer (m)	Vanjski promjer (m)	Sirina (m)
50	50 ±0,5	44,0	8	35,2 – 47,0	50	0,48	1,3	0,32
65	65 ±0,5	58,0	8	33,1 – 44,2	50	0,53	1,4	0,36
80	80 ±0,5	71,5	8	29,2 – 45,4	50	0,53	1,4	0,45
100	100 ±0,5	91,0	8	26,9 – 42,0	50	0,63	1,4	0,45

## 10.7 Analiza stvarne potrošnje vode

Na temelju implementacije IoT-a za pametne zgrade (IoT Deployment for Smart Building) priloženi su grafovi stvarne potrošnje vode na tri lokacije u zgradi javne uporabe Fakulteta građevinarstva, arhitekture i geodezije. Prvi vodomjer mjeri ukupni protok vode, dok druga dva mjere protok u zgradama B i C. Mjerači vode omogućuju prijenos informacija od točke gdje je postavljen uređaj do centraliziranog sustava. Provedena je analiza potrošnje vode od prikupljenih vrijednosti potrošnje vode po satu u svakoj zgradi.

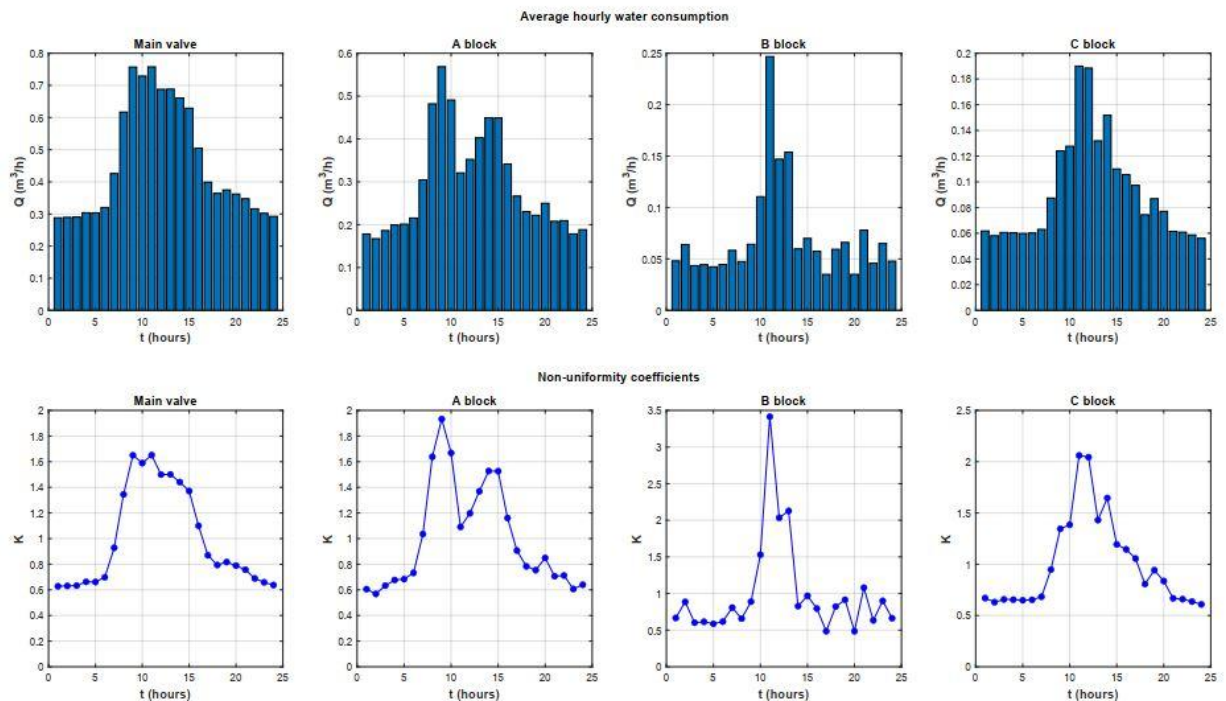


Slika 10.7. Prikaz položaja vodomjera (izvor: Deployment for Smart Building: Water Consumption Analysis)



Slika 10.8. Mjerena potrošnja vode na tri uređaja (izvor: Deployment for Smart Building: Water Consumption Analysis)

Grafovi prikazuju neravnomjernu potrošnju vode tijekom dana. Prvi graf prikazuje ukupnu potrošnju, dok druga dva grafa prikazuju potrošnju u zgradama B i C. Vrh potrošnje u zgradi A kreće se od 9h do 12h. U zgradama B i C između 11h i 12h. Varijabilnost potrošnje vode izražava se sa koeficijentom neravnomjernosti, što ukazuje na odstupanje od srednje vrijednosti. Gubici se očituju u vrijeme kada se ne očekuje potrošnja. Ako se uzme u obzir potrošnja na glavnom ventilu vidi se relativna konstantna vrijednost gubitaka.

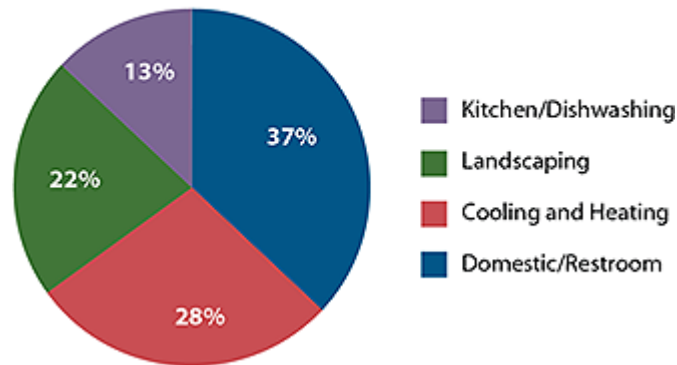


**Slika 10.9.** Pregled prosječne satne potrošnje vode i koeficijenata neujednačenosti u cijelom objektu i posebno za zgrade A, B i C (izvor: Deployment for Smart Building: Water Consumption Analysis)

Histogram prikazuje učestalost pojavljivanja potrošnje određene vrijednosti. Krivulje trajanja bilježe najveće trajanje tj. kumulativnu učestalost potrošnje najveće pojave. Oba stava potvrđuju postojanje gubitaka u sustavu čije vrijednosti doprinose većoj pojavi potrošnje jednake vrijednosti gubitaka.

Koristeći se podacima i imajući uvid u stvarnu potrošnju, zajedno sa gubicima, dobiju se ukupne količine konzumacije iz postojećeg sustava. Uz pomoć postavljenih uređaja ostvaruje se mogućnost provjere i planiranja rješenja u cilju poboljšanja sustava.

### End Uses of Water in Office Buildings



Slika 10.10. Pregled potrošnje po kategorijama u zgradama javne uporabe

Plan prikupljanja oborina sa zelenog krova i infiltracijskog parkinga dovodi do jednog od rješenja. Kako je naglašeno u poglavljima prije, sustav bi bio spojen na uređaje za ispiranje, primjenom sustava planira se uštedjeti do 30 % od ukupne potrošnje.

## 11 Koristi od sakupljanja kišnice

---

Kišnica je relativno čista i njena kvaliteta je obično dovoljna za mnoge primjene sa minimalnim tretmanima. Karakterizira ju mala slanost, time se može upotrijebiti gdje je potrebna demineralizirana voda npr. za pranje rublje, ispiranje, hlađenje, također u industriji i agrikulturi. Primjenom tehnologije može se uštedjeti do 50 % potrošnje pitke vode u domaćinstvu, smanjiti trošak energije za hlađenje (1 m<sup>3</sup> evaporirane kišnice oslobađa 680 kWh energije), opterećenje mješovite kanalizacije, poplave u urbanim područjima, smanjuje troškove i pridonosi neovisnosti u opskrbi vodom.

### 13. Zaključak

---

U zgradi javne uporabe Fakulteta građevinarstva, arhitekture i geodezije idejnim rješenjem prikazane su glavne komponente sustava. Spremnik sastavljen od modularnih elemenata skladišti kišnicu prikupljenu preko zelenog krova i infiltracijske površine parkinga. Infiltracijska površina podijeljena je na površinu koja se nalazi iznad spremnika gdje se kišnica procjeđuje kroz slojeve time direktno ulazi u spremnik. Ostala porozna kolnička konstrukcija dijeli se na četiri slivne površine nagiba 0.5% koje su usmjerene prema dvjema drenažnim cijevima sa istim nagibom prema spremniku. Vodu crpi potopna crpka do naglavnog spremnika. Plan položaja naglavnog spremnika je prema planu na zgradi A. Prikupljene količine oborine iz naglavnog spremnika direktno otječu u uređaje za ispiranje i navodnjavanje okolnih ozelenjenih površina. Opskrba vode uslijed suša planirana je iz postojeće vodne mreže.

Motivacija ovog idejnog rješenja je ušteda pitke vode iz konvencionalnih izvora, smanjenje površinskog otjecanja sa javnih površina time i manja mogućnost zadržavanja vode kod većih inteziteta oborina, povećanje evapotranspiracije, smanjenje ambijentalne temperature, smanjenje topline zgrada i smanjenje troškova za energiju. Implementacijom rješenja održivih sustava utječemo na vrijeme promjene klime.

Postojeća rješenja su prikladna na razini gdje bi iskorištavali vodni resurs uzimajući u obzir njenu dostupnost. Ukoliko se voda troši iz konvencionalnih izvora za potrebe koje ne zahtijevaju njenu sanitarnu ispravnost, sveukupna potrošnja vode može kompromitirati njenu dostupnost. Sustavi kojima se koristimo su zastarjeli i potrebna im je obnova, gubici vode u Hrvatskoj u prosjeku iznose 40 % od ukupne potrošnje.

Smanjenjem gubitaka vode, sustavi opskrbe postaju otporniji, ekonomičniji i prihvatljiviji za okoliš, stoga svaka intervencija u postojeći sustav mora imati za cilj i upravljanje gubicima zbog ekoloških, zdravstvenih, i sigurnosnih razloga opskrbe. Upravljanjem vodnom infrastrukturom vodi ka jačanju održivosti življenja i sigurnosti okoliša.

## 14. Literatura

---

- (1) CWC Interreg CENTRAL EUROPE;  
“<https://www.interreg-central.eu/Content.Node/CWC.html>”
- (2) Margeta, Jure; CWC Interreg CENTRAL EUROPE, Gubici i učinkovitost u vodoopskrbnom sustavu; 2020.
- (3) Andrić, Ivo; CWC Interreg CENTRAL EUROPE, Održivo upravljanje oborinskim vodama; 2020.
- (4) Vrsalović, Adrijana \* , Andrić, Ivo Perković, Toni Petar \* , Šolić, Petar; Deployment for Smart Building: Water Consumption Analysis; 2021.
- (5) Autor: prof. dipl. ing. Juradin, Sandra; Specijalni beton, nastavni materijal iz GM2
- (6) NASA, earth observatory; The water cycle and climate change; 2010.  
“<https://earthobservatory.nasa.gov/features/Water/page3.php>”
- (7) Kovačević, Alma; Centar za ekologiju i energiju; Održivo upravljanje kišnicom, uputstvo za infiltraciju i korištenje; 2012.  
“<https://docplayer.org/21495244-Odrzivo-upravljanje-kisnicom-uputstvo-za-infiltraciju-i-koristenje.html>”
- (8) Product and installation manual, Q-bic Plus, Stormwater management System, Wavin; 2017.  
“[file:///C:/Users/DELL/Downloads/06410\\_005\\_WAV\\_QBic-Plus-Campaign\\_PI-Manual\\_AW-LOW-RES.pdf](file:///C:/Users/DELL/Downloads/06410_005_WAV_QBic-Plus-Campaign_PI-Manual_AW-LOW-RES.pdf)”
- (9) Radelja, Ivona; Utjecaj različitih razreda drobljenog agregata na svojstva poroznog betona; 2015. “<https://repozitorij.gradst.unist.hr/islandora/object/gradst:62/datastream/PDF>”
- (10) European Enviroment Agency; 2021,  
“<https://www.eea.europa.eu/publications/nature-based-solutions-in-europe>”
- (11) Unitet States Environmental protection agency; 2013,  
“<https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-11/documents/rainharvesting.pdf>”
- (12) Hrvatsko agrometerološko društvo; Zaštita okoliša i šumski požari; 2014.  
“<http://www.hagmd.hr/ezbornik3/files/assets/downloads/page0023.pdf>”
- (13) Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC);  
“[https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15\\_Chapter1\\_Low\\_Res.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_Chapter1_Low_Res.pdf)”
- (14) A guide to support the selection , design and implementation of natural water retention measures in Europe; 2014.

- [“http://nwrn.eu/guide/files/assets/basic-html/index.html#28”](http://nwrn.eu/guide/files/assets/basic-html/index.html#28)
- (15) Individual NWRM ; Urban forest parks;2013.  
[“http://nwrn.eu/sites/default/files/nwrn\\_researches/f11 - urban forest parks 0.pdf”](http://nwrn.eu/sites/default/files/nwrn_researches/f11_-_urban_forest_parks_0.pdf)
- (16) Državni hidrometeorološki zavod;  
[“https://meteo.hr/klima.php?section=klima\\_hrvatska&param=k1\\_7”](https://meteo.hr/klima.php?section=klima_hrvatska&param=k1_7)
- (17) Felja, Melani; Ćosić, Krunoslav; Netinger, Ivanka; Primjena poroznog betona u kolničkim konstrukcijama;  
[“file:///C:/Users/DELL/Downloads/Felja\\_Cosic\\_Netinger.pdf”](file:///C:/Users/DELL/Downloads/Felja_Cosic_Netinger.pdf)
- (18) Frankische; Construction industry; Drainage systems;  
[“https://www.fraenkische.com/en/product/rigofill-st-blockhalbblock?context=drainage-systems”](https://www.fraenkische.com/en/product/rigofill-st-blockhalbblock?context=drainage-systems)
- (19) Sakupljanje kišnice u podzemne spremnike za vodu;  
[“https://webgradnja.hr/clanci/sakupljanje-kisnice-u-podzemne-spremnike-za-vodu/590”](https://webgradnja.hr/clanci/sakupljanje-kisnice-u-podzemne-spremnike-za-vodu/590)
- (20) Frankische; Rigo collect quench water storage; Stormwater harvesting;  
[“https://www.fraenkische.com/en/product/rigocollect-system-nutzung?context=harvesting”](https://www.fraenkische.com/en/product/rigocollect-system-nutzung?context=harvesting)
- (21) Prof.dr.sc.Vuković, Živko, dipl.ing.građ.,Bekić,Damir,dipl.ing.građ; PVC cijevi za odvodnju,2005.  
[“https://www.pipelife.hr/content/dam/pipelife/croatia/marketing/dokumenti/katalozi/niskogradnja/odvodnja/pvc-katalog.pdf”](https://www.pipelife.hr/content/dam/pipelife/croatia/marketing/dokumenti/katalozi/niskogradnja/odvodnja/pvc-katalog.pdf)
- (22) National pump and energy;  
[“https://www.nationalpump.com.au/calculators/pumping-terminology/”](https://www.nationalpump.com.au/calculators/pumping-terminology/)
- (23) Interreg Mediteran, CASTWATER,Primjeri najbolje prakse;2016.  
[“https://www.biogradnamoru.hr/images/castwater/CASTWATER%20Primjeri%20najbolje%20Oprakse.pdf”](https://www.biogradnamoru.hr/images/castwater/CASTWATER%20Primjeri%20najbolje%20Oprakse.pdf)
- (24) Riverside country flood control and water conservation district; Low impact development;  
[“https://rcflood.org/I-Want-To/Learn-About/Low-Impact-Development”](https://rcflood.org/I-Want-To/Learn-About/Low-Impact-Development)

## **15. Grafički prilozi**

---

---

15.1 Prilog- situacija

---

15.2 Prilog- uzdužni presjek 1-1

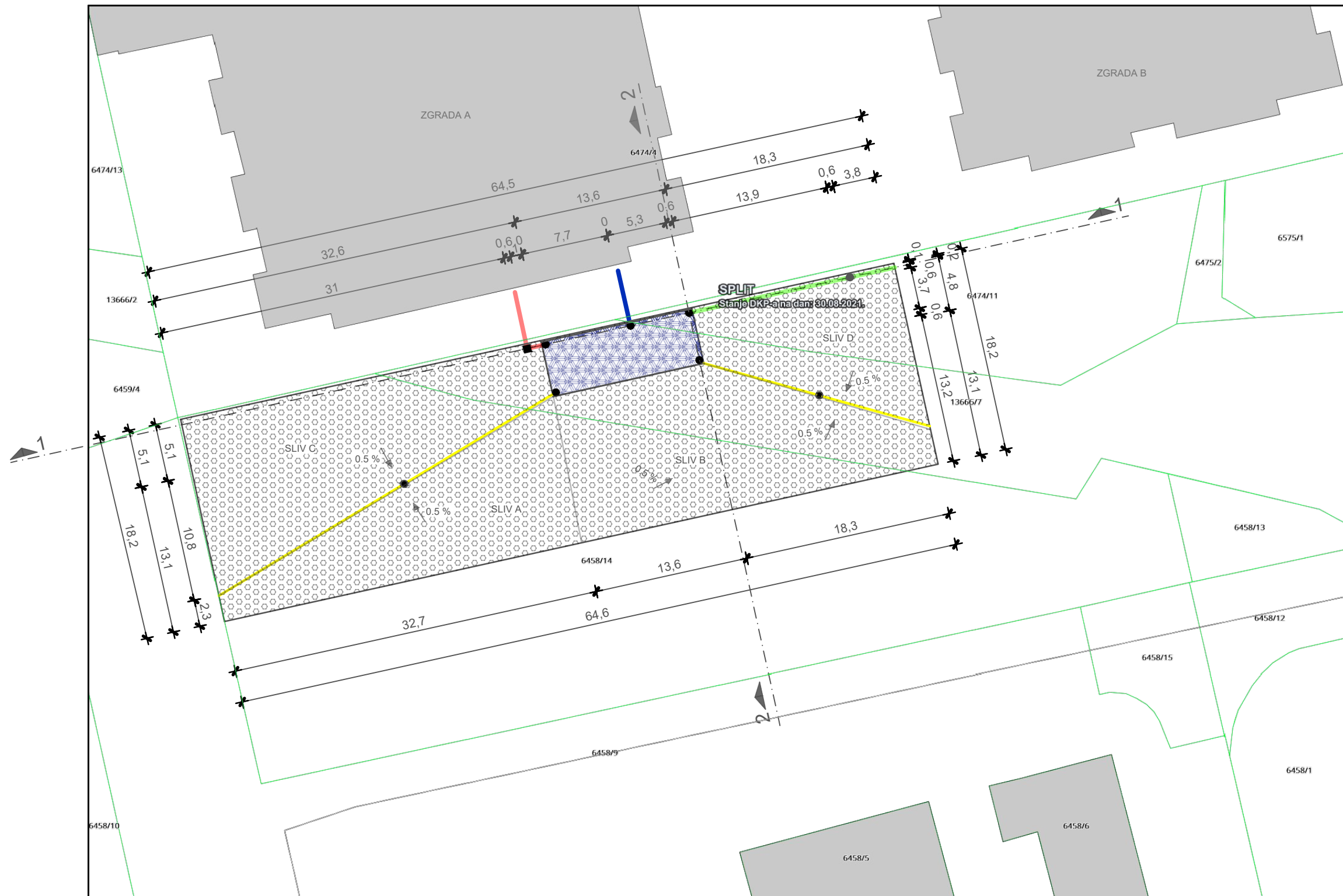
---

15.3 Prilog- uzdužni presjek 2-2


---



# SITUACIJA



## LEGENDA:

-  INFILTRACIJSKA POVRŠINA
-  RIGOFILL SPREMNIK
-  PRELJEV
-  CIJEV ZA PRIKUPLJANJE OBORINE SA ZELENOG KROVA
-  DRENAŽNA CIJEV ZA PRIKUPLJANJE INFILTRIRANE VODE SA PARKIRALIŠTA
-  BETONSKO OKNO
-  REVIZIJSKO OKNO
-  ODVOD U NAGLAVNI SPREMNIK
-  INFILTRACIJSKA POVRŠINA

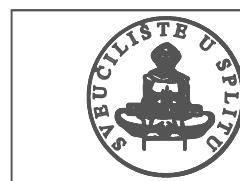
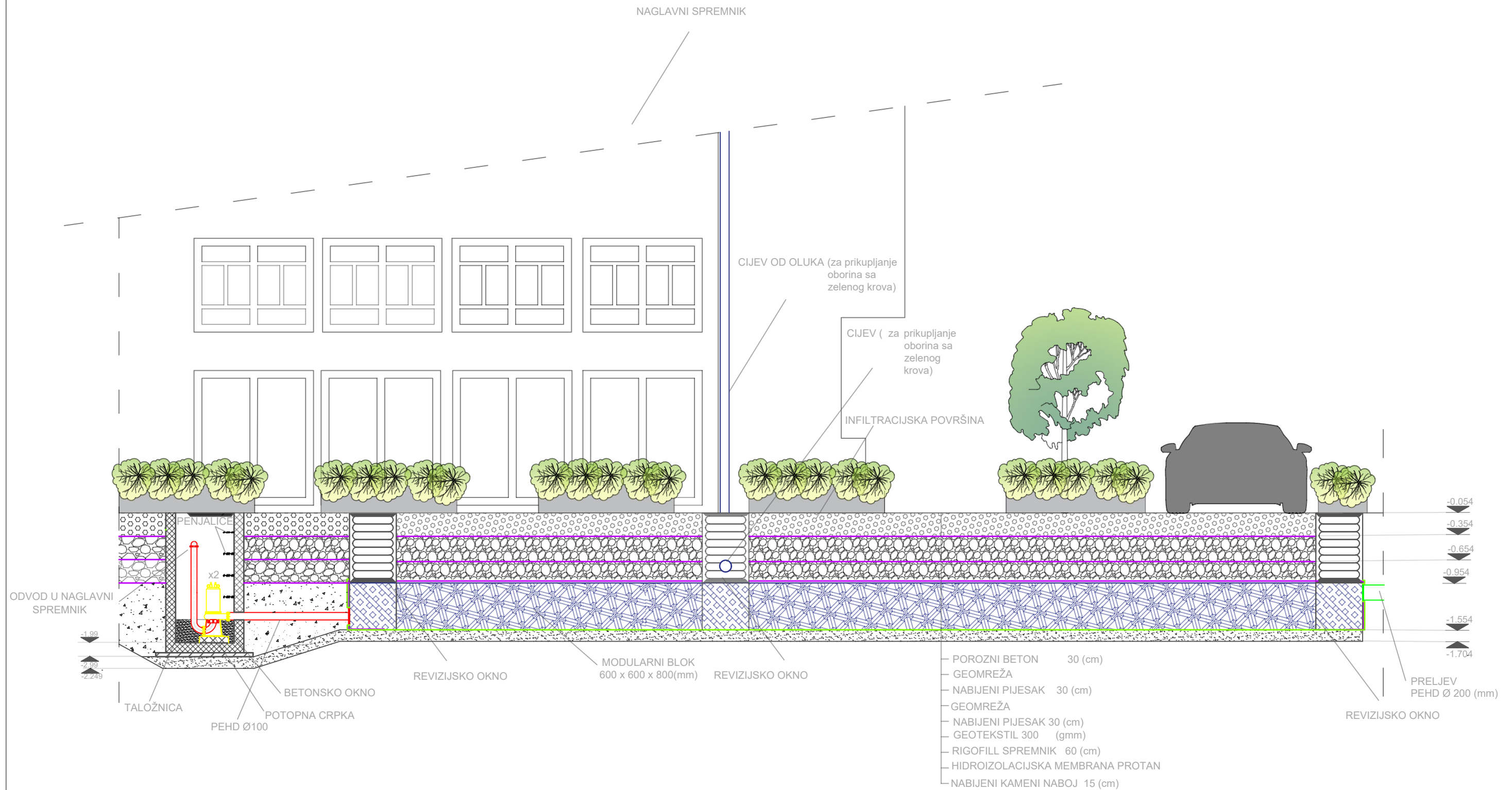
IZVOR:geoportal.dgu.hr



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
 GRADEVINSKO - ARHITEKTONSKI FAKULTET  
 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Vodoopskrba i kanalizacija	
TEMA:	ODRŽIVI SUSTAVI ODVODNJE
STUDENT: Ružica Rumenović	MENTOR: Doc.dr.sc. Ivo Andrić, dipl.ing.grad.
SADRŽAJ: Situacija	MJERILO MJ 1:125
DATUM: rujan 2021.	BROJ PRILOGA 1

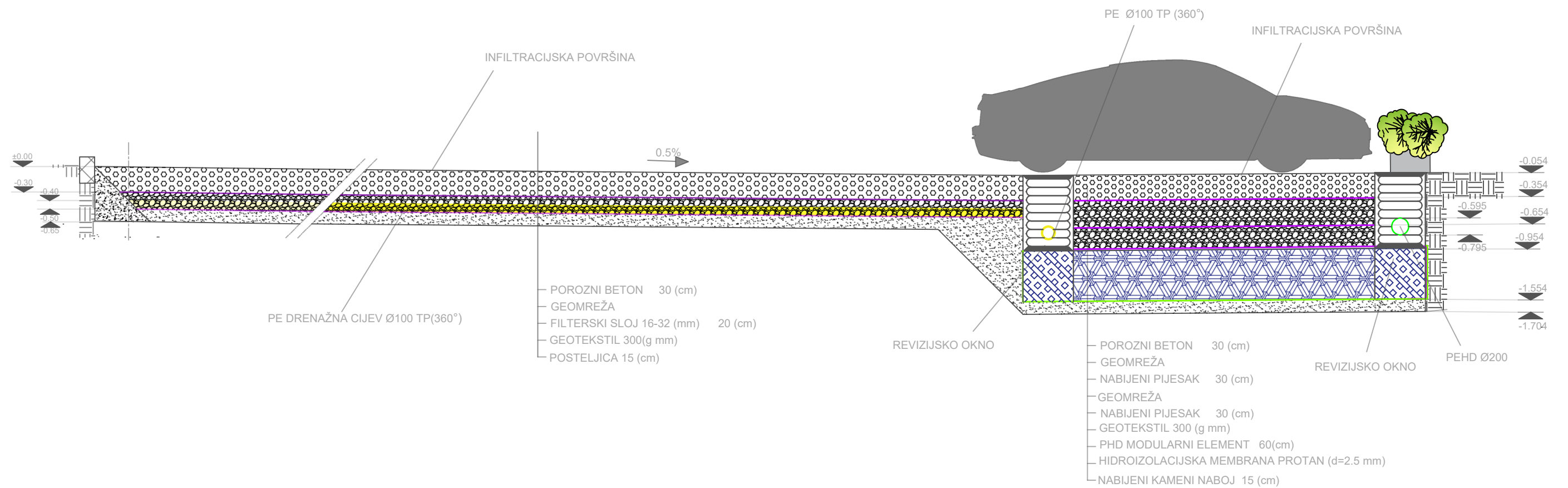
# UZDUŽNI PRESJEK 1-1



SVEUČILIŠTE U SPLITU  
 GRADEVINSKO - ARHITEKTONSKI FAKULTET  
 21000 SPLIT, MATICE HRVATSKE 15

Vodoopskrba i kanalizacija	
TEMA: ODRŽIVI SUSTAVI ODVODNJE	
STUDENT: Ružica Rumenović	MENTOR: Doc.dr.sc. Ivo Andrić, dipl.ing.grad.
SADRŽAJ: Uzdužni presjek 1-1	MJERILO MJ 1:50
DATUM: rujan 2021.	BROJ PRILOGA 2

# UZDUŽNI PRESJEK 2-2



Vodoopskrba i kanalizacija	
TEMA: ODRŽIVI SISTAVI ODVODNJE	
STUDENT: Ružica Rumenović	MENTOR: Doc.dr.sc. Ivo Andrić, dipl.ing.grad.
SADRŽAJ: Uzdužni presjek 2-2	MJERILO MJ 1:50
DATUM: rujun 2021.	BROJ PRILOGA 3

## Završni rad\_Održivi sustavi odvodnje

### ORIGINALITY REPORT

19%

SIMILARITY INDEX

19%

INTERNET SOURCES

6%

PUBLICATIONS

8%

STUDENT PAPERS

### PRIMARY SOURCES

1	Submitted to University Computing Centre (SRCE) Croatia Student Paper	4%
2	<a href="http://www.cnt-doo.rs">www.cnt-doo.rs</a> Internet Source	2%
3	<a href="http://repozitorij.svkst.unist.hr">repozitorij.svkst.unist.hr</a> Internet Source	2%
4	<a href="http://www.hagmd.hr">www.hagmd.hr</a> Internet Source	2%
5	<a href="http://www.voda.hr">www.voda.hr</a> Internet Source	1%
6	<a href="http://www.encyklopedia.ciezkowice.pl">www.encyklopedia.ciezkowice.pl</a> Internet Source	1%
7	<a href="http://hr.cenlamontessori.org">hr.cenlamontessori.org</a> Internet Source	1%
8	<a href="http://faolex.fao.org">faolex.fao.org</a> Internet Source	1%
9	<a href="http://urn.nsk.hr">urn.nsk.hr</a> Internet Source	1%

10	<a href="https://repozitorij.gradst.unist.hr">repozitorij.gradst.unist.hr</a> Internet Source	1 %
11	<a href="https://repozitorij.unios.hr">repozitorij.unios.hr</a> Internet Source	1 %
12	<a href="https://bib.irb.hr">bib.irb.hr</a> Internet Source	1 %
13	<a href="https://www.eea.europa.eu">www.eea.europa.eu</a> Internet Source	<1 %
14	Submitted to University of Rijeka Student Paper	<1 %
15	"Methodology for defining design storm for sizing infiltration systems", Journal of the Croatian Association of Civil Engineers, 2018 Publication	<1 %

Exclude quotes  On

Exclude bibliography  On

Exclude matches  < 7 words