

# Infrastruktura otoka

---

**Borković, Niko**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

*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:123:389919>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-15**



*Repository / Repozitorij:*

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



UNIVERSITY OF SPLIT





SVEUČILIŠTE U SPLITU

FAKULTET GRAĐEVINARSTVA, ARHITEKTURE I GEODEZIJE  
ARHITEKTURA I URBANIZAM

<b>STUDENT</b>	Niko Borković
<b>NASLOV</b>	Infrastruktura otoka
<b>LOKACIJA</b>	Otok Silba - Mirta
<b>TEMA ODABRANOG PODRUČJA</b>	Izolirani vodoopskrbni sustav na jadranskom otoku
<b>MENTOR</b>	doc. art. IVAN JURIĆ,
<b>KOMENTOR</b>	izv. prof. dr. sc. IVO ANDRIĆ
<b>KONZULTANT ZA KONSTRUKCIJE</b>	prof. dr. sc. IVICA BOKO

# KOMENTORSKI RAD

## SADRŽAJ

### 1. OPĆENITO O OTOKU

- 1.1. SMJEŠTAJ OTOKA
- 1.2. ŠIRI OBUHVAT
- 1.3. UŽI OBUHVAT - PARCELA
- 1.4. FOTOGRAFIJE OTOKA

### 2. UVOD U TEMU RADA

### 3. DOPREMANJE I PRIKUPLJANJE VODE

- 3.1. VODOOPSKRBA
- 3.2. VODONOSAC
- 3.3. KIŠNICA
- 3.4. DESALINIZATOR

### 4. CISTERNA (GUSTERNA)

- 4.1. POVIJEST
- 4.2. NAČIN RADA CISTERNE
  - 4.2.1. VRSTE SPREMNIKA
- 4.3. FILTRACIJA
  - 4.3.1. METODE DODATNIH FILTRACIJA VODE
- 4.4. PREDLOŽENI PRIMJERI - KONCEPTI

### 5. IZOLIRANI VODOOPSKRBNI SUSTAV

- 5.1. PLITKI DRENOVI - ZAHVAT
- 5.2. OTOK SILBA - INTEZITET KIŠE I VREMENSKE PRILIKE
- 5.3. SMJEŠTAJ SUSTAVA NA OTOKU
- 5.4. PRORAČUN / ISPLATIVOST / SKLADIŠTENJE

### 6. ZAKLJUČAK

### 7. IZVORI

**"Silba je, kume moj, raj!"**

**- Oliver Dragojević**



DRŽAVA: Republika Hrvatska

ŽUPANIJA: Zadarska



## OTOK SILBA



OTOK SILBA, površine 14,27 km<sup>2</sup>, nalazi se između otoka Oliba i Premude i najsjeverniji je otok zadarskog arhipelaga. Sa zapada, otok okružuje Silbanski kanal te s istoka Olipski kanal.

Na otoku postoje dvije like, zapadna Luka Silba - Žalić, otvorena za javni pomorski promet i sportska luka na istoku - Mul.

Jedino naselje na otoku je mjesto Silba, izgrađeno na najužem i najnižem dijelu otoka i naselje je s dvije luke na suprotnim stranama.

Ime Silba kako drugog najšumovitijeg otoka u Hrvatskoj izvedeno je od latinske riječi - Silva - šuma.

Nazivaju ga i "Vratima Dalmacije" - na pomorskom putu koji od sjevernog Jadrana kroz Kvarnerska vrata vodi prema jugu. Poznat je kao i otok pješaka - zabrana prometovanja automobilima, motociklima te u ljetnoj sezoni i biciklima.

Silba je niski otok, horizontalno ima oblik broja osam. Sjeverni dio otoka je veći od južnog i tu je najviši vrh 83 m - Varh. Južni dio je niži, najviši dio je prosječne visine 34 m - Mahove.

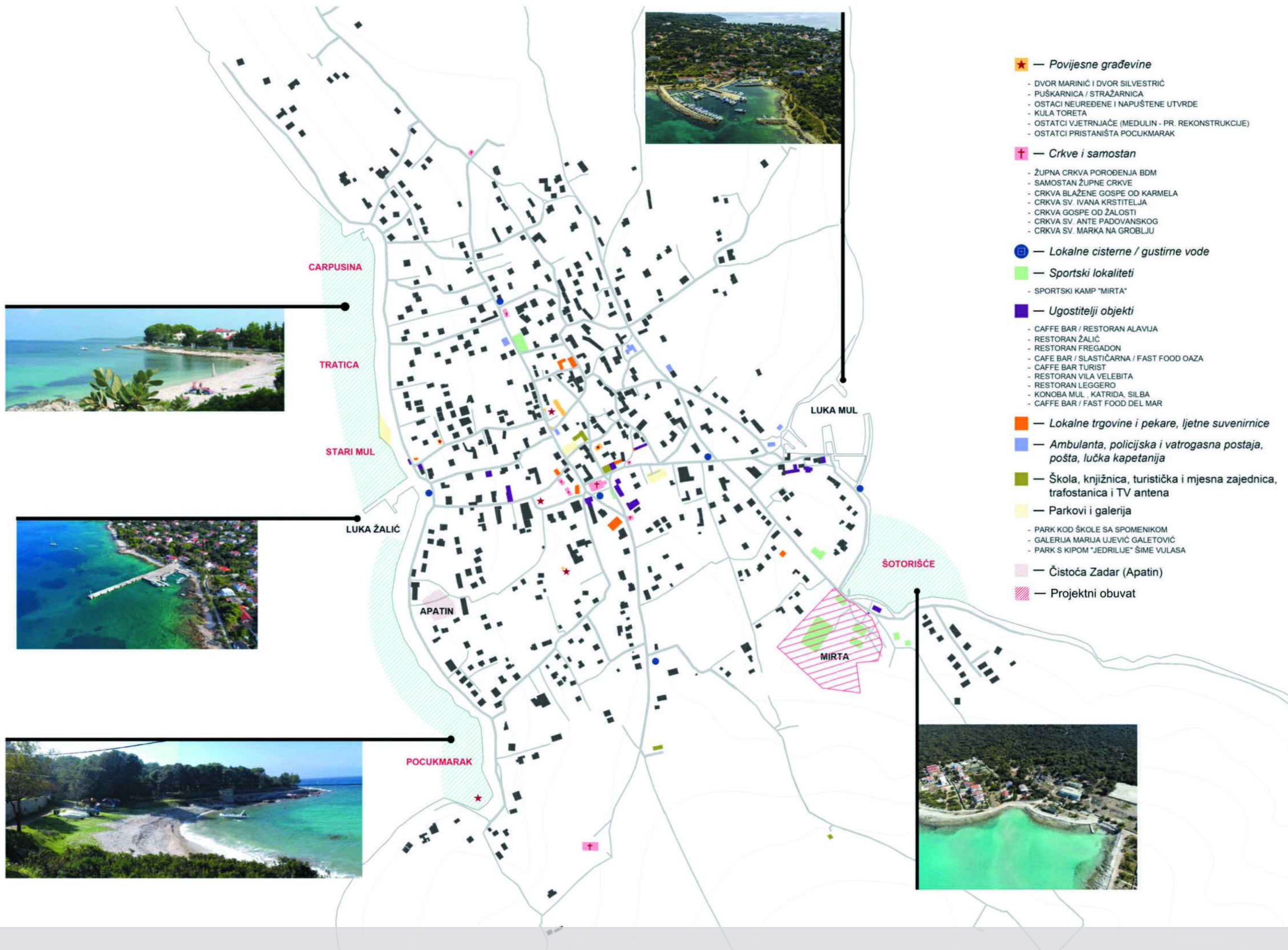
Središte naselja smješteno je na najužem dijelu otoka, širine oko 650 metara te je podjednako udaljeno od istočnog i zapadnog obalnog ruba.

Vjetrovi kao bitan čimbenik utječu na korištenje luka. Najčešće se izmjenjuju bura, jugo i maestral. Koriste se dva izlaza prema moru, zapadnu - Žalić i istočnu - Mul luku.

Srednja godišnja insolacija razmjeno je visoka (oko 2.500 sati). S pravom sredozemnom klimom (umjereno topla kišna klima sa suhim ljetima) pogodna je za uzgoj poljoprivrednih kultura - masline i vinove loze.

Otok potencijalno predstavlja područje raznolike turističke ponude. Na otoku nema hotela, smještajni kapaciteti uglavnom su u vlasništvu privatnih iznajmljivača. Administracija i hitne službe otoka raspoređene su u središtu mjesta





- ★ — **Povijesne građevine**
  - DVOR MARINIĆ I DVOR SILVESTRIC
  - PUŠKARNICA / STRAŽARNICA
  - OSTACI NEUREĐENE I NAPUŠTENE UTVRDE
  - KULA TORETA
  - OSTATCI VJETRNJAČE (MEDULIN - PR. REKONSTRUKCIJE)
  - OSTATCI PRISTANIŠTA POCUKMARAK
  
- + — **Crkve i samostan**
  - ŽUPNA CRKVA POROĐENJA BDM
  - SAMOSTAN ŽUPNE CRKVE
  - CRKVA BLAŽENE GOSPE OD KARMELA
  - CRKVA SV. IVANA KRSTITELJA
  - CRKVA GOSPE OD ŽALOSTI
  - CRKVA SV. ANTE PADOVANSKOG
  - CRKVA SV. MARKA NA GROBLJU
  
- Ⓜ — **Lokalne cisterne / gustine vode**
- — **Sportski lokaliteti**
  - SPORTSKI KAMP "MIRTA"
- — **Ugostitelji objekti**
  - CAFFE BAR / RESTORAN ALAVIJA
  - RESTORAN ŽALIĆ
  - RESTORAN FREGADON
  - CAFE BAR / SLASTIČARNA / FAST FOOD OAZA
  - CAFFE BAR TURIST
  - RESTORAN VILA VELEBITA
  - RESTORAN LEGGERO
  - KONOBA MUL, KATRIDA, SILBA
  - CAFFE BAR / FAST FOOD DEL MAR
- — **Lokalne trgovine i pekare, ljetne suvenirnice**
- — **Ambulanta, policijska i vatrogasna postaja, pošta, lučka kapetanija**
- — **Škola, knjižnica, turistička i mjesna zajednica, trafostanica i TV antena**
- — **Parkovi i galerija**
  - PARK KOD ŠKOLE SA SPOMENIKOM
  - GALERIJA MARIJA UJEVIĆ GALETOVIĆ
  - PARK S KIPOM "JEDRILJE" ŠIME VULASA
- — **Čistoća Zadar (Apatin)**
- ▨ — **Projektni obuhvat**

## 1. OPĆENITO O OTOKU - ŠIRI OBUHVAT



Na prostoru kampa, osim glavne zgrade sagrađene 1955. godine i restorana izgrađenog 60-tih, smješteno je 10 bungalova kapaciteta 70 ležajeva, igralište na pijesku za odbojku i rukomet te polivaletno betonsko igralište.

Veća sanacija objekta provedena je 2007. godine. Zbog neulaganja u isti, u potpunosti je devastiran. Danas je u velikoj mjeri zapušten s potencijalom za ponovni turizam i potpunu obnovu.

Kompleks MIRTA izgrađen je na istočnoj strani otoka u njegovom središnjem užem području. Parcela je u cijelosti ograđena kamenim zidom, osim zapadne strane. Na istoku graniči s pristupačnim lokalnim putem koji vodi na kultnu pješčanu plažu - ŠOTORIŠĆE. Uz plažu nalazi se ljetni caffe-bar i fast food DEL MAR.

Parcela je okružena gustom borovom šumom i obiteljskim kućama lokalnog stanovništva.

Dugogodišnje je korištena od strane raznih sportskih udruga grada Zagreba. U posjedu je Zagrebačkog holdinga, koji ga je preuzeo 2012. od HOO.







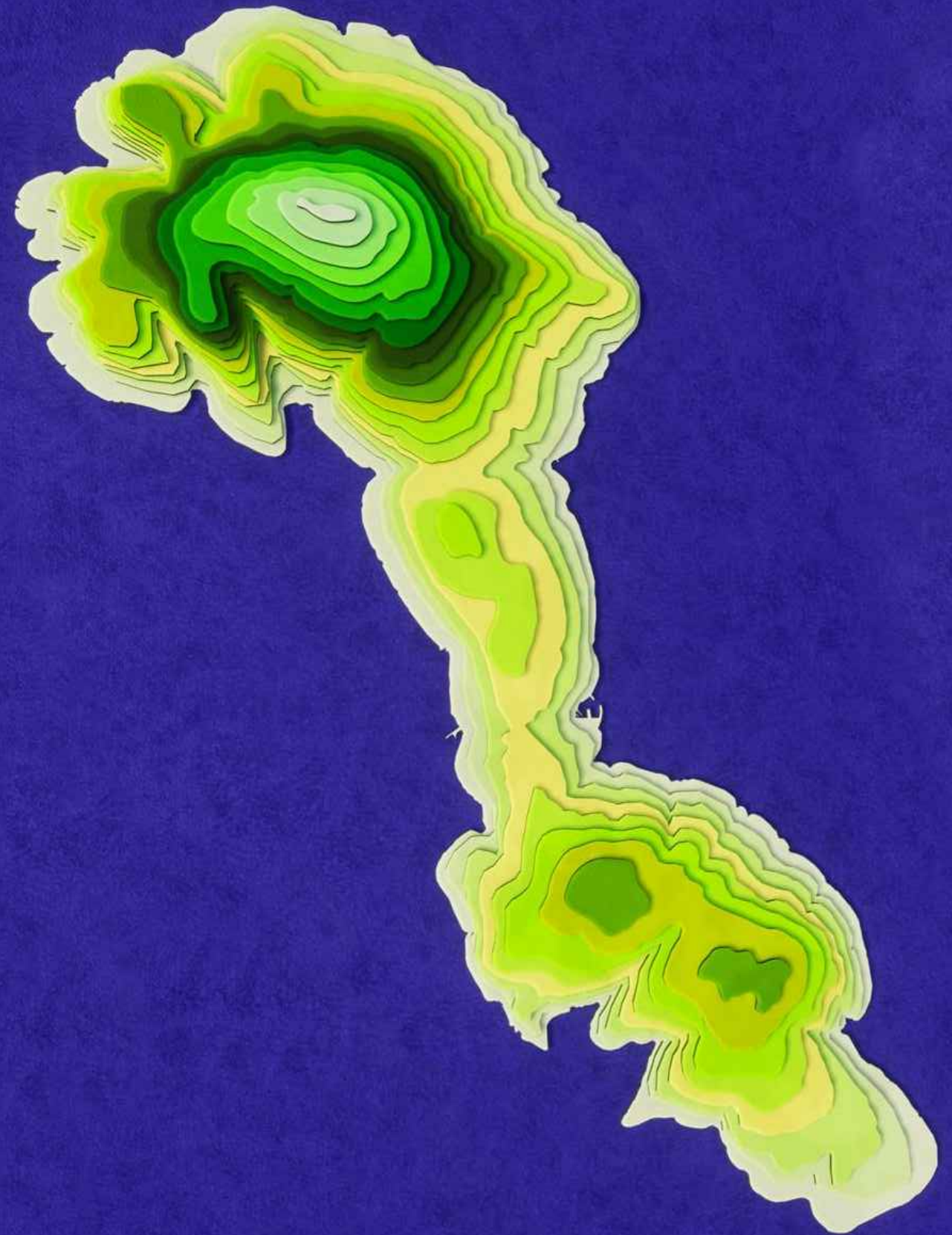


1. OPĆENITO O OTOKU - FOTOGRAFIJE OTOKA

Voda nije samo vitalna potreba već je i resurs kojeg iskorištavamo, nužna je za život koji poznajemo. Na otocima njezin značaj još je i veći. Hrvatski otoci, u prvom redu oni udaljeniji i takozvani mali otoci suočavaju se s problemom nedostatka vode, posebice tijekom turističke sezone.

U radu se predlaže primjena izoliranog vodoopskrbnog sustava na otoku Silbi. Razraditi će se načini prikupljanja, dopremanja i spremanja vode, analizirati te prikazati modeli filtracije kroz povijest. Uz navedene sustave pojasniti će se porijeklo prvih spremišta za vodu tzv. cisterni, njihov nastanak i način korištenja.

Na temelju prikupljenih informacija opisan je način rada, isplativost i predložena opcija odnosno položaj plitkih drenova, izoliranog sustava vodoopskrbe na otoku. Kroz daljnju razradu, arhitektonskom intervencijom utjecati će se na izgled planirane izgradnje objekta.



Slika 1. - Topografija otoka Silbe

### 3.1. VODOOPSKRBA

Jedan od glavnih preduvjeta za život na otoku je pitka voda. Većinu naseljenog otočnog područja u Hrvatskoj karakterizira ograničen pristup vodi za ljudsku potrošnju. Kako bi se poboljšala kvaliteta života otočnog stanovništva nužno je osigurati njenu neprekidnu dostupnost. Međutim, malo je otoka na kojima postoje pogodne hidrogeološke prilike za akumulaciju znatnijih količina površinske ili podzemne vode.

Samo pružanje vodnih usluga na otocima nije na odgovarajućoj razini te postoji potreba za unaprjeđenjem sustava javne vodoopskrbe. Dodatni troškovi uključuju i gubitke vode koji mogu biti i do 20% u sekundarnoj vodoopskrbnoj mreži.

S druge strane razvoj, između ostalog, ograničavaju visoki troškovi realizacije razvojnih projekata, održavanja vodno-komunalne infrastrukture kao i manjeg broja korisnika vodnih usluga izvan turističke sezone. „Od ukupno 50 naseljenih otoka, na 30 djelomično ili u potpunosti nije osiguran pristup vodi putem sustava javne vodoopskrbe.“<sup>1</sup>

Vodoopskrba na otocima uključuje dovođenje vode s kopna cjevovodom ili brodovima, odnosno skupljanjem kišnice, njezino čuvanje i iskorištavanje. Potreba za dodatnim količinama vode u velikoj mjeri izražena je ljeti zbog potencijalnog rizika od požara.

### 3.2 VODONOSAC - OPSKRBLJIVANJE PITKOM VODOM IZOLIRANIH OTOKA

Nestašica vode u ljetnim mjesecima, rezultat je i neravnomjerne količine oborina tijekom godine, osobito kada se broj potrošača znatno poveća i to za nekoliko puta. Tada je nužna opskrba vodom putem vodonosca i/ili autocisterni, odnosno individualnih cisterni. Zbog visoke cijene prijevoza vodonoscem, osobe s prebivalištem na otoku ne plaćaju stvarnu cijenu isporučene vode već se razlika nadoplaćuje iz državnog proračuna RH.

Na kontinuitet i sigurnost opskrbe uvelike utječe i činjenica da vodonosac uvijek ne isporuči dovoljnu količinu naručene vode, u odnosu na kapacitet vodosprema. U Hrvatskoj postoje tri vodonosca, prosječne starosti preko šezdeset godina, koji često ne uspijevaju na vrijeme i u dovoljnoj količini podmiriti potrebe otočana. Dodatni problem je da nisu povezani u sustav kako bi organizirano pomagali neovisno o području koje se opskrbljuje. U praksi to znači da svako vodovodno poduzeće na obali raspisuje natječaj za svoje područje te odabrani vodonosac isporučuje vodu isključivo određenim jadranskim otocima.

"Zrmanja" je jedini brod na zadarskom području koji vrši distribuciju vode, zapremnine je 950 kubika, a vodu crpi iz hidranta na Liburnskoj obali. U odnosu na zimski period potražnja za vodom značajno je veća tijekom lipnja, srpnja i kolovoza. Vodom opskrbljuje otoke koji administrativno pripadaju Gradu Zadru, a to su Molat, Brgulje, Olib, Rava, Iž, Silba, Premuda i Ist, ali i ostalim otočnim mjestima gdje isporuku pitkom vodom organiziraju jedinice lokalne samouprave.

Na otoku Silbi ne postoji izvor pitke vode te se voda isporučuje brodom vodonoscem. Procjenjuje se da "Zrmanja" na otok u periodu od 1. siječnja do 1. svibnja dopremi cca. 700 -1,000 m<sup>3</sup> vode, dok u periodu od 1. svibnja do 1. listopada dopremi cca. 6,000 - 8,000 m<sup>3</sup> vode, ovisno o vremenu i količini oborina u tom periodu.



<sup>1</sup><https://registar-otoka.gov.hr/>

Slika 2. - Pitke vode na svijetu ima samo 1%

Slika 3. - Vodonosac "Zrmanja"

### 3.3. KIŠNICA

Kako bi se iskoristila voda na samom otoku otočani skupljaju kišnicu u gusterne kako ne bi ovisili o vodi iz vodonosca. Prikupljanje kišnice sustav je koji se koristi u cijelom svijetu te je u nekim područjima glavni izvor opskrbe vodom. Razvitkom tehnologija, kišnicu je moguće prikupljati na različite načine.

Jedan od najzastupljenijih je prikupljanje kišnice krovnim putem. Zbog nagiba krova kiša pada u kanal te se odvodi u spremnike. Prikupljena kišnica preusmjerava se prije oborinskog sustava odvodnje i drenažnog toka. Količina raspoložive vode ovisi o lokalnim klimatskim uvjetima, padalinama i površini krova, odnosno fizičkim karakteristikama.

Za sigurnu uporabu kišnice potrebni su filteri u obliku rešetke, dodatni tretmani, kao što su filteri i sterilizatori. Kakvoća kišnice varira s trajanjem kiše te je najzagađenija u početku dok se ne ispere nakapna ploha, a s trajanjem kiše, kakvoća se poboljšava.

Skupljanje i dezinfekcija kišnice može se odvijati putem solarnih panela. Samostalni sustavi nakošenih podloga omogućavaju da se voda ulijeva u filter pa u spremnik. Istovremeno pokreću sustav filtracije koji čisti onečišćenu vodu i skupljaju sunčevu energiju za prikupljanje električne struje.

Tehnička voda je slatka voda, ali nije za piće. Može se koristiti za osnovne higijenske potrebe, čišćenje i pranje rublja te u industriji i poljoprivredi. Može zadržavati štetne mikroorganizme, budući je nastala iz podzemnih i nadzemnih izvora (rijeke, jezera). Da bi postala pitka, mora se dodatno dezinficirati.



### 3.4. DESALINIZATORI

Na otocima na kojima su ulaganja u dovod vode podmorskim cjevovodima neisplativa, nužno je okrenuti se alternativnim načinima opskrbe vodom za ljudsku potrošnju, poput desalinizatora, naročito onih koji se pokreću iz obnovljivih izvora energije.

Desalinizacija je proces uklanjanja mineralnih komponenata iz slane vode za dobivanje pitke vode. Desalinizacija je osim u priobalnom području i na otocima našla svoju primjenu i na brodovima. Dobivanje pitke vode desalinizacijom je energetski zahtjevno, a može se postići tehnologijama kao što su destilacija, sunčeva destilacija, reverzna osmoza, ionska izmjena ili valovima pogonjena desalinizacija. Izravni nedostaci su još uvijek značajan problem cijene koštanja, onečišćenje koje ispuštaju pogoni za desalinizaciju i energija koju troše.

U okviru međunarodnog projekta "PROSEU - Prosumers for the energy union" izrađena je predinvesticijska studija postavljanja desalinizatora i fotonaponske elektrane na Silbi. Kao konkretno i održivo rješenje problema, studijom se predlaže postavljanje desalinizatora u kombinaciji s fotonaponskom elektranom koja bi služila za pokrivanje energetskih potreba desalinizatora te prodaju viška električne energije u mrežu ili akumuliranje viška energije u baterijama. Uz postavljanje postrojenja, izgradio bi se i dodatni spremnik vode i obnovila sekundarna vodoopskrbna mreža. Za tu namjenu već postoji građevinska čestica ukupne površine od 21,060 m<sup>2</sup>, koja je prostornim planom Grada Zadra predviđena za svrhu desalinizatora, a nalazi se na jugoistočnoj strani otoka. Uređaji za desalinizaciju morske vode za Silbu, Olib i Premudu iznosili bi 17,3 milijuna kuna.



Slika 4. - Prikupljanje vode kišnicom  
Slika 5. - Sustav desalinizatora u dimenzijama broskog kontejnera

Bunar i cisterna nisu isti pojmovi. Glavna razlika je u izvoru vode. Bunar prikuplja vodu kroz podzemne vodopropusne slojeve, često je valjkastog oblika i veoma je dubok. U cisternama, koje su najčešće kvadratnog oblika, skuplja se, čuva i iskorištava voda s krovnih površina ili se doprema vozilom te akvaduktima.

Dolazi od latinske riječi „cisterna“ - istoimenog značenja, u Dalmaciji poznata pod nazivima gusterna ili gustirna, služi za opskrbu vodom, u prošlosti kišnice, a danas i za razne druge tekućine. Privatna kućanstva su češće imala manje cisterne, dok su razvijenija naselja gradila zajedničke cisterne većeg volumena, ovisno o broju stanovništva. Izgrađene su u naseljima bez izvora vode ili vodovoda. Otoci, priobalje i krš su najčešća područja koja su koristila kišnicu kao izvor vode.

*"Klasični proces skupljanja vode počinje s krovništa ili za to posebno izgrađene prihvatne površine, s koje se cjevovodom dovodi do cisterne ukopane u tlo. U graditeljskom smislu sastoji se od dovodnog cjevovoda, prostora za separaciju, prostora za filtraciju te od spremnika za pričuvu vode. Iz cisterne se voda crpi ručno ili crpkama (klipne ili motorne).“<sup>2</sup>*

To su bile podzemne građevine od armiranog betona, od Rimskog doba gradile su se kamenom koji je imao konstrukcijsku i dekorativnu ulogu. Kako bi se omogućio dodatni dotok zraka kao i razvoj mikroorganizama, ali očuvala kvaliteta i hladnoća vode izgrađene su ispod građevina ili glavnih trgova.

Tradicionalne cisterne imaju nadzemni dio, grlo (oblika valjka, kocke ili prizme), isklesani od jednog komada i ukrašeni. Ovisno o imućnosti, drveni ili željezni poklopci ukrašavali su se i grbovima obitelji, odnosno naselja.



<sup>2</sup> Citiranje: cisterna. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021.. <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=11962>  
Slika 6. - Stara cisterna na otoku Braču

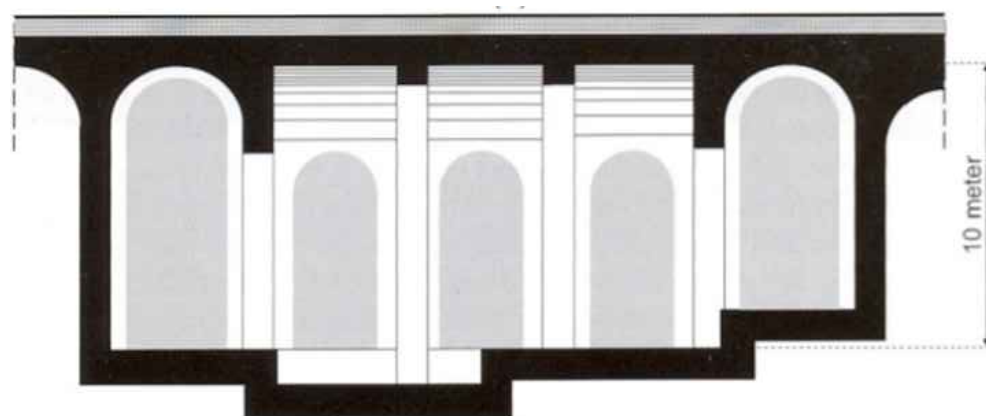
## 4.1. POVIJEST

Kako bi se razumljivo zašto je spremanje vode važan element za preživljavanje naroda i kultura potrebno je krenuti od početka, neolitičkog doba. Plemena su, kako bi preživjela surovu klimu na prostorima bez izvora vode, trebala tu vodu i sačuvati, odnosno spremati. Prvi primjer održivog sustava započeo je korištenjem drevnih tehnologija, razvitkom prvih cisterni za vodu. Voda nije bila esencijalna samo za piće, već i za razvijanje poljoprivredne grane na suhim područjima. „...cisterne od vapnene žbuke izgrađene su u podovima kuća na seoskim mjestima na Levantu...Do kraja četvrtog tisućljeća prije Krista bili su bitni elementi novih tehnika upravljanja vodama koje se koriste u poljoprivredi na suhom...“<sup>3</sup>

Iz arheoloških ostataka saznajemo za cisterne kultura Mezopotamije (danas područje Iraka, Irana i Izraela). Cisterna se izuzev za spremanje kišnice i hrane, koristila za skrivanje bjegunaca, ali i kao zatvor ili podzemna komora. Podzemne građevine dosezale su volumene veće do 1700 m<sup>3</sup> te su bile pogodne za zaštitu od opasnih ljetnih temperatura.

U brončano doba započinje razvijanje Minojske kulture na otoku Kreti, nove civilizacije koja formira svoje prve cisterne, volumenski nalikuju na današnje kućne cisterne. Prostori Egejskih otoka i Krete razvijali su se sporije zbog nedostatka vode zbog čega su bili primorani tijekom zimskih kišnih razdoblja sačuvati što više kišnice. Kako bi osigurali dostatan volumen vode, u cisternama tijekom sušnih razdoblja primjenjivali su posebne smjese žbuke prekrivajući manje pukotine između stijena. Takva primjena omogućila je izgradnju utvrda na visokim planinskim lancima gdje nije bilo izvora vode. Daljnjom modernizacijom razvili su kružne i kvadratne cisterne. „...Cisterna je iskopana na padini ... promjera 5,3 m i dubinu više od 3 m ... kapaciteta većeg od 80 m<sup>3</sup>...“<sup>4</sup>

Veliki inženjerski pothvati zabilježili su razvitak tehnologija starog Rima, carstva koji je znatno utjecao na razvitak ostalih civilizacija. Izumom betona, smjese dobivene miješajući cement, vodu i sitno kamenje, revolucionirali su lokalnu izgradnju objekata. Koristili su krovne površine za dobivanje kišnice za kućnu upotrebu, shvatili kako koristiti tlak u svrhu navodnjavanja vodom 70 metara nižih rimskih naselja (slična tehnika se i danas koristi). Izumom akvadukta unaprijedili su vodovodni sustav, prenoseći velike količine vode kilometrima od izvora do cisterne. Da bi se spriječio gubitak vode koristile su se olovne i keramičke cijevi. „...Piscina Mirabilis jedna je od najvećih rimskih cisterni (kapaciteta 12,600 m<sup>3</sup>). ... Ova velika cisterna je tlocrtno 72 m x 27 m i duboka je 15 m...“<sup>5</sup>



<sup>3</sup> History of Water Cisterns: Legacies and Lessons - Larry Mays, George P. Antoniou and Andreas N. Angelakis - Prolegomena 1 str.

<sup>4</sup> History of Water Cisterns: Legacies and Lessons - Larry Mays, George P. Antoniou and Andreas N. Angelakis - Bronze Age 3 str.

<sup>5</sup> History of Water Cisterns: Legacies and Lessons - Larry Mays, George P. Antoniou and Andreas N. Angelakis - Roman Period 8. - 11 str.

Slika 7. - Minojska cisterna za vodu u kompleksu kuća u blizini Chamaizija

Slika 8. - Piscina Mirabilis

Slika 9. - Piscina Mirabilis - presjek

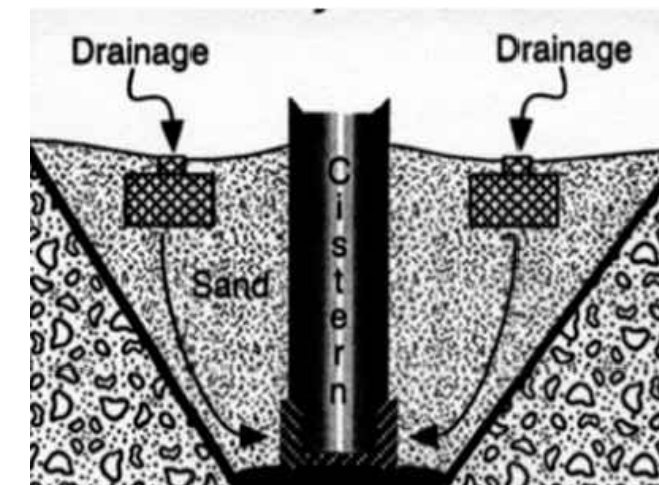
Tijekom bizantskog perioda tradicija vodovodnih sustava ostala je gotovo nepromijenjena. Sistemi akvadukta punili bi zatvorene i otvorene cisterne kišnicom. Gradile su se cisterne većih razmjera za opskrbu većih gradova. Prve takve građevine nastajale su u područjima Konstantinopola, današnjeg Istantbula. Jedina građevina koja je prekoračila razmjere tadašnjih cisterni je Cisterna Bazilike, turski „Yerebatan Sarayı“- Potopljena palača. „...Najveća poznata natkrivena cisterna (140 m × 70 m i sposobna primiti 80 000 m<sup>3</sup>) ... podzemna je cisterna s 336 mramornih stupova od kojih je svaki 9 m visok. Stupovi su raspoređeni u 12 redova sa 38 stupova, međusobno razmaknutih 4,9 m...“<sup>6</sup>

Izgrađena je od strane cara Justinijana 100 godina prije veličanstvene crkve/džamije Aja Sofije, ispod tadašnjeg glavnog trga. Cigleni zidovi debljine 5 metara i mnogobrojni mramorni stupovi drže više od 1400 godina najveću cisternu ikad izgrađenu, premazanu „Horrasan“ žbukom kako bi građevina ostala vodootporna. Stupovi nose krov cisterne, odnosno plato trga, čiji je križni svod oblikovan pomoću kružnih lukova. Voda je u cisternu dolazila akvaduktom s izvora Marmari, 16 km udaljenog od grada. Prilikom iskopa pronađeni su razni dekorativni ostatci, značajna obilježja tadašnje bogate kulture... „U sjeverozapadnom kutu cisterne nalaze se dvije Meduzine glave ispod dva stupa. Ove dvije skulpture jedno su od rimskih remek-djela...“<sup>7</sup>

Venecijanske cisterne, za vrijeme Mletačke Republike, koristile su tehniku bunara kako bi filtrirale kišnicu. Nepropusna jama otvorena s gornje strane punila bi se pijeskom, a usred nje postavljao bunar, tako da se kišnica na putu u bunar filtrira kroz pijesak. Takva cisterna na vrhu nema nikakvog pokrova, a kapacitet joj je razmjerno malen, jer pijesak zauzima 60% cjelokupnog prostora. Sitnozrnata filtracija vode iz bunara izvanredna je metoda za filtriranje kišnice, ali u ovom slučaju neisplativa. Umjetno izgrađeni otok poput Venecije bio je u nemogućnosti prikupiti dostatnu količinu vode te je ovakav sistem bio uvelike prakticiran i u ostalim naseljima.

Otkrićem Latinske Amerike u srednjem vijeku, doprinijelo je saznanju o Majanskoj civilizaciji. Naseljeni prostor karakterističan za neravnomjernu podjelu savanske i monsunske klime pridonio je razvijanju poljoprivrednih kultura i tehnika skupljanja kišnice. Poljoprivredne površine navodnjavane su okolnim rezervama vode, a kišnica je skupljana u podzemnim cisternama zvanim „chultans“. Ova civilizacija je osmislila i drenažni sustav kako bi se prekomjerne količine vode preusmjerile od građevina i trgova prema cisternama.

Majanska civilizacija je bila uzor drugim narodima za izgradnju cisterni za odvodnju vode u ruralnim područjima. Sličnim principom koristilo se Osmansko carstvo čije su cisterne bile navodnjavane od strane akvadukta i kišnice. Cisterne neobičnog oblika, podzemne građevine koje gornjim kupolastim dijelom vire iznad površine zemlje. „...To su građevine promjera oko 7 m, ... visina krova oko jedne trećine promjera, u nadgradnji visine 1 do 2 m i potkonstrukcije nekoliko metara dubine, sa stepenicama koje se spuštaju na dno cisterne. Mnoge od ovih cisterni i danas se koriste za vodoopskrbu stoke...“<sup>8</sup>



<sup>6</sup> History of Water Cisterns: LegaciesandLessons - LarryMays, George P. AntoniouandAndreas N. Angelakis - Byzantine Period 13. str.

<sup>7</sup> <https://heytripster.com/blog/history-and-legends-of-basilica-cistern/>

<sup>8</sup> History of Water Cisterns: LegaciesandLessons - LarryMays, George P. AntoniouandAndreas N. Angelakis - Ottoman Period 19. str.

Slika 10. - Cisterna bazilike u Carigradu

Slika 11. - Grafički presjek venecijanske filtrirane cisterne

Slika 12. - Ulaz u Mayansku cisternu chultán u Tikalu, Gvatemala

Slika 13. - Osmanska cisterna u blizini Bodruma, Turska

## 4. CISTERNA (GUSTERNA)

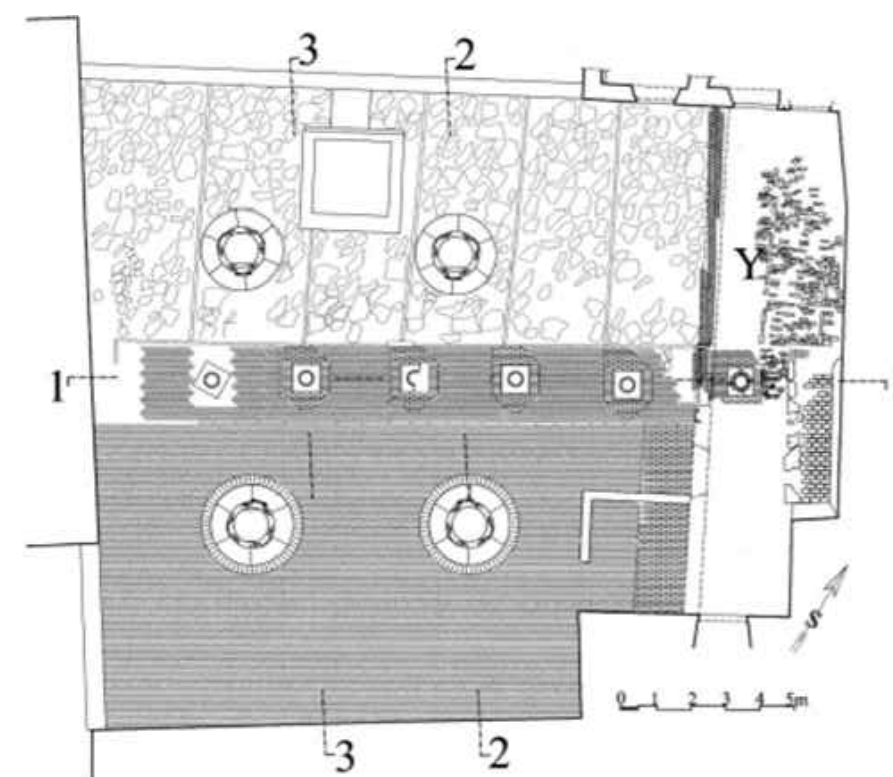
Tijekom povijesti, cisterne su ljudima bile prijeko potrebne za opskrbu vodom. Iako sličnih sustava u Hrvatskoj ima, teme o opskrbi vodom nedovoljno su obrađene. U povijesnim zapisima se nerijetko spominje akvadukt koji je spajao centar Splita - Dioklecijanovu palaču s izvorom rijeke Jadro. Otočne opskrbe vodom, zbog nedostatka izvora, rijetko se spominju, ali pretpostavlja se da je izgradnja i tehnologija cisterni slična onoj koja se započela u Veneciji.

U renesansnom Šibeniku tijekom 15. stoljeća izgrađen je vodoopskrbni objekt koji je znatno utjecao na daljnje razvijanje grada. Cisterna se nalazila ispod glavnog trga, između gradske vijećnice i katedrale kapaciteta 1700 kubika vode. Majstor takve građevine bio je Jakov Correr iz Apulije i arhitekt Juraj Dalmatinac. Važnost građevine za razvoj cisterne nije u njezinom obliku gradnje već sustavu filtracije kišnice. Šibenska 4 bunara imala su dvojaku ulogu, za prikupljanje površinske i procjedne vode. Kako bi se dostigao potreban stupanj čistoće tekućine, voda se filtrirala kroz 6 različitih filtera različite granulaze oblutaka i pijeska.

„...Prva je voda pritjecala u filter površinski, a druga voda koja je odmah ulazila između opeka u tzv. procijedni sloj pijeska. Sredinom platoa išao je sabirni kanal s filterima u koju se prikupljala voda s dvije glavne površine platoa. Površine su bile nagnute prema sabirnom kanalu kako bi se površinska i procijedna voda usmjerile prema filterima...“<sup>9</sup> Model filtriranja kišnice kroz sitno granulirano kamenje i pijesak primjenjiv je i u današnjim modernijim sustavima, ali zbog nedostatne biokemijske razgradnje nije preporučljiv za piće.

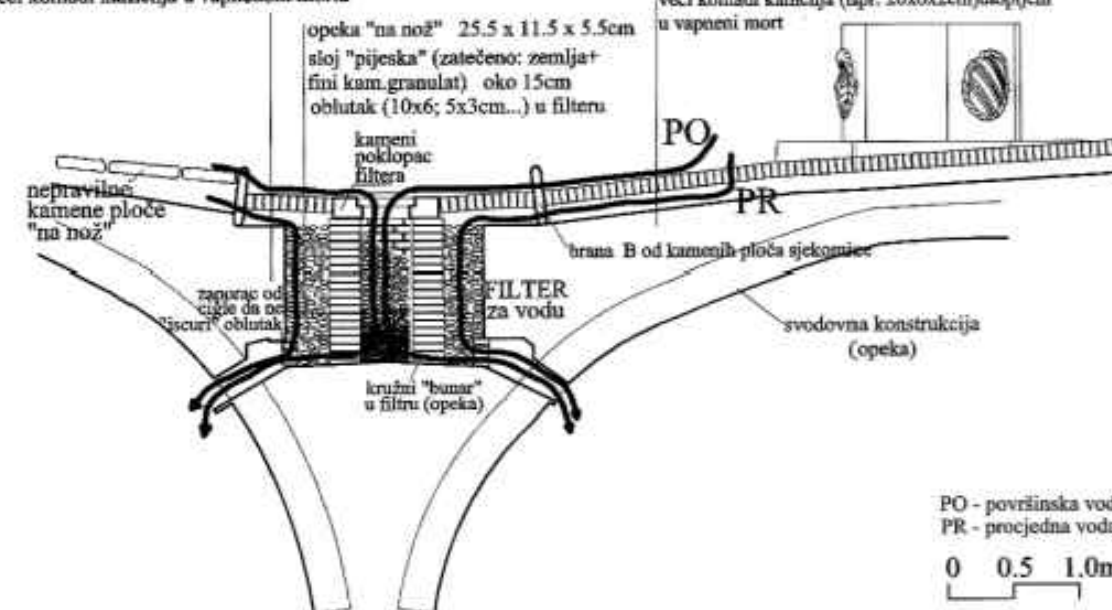


Četiri bunara s pregradnim zidom u pozadini, stanje 1984. god.



opeka "na nož" 25.5 x 11.5 x 5.5cm  
sloj "pijeska" (zatečeno: zemlja+ fini kam. granulat) oko 15cm  
vodonepropusna stara žbuka 1.5-4cm  
veći komadi kamenja u vapnenom mortu

opeka "na nož" crvena 28 x 13 x 7cm  
sloj "pijeska" (zatečeno: zemlja+ fini kam. granulat) 13cm  
vodonepropusna stara žbuka 1-3cm  
veći komadi kamenja (npr. 20x6x2cm) utopljeni u vapneni mort



Shema filtriranja vode

<sup>9</sup> ČETIRI BUNARA U RENESANSNOM ŠIBENIKU Joško Čuzela - Ivo Šprljan UDK: 711.8 (497.5 Šibenik) „14“ Izvorni znanstveni rad Joško Čuzela Ivo Šprljan  
Ministarstvo kulture Konzervatorski odjel u Šibeniku 14 str.

Slika 14. - Četiri bunara, tlocrt, stanje nakon rušenja pregradnog zida i otkrića starih pločnika

Slika 15. - Četiri bunara s pregradnim zidom u pozadini, stanje 1984. god.

Slika 16. - Shema filtriranja vode

## 4. CISTERNA (GUSTERNA)

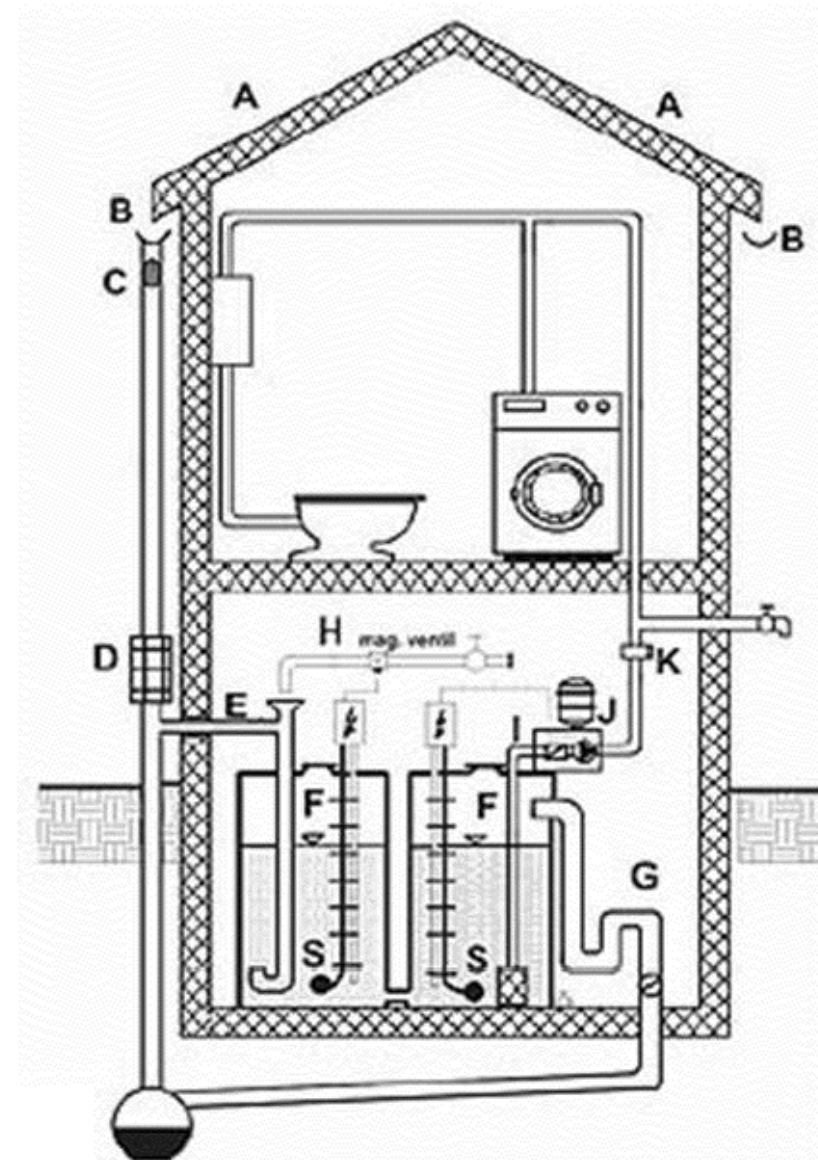


## 4.2. NAČIN RADA CISTERNE

Uloga cisterne je da sakupljenu kišnicu distribuira vodovodnim cijevima prema korisniku. Sakupljanjem preko krovne površine, kišnica se vodi po cijevima, odnosno žljebovima, do vertikalnih cijevi koje prvo vode u manji spremnik za filtriranje, a zatim u veliki spremnik - cisternu. Svaki element kroz koji voda prolazi potrebno je projektirati na način da kvaliteta vode bude pogodna za predviđeno korištenje. Kako bi se spriječila kontaminacija vode nužno je poznavati svojstva materijala kroz koje oborinske vode mogu prolaziti i uvjete održavanja čistih cisterni. Također, tijekom izvedbe potrebno je razmotriti valjane tehničke propise odvodnje oborinskih voda kako ne bi došlo do nepredviđenih začepljenja u protjecanju cijevima. Poželjno je da se sakupljena kišnica filtrira prije upotrebe. Filtrirana kišnica mora biti higijenski besprijekorna (bez prisustva *Escherichia coli* koja je indikator onečišćenja fekalnim stvarima), ne smije imati agresivna svojstva (uzrokovanje korozije) te ne smije sadržavati tvari koje uzrokuju zamućenje vode.

Prosječna dnevna potrošnja osobe u gradu iznosi 190 litara, što uključuje higijenske potrebe poput tuširanja i pića te ispiranje sanitarija, čišćenja i pranja rublja. Princip po kojem voda dolazi iz spremnika prema korisniku moguć je zbog usisnog i tlačnog sistema koji se vrši uređajem za pumpanje - hidroforom. Unutar hidrauličnog akumulatora ne smije doći do začepljenja budući da sprječava rad čitavog sistema pumpanja vode. Vodu koja se u tom trenutku nalazi u bojlerima nije moguće iskoristiti, osim ako se spremnik vode ne nalazi u potkrovlju/terasi zgrade. U takvim slučajevima nije potreban sustav pumpanja budući da voda dolazi do korisnika principom slobodnog pada (tlačno).

Projektiranje cisterni ovisi o načinu korištenja vode, odnosno da li se određena tekućina koristi za osobne ili gospodarske potrebe. Također, pozicioniranje i građa materijala zavisi o cijeni i načinu uporabe. Konstrukcijom ukopanih spremnika, voda je zaštićena od sunca i topline, niske je temperature što koči razvijanje mikroorganizama, dok ugradnja vanjskih spremnika podliježe riziku visokih temperatura ljeti i zamrzavanja zimi (potrebna je odgovarajuća izolacija takvih spremnika). Prije puštanja cisterne u funkciju treba onemogućiti blaćenje vode, provjeriti hidroizolaciju spremnika te osigurati nepropusne otvore od strane procijeđene vode.



- A - slivna površina
- B - cijev za sakupljanje
- C - filter sakupljač lišća i grančica
- D - separator
- E - dovodna cijev
- F - spremnik
- G - preljev spremnika
- H - dovod pitke vode
- I - usisna cijev
- J - tlačna pumpa
- K - fini filter s aktivnim ugljenom
- S - plovni prekidač

#### 4.2.1. VRSTE SPREMNIKA

Suvremeni spremnik vode mora osigurati dovoljnu količinu vode i besprijekornu kvalitetu. Cisterne građene od različitog materijala, kapaciteta i načina izgradnje su razlog zbog kojeg razne države cijene drugačiji dizajn za skupljanje kišnice, odnosno distribuiranje vode.

Kako bi se odredio dostatan kapacitet vode u pojedinoj cisterni potrebno je precizno odrediti broj stanovnika koji će se služiti istom, dnevnu potrošnju, ukupnu godišnju oborinu i postotak oborine te koeficijent dotoka unutar 30-50 godina.

Spremnici kišnice od betona su najprimjereniji izbor za područja gdje nema vode kao i za korisnike čija investicija upućuje ka samoodrživom stanovanju. Zbog njihove kompaktnosti, a s obzirom na različite sustave konstrukcije betonskih cisterni, potrebno je odabrati mjesto postavljanja spremnika, iznad ili ispod površine zemlje.

Podzemne cisterne prije izgradnje moraju imati isplanirani sustav za odvodnju i spremanje kišnice te sustav ventilacije kako bi se mogla odvijati izmjena kisika. Ovakav tip cisterni moguće je i samostalno izraditi. Važno je napomenuti da se u blizini cisterne ne smiju saditi nikakve štetne ili opasne biljke koje svojim korijenjem mogu oštetiti instalacije planiranog objekta. Nadzemne cisterne ne moraju se izgraditi uz objekt stanovanja, dok je provjera ispravnosti vodovodnih cijevi znatno jednostavnija nego kod podzemnih. Dostupni su i montažni, gotovi spremnici za vodu koji se naknadno ugrađuju sa svim potrebnim instalacijama. Kapacitet i cijena takvih cisterni je mnogo manja te se navedeni spremnici koriste u zemljama koje se okreću samoodrživom tipu stanovanja. Izgradnjom betonskih cisterni, voda ostaje hladnija - bez danjeg svjetla te sprječava razvoj mikroorganizama i omogućava čistu i pitku vodu godinama.

Spremnici kišnice napravljeni od plastike, obično izrađeni od polietilena i polipropena, znatno su ekonomičniji od betonskih cisterni i jednostavniji za ugradnju. Ekološki su bezopasni za čovjeka i mogu se reciklirati. Kako bi se zaštitio spremnik za kišnicu, debljina stjenke mora biti odgovarajuća, ovisno o mjestu postavljanja. Poput betonskih spremnika mogu se primjenjivati ispod i iznad zemljine površine. Tipovi spremnika koji su postavljeni iznad zemljine površine moraju biti neprozirni zbog utjecaja sunčeve svjetlosti te otklanjanja mogućnost stvaranja algi. Takve spremnike idealno je čuvati u zatvorenim podrumskim prostorijama. Kako ne bi došlo do stvaranje bakterija nužno je spremnik čuvati na hladnom mjestu, temperature ne više od 15 Celzijevih stupnjeva. Poput betonskih spremnika, kišnicu je potrebno filtrirati i spremnik osigurati materijalom otpornim na koroziju. Ovakav sustav lako je prenosiv kada je ispunjen vodom. Često se koristi kao tehnička voda za prostore gdje izvor vode ne postoji, poput objekata koji se grade ili nerazvijenih krajeva koji nisu u mogućnosti skupljati kišnicu.



Slika 18. - Betonski spremnik vode

Slika 19. - Ugradnja gotovog betonskog spremnika vode

Slika 20. - Polipropenski spremnik za vodu

U prošlosti su metalni spremnici za kišnicu rađeni od galvaniziranog željeza koji se pokazao veoma učinkovit. Kako ne bi došlo do hrđanja materijala spremnici su morali postati samoodrživi sustavi unutar kojih se kvaliteta vode ne smije mijenjati. Uvođenjem tankih čeličnih spremnika s dodatnom polimernom membranom otpornom na koroziju, potaknula se izgradnja laganih spremnika te izdržljivost istih. Ovakav tip spremnika rašireniji je u industrijskim kompleksima gdje se koriste za spremanje raznih tekućina čija je tlačna čvrstoća mnogo bolja od betonske. Kako ne bi došlo do rastezanja odnosno pucanja metala, tlak i temperatura unutar spremnika moraju biti u skladu s propisanim normama. Ovakav tip spremnika je mnogo skuplji od plastičnih i betonskih spremnika za vodu.

Izgradnja drvenih spremnika za kišnicu prisutnija je više u SAD-u nego u Hrvatskoj, s obzirom da je u europskim zemljama drvo skuplje, a izdržljivost takvih spremnika je vremenski limitirana. Iako izvođenje istih nije skupo poput čeličnih spremnika, kapacitet im je ograničen. Prednost izgradnje spomenutog sustava je da temperatura vode tijekom ljeta i zime ostaje donekle identična jer izolacijska svojstva drva sprječavaju zamrzavanje i grijanje vode. Dugoročno izlaganje drva vremenskim neprilikama dovodi do njegovog trunjenja zbog čega može doći do zagađenja vode. Upotreba istih, svoj vrhunac doživljava u gradu New York-u tijekom industrijalizacije 1900-tih godina. Današnji primjeri drvenih spremnika bez dodatnih izolacija vode su rijetki, ali stari oblici koriste se za zapremanje raznoraznih tekućina.

Tlačni spremnici koriste komprimirani zrak za stvaranje tlaka vode unutar spremnika. Konstruirani su pomoću zračne komore ili mjehurora s tlačnim predpunjenjem. Punjenjem spremnika vodom, težina vode počinje komprimirati zrak te tlak u spremniku počinje rasti. Postizanjem određenog unutarnjeg tlaka, spremnik signalizira izvoru prestanak isporuke. Spremnicima nije potrebna pumpa već djeluju na temelju reverzne osmoze. Postoje i hidropneumatski spremnici koji osiguravaju konstantan tlak metodom hidraulike te konstantno omogućuju slanje vode u više različitih izvora. Ovakav princip koriste urbana područja/gradovi. Skuplji su od spremnika na atmosferski tlak te su znatno manjeg kapaciteta vode.

Spremnici na atmosferski tlak funkcioniraju na temelju tlaka okoline, postojeći tlak od 0,5 psi, odnosno ne postoji pritisak na vodu unutar spremnika. Atmosferski spremnici koriste se za smještaj tekućina poput nafte, vode, kiselina i kemikalija. Kako bi se određena tekućina izvukla iz spremnika, potrebna je pumpa za povišenje tlaka ili sila gravitacije ovisno da li je spremnik ispod zemlje ili na vrhu zgrade. Kapaciteti cisterni na atmosferski tlak mnogo su veći od tlačnih spremnika (50-100 kubika) te također imaju veću otpornost na nestabilne vremenske uvjete.



Slika 21. - Metalni spremnik za kišnicu  
Slika 22. - Drveni spremnik za kišnicu

#### 4. CISTERNA (GUSTERNA)

### 4.3. FILTRACIJA

„...Filtracija je fizikalna separacijska tehnika i tehnološka operacija razdvajanja heterogenih smjesa čvrstih tvari od kapljeviti ili plinoviti tvari s pomoću porozne pregrade (filtarsko sredstvo), koja je smještena u prikladnoj napravi ili aparatu (filtru)...“<sup>10</sup>

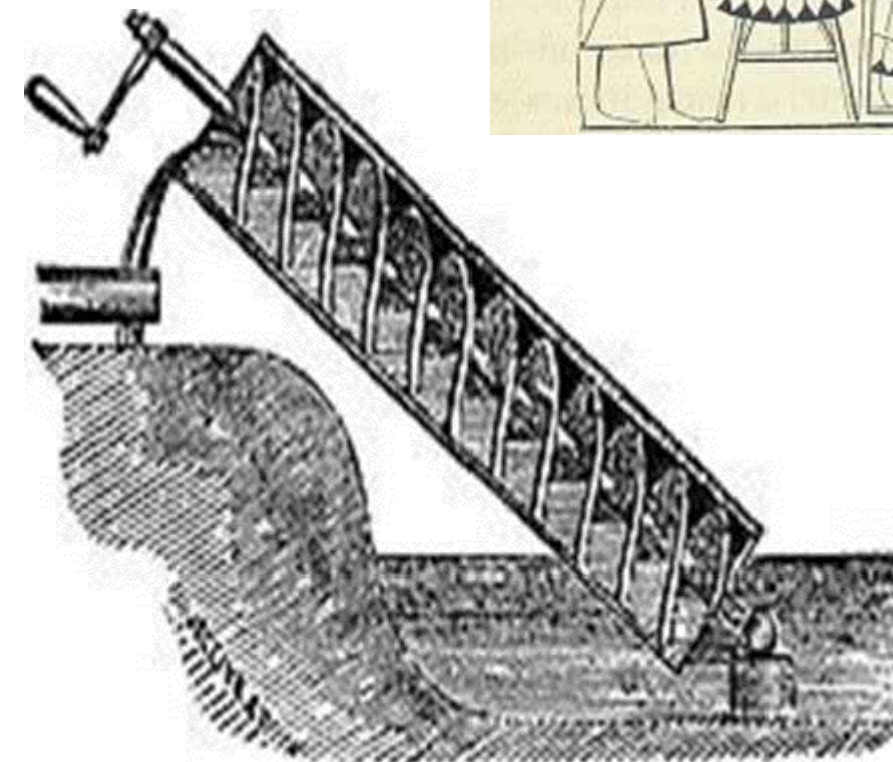
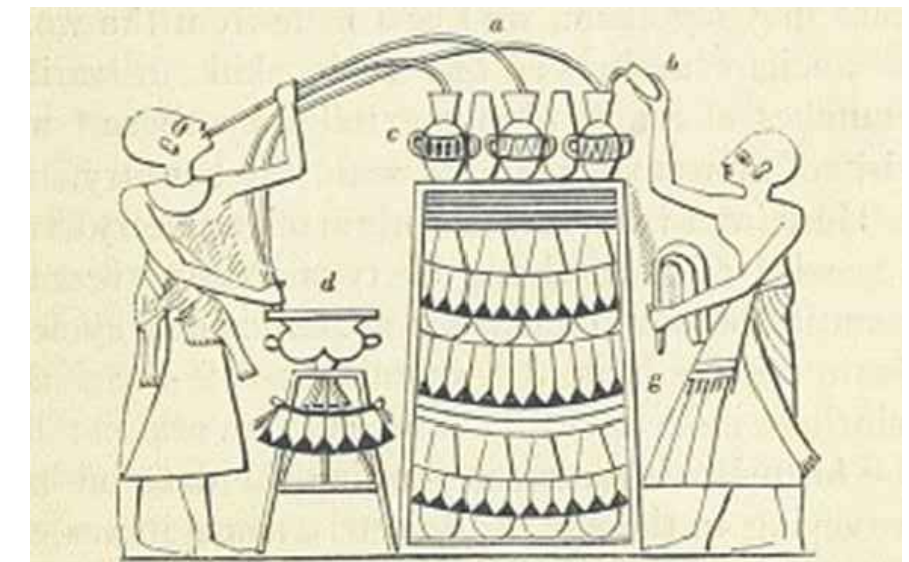
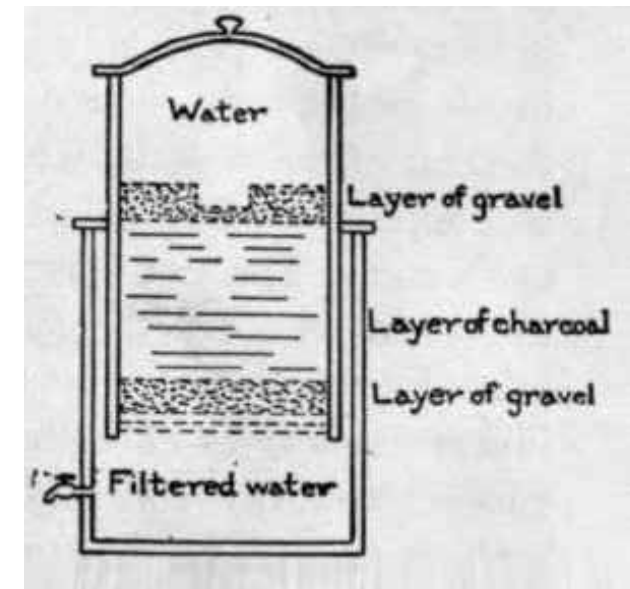
Isti proces se događa u prirodi i u projektiranim sustavima. Filtracija voda primjenjuje se u namjeri da se uklone krupniji sadržaji poput lišća do sve sitnijih čestica, mikroorganizama. Da bi sustav bio funkcionalan, voda mora proći kroz različite filtere kako bi kvaliteta iste bila pogodna za uporabu.

Prve primjene filtracije vode započinju razvijanjem civilizacija poput Indije i antičke Grčke. Već ove kulture su ustanovile da se zagrijavanjem vode kroz sustav isparavanja i ponovnog hlađenja, dobiva najbolja kvaliteta pročišćene vode. Daljnjim razvitkom pospješili su sustav filtriranja koristeći metodu filtracije šljunkom i pijeskom. Nasuprot Grcima, stari Egipćani su prvi otkrili metodu koagulacije vode. Pomoću sitnog minerala „stipsa“, vršio se proces okupljanja/zgrušavanja sitnih čestica kako bi se stvorile veće nakupine i omogućilo izdvajanje većih količina nečistoće iz vode koja se naknadno filtrira.

Grčki matematičar i znanstvenik Arhimed, zaslužan je za izradu vijčane pumpe poznate kao Arhimedov vijak. Vijak se u početku koristio za navodnjavanje poljoprivrednih zemljišta crpljenjem vode sa niskih prostora na visoko tlo. Pumpa za vodu, oblika cijevi svinute poput zavoja vijka, funkcionirala je okretanjem istoga tako da se tekućina giba po obodu vijka od dna prema vrhu. Okretao se ručno, vjetrenjačom ili životinjskom snagom. Iako ovo nije pravi primjer filtracije vode, navedeni instrument je zaslužan za prijenos vode to jest odvajanje iste od sedimenta koji bi ostajao na dnu niskog prostora. Zbog svoje jednostavne konstrukcije stroj se i danas koristi za navodnjavanje i filtraciju onečišćene vode.

Prvi patentirani sustav za filtraciju vode nastaje 1700-tih godina kombinacijom vune, spužve i drvenog ugljena za uklanjanje taloga i čestica. Robert Thom projektira prvo postrojenje za pročišćavanje vode u Škotskoj. Koristila se spora filtracija pijeska koja bi uklonila čak 99% bakterija u vodi. Početkom 20. stoljeća projektiraju se mnogi slični sustavi filtracije vode koji svoju popularnost i učinkovitost mijenjaju tijekom godina te se i danas nastavljaju koristiti diljem svijeta.

Nakon 1900-tih, Velika Britanija uvodi kloriranje u kombinaciji sa sustavom filtriranja pješčane vode za masovno pročišćavanje vode. Takav sustav rezultirao je eliminacijom bolesti poput kolere, tifusa i dizenterije. Klor je veoma reaktivna tvar koja u kombinaciji s organskim stvarima može kreirati jake kemijske reagense poput kloroforma. Iako je veoma koristan, u velikim količinama opasan je za čovjeka te se danas koristi većinom za dezinfekciju prostora i vode koja nije za piće.



<sup>10</sup> filtracija. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, <<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=19635>>.

#### 4.3.1. METODE DODATNIH FILTRACIJA VODE

Filtrirana voda nije uvijek i pitka voda, odnosno pojedini sustavi filtera ne mogu u potpunosti ukloniti prisutna onečišćenja i štetne tvari. Filtracije pomoću oblutaka i pijeska nedovoljne su za osnovne higijenske potrebe, iako se i takva kišnica, ukoliko je pravilno skladištena može koristiti. Zbog toga postoji niz dodatnih filtracijskih sustava koji utječu na kakvoću vode.

Sustavi patronskih filtera, mikrofiltera, uklanjaju pijesak, insekte, šljunak i druge veće čestice. Učinkovitost filtera mjeri se u što manjoj veličini mikrona, zbog čega filtriraju i najmanje čestice poput mikroorganizama. Na efikasnost filtera utječe njihovo redovito mijenjanje. Unutar istog sustava mora postojati sustav dezinfekcije vode, kako bi se mogla koristiti za piće.

Kloriranje je metoda koja se koristi/la za dezinfekciju vodovodnih gradskih sustava i javnih površina, ali zbog svoje štetnosti i nuspojava nije preporučljiva za potpuno pročišćavanje vode za piće. Za uklanjanje jakog mirisa i okusa kloru u vodi, koristi se aktivni ugljen ili filter s ugljenom. Često se koristi za kloriranje privatnih cisterni u slučaju pojave neugodnog mirisa ili razvijanju opasnih bakterija zbog ustajalosti vode.

Metoda filtriranja kišnice pomoću solarne pasterizacije je radno intenzivna, ali veoma učinkovita. Jednostavan proces uključuje omatanje zip lock prozirnih vrećica, prethodno napunjenima vodom, aluminijskom folijom te ostavljanje istih na suncu. Metoda je dugotrajna, ali postupkom grijanja sunčevom svjetlošću uništavaju se bakterije te je veoma korisna za proizvodnju pitke vode.

Najefikasniji način dezinfekcije kišnice/vode je korištenje ultraljubičastog (UV) svjetla. UV svjetlo ne mijenja kemijski sastav vode, već kada je aktivno probija stanične stijenke organizma i sprječava njegovu reprodukciju. Obično se ugrađuje nakon svih sustava za filtriranje kako bi rezultiralo kvalitetnom čistom vodom. Nedostatak je da zahtijeva velike količine struje kao i visoka cijena sustava. Najčešće se koriste u industrijama za pročišćavanje vode te jedno ulazno UV svjetlo može pročistiti 50 litara vode u minuti.



Slika 26. - Klor za dezinfekciju bunara od mikroorganizama

Slika 27. - UV filtracija vode

#### 4.4. PREDLOŽENI PRIMJERI - KONCEPTI

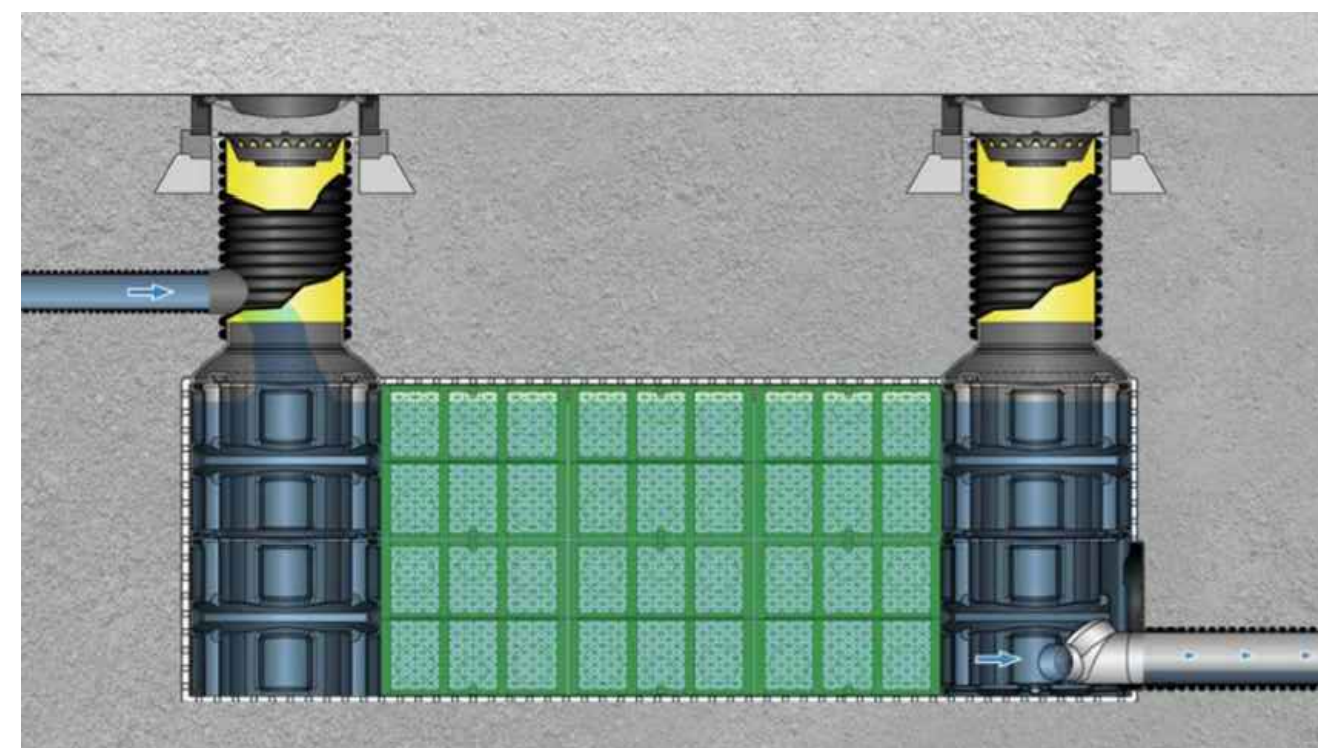
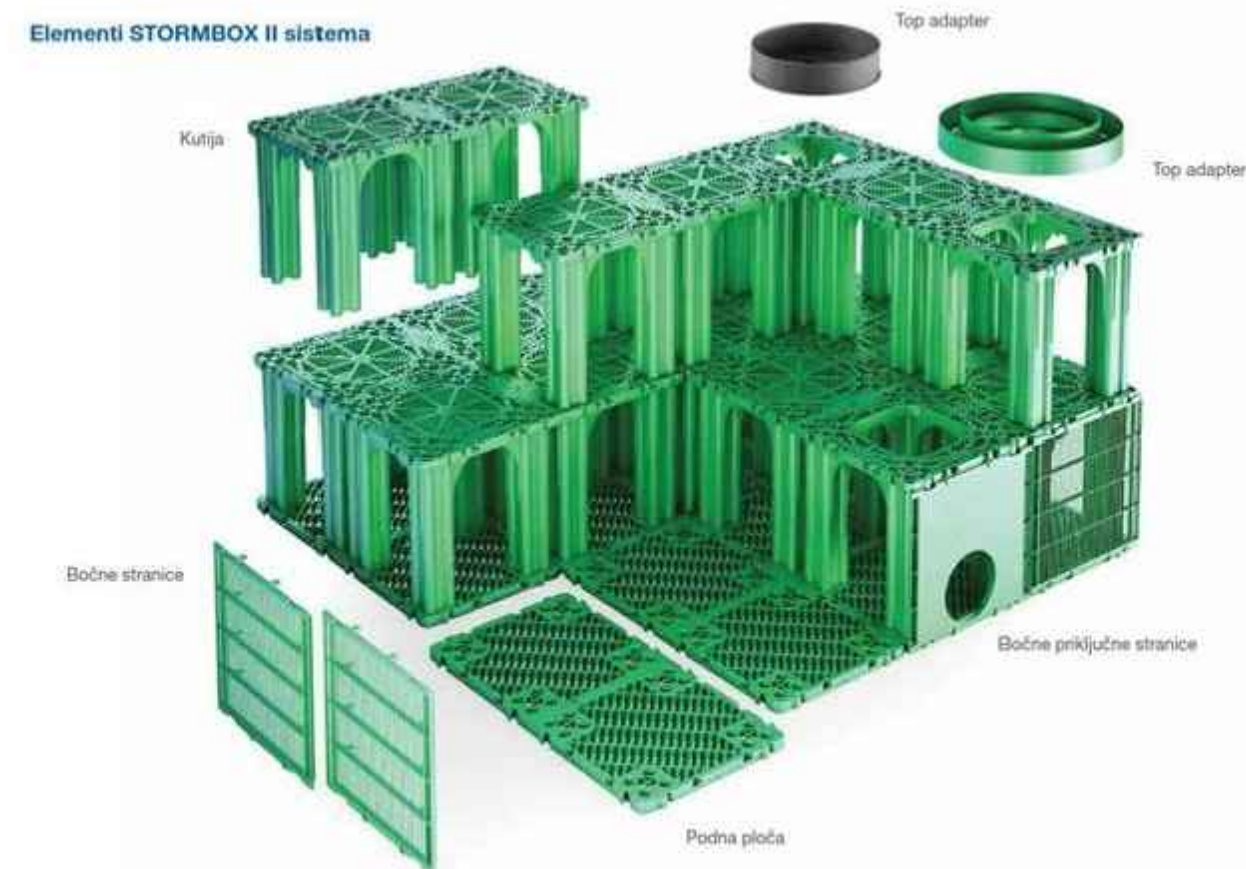
Sistemi za filtraciju i retenciju oborinskih voda od primarne su važnosti za skupljanje kišnice, odnosno vode koja se zadržava na površinskim slojevima ili prebrzo gubi u tlu. Kako bi se voda sačuvala i nadalje koristila, primjenjuju se rješenja proizvođača poput „Pipelife“, „ACO“ (Hrvatski) te „Frankische“ (Njemački).

Sustav infiltracijskih kutija funkcionira na način da istodobno filtrira i akumulira oborinsku vodu. To su čvrste i stabilne kutije, zbog svoga dizajna brzo se spajaju posebnim spojnim klipovima ili po principu utora i pera, omogućavaju jednostavno spajanje cijevi, okna, separatora, mastolova i ventilacijskih odušnica. Kao modularni sustavi, kutije se lako slažu do potrebnih dimenzija.

*Ovisno o primjeni, propusne kutije se omotavaju folijom za čuvanje vode ili geotekstilom za polagano prodiranje vode u tlo. Proizvedene su od polipropilena, materijala koji se može potpuno reciklirati. Kako bi se instalacija sustava provela pravilno, dno građevne jame mora biti glatko i ravno, bez izbočina ili uleknuća. Posteljica treba biti debljine 10 (15) cm, izgrađena od kompaktnog sloja krupnog pijeska. Tijekom instalacija kutija, bočne stranice sustava trebaju se ispuniti sitnim šljunkom. Navedeni proizvođači svoj sustav izvide po sličnom principu koji uključuje kockasti spremnik za vodu te potrebne dodatne cijevi kojima voda teče u sustav. Prosječni životni vijek ovakvih sustava je 35-50 godina.<sup>11</sup>*

Predloženi sustavi prikupljanja kišnice su moderniji i jednostavniji oblici spremnika za vodu koji se često postavljaju za prikupljanje oborinskih vode na velikim urbanim aglomeracijama, poljoprivrednim i prometnim površinama, stambenim i industrijskim objektima te područjima s potencijalno značajnim rizicima od poplava. S obzirom da se spomenuti sustavi planiraju postaviti na otoku, važno je napomenuti da količina prikupljene vode uglavnom ovisi o drenažnim sustavima koji prikupljaju kišnicu.

Očekivani rezultati (učinak) primjene sustava je osigurati otočnom stanovništvu dostatne količine vode tijekom cijele godine uključujući i nesmetani rad poslovnim i turističkim objektima. U razdobljima najveće potrošnje, u sezoni, sustav se može nadograditi desalinizatorom i njegovim korištenjem u odnosu prema potražnji.



<sup>11</sup> STORMBOX II brošura

Slika 28. - Pipelife sistem za podzemno prikupljanje vode - cisterna

Slika 29. - Frankische sistem za podzemno prikupljanje oborinske vode - cisterna

Slika 30. - ACO sistem za prikupljanje vode - cisterna

Na otoku Silbi ne postoji vodovod, kanalizacija, ni vodoopskrbni sustav koji bi zadovoljavao potrebe lokalnog stanovništva, kao i sezonskih turista. Dovođenje vode s kopna, bilo cijevima bilo vodonoscima, nije uvijek ni najbolje ni najisplativije rješenje. Kako bi se „slika“ otoka promijenila planirana je izgradnja vodovodne mreže te sustava koji bi otoku omogućio vodu tijekom cijele godine. Predloženim Izoliranim vodoopskrbnim sustavom prikupljala bi se kišnica metodom plitkih drenova.

Učinkovitost drenažnog sustava prikupljanja kišnice ovisi o godišnjim padalinama na otoku Silbi, koje su zimi veoma česta pojava, dok ljeti rjeđa. Nakon postavljanja, oni su „besplatni“ sustavi koji proizvode vodu bez dodatnih troškova struje. S druge strane, desalinizatori koriste velike količine električne energije zbog čega je potrebno na otoku izgraditi fotonaponsku elektranu za održavanje sustava, a što dovodi do upitnosti ekonomske isplativosti tijekom godine. Opcija prema kojoj bi se navedeni sustavi kombinirali na način da se desalinizatori aktiviraju u sezoni, otočanima pruža priliku da u budućnosti postanu neovisni u smislu opskrbe vode s kopna.



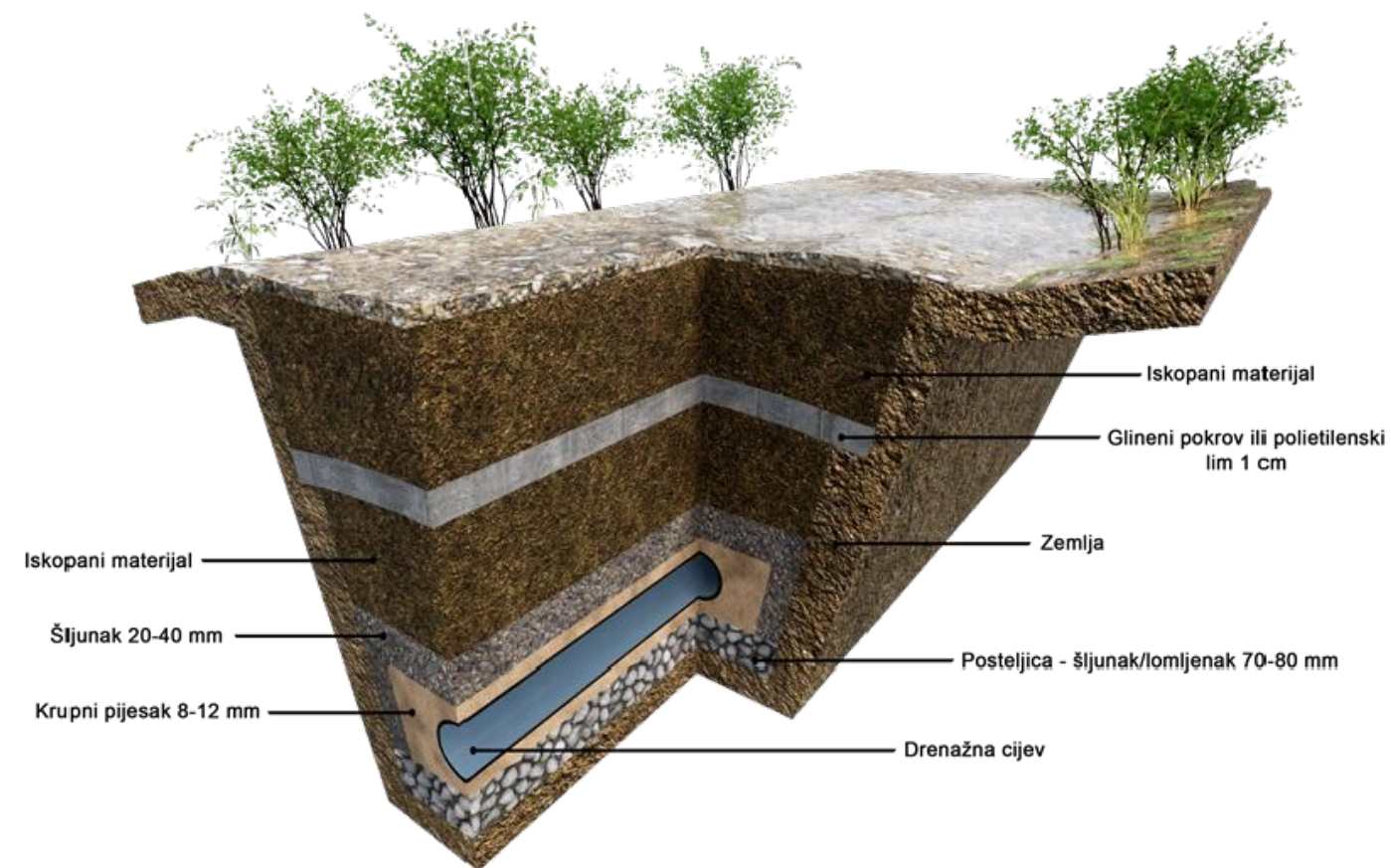
Slika 31. - Kanal za odvod vode na otoku Silbi

## 5.1. PLITKI DRENOVI - ZAHVAT

Drenaža može biti prirodna ili umjetna. Koristi se u rekultivaciji močvara, sprječavanju erozije te služi za navodnjavanje sušnih područja u poljoprivredi. Prirodna drenaža vode je često neadekvatna i može prouzročiti probleme ovisno zbog čega dreniramo vodu. Ukoliko se primjenjuje umjetna drenaža, koriste se sustavi površinske (uklanja višak vode s površine zemlje) ili podzemne drenaže. Površinska drenaža primjenjuje se prvenstveno na ravnim zemljištima gdje je slaba filtracija vode, niska propusnost ili ograničavajući slojevi radi apsorpcije oborinskih voda.

Podzemna drenaža je uklanjanje vode iz zone korijenja. Metoda uključuje kopanje rova unutar kojeg bi se smjestile cijevi potrebne za drenažu vode. Prednosti takve izgradnje za biljni sustav bile bi znatne poput: prozračivanje tla za maksimalan razvoj korijenja biljaka, povećanu duljinu vegetacije u područjima gdje se zemlja obrađuje, poboljšanje stanje vode u tlu, uklanjanje otrovnih tvari poput soli koje usporavaju rast biljaka te veći kapacitet skladištenja vode. Dakako izgradnjom ovakvog sustava smanjio bi se kapacitet vode koje bi koristile biljke, ali omogućilo skladištenje filtrirane oborinske vode.

„...Dren je iskopani jarak do nepropusnog sloja, u koji se ugrađuju sakupljači od nabačaja krupnog šljunka, kamenog ziđa i razne vrste perforiranih cijevi (keramičke, azbest-cementne, betonske) prečnika 20 do 50 cm. Nakon polaganja drenova drenažni se jarak zatrpava filtarskom ispunom koja se štiti slojem gline ili drugim nepropusnim materijalom...“<sup>12</sup>



<sup>12</sup> VODOOPSKRBA I ODVODNJA VODE - ppt - izvor nepoznat - dobavljeno od izv. Prof. dr. sc. Ivo Andrić

Slika 32. - Prikaz podzemne drenaže vode

Slika 33. - Plitki - Francuski dren - polupropusna cijev prekrivena geotekstilom i sitnoznatim kamenjem



Izgradnja plitkih drenova pripada sustavu podzemnih drenaža koje sakupljaju kišnicu odnosno vodu od okolnih korijenja biljaka. Kako bi sustav pravilno funkcionirao detaljno će se objasniti proces izgradnje plitkih drenova.

1. Odabir lokacije iskopa rova koji je prirodno nagnut nizbrdo ili iskopavanje rova pod nagibom od 1%. Sila gravitacije u ulozi odvodnje povlači vodu do odabranog odredišta. Kako bi se ovaj proces odvijao bez dodatnih problema primarno je omogućiti dovoljno širok rov (oko 1 m) za potrebne agregate i polupropusnu cijev.

2. Unutar iskopanog rova polaže se vodopropusna tkanina tako da pokriva obje strane rova, geotekstil, te unutar iste agregat granulaze 1-2 cm.

3. Na agregat polaže se perforirana cijev za drenažu vode, rupe odvodne cijevi potrebno je okrenuti prema dolje. Okrenuta u drugim položajima, voda se zadržava u cijevi dok se dodatno ne napuni.

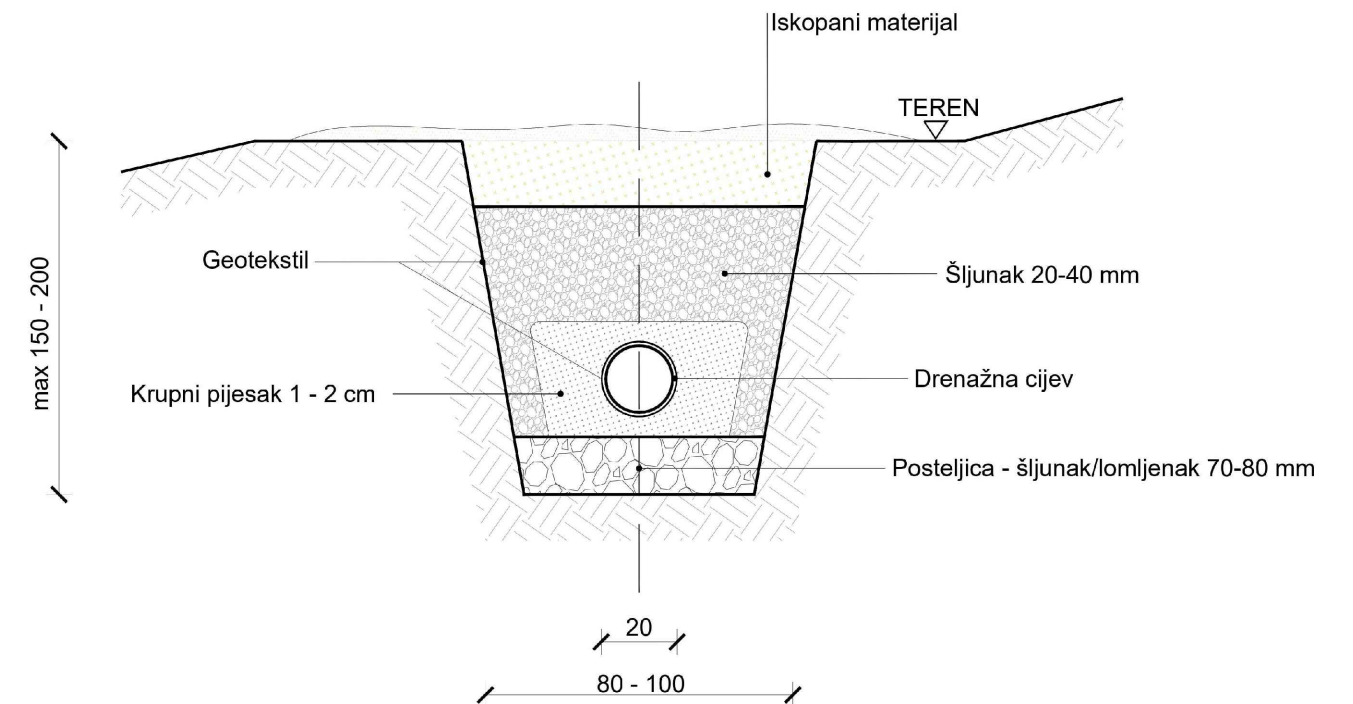
4. Cijev omeđenu geotekstilom pokriva se prvotno agregatom granulaze 1-2 cm do trećine rova do 20-tak cm od vrha rova. Na spomenuti agregat postavlja se ponovo geotekstil koji potpuno izolira sustav.

5. Na završni sloj geotekstila polaže se iskopana zemlja. Može se dodatno zaštititi agregatom granulaze 2-5 cm ovisno o korisniku drenažnog sustava.



Slika 34. - Presjek plitkog drena

Slika 35. - Označen prostor ispod kojeg se nalazi plitki dren



## 5.2. OTOK SILBA - INTEZITET KIŠE I VREMENSKE PRILIKE

Otok Silba ima značajke umjereno tople kišne klime sa suhim toplim ljetima - sredozemna klima ili klima masline. „...Dakle, zime su blage i kišovite, a ljeta vruća, odnosno topla i suha. To izravno utječe i na klimazonalno raslinje koje fitogeografski pripada pojasu eumediterana, otuda i naziv za klimu ovog područja - klima masline...“<sup>13</sup>

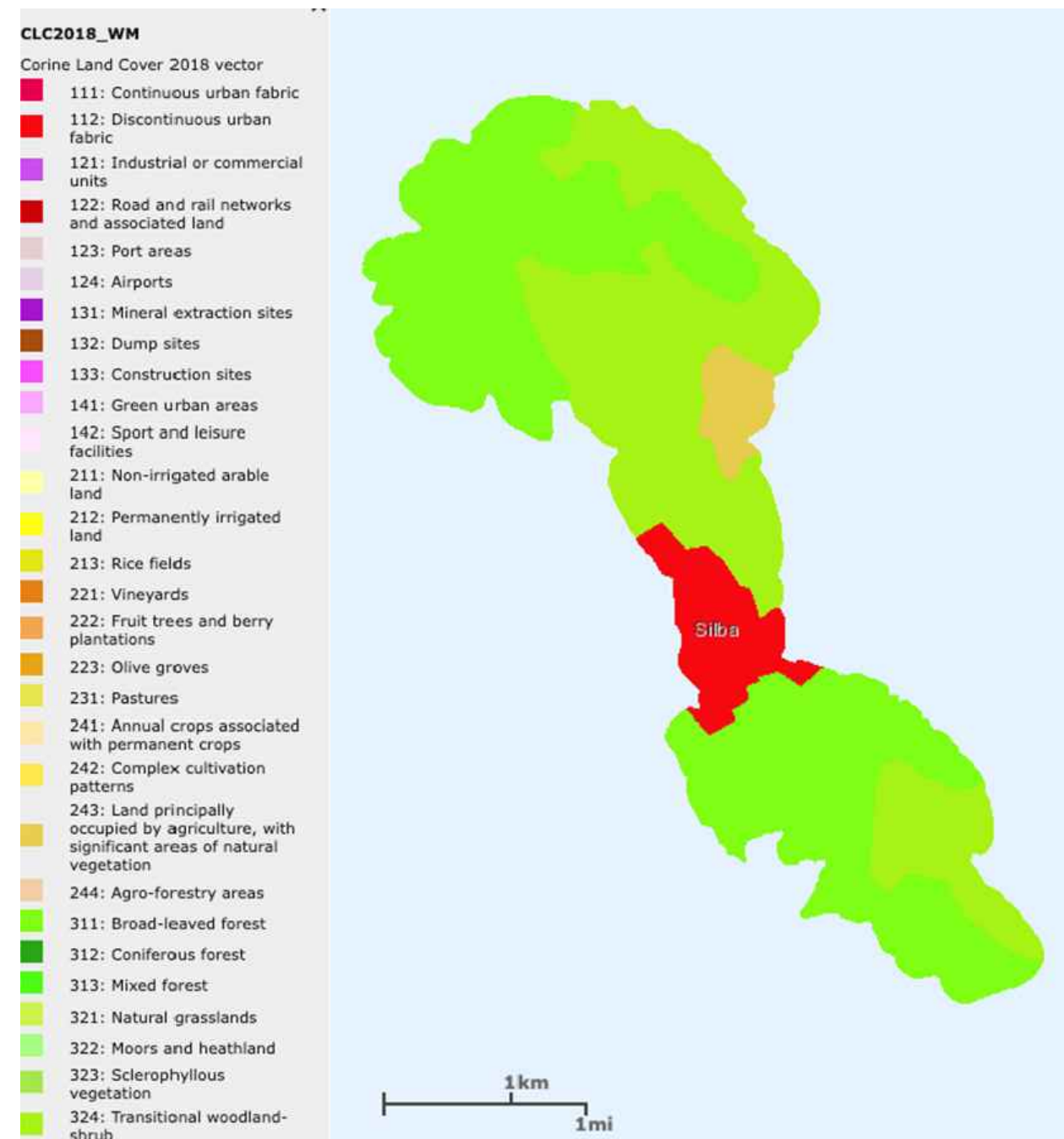
Vrijednosti godišnjeg rasporeda padalina gotovo je proporcionalno godišnjem hodu temperature isključivo u ljetnim mjesecima. Prosječna godišnja vrijednost količina padalina u cijelom zadarskom akvatoriju je oko 850 - 950 mm. U periodu od 1961. do 2006. godine srednja godišnja vrijednost padalina iznosila je 938 mm, dok je od 2000. do 2020. godine izmjereno 895 mm. Iz prikazanog možemo zaključiti kako godišnja vrijednost padalina opada, ali je i dalje visoka za zadarski akvatorij.

Prosječni koeficijent otjecanja vode na Silbi iznosi od 0,22 do 0,3 ovisno o tlu. Intenzitet oborina za povratni period od 5 godina, računa se na temelju srednje vrijednosti trajanja jake kiše na otoku - 20 minuta, i iznosi 275 L/s/ha (i). Navedeni rezultat ukazuje da se velika količina kišnica može prikupiti i dopremiti drenažnim sustavom do cisterni.

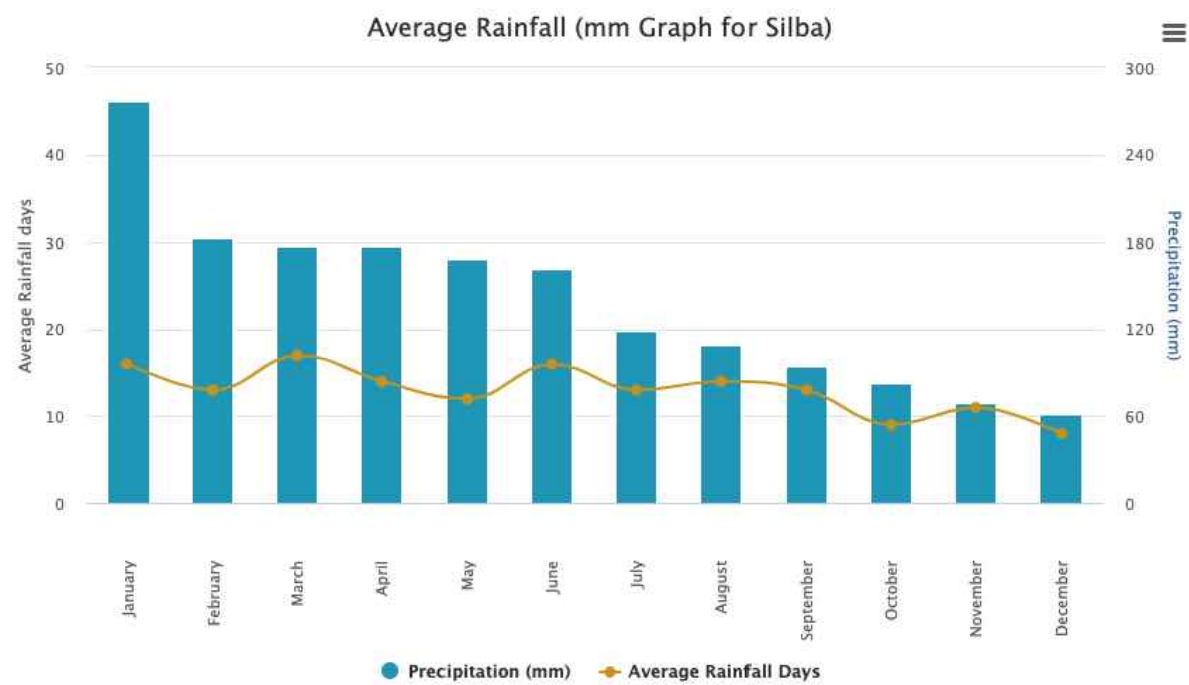
Kako bi se izračunala godišnja zapremnina, rezerva prikupljene kišnice, potrebno je pomnožiti srednju vrijednost godišnjih oborina s površinom odabranog područja (A) od kuda se drenažom prikuplja voda, s prosječnim koeficijentom otjecanja vode te koeficijentom učinkovitosti koja iznosi 0,4 (C) dobivene iz tablice (sl. 251).

$Q = C * I * A$  (L/s) - racionalna metoda za otjecanje kiše na određenom prostoru

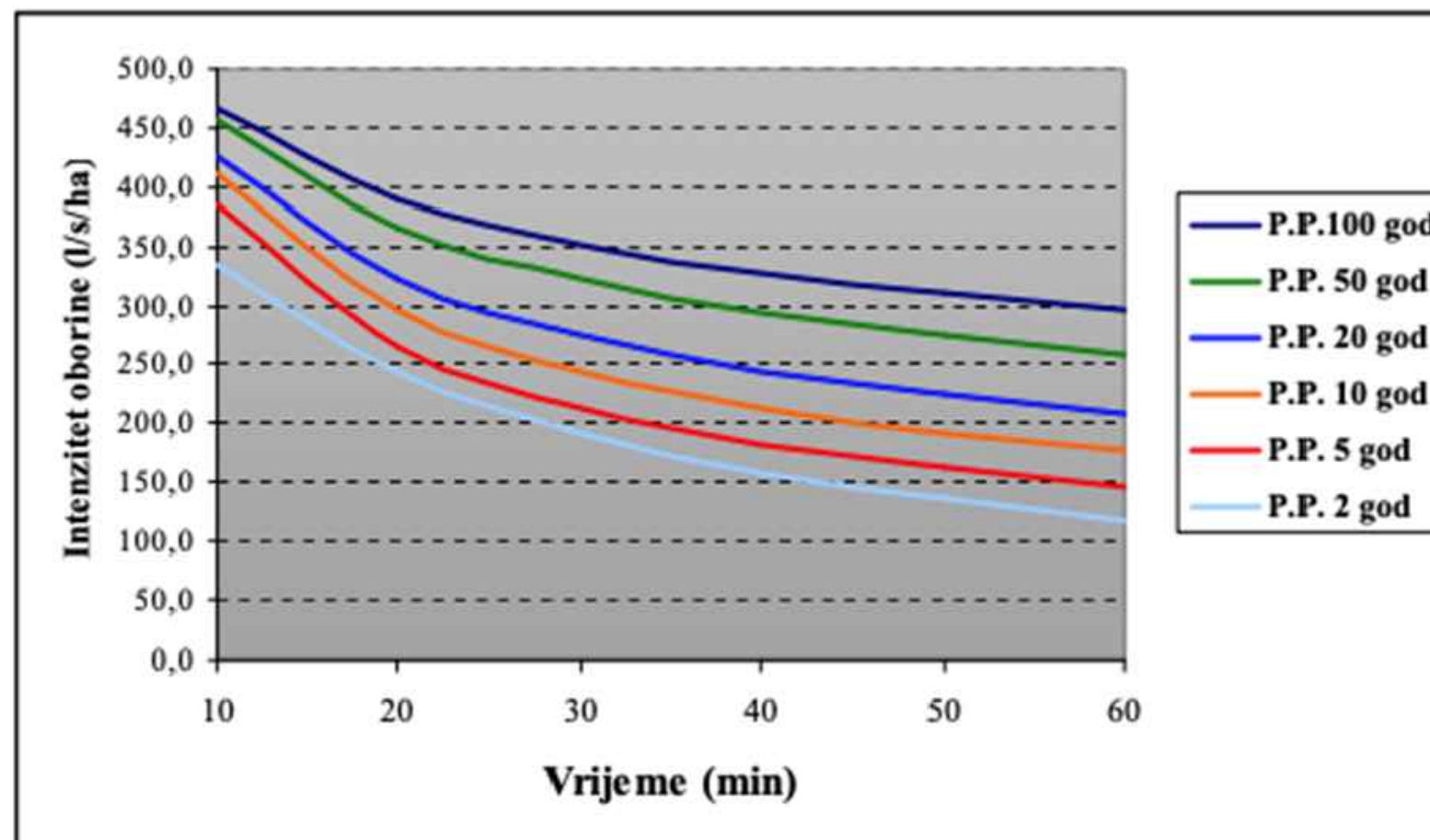
**REZERVA = GODIŠNJA OBORINA \* A \* C \* KOEF. UČINKOVITOSTI**



<sup>13</sup> Prirodno-geografska obilježja otoka Silbe Damir Magaš i Jadranka Brkić Vejmelka  
Slika 36. - Prosječni koeficijent otjecanja vode na otoku Silbi



Land use and topography	Soil type		
	Sandy loam	Clay and silt loam	Tight clay
Cultivated land			
Flat	0.30	0.50	0.60
Rolling	0.40	0.60	0.70
Hilly	0.52	0.72	0.82
Pasture land			
Flat	0.10	0.30	0.40
Rolling	0.16	0.36	0.55
Hilly	0.22	0.42	0.60
Forest land			
Flat	0.10	0.30	0.40
Rolling	0.25	0.35	0.60
Hilly	0.30	0.50	0.60
Populated area			
Flat	0.40	0.55	0.65
Rolling	0.50	0.65	0.80



Slika 37. - Srednja prosječna vrijednost padalina na otoku Silbi u mm

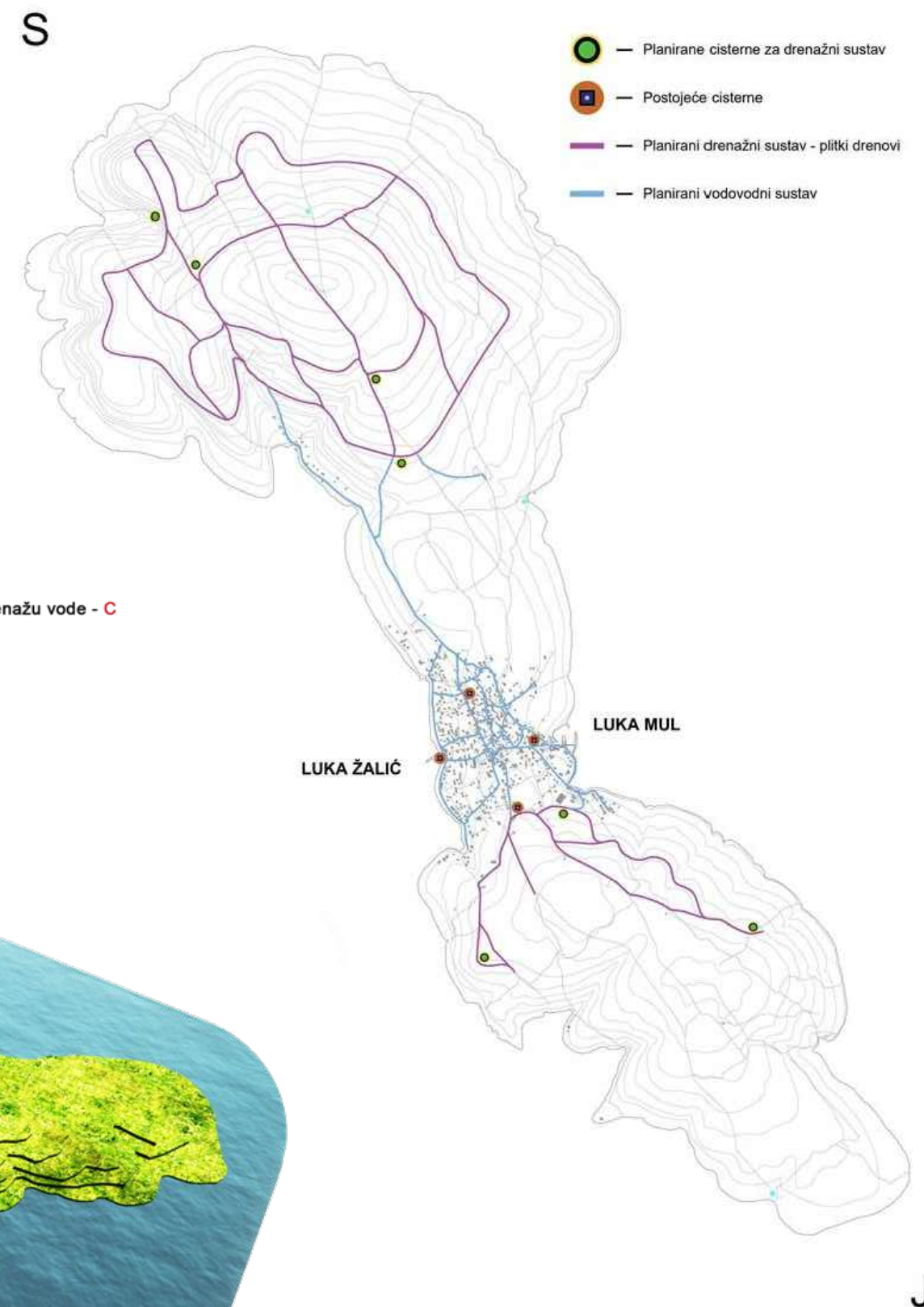
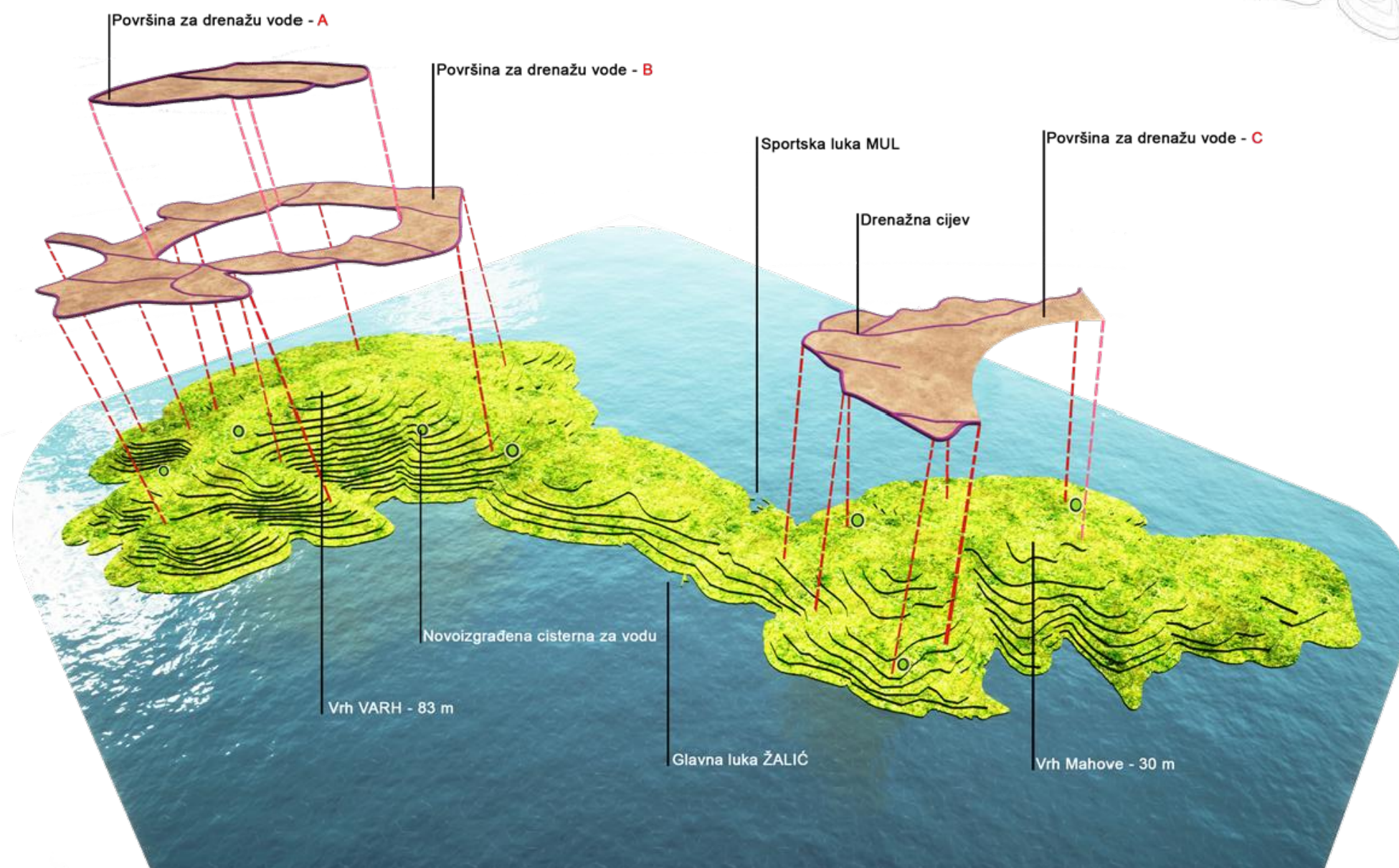
Slika 38. - Koeficijent učinkovitosti

Slika 39. - Intenzitet oborina unutar sat vremena u periodu od 2 -100 godina

### 5.3. SMJEŠTAJ SUSTAVA NA OTOKU

Sustav plitkih drenova planiran je na južnom i sjevernom dijelu otoka. Cijevi za drenažu postaviti će se kružno po slojnicama kako bi se spriječilo nakupljanje i zaustavljanje vode u jednoj točki. Kako bi metoda bila funkcionalna nužno je drenirati površine čija je razlika u nadmorskoj visini veća od 25 metara. Na sjevernom dijelu postavila bi se dva kružna drenažna sustava, svaki po 25 m.n.v. razlike, diobena crta, odnosno međa brdo s vrhom Varh (80 m) te na južnom dijelu polukružni sustav s vrhom Mahove (30 m).

Planirane su cisterne kapaciteta do 1000 kubika kako ne bi došlo do gubitaka ostajale vode u drenažnim cijevima. Kroz postojeće puteve otoka Silbe izveo bi se vodovodni sustav te nadogrudio dosadašnji.

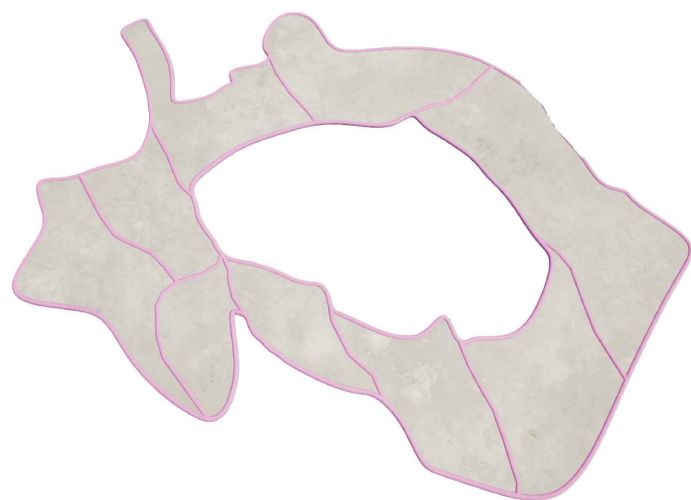


Slika 40. - Smještaj sustava na otoku - 3D  
Slika 41. - Smještaj sustava na otoku - 2D

## 5.4. PRORAČUN / ISPLATIVOST / SKLADIŠTENJE

Proračun i isplativost sustava plitkih drenova prikazan je grafovima. Skladištenje kišnice planirano je prijedlogom izvedbe cisterni rješenja proizvođača poput „Pipelife“, „ACO“ te „Frankische“. Uz prijedlog izvedbi cisterni nužno je napomenuti da se na istim mjestima planiraju arhitektonske intervencije koje bi doprinjele životu na otoku tijekom cijele godine.

Površina za drenažu vode - **A**



**P = 0,9 km<sup>2</sup>**  
**d = 3,7 km**

895 mm – godišnje oborine  
0,4 – Koeficijent učinkovitosti  
0,22 – Prosječni koef. otjecanja za  
NATURAL GRASS LAND  
275 l/s/ha – Intezitet otjecanja

$0,22 * 2,75 \text{ L/s/km}^2 * 0,9 \text{ km}^2$   
**0,54 L/s - Intezitet otjecanja vode**

$895 \text{ mm} * 900,000 \text{ m}^2 * 0,22 * 0,4$   
**7,100 m<sup>3</sup> - Voda prikupljena drenovima**

Površina za drenažu vode - **B**



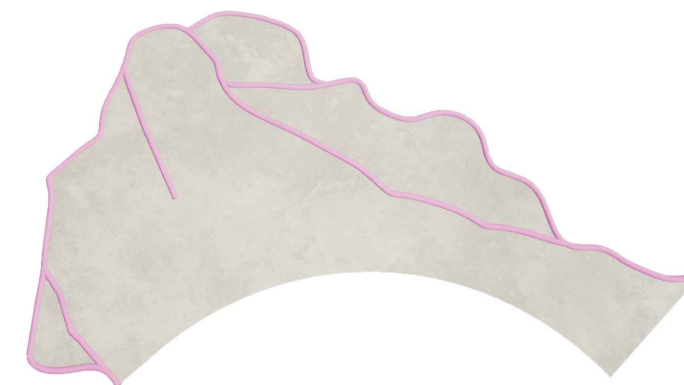
**P = 2,1 km<sup>2</sup>**  
**d = 8,8 km**

895 mm – godišnje oborine  
0,4 – Koeficijent učinkovitosti  
0,22 – Prosječni koef. otjecanja za  
NATURAL GRASS LAND  
275 l/s/ha – Intezitet otjecanja

$0,22 * 2,75 \text{ L/s/km}^2 * 2,1 \text{ km}^2$   
**1,27 L/s - Intezitet otjecanja vode**

$895 \text{ mm} * 2,100,000 \text{ m}^2 * 0,22 * 0,4$   
**16,540 m<sup>3</sup> - Voda prikupljena drenovima**

Površina za drenažu vode - **C**



**P = 0,9 km<sup>2</sup>**  
**d = 3,2 km**

895 mm – godišnje oborine  
0,4 – Koeficijent učinkovitosti  
0,22 – Prosječni koef. otjecanja za  
NATURAL GRASS LAND  
275 l/s/ha – Intezitet otjecanja

$0,22 * 2,75 \text{ L/s/km}^2 * 0,9 \text{ km}^2$   
**0,54 L/s - Intezitet otjecanja vode**

$895 \text{ mm} * 900,000 \text{ m}^2 * 0,22 * 0,4$   
**7,100 m<sup>3</sup> - Voda prikupljena drenovima**

**30,740 - 15,254 = 15,486 m<sup>3</sup> - OSTATAK ZA TURIZAM I UGOSTITELJSTVO - DRUŠTVENI CENTAR**

**Ukupan nedostatak vode = - 50,856 m<sup>3</sup> vode  
DESALINIZATOR ---- PROIZOVDNJA VODE LJETI**

250 stanovnika - LOKALNO- cijelu godinu  
190 L - Prosječna potrošnja vode po danu  
190 L \* 250 stan \* 365 dana  
**17,500 m<sup>3</sup> - Potrebno vode za cijelu godinu**  
3 osobe po kućanstvu  
250 : 3 = 84 kućanstva  
84 \* 150 m<sup>2</sup>  
**12,600 m<sup>2</sup> krovnih površina - A**  
**895 mm - godišnje oborine**  
**0,4 - Koeficijent učinkovitosti**  
**0,5 - Prosječni koef. otjecanja za URBAN AREA**  
**275 l/s/ha - Intezitet otjecanja**  
895 mm \* 12,600 m<sup>2</sup> \* 0,5 \* 0,4  
**2,255m<sup>3</sup> vode za cijelu godinu - krovna kišnica**  
**- 15,245 m<sup>3</sup> VODE**  
**VODONOSAC - 78 kubika vode po osobi**  
**- pravo na vodu/mjesečno = 284,000 m<sup>3</sup> ?!**

5000 ljudi - TURIZAM - **samo 3 mjeseca**  
**- računa se kao da su stalno**  
190 L - Prosječna potrošnja vode po danu  
190 L \* 5000 ljudi \* 92 dana  
**87,500 m<sup>3</sup> vode za 3 mjeseca**  
900 kućanstva - otprilike izbrojeno preko katastra  
150 m<sup>2</sup> - Srednja vrijednost krovnih površina  
150 m<sup>2</sup> \* 900 kuća  
**135,000 m<sup>2</sup> krovnih površina**  
135,000 - 12,600 = **122,400m<sup>2</sup> krovnih površina - A**  
**895 mm - godišnje oborine**  
**0,4 - Koeficijent učinkovitosti**  
**0,22 - Prosječni koef. otjecanja za NATURAL GRASS LAND**  
**275 l/s/ha - Intezitet otjecanja**  
895 mm \* 122,400 m<sup>2</sup> \* 0,5 \* 0,4  
**21,900m<sup>3</sup> vode za 3 mjeseca- krovna kišnica**  
**- 65,600 m<sup>3</sup> VODE**

**Ukupan nedostatak vode = - 80,856 m<sup>3</sup> vode**

Silba pripada jadranskim otocima na kojima nije osiguran pristup vodi putem sustava javne vodoopskrbe, već se prikuplja kišnica u cisternama. Izgradnja vodovodnog sustava planirana je do 2035. godine za veliki dio zadarskog arhipelaga te izgradnja desalinizatora na otocima Premuda, Silba i Olib uz pomoć fondova EU. Iako se o problemu opskrbe raspravlja dugi niz godina, prvi pomaci javno se bilježe 2020. godine donesenim UPU Zadarskog područja.

Otočanima raspoložive količine vode nisu dostatne, što je posebno izraženo u ljetnim mjesecima. Problem s nedostatkom vode utječe na kvalitetu svakodnevnog života, ali i na razvoj samog otoka. Rješenja koja će osigurati kvalitetnu opskrbu vodom nisu zajednička već im svaki otok pristupa na svoj način. Zato je od velike važnosti pokrenuti razvoj samoopskrbe vodom koju bi otočani koristili za vlastite potrebe, ali i za potrebe u turističkom sektoru.

Primjene više sustava donosi i određene rizike. Jedan od načina je i predloženo rješenje sustava plitkih drenova koje je moguće realizirati uz niske troškove te kontinuiranu opskrbu vodom za potrebe stanovništva i lokalnih obrtnika. Međutim u razdobljima najveće potrošnje, sustav je potrebno nadograditi, u navedenom slučaju desalinizatorom. Prednosti istog su prvenstveno u dostupnosti morske vode, dok je s druge strane riječ o izrazito skupoj tehnologiji te njenom eventualno negativnom utjecaju na bioraznolikost.

Činjenica je da zbog povećanog broja potrošača tijekom sezone, potražnja nadilazi prikupljene količine vode sustavom plitkih drenova. Isto tako primjena desalinizatora u periodu kada izostaje značajnija potrošnja nije ekonomski isplativa. Kako bi se nadopunili, prijedlog je da sustavi funkcioniraju sukladno potrebama.

## KNJIGE I ČASOPISI

1. -NN 70/2021 (25.6.2021.), *Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o otocima*
2. -*History of Water Cisterns: Legacies and Lessons* - Larry Mays, George P. Antoniou and Andreas N. Angelakis
3. -*ČETIRI BUNARA U RENESANSNOM ŠIBENIKU* Joško Ćuzela - Ivo Šprljan UDK: 711.8 (497.5 Šibenik) „14“ Izvorni znanstveni rad Joško Ćuzela Ivo Šprljan Ministarstvo kulture Konzervatorski odjel u Šibeniku
4. -*VODOOPSKRBA I ODVODNJA VODE* - ppt - izvor nepoznat - dobavljeno od strane izv. Prof. dr. sc. Ivo Andrić

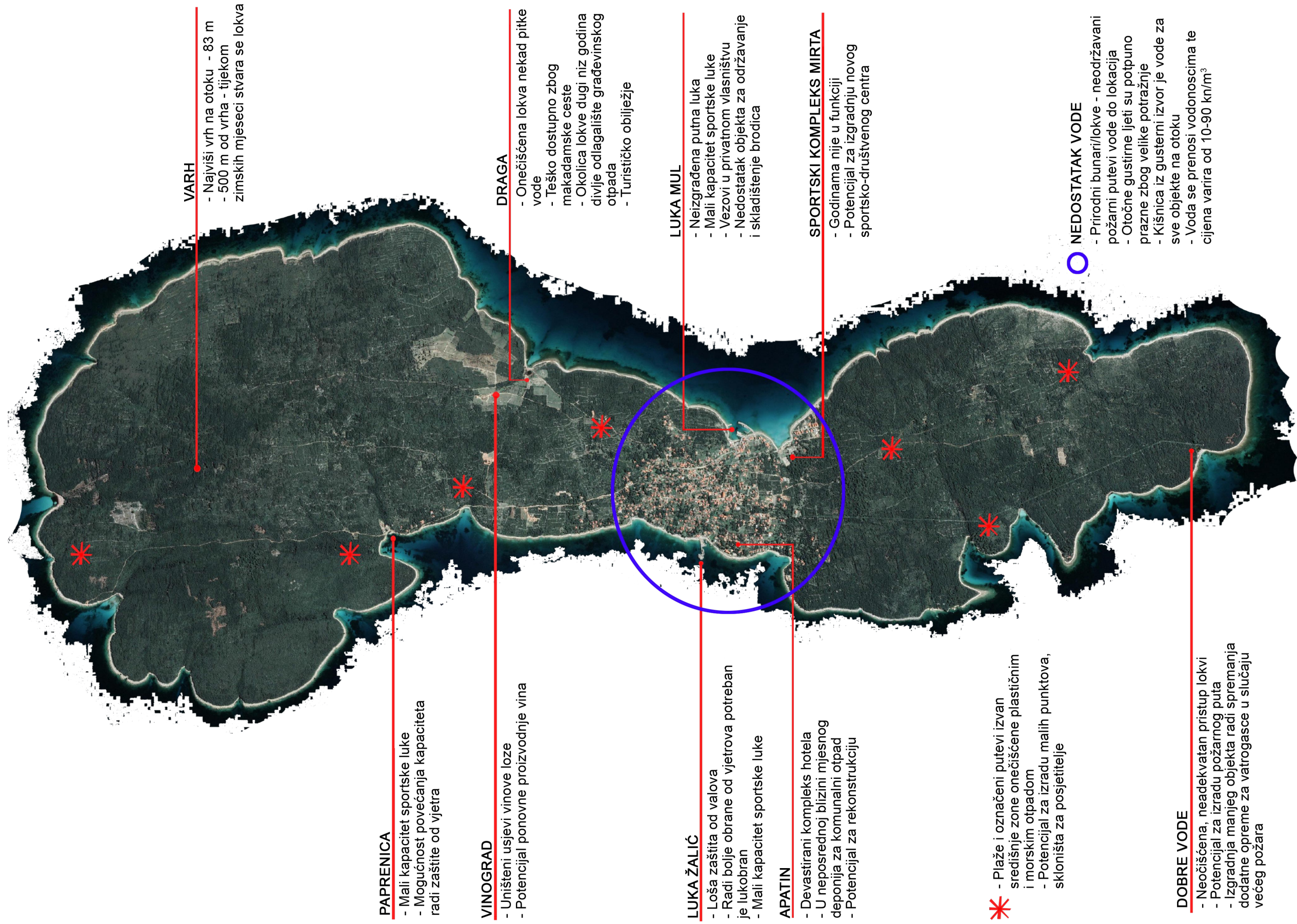
## WEB STRANICE

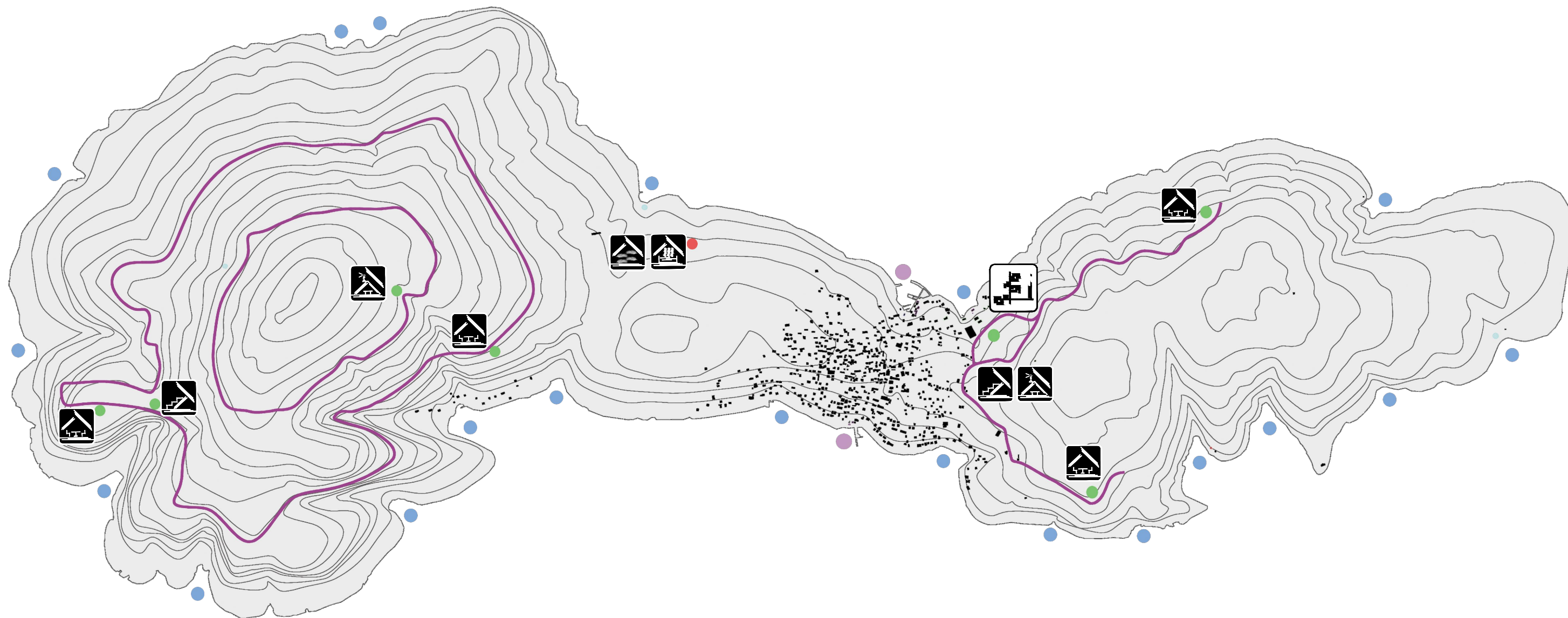
1. -<https://esavjetovanja.gov.hr/ECon/MainScreen?entityId=17642>  
Na portalu e-Savjetovanja objavljen je Nacrt prijedloga Nacionalnog plana razvoja otoka za razdoblje od 2021. do 2027. godine.
2. -<https://registar-otoka.gov.hr/>
3. -<https://www.otoci.eu/>
4. -*Enciklopedija.hr* (2018) <<http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=14701>>.
5. -<https://www.otoci.eu/predstavljena-predinvesticijska-studija-opskrbe-otoka-silbe-pitkom-vodom-iz-desalinizatora/>
6. -<https://www.vodovod-zadar.hr/novosti/eu-projekt-vodoposkrba-zadar/98>
7. -*filtracija*. Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=19635>
8. -<https://www.pipelife.hr/niskogradnja/raineo/stormbox.html>
9. -*Prirodno-geografska obilježja otoka Silbe* Damir Magaš i Jadranka Brkić Vejmelka
10. -<https://heytripster.com/blog/history-and-legends-of-basilica-cistern/>
11. -<https://hr.wikipedia.org/wiki/Cisterna>
12. -<https://wikiqube.net/wiki/cistern>
13. -<https://hr.goodideahome.com/3961636-rainwater-use-with-cistern-information-and-tips>
14. -<https://pravimajstor.hr/sakupljanje-kisnice>
15. -<https://hr.garden-landscape.com/rain-water-tank-plastic-or-concrete-costs-and-prices-4675>
16. -<https://www.freshwatersystems.com/blogs/blog/what-is-a-water-storage-tank-and-how-does-it-work>
17. -<https://www.6sqft.com/nyc-water-towers-history-use-and-infrastructure/>
18. -<https://www.wfa.com.au/history-water-filters/>
19. -<https://www.luminoruv.com/education/filtration>
20. -[https://nobel.ba/blog/svijet-filtera/kisnica-voda-pice-165/?\\_detect\\_country=hr](https://nobel.ba/blog/svijet-filtera/kisnica-voda-pice-165/?_detect_country=hr)
21. -<https://southlandfiltration.com.au/guide-to-rainwater-harvesting-filtration/>
22. -<https://www.aco.co.uk/products/stormbrixx>
23. -<https://www.britannica.com/topic/drainage>
24. -<http://ecoursesonline.iasri.res.in/mod/page/view.php?id=7>
25. -<http://ecoursesonline.iasri.res.in/mod/page/view.php?id=9>
26. -<https://centrallandscapes.co.nz/blogs/our-garden-blog/installing-a-field-drain>
27. - <https://www.aco.co.uk/products/stormbrixx>
28. - <https://www.fraenkische.com/en/competence/agricultural-drainage>

## ZVORI SLIKA

- Slika 1.** - Izradio Niko Borković
- Slika 2.** -<https://www.gucluanadolugazetesi.com/su-kaynaklari-hizla-tukeniyor-124793.html/>
- Slika 3.** -<https://www.facebook.com/premudaphotosprema-najavama-brodara-vodonosac-zrmanja-dolazi-na-premudu-u-ponedjeljak-14082011433568480058471>
- Slika 4.** -<https://hr.acumeninterior.com/7833331-gdzie-odprowadza-deszcz-wk>
- Slika 5.** -<https://www.antea.hr/proizvodidesalinizatoridesalinizatori-bocate-vode>
- Slika 6.** -<https://www.sinisasoljacic.com/2020gustirna-u-podbarje>
- Slika 7.** - **13.** - *History of Water Cisterns: Legacies and Lessons* - Larry Mays, George P. Antoniou and Andreas N. Angelakis
- Slika 14.** - **16.** -*ČETIRI BUNARA U RENESANSNOM ŠIBENIKU* Joško Ćuzela - Ivo Šprljan UDK: 711.8 (497.5 Šibenik) „14“ Izvorni znanstveni rad Joško Ćuzela Ivo Šprljan Ministarstvo kulture Konzervatorski odjel u Šibeniku
- Slika 17.** -<https://pravimajstor.hr/sakupljanje-kisnice>
- Slika 18.** -<https://dracopro.com/spremnici-vode/>
- Slika 19.** -<https://dracopro.com/spremnici-vode/>
- Slika 20.** -<https://www.watercache.com/portfolio/aboveground-poly-cisterns/>
- Slika 21.** -<https://www.pinterest.com/pin/600386194079318332>
- Slika 22.** -<https://forestlumber.com/gallery-cisternspunahou-cisterns>
- Slika 23.** -<https://www.wfa.com.au/history-water-filters/>
- Slika 24.** -<https://www.wfa.com.au/history-water-filters/>
- Slika 25.** -<https://www.wfa.com.au/history-water-filters/>
- Slika 26.** -<https://opremazaciscenje.hr/proizvod/lab-klor/>
- Slika 27.** -<https://rainfresh.ca/product/uv-water-purification-systems/>
- Slika 28.** -<https://www.pipelife.hr/niskogradnja/raineo/stormbox.html>
- Slika 29.** -<https://www.fraenkische.com/en/competence/agricultural-drainage>
- Slika 30.** -<https://www.aco.co.uk/products/stormbrixx>
- Slika 31.** - izradio Niko Borković
- Slika 32.** - izradio Niko Borković
- Slika 33.** -<https://www.gradnja.me/clanak/422/%C5%A0ta-je--francuska-drena%C5%BEa-i-kako-se-izvodi>
- Slika 34.** - izradio Niko Borković
- Slika 35.** -<https://www.gradnja.me/clanak/422/%C5%A0ta-je--francuska-drena%C5%BEa-i-kako-se-izvodi>
- Slika 36.** -<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>
- Slika 37.** -<https://www.worldweatheronline.com/silba-weather-averages/primorsko-goranska/hr.aspx>
- Slika 38.** -<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>
- Slika 39.** -<https://meteo.hr/>
- Slika 40.** - izradio Niko Borković
- Slika 41.** - izradio Niko Borković







 AMFITEATAR

 VIDIKOVAC

 PLANIRANE CISTERNE  
ZA DRENAŽNI SUSTAV

 GLAVNA LUKA

 ODMORIŠTE

 ODLAGALIŠTE OTPADA

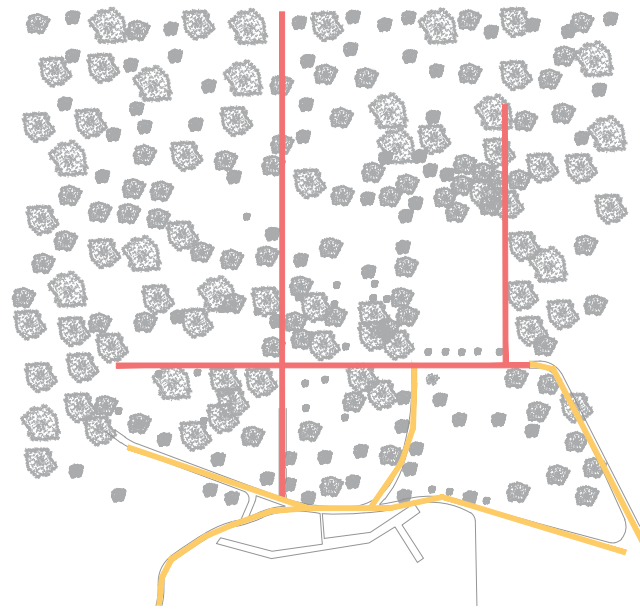
 PLAŽE

 PLANIRANI DRENAŽNI SUSTAV  
- PLITKI DRENOVI

 ZELENI OTPAD

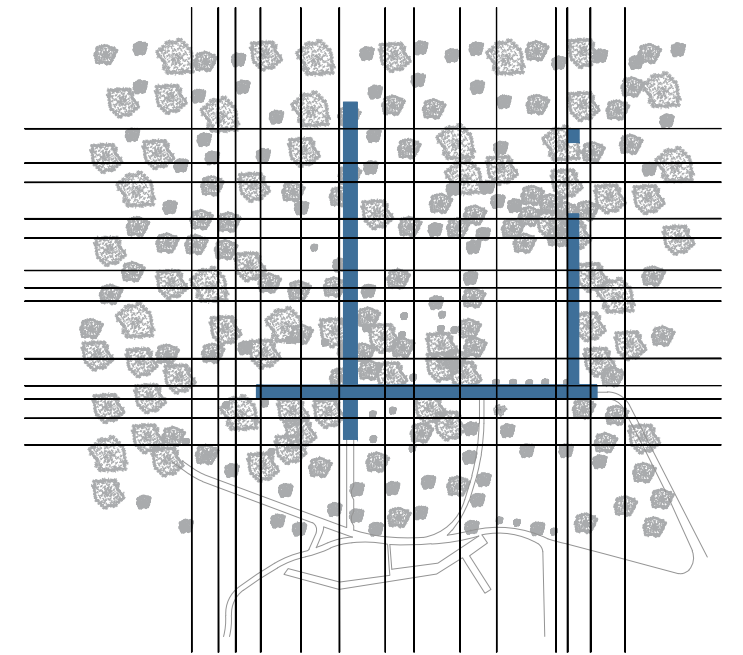
 KOMPLEKS DRUŠTVENOG  
I SPORTSKOG CENTRA

 PLANIRANI SUSTAV ZA  
GOSPODARENJE OTPADOM

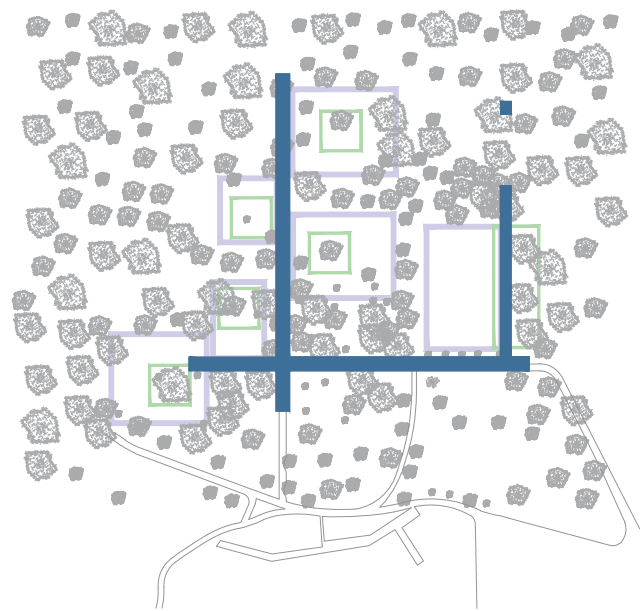


Postavljanjem glavnih osi na parcelu stvara se jedinstvena komunikacija između pojedinih objekata, odnosno paviljona. Na tlocrt se smještaju dvije vertikalne osi, prva od plaže Šotorišće na istoku nastavlja se prema zapadu tvoreći novi puteljak na otoku. Druga vertikalna, od dna postojećeg terena završava vidikovcem s kojim započinje prva lokalna cisterna za prikupljanje vode iz plitkih drenova s južne strane otoka.

Horizontalna linija siječe obje vertikalne linije i stvara okosnicu između građevnog područja i obalnog područja. Započinje sa SI strane kao staza između lokalnih kuća te se produžuje u horizontalnoj liniji sve do društvenog centra.

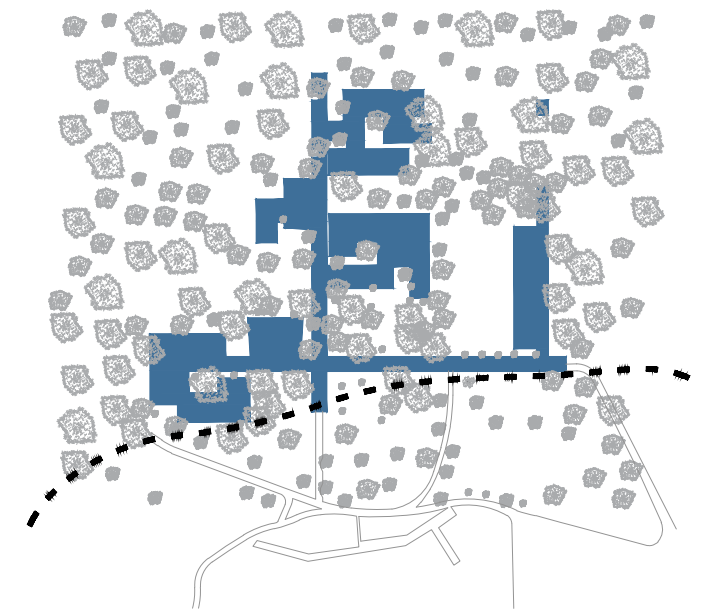


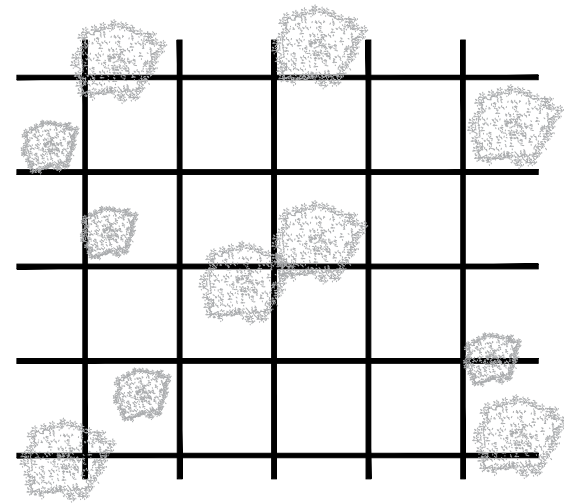
Kako bi se očuvala gusta šuma na prostoru projektiranog kompleksa postavlja se mreža koja odvaja stabla i potencijalnu građevinsku zonu. Na sve četiri karte, plave površine prikazuju prostor prekriven nadstrešnicom, dok se ispod njih nalaze manji paviljoni.



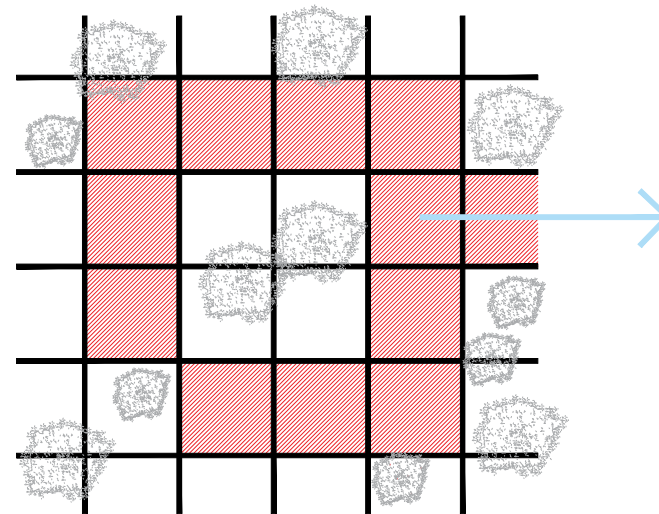
Daljnjom razradom linija i prostora potencira se ideja stvaranja prostora oko i između stabala te mogućnosti pristupa svakom objektu do njegovog "privatnog" dvorišta, odnosno prolaza između pojedinih paviljona.

Projekt koji se sastoji od više manjih nezavisnih objekata moguće je izgraditi etapno. Započelo bi se s objektima prioritarnim za lokalno stanovništvo i sezonske turiste, poput društvenog i sportskog kompleksa. Neovisno o njima, među prvima planirana je izgradnja sustava cisterni zajedno s crnom jamom i pročišćivačem.

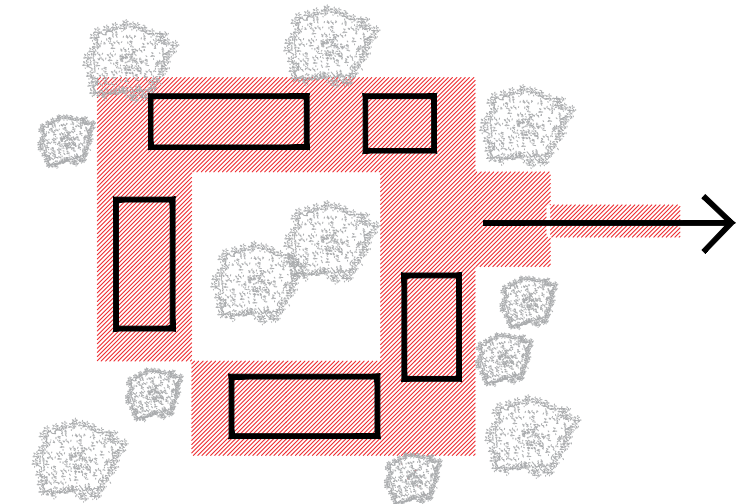




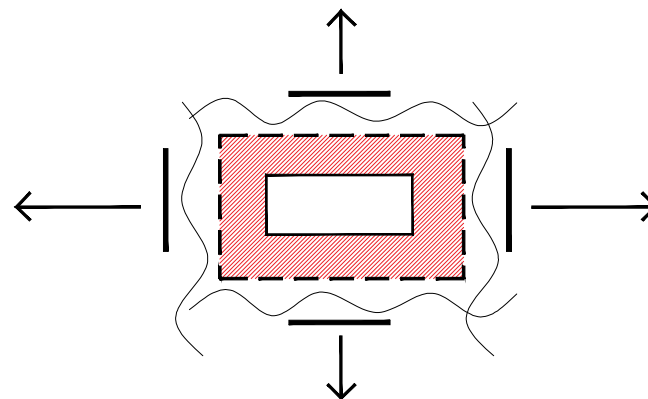
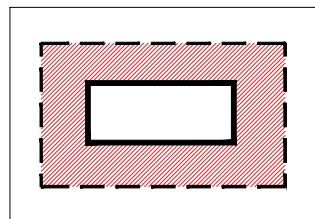
Mreža odvaja prazna polja od polja sa stablima



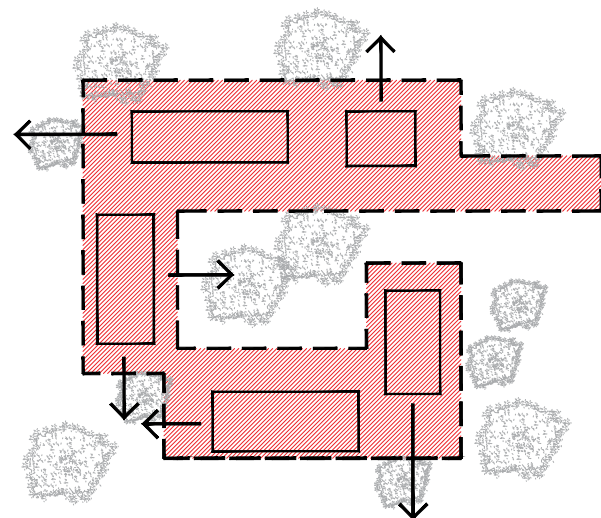
Crvena boja označava krovnu površinu, dok plava strelica naznačuje daljnji nastavak krovova



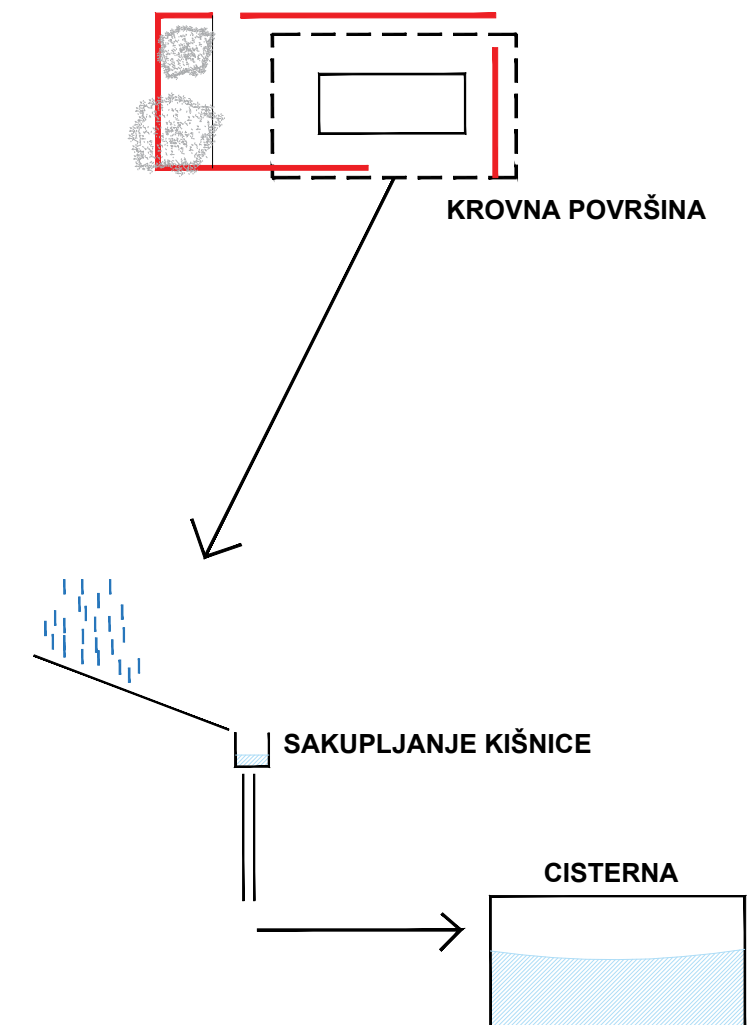
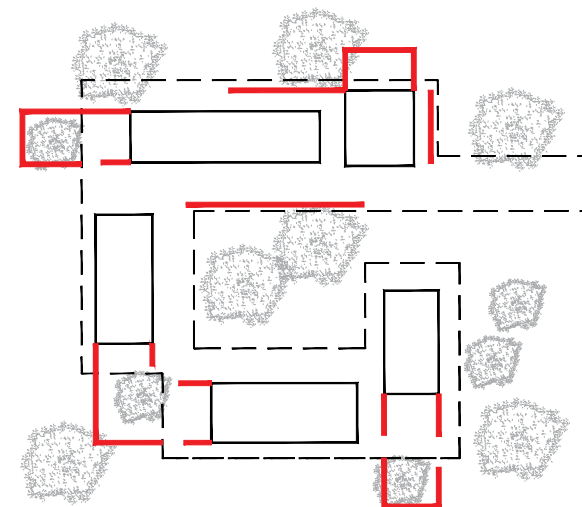
Položaj objekata omogućava odvajanje privatnog i javnog prostora



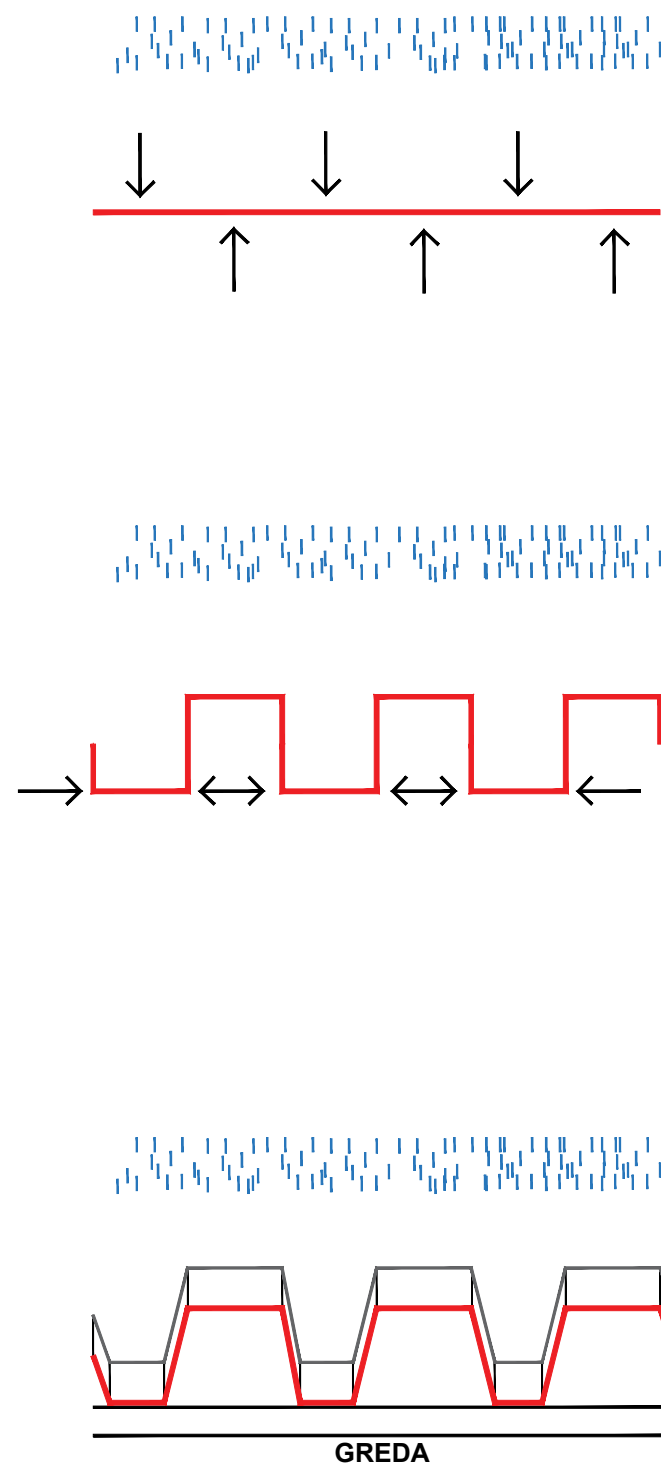
Svi objekti imaju otvorenu terasu. Transparentni zidovi izvan strukture objekta stvaraju dodatne komunikacije te se ovisno o namjeni dobivaju privatna, poluprivatna i javna dvorišta.



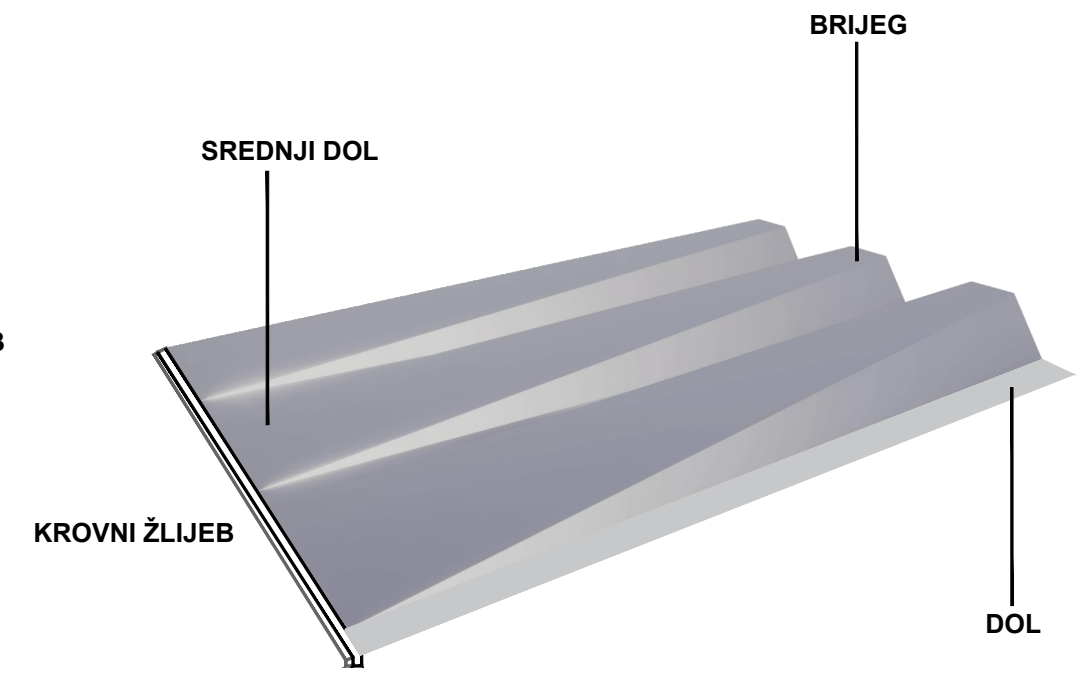
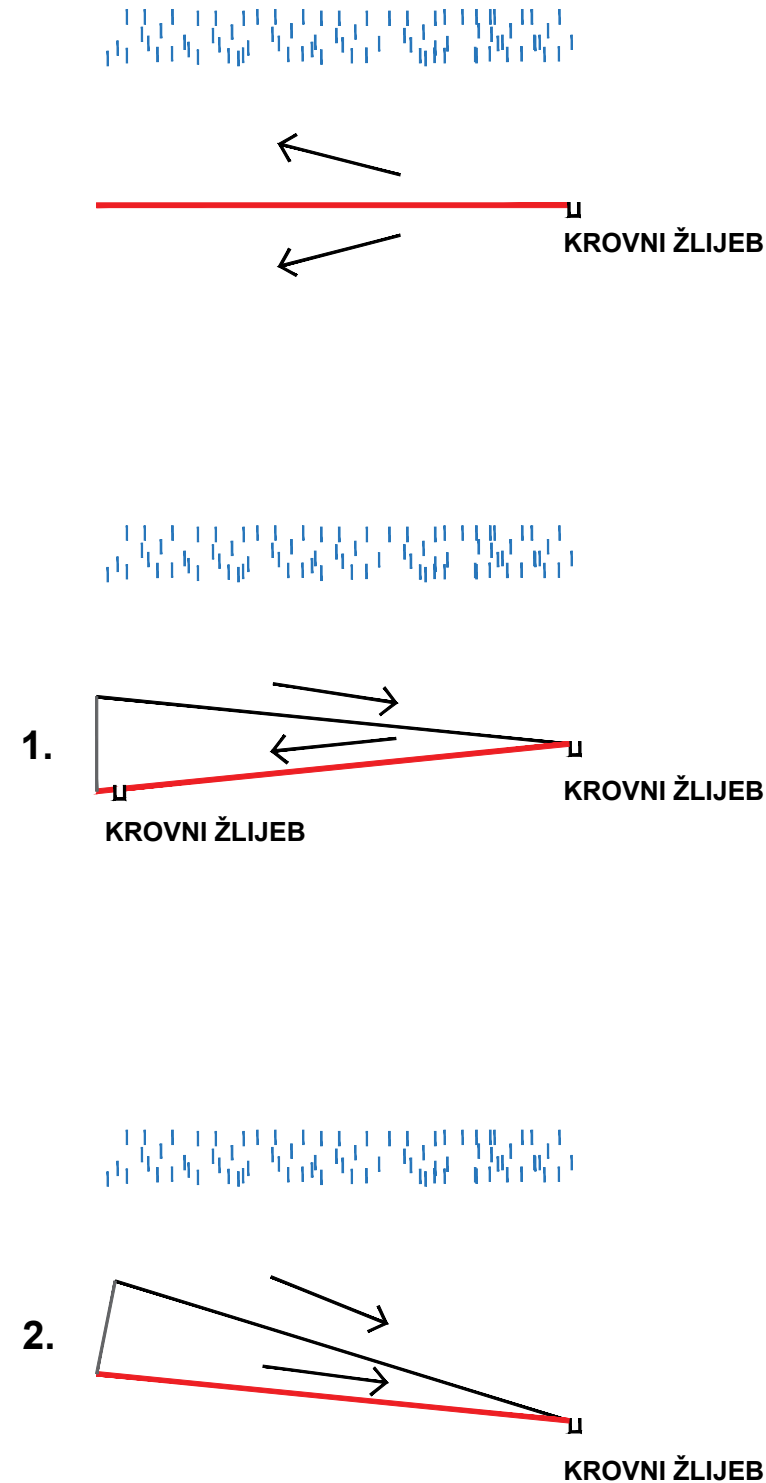
Prostor se širi i stvaraju se privatna dvorišta, konstrukcija krovova projektirana je da se zbog nagiba, kišnica prikuplja u dvije točke ili na planiranim mjestima u vrtovima.



## POPREČNI PRESIJEK



## UZDUŽNI PRESIJEK



Kompleksni dizajn krovnih površina nije samo zbog obrane od sunca i vjetra, već i kiše. Tijekom kišnog razdoblja na otoku važno je prikupiti maksimalnu dostupnu količinu kišnice. Projektirani krov je izrađen poput žljebova (jarka) koji se u raznim dijelovima šire i sužavaju i s određenim nagibima ovisno o prostorima ispod njih. Takav nagib omogućava prikupljanje vode i tvori strukturu koja je u nekim dijelovima i samonosiva.

Krov koji ne završava krovnim žlijebom, često se nalazi iznad ili se nastavlja na sljedeći krov. Prikupljena voda prolazi kroz cijevi skrivene između vanjske i unutarnje ovojnice zida pa sve do cisterne propisanim nagibima kako bi se omogućilo otjecanje vode.

## — PRIKUPLJANJE KIŠNICE PREKO KROVNIH POVRŠINA

## — DISTRIBUCIJA TEHNIČKE VODE IZ CISTERNI

(ovisno o voditelju prostora voda se dodatno filtrira do pitkosti)

## ● CISTERNA #1 I #2, CRNA JAMA I CISTERNA ZA PROČIŠĆENU VODU

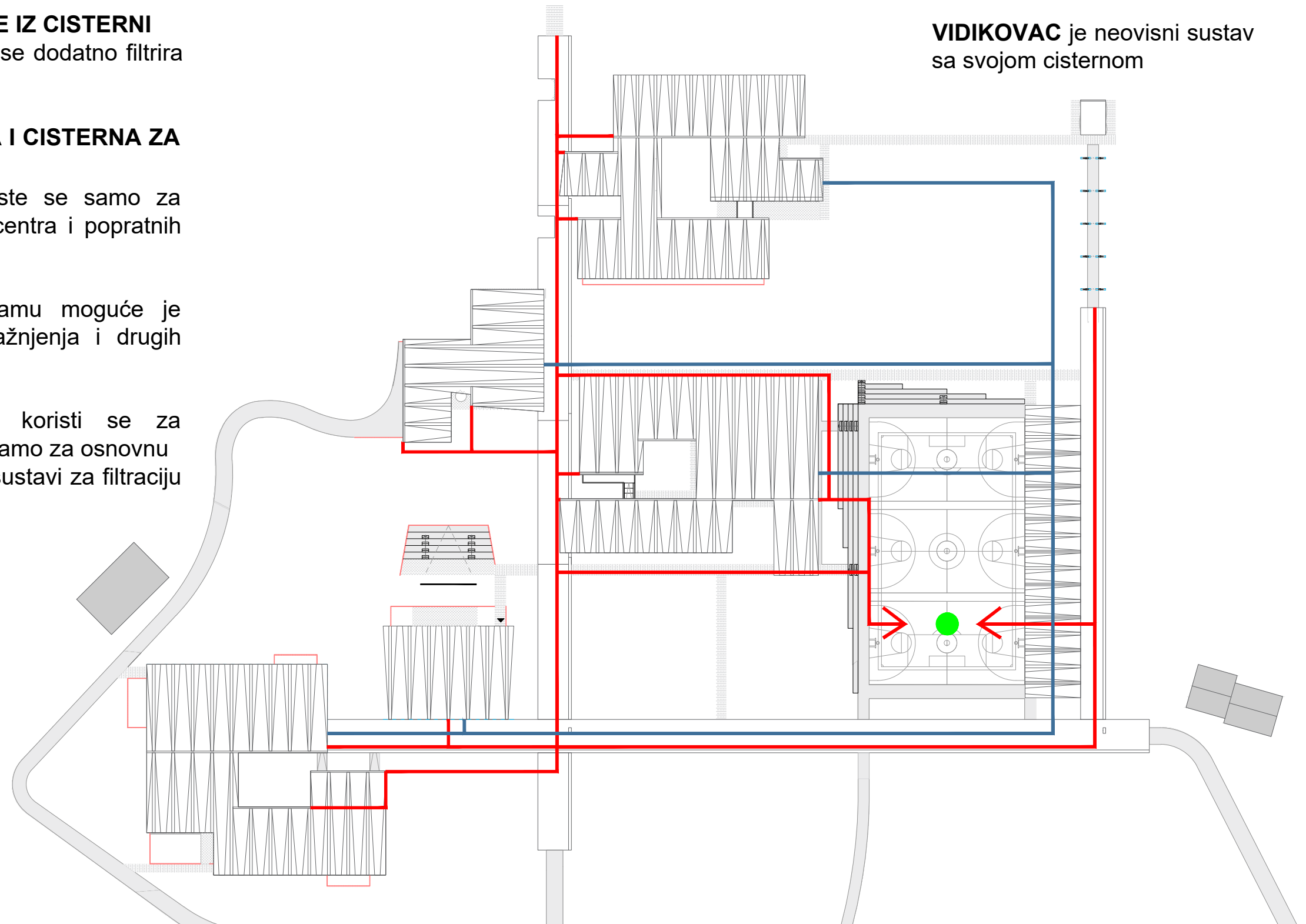
Cisterne za tehničku vodu koriste se samo za potrebe društvenog i sportskog centra i popratnih sadržaja.

Zbog velike zapremine crnu jamu moguće je koristiti i za potrebe hitnog pražnjenja i drugih objekata na otoku.

Cisterna za pročišćenu vodu koristi se za pročišćavanje vode iz crne jame samo za osnovnu svrhu - ovisno postoje li dodatni sustavi za filtraciju do pitkosti vode.

Prikupljanje vode vršilo bi se preko krovova do filtratora, odnosno cisterne ili skrivenom odvodnjom kišnice između "sandwich" panela.

Na krovovima koji nisu žljebasto projektirani, odnosno na krovne površine u novim glavnim ulicama kompleksa, postavile bi se solarne ploče za proizvodnju električne energije za potrebe korisnika.



**VIDIKOVAC** je neovisni sustav sa svojom cisternom

## DRUŠTVENI CENTAR

- CO-working space	120 m <sup>2</sup>
- multimedijalni prostor	97 m <sup>2</sup>
- konferencijska sala	98 m <sup>2</sup>
- DIY radionica	62 m <sup>2</sup>
- sanitarije	2 x 25 m <sup>2</sup>
- hodnik / vanjski natkriveni prostor / vrt	860 m <sup>2</sup>
- recepcija	10 m <sup>2</sup>
- spremište	4 x 10 m <sup>2</sup>
- spremište za čistačice	10 m <sup>2</sup>
- kuhinja za djelatnike	12 m <sup>2</sup>
- sanitarije za djelatnike	4 x 5 m <sup>2</sup>

## CAFFE / SNACK BAR

### Etaža 0

- ulazni / unutrašnji prostor	112 m <sup>2</sup>
- mala kuhinja	22 m <sup>2</sup>
- bar	16 m <sup>2</sup>
- walk-in hladnjak	7 m <sup>2</sup>
- ured	8 m <sup>2</sup>
- spremište	9 m <sup>2</sup>
- svlačionica i sanitarije za djelatnike	9 m <sup>2</sup>
- sanitarije	31 m <sup>2</sup>
- vanjski natkriveni prostor / vrt	69 m <sup>2</sup>

### Etaža 1

- unutrašnji prostor	130 m <sup>2</sup>
- stubište	11 m <sup>2</sup>
- vanjski natkriveni prostor / vrt	110 m <sup>2</sup>
- amfiteatar	140 m <sup>2</sup>

## SPORTSKI CENTAR

### Etaža 0

- vjetrobran	7 m <sup>2</sup>
- ulazni prostor	70 m <sup>2</sup>
- recepcija	8 m <sup>2</sup>
- kuhinja za djelatnike	8 m <sup>2</sup>
- skupne svlačionice	54 m <sup>2</sup>
- ured	16 m <sup>2</sup>
- mala dvorana	305 m <sup>2</sup>
- spremišta dvorane	2 x 12 m <sup>2</sup>
- spremište	8 m <sup>2</sup>
- svlačionica i sanitarije za čistačice	10 m <sup>2</sup>
- sanitarije	2 x 15 m <sup>2</sup>
- hodnik	80 m <sup>2</sup>
- predvorje za podrum	22 m <sup>2</sup>
- stubište	3 x 11 m <sup>2</sup>
- vanjski natkriveni prostor / vrt	225 m <sup>2</sup>

### Etaža 1

- igraonica	70 m <sup>2</sup>
- teretana	62 m <sup>2</sup>
- ured	16 m <sup>2</sup>
- svlačionica i sanitarije za djelatnike	10 m <sup>2</sup>
- terasa	100 m <sup>2</sup>
- spremište	2x 12 m <sup>2</sup>
- hodnik	67 m <sup>2</sup>
- sanitarije	15 m <sup>2</sup>

## TRIBINE I TERENI

- vanjske tribine	180 m <sup>2</sup>
- tereni	1340 m <sup>2</sup>
- spremište	8 m <sup>2</sup>
- sanitarije	8 m <sup>2</sup>
- kompleks stubišta	15 m <sup>2</sup>

## PODZEMNE CISTERNE

- strojarnica za cisterne	160 m <sup>2</sup>
- strojarnica za malu dvoranu	20 m <sup>2</sup>
- uredi	2 x 12 m <sup>2</sup>
- spremište	7 m <sup>2</sup>
- predprostor za ulaz u cisterne	2 x 7 m <sup>2</sup>
- cisterna 1#	205 m <sup>2</sup>
- cisterna 2#	315 m <sup>2</sup>
- cisterna za crnu jamu	435 m <sup>2</sup>
- cisterna za pročišćenu vodu	105 m <sup>2</sup>
- sanitarije i svlačionice za djelatnike	8 m <sup>2</sup>
- hodnik	25 m <sup>2</sup>

## VIDIKOVAC

- strojarnica	18 m <sup>2</sup>
- kompleks stubišta	5 m <sup>2</sup>
- Unutrašnji prostor (3 kata)	3 x 17 m <sup>2</sup>
- vanjski prostor	30 m <sup>2</sup>

## UPRAVA

### Etaža 0 / -1

- ulazni prostor	27 m <sup>2</sup>
- recepcija	16 m <sup>2</sup>
- sanitarije i svačionice za djelatnike	3 x 12 m <sup>2</sup>
- kompleks rampi	25 m <sup>2</sup>
- uredi	2 x 15 m <sup>2</sup>
- spremište	2 x 10 m <sup>2</sup>
- garažno spremište	3 x 20 m <sup>2</sup>
- prostor za odlaganje otpada	16 m <sup>2</sup>
- hodnik	32 m <sup>2</sup>
- vanjski natkriveni prostor / vrt	130 m <sup>2</sup>

### Etaža 1

- ured	15 m <sup>2</sup>
- kuhinja za djelatnike	8 m <sup>2</sup>
- soba za sastanke	
- sanitarije	17 m <sup>2</sup>
- ulazni prostor	9 m <sup>2</sup>
- vjetrobran	4 m <sup>2</sup>
- hodnik	10 m <sup>2</sup>
- vanjski natkriveni prostor	16 m <sup>2</sup>

## KOMPLEKS APARTMANA

### Etaža 0 / -1

- vjetrobran	7 m <sup>2</sup>
- recepcija	11 m <sup>2</sup>
- ulazni prostor	43 m <sup>2</sup>
- sobe / apartmani	20 x 25 m <sup>2</sup>
- kuhinja za goste apartmana	42 m <sup>2</sup>
- blagovaonica	35 m <sup>2</sup>
- sanitarije	2 x 10 m <sup>2</sup>
- praonica	10 m <sup>2</sup>
- kompleks rampi	17 m <sup>2</sup>
- spremište	8 m <sup>2</sup>
- hodnik	100 m <sup>2</sup>
- vanjski natkriveni prostor / vrt	380 m <sup>2</sup>

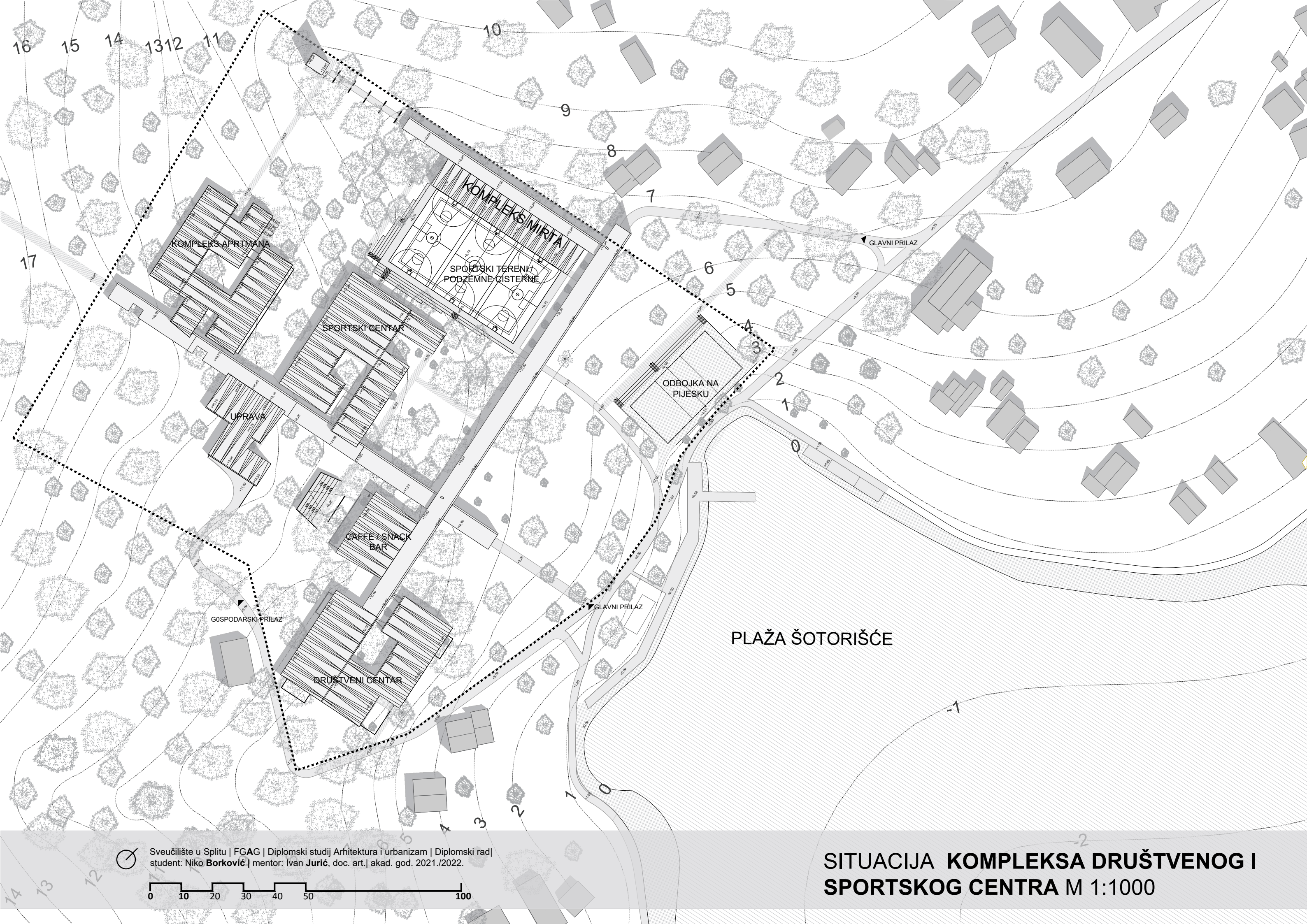
### Etaža 1

- sobe / apartmani	10 x 25 m <sup>2</sup>
- prostor za odmor	77 m <sup>2</sup>
- sanitarije	10 m <sup>2</sup>
- spremište	10 m <sup>2</sup>
- hodnik	60 m <sup>2</sup>

## UKUPNA SUMA POVRŠINA

- netto površina	3605 m <sup>2</sup>
- komunikacije	428 m <sup>2</sup>
- otvoreni prostori	3780 m <sup>2</sup>
- kubikaža cisterni	2120 m <sup>3</sup>
- površina krovova	7025 m <sup>2</sup>
- površina parcele	29800 m <sup>2</sup>

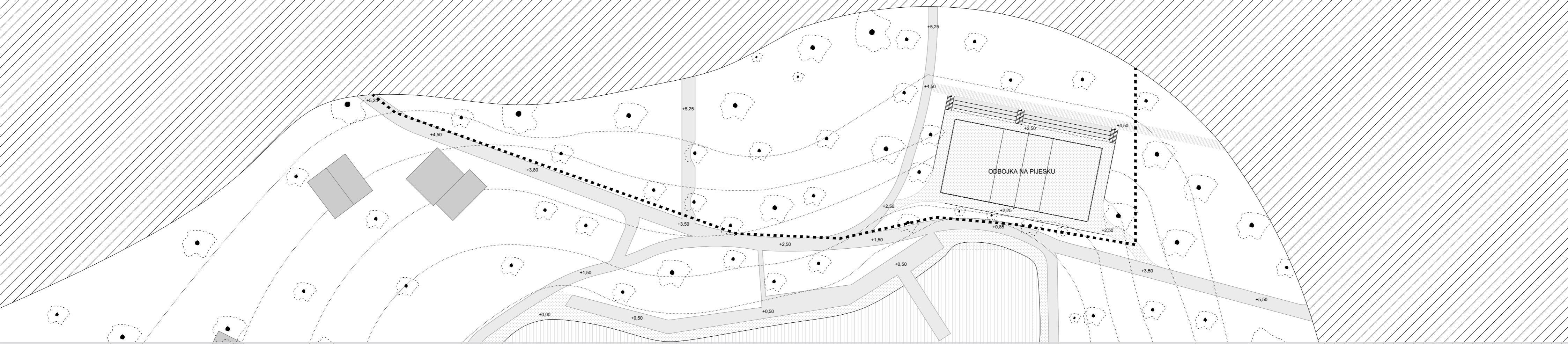
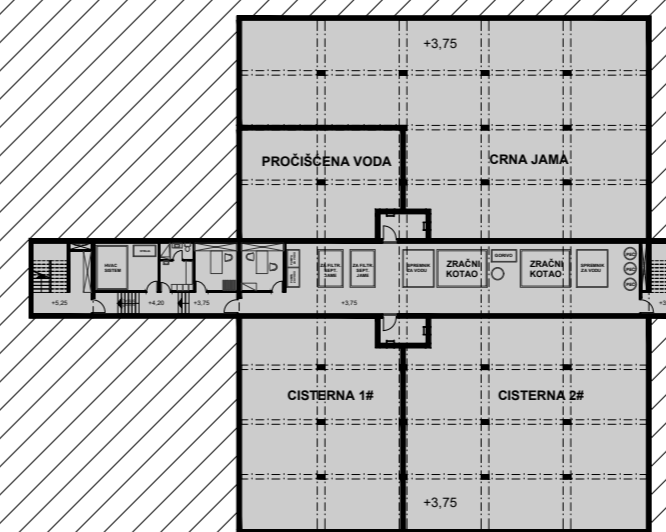


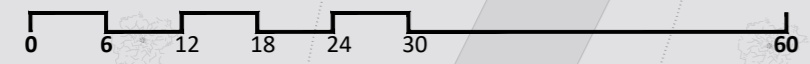
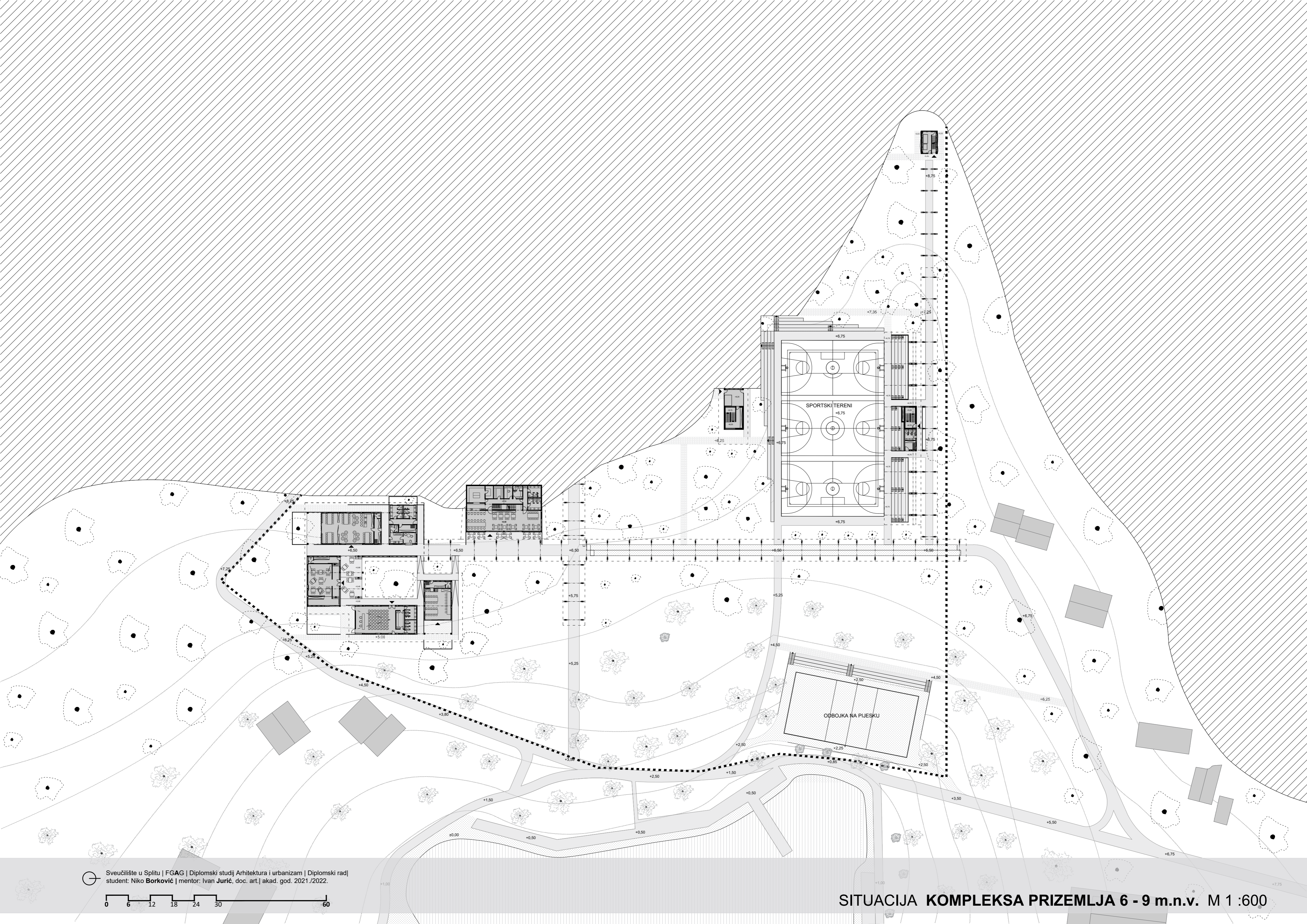


Sveučilište u Splitu | FGAG | Diplomski studij Arhitektura i urbanizam | Diplomski rad | student: Niko Borković | mentor: Ivan Jurić, doc. art. | akad. god. 2021./2022.



# SITUACIJA KOMPLEKSA DRUŠTVENOG I SPORTSKOG CENTRA M 1:1000



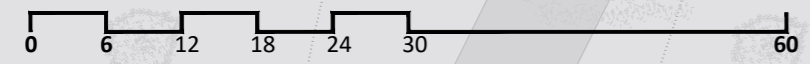




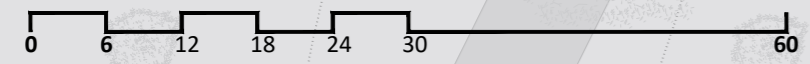
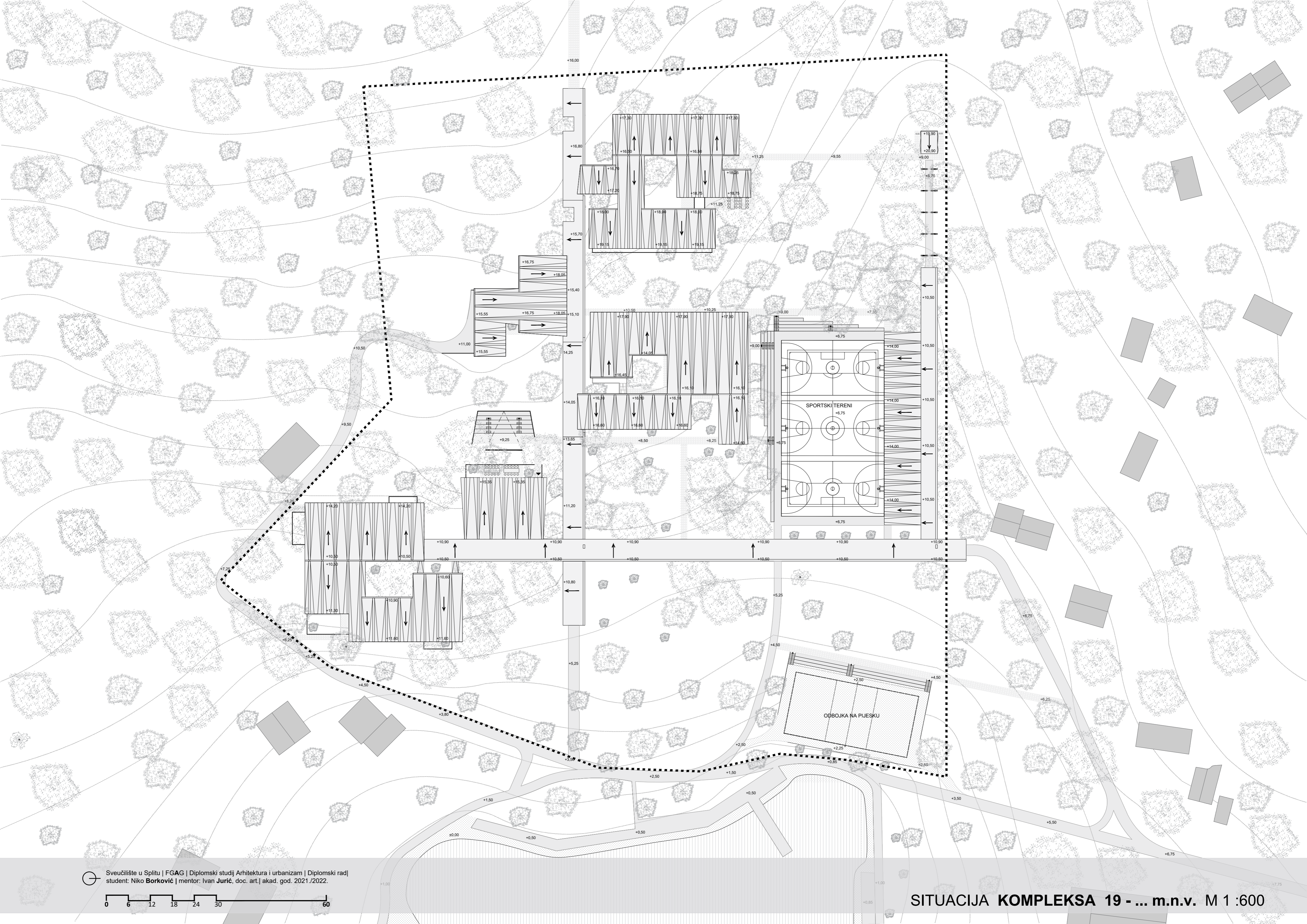


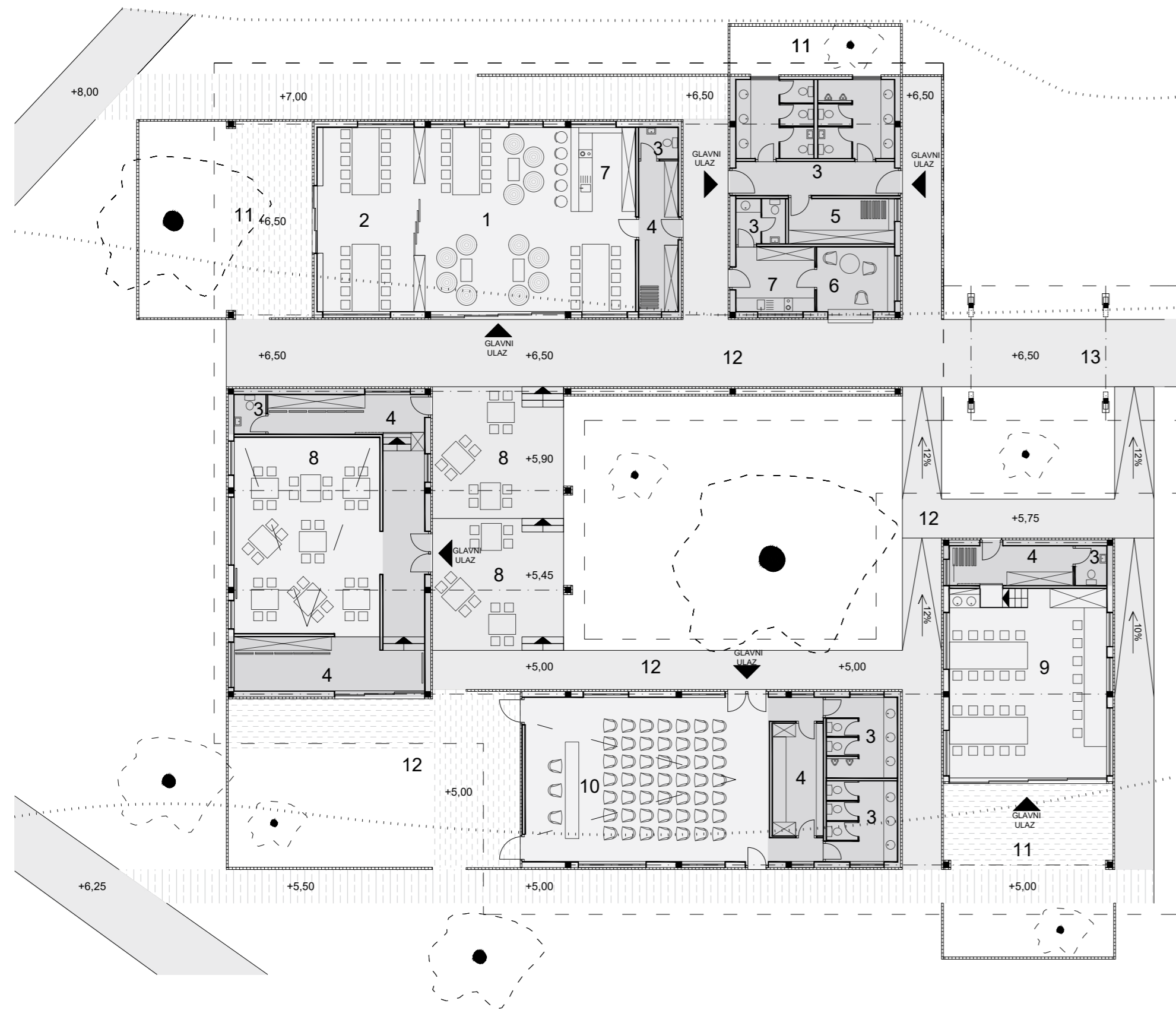




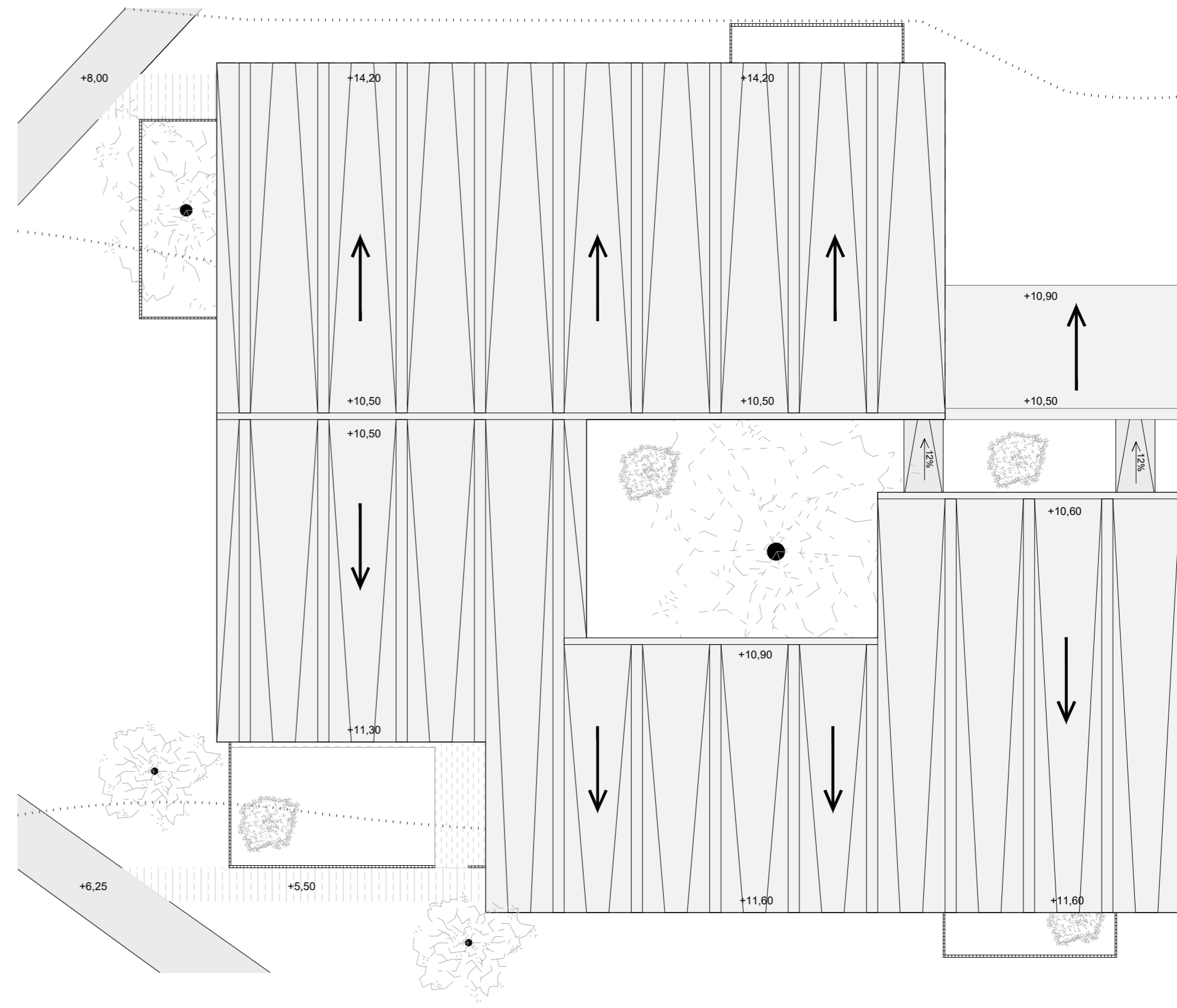




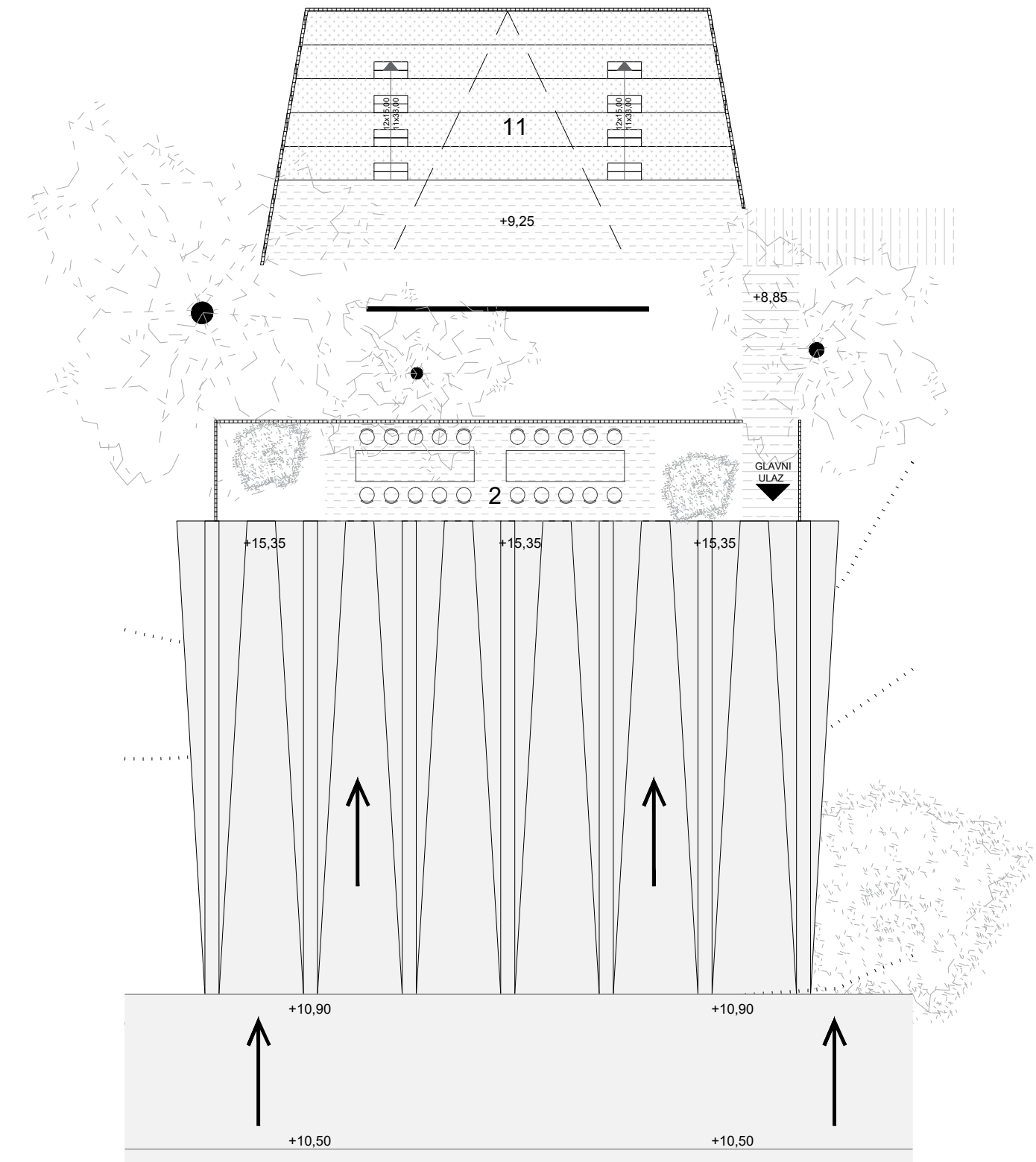
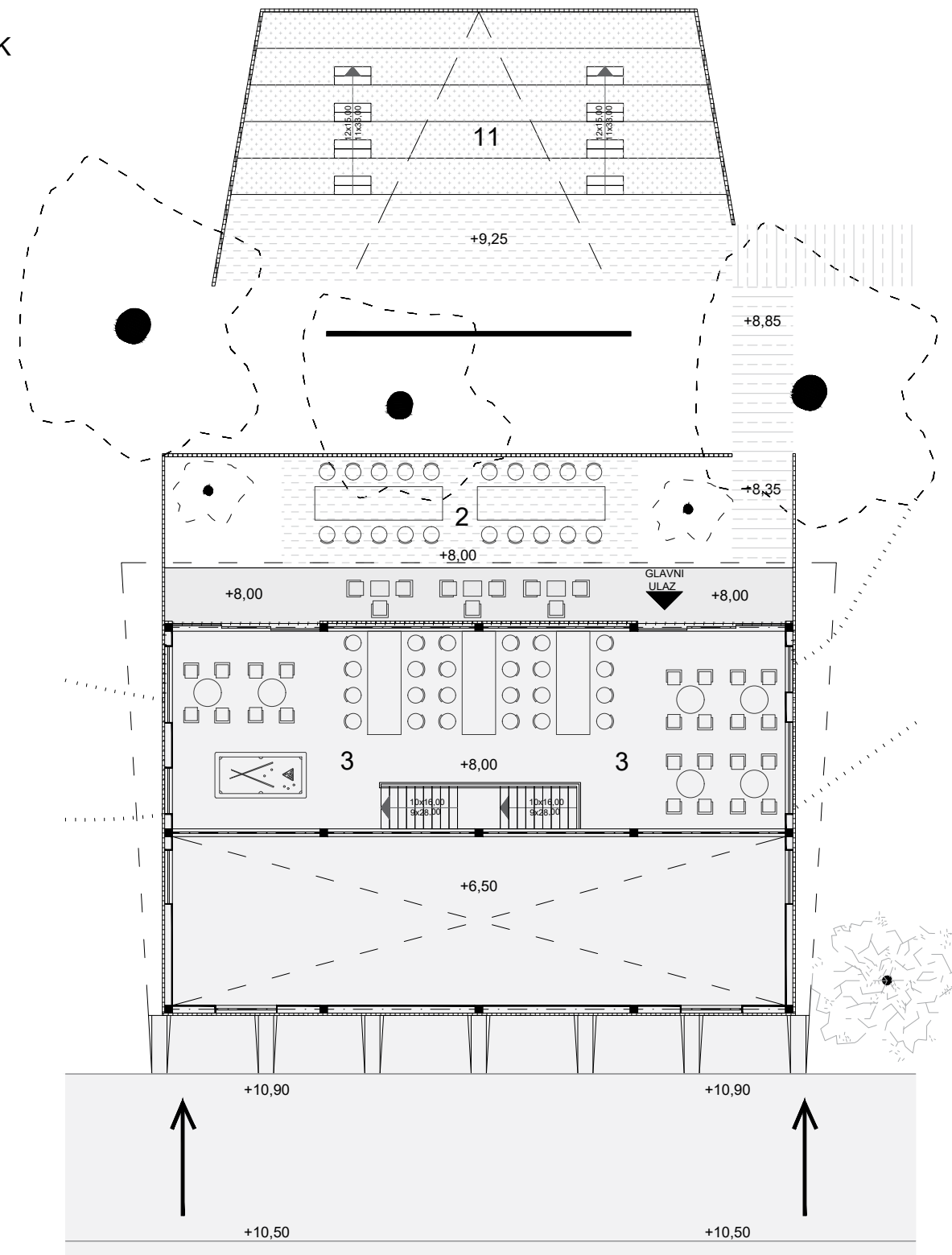
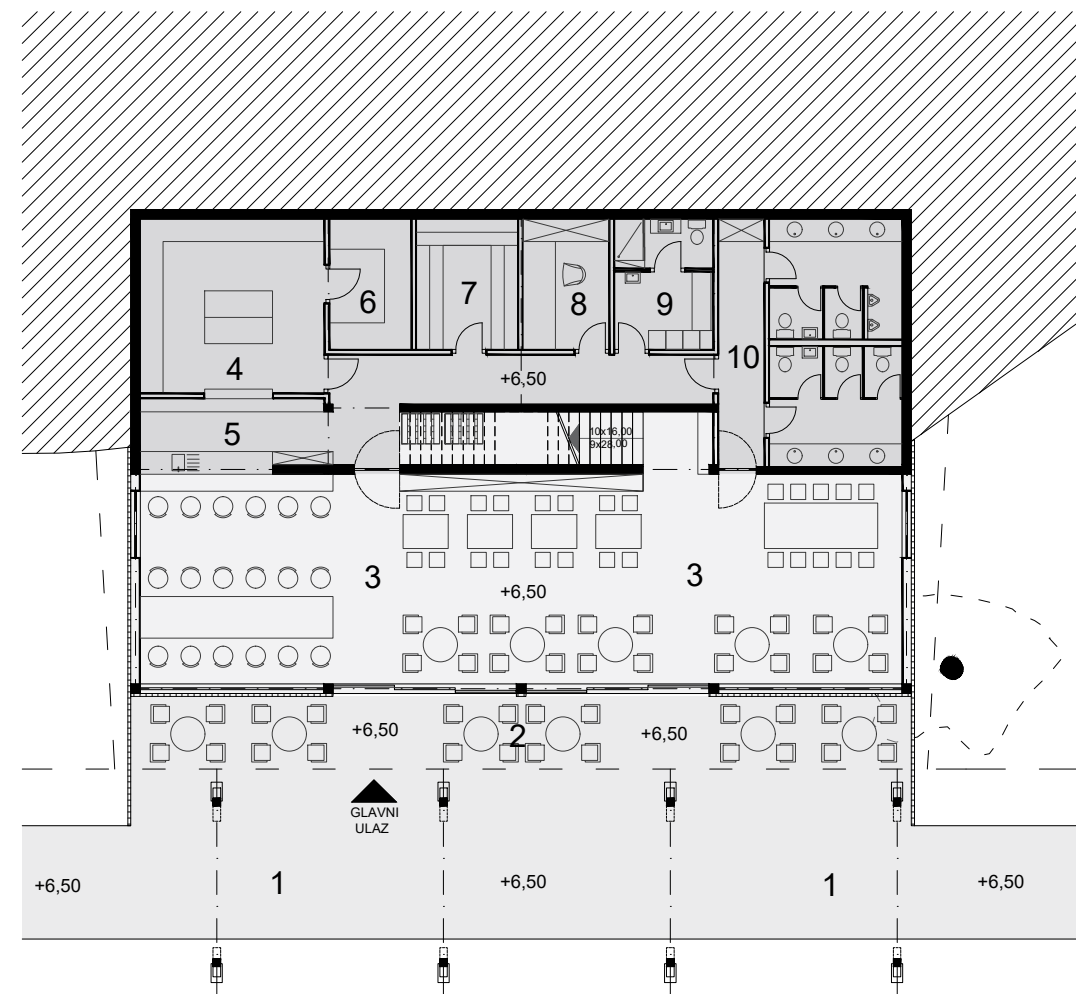


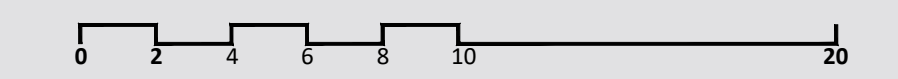
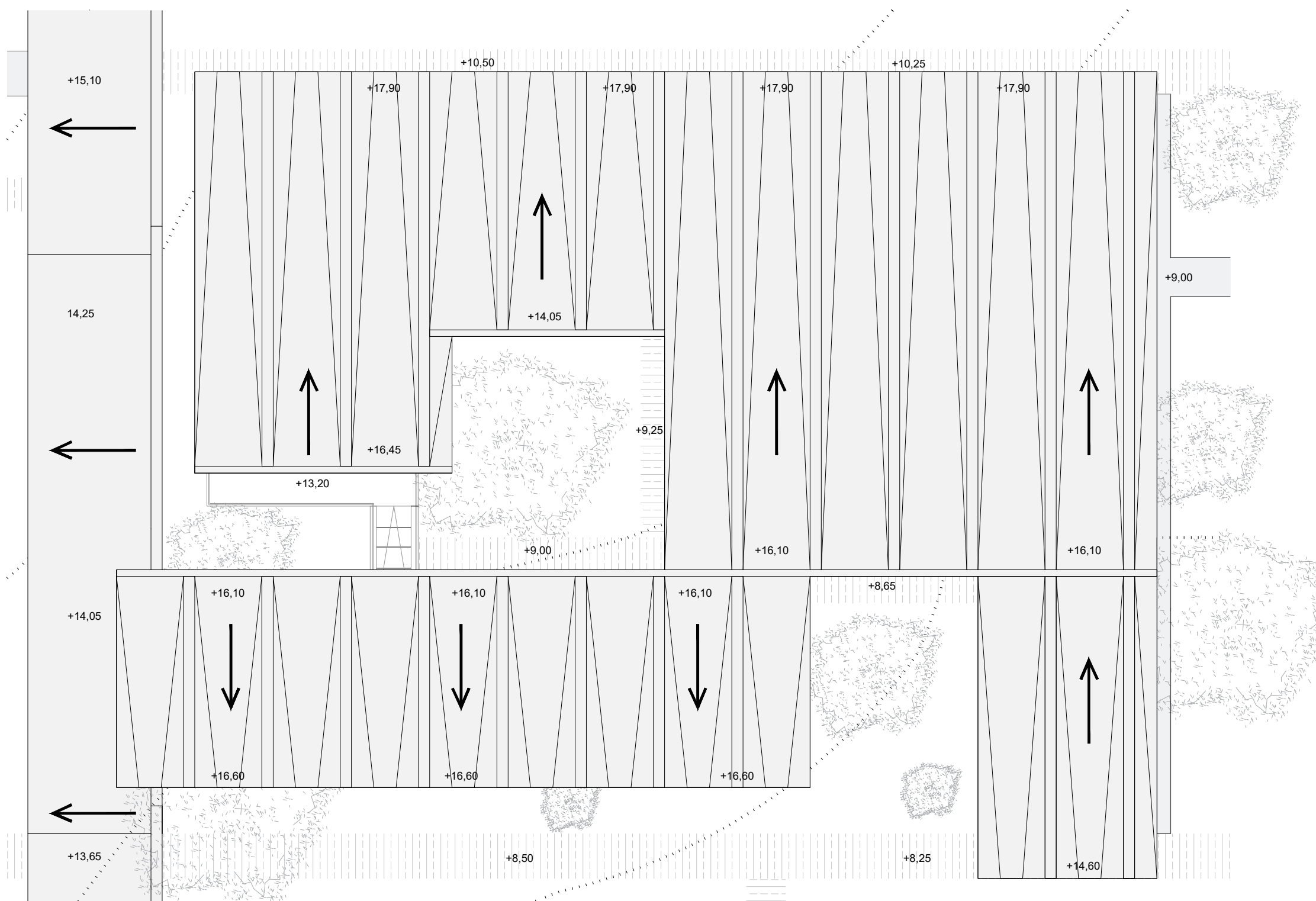
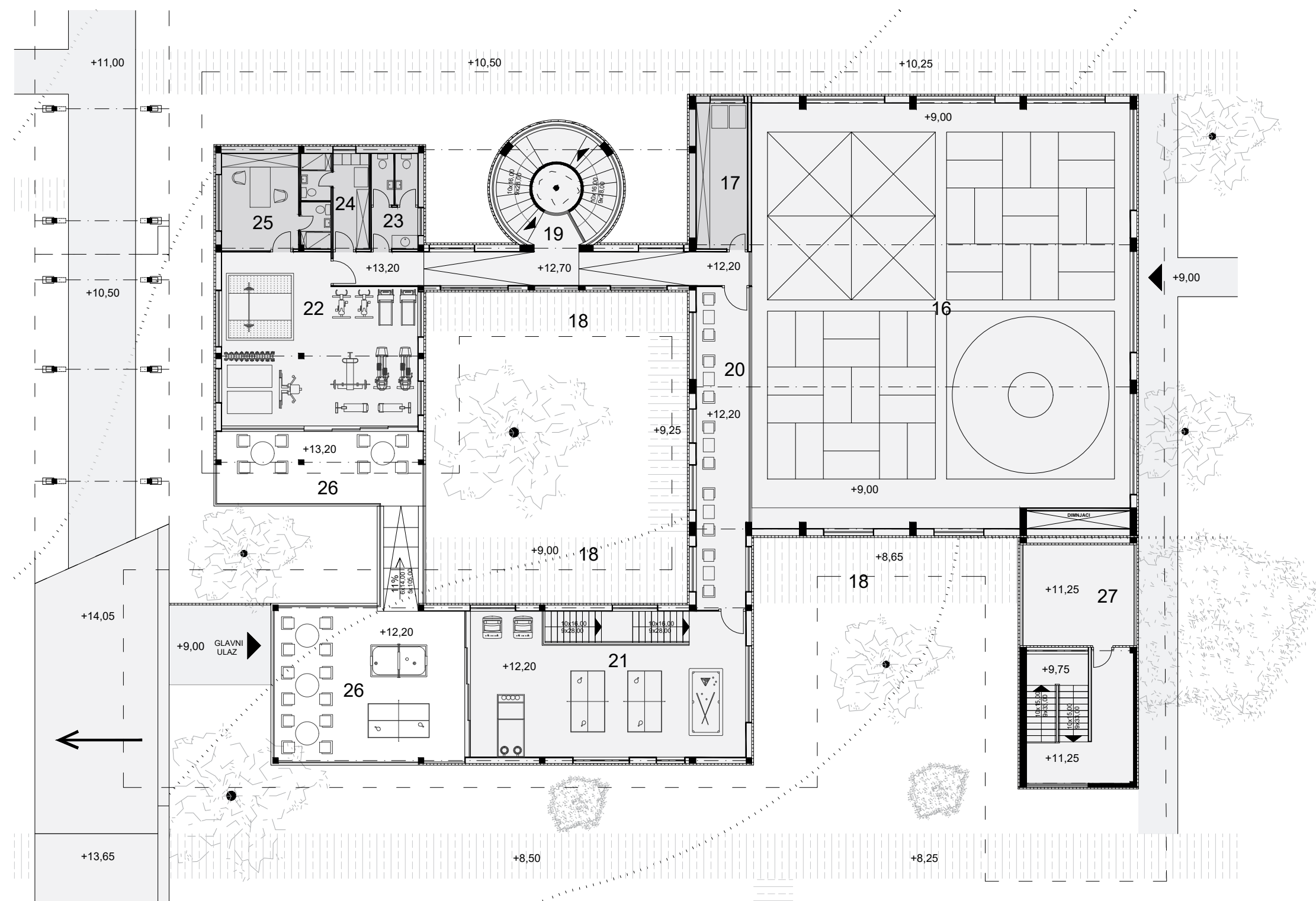
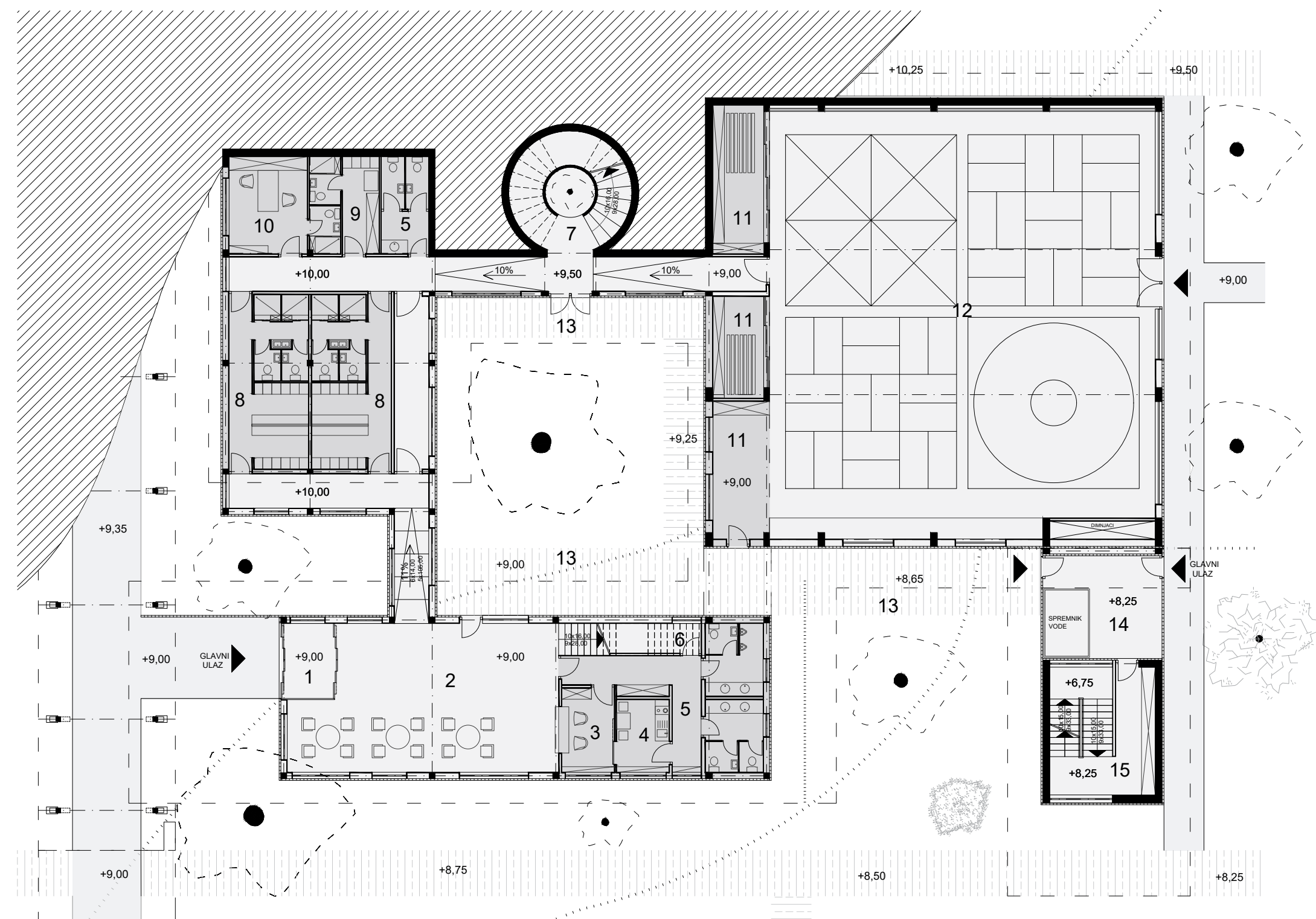


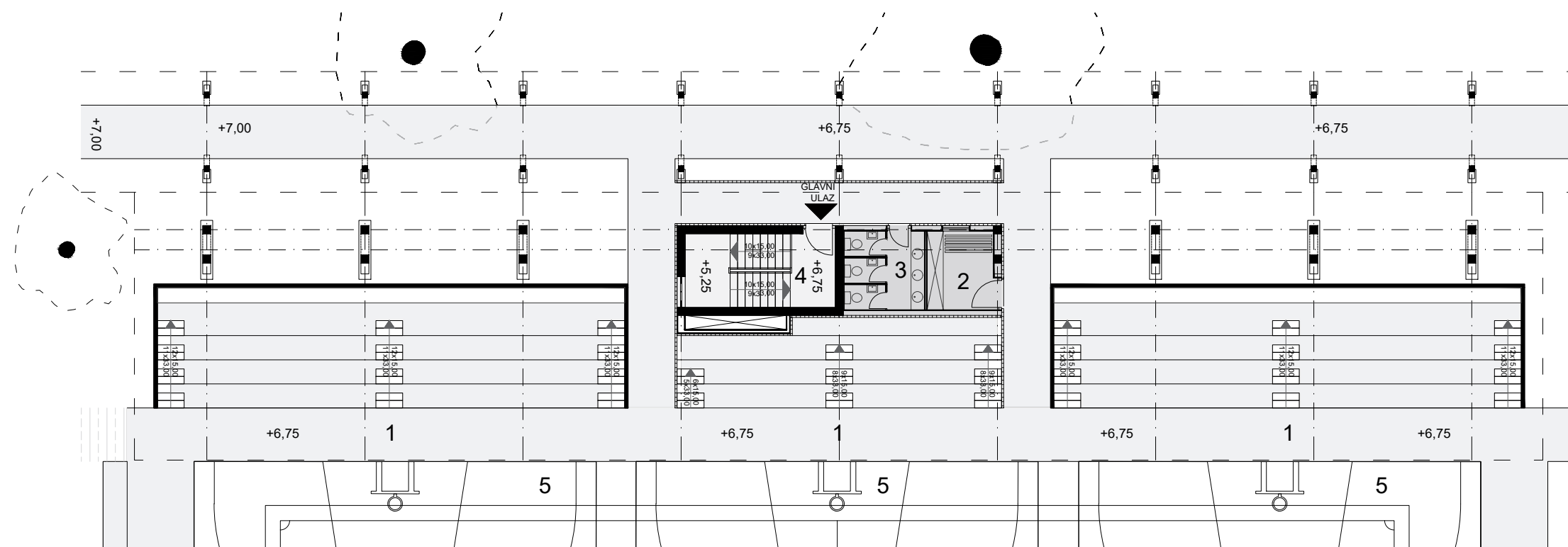
- 1 CO-WORKING SPACE / POKRET OTOKA
- 2 ŠAHOVSKI KLUB
- 3 SANITARIJE
- 4 SPREMIŠTE
- 5 SPREMIŠTE ČISTAĆICA
- 6 RECEPCIJA
- 7 KUHINJA ZA DJELATNIKE
- 8 MULTIMEDIJALNI PROSTOR SEA - SILBA OF ENVIROMENTAL ART / SILBA VIBRA
- 9 DIY RADIONICA / DRUŠTVO ISTRŽIVAČA MORA / RONILAČKO DRUŠTVO SILBA
- 10 KONFERENCIJSKA SALA ZA PROJEKCIJE / KINO / PREDAVANJA / PREDSTAVLJANJE KNJIGE / PROBE KLAPA
- 11 GARBAGE EPIC ART
- 12 VANJSKI IZLOŽBENI PROSTOR
- 13 GLAVNA ULICA



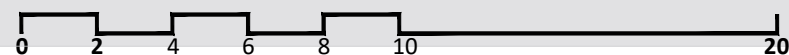
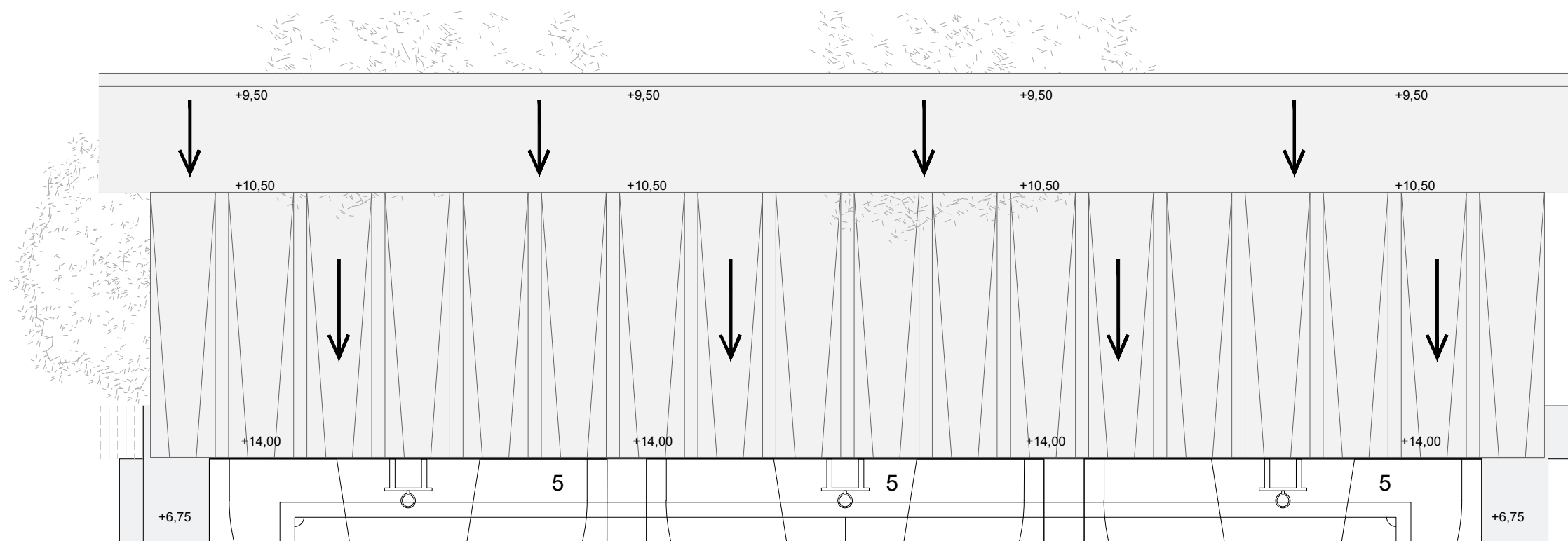
- 1 GLAVNA ULICA
- 2 VANJSKI PATIO
- 3 UNUTARNI PROSTOR CAFFE / SNACK BARA
- 4 MALA KUHINJA
- 5 BAR
- 6 WALK-IN HLADNJAK
- 7 SPREMIŠTE
- 8 URED VLASNIKA
- 9 SVLAČIONICA I SANITARIJE ZA DJELATNIKE
- 10 SANITARIJE
- 11 VANJSKI AMFITEATAR ZA LJETNA KINA/ PREDSTAVLJANJE KNJIGE/ PREDAVANJE/ IZLOŽBE/ KONCERTI/ IZVEDBE FOLKLORNE SKUPINE SILBA



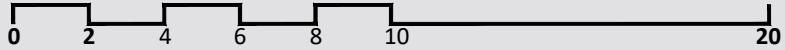
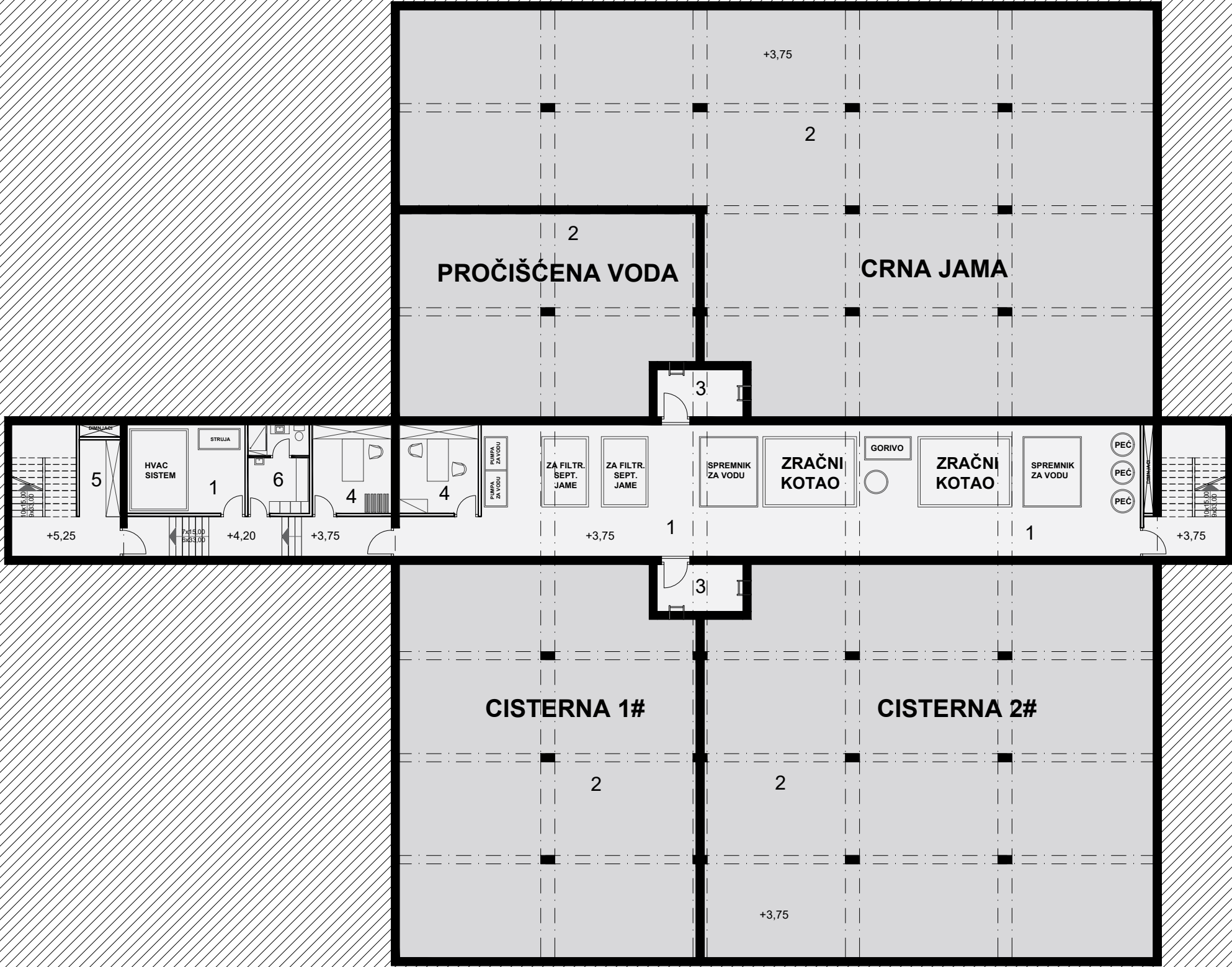


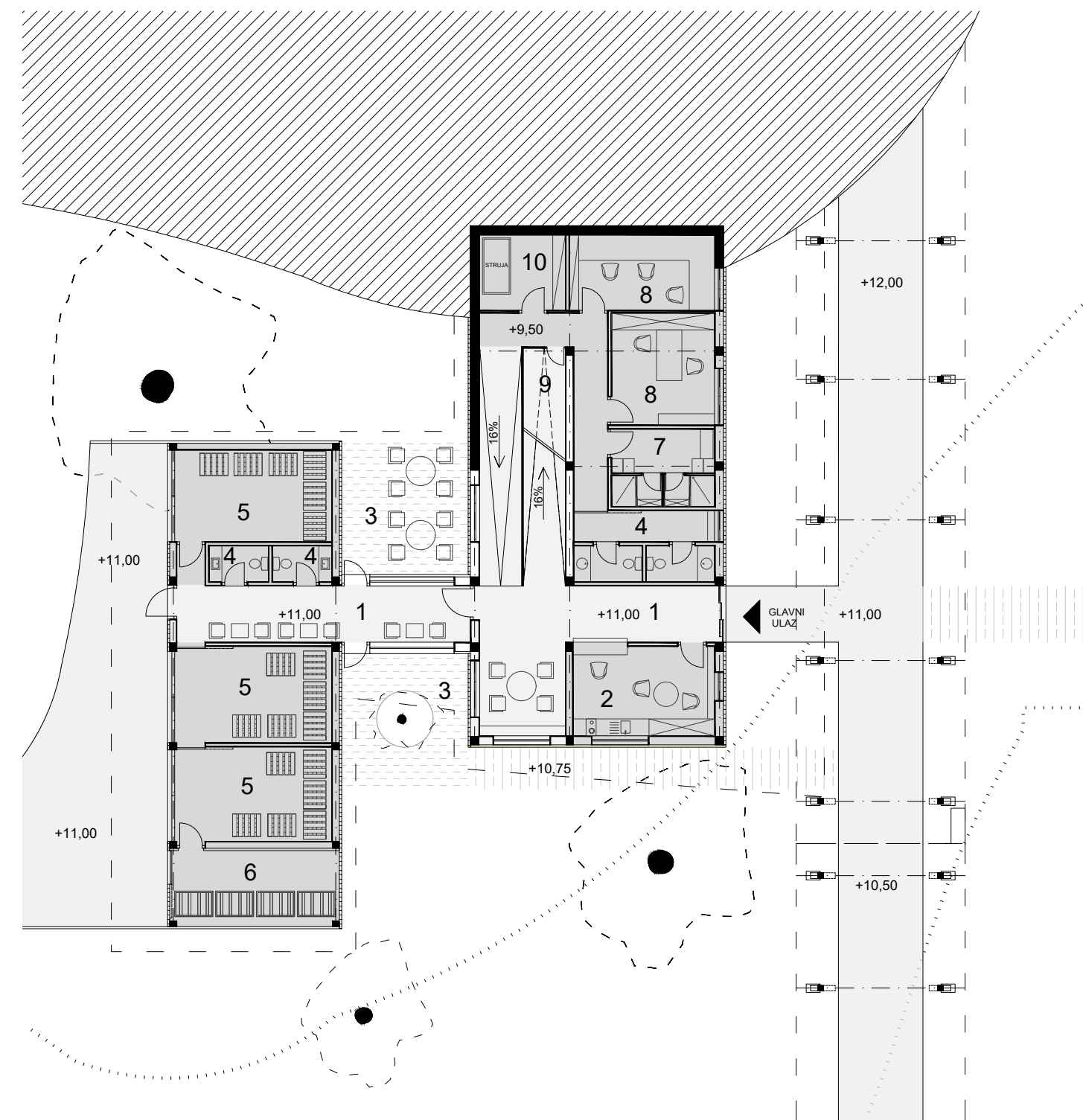


- 1 VANJSKE TRIBINE
- 2 SPREMIŠTE INVENTARA
- 3 SANITARIJE
- 4 ULAZ ZA STROJARNICU I  
KOMPLEKS PODZEMNIH CISTERNI
- 5 VANJSKI TERENI ZA KOŠARKU  
I NOGOMET

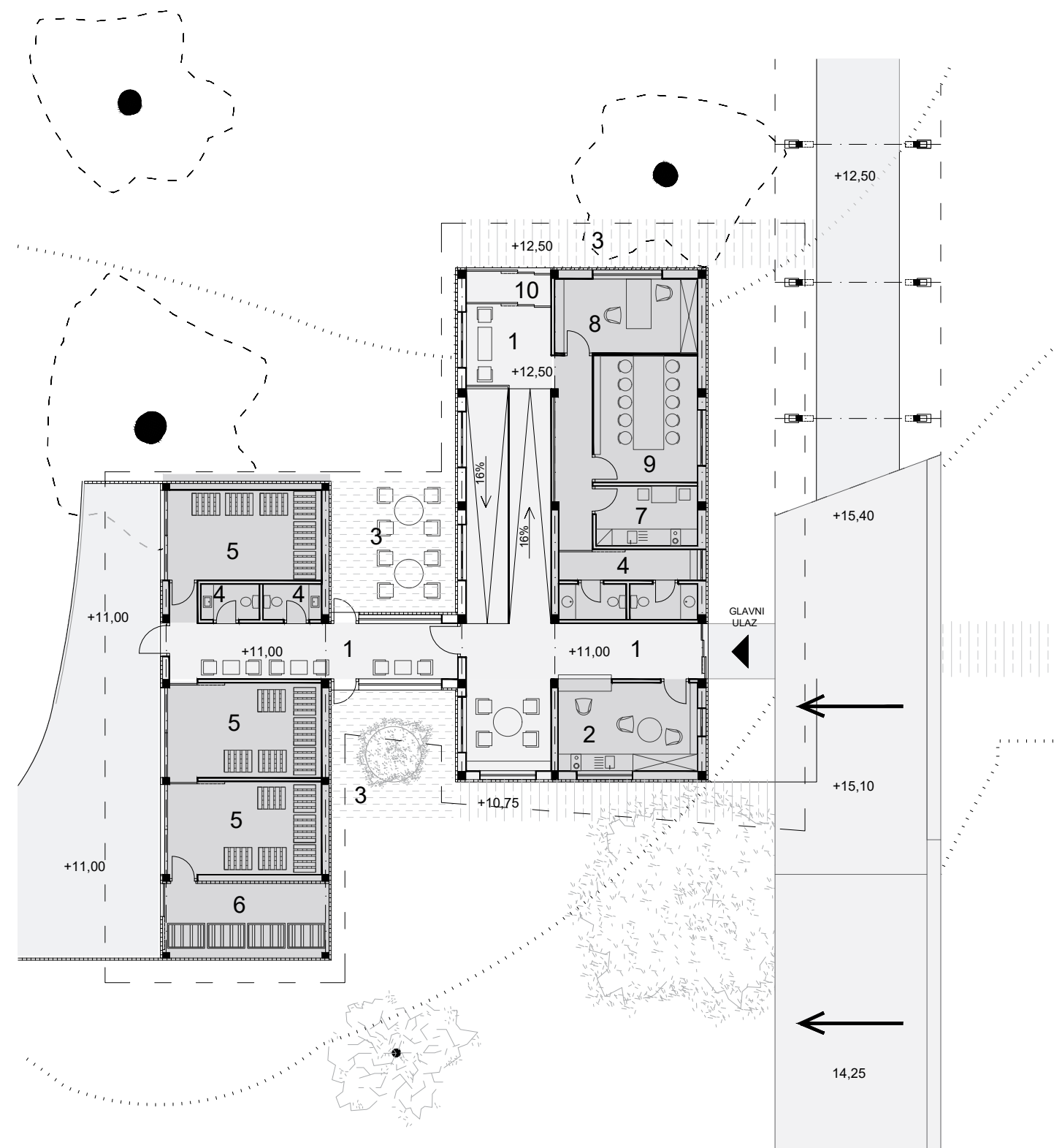


- 1 STROJARNICA
- 2 CISTERNE
- 3 PREDPROSTOR ZA ULAZ U CISTERNU
- 4 URED / RADIONICA ZA MAJSTORA
- 5 SPREMIŠTE
- 6 SANITARIJE I SVLAČIONICE ZA DJELATNIKE

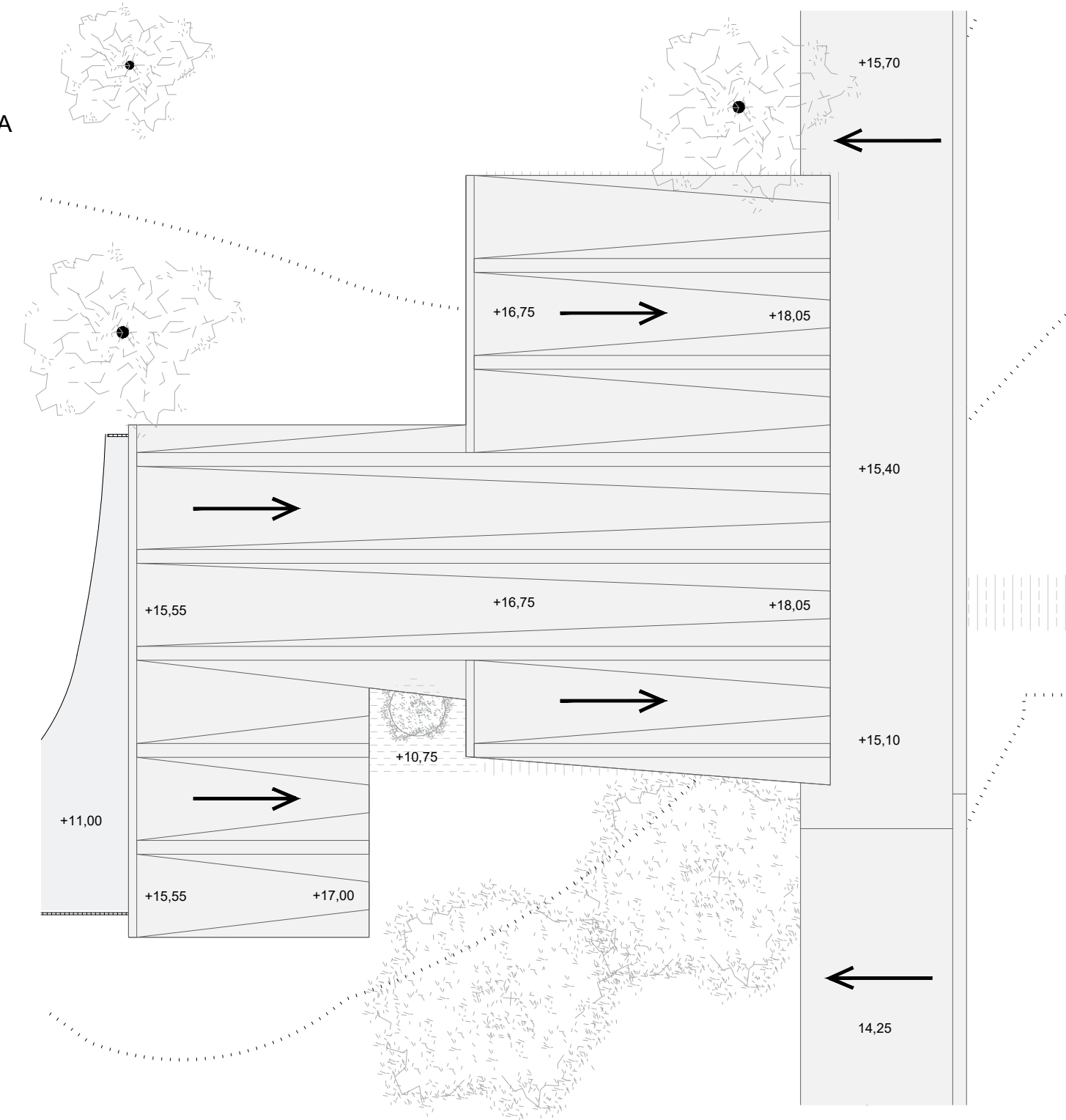


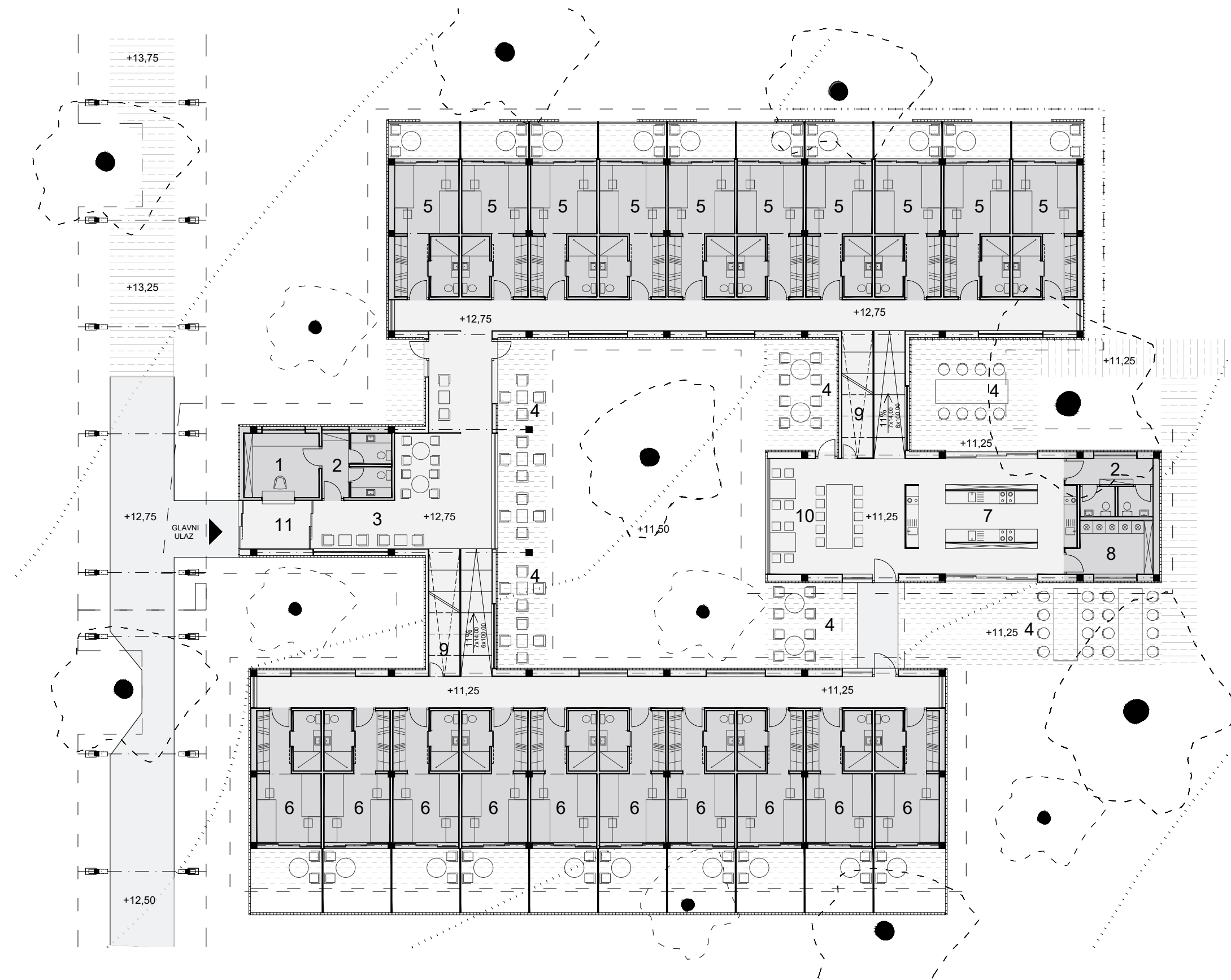


- 1 ULAZNI PROSTOR
- 2 RECEPCIJA
- 3 VANSJKI PATIO
- 4 SANITARIJE
- 5 GARAŽNO SPREMIŠTE
- 6 PROSTOR ZA ODLAGANJE OTPADA
- 7 SVLAČIONICA I SANITARIJE ZA DJELATNIKE
- 8 UREDI
- 9 SPREMIŠTE
- 10 SPREMIŠTE I GLAVNA JEDINICA ZA PRIKUPLJENU STRUJU

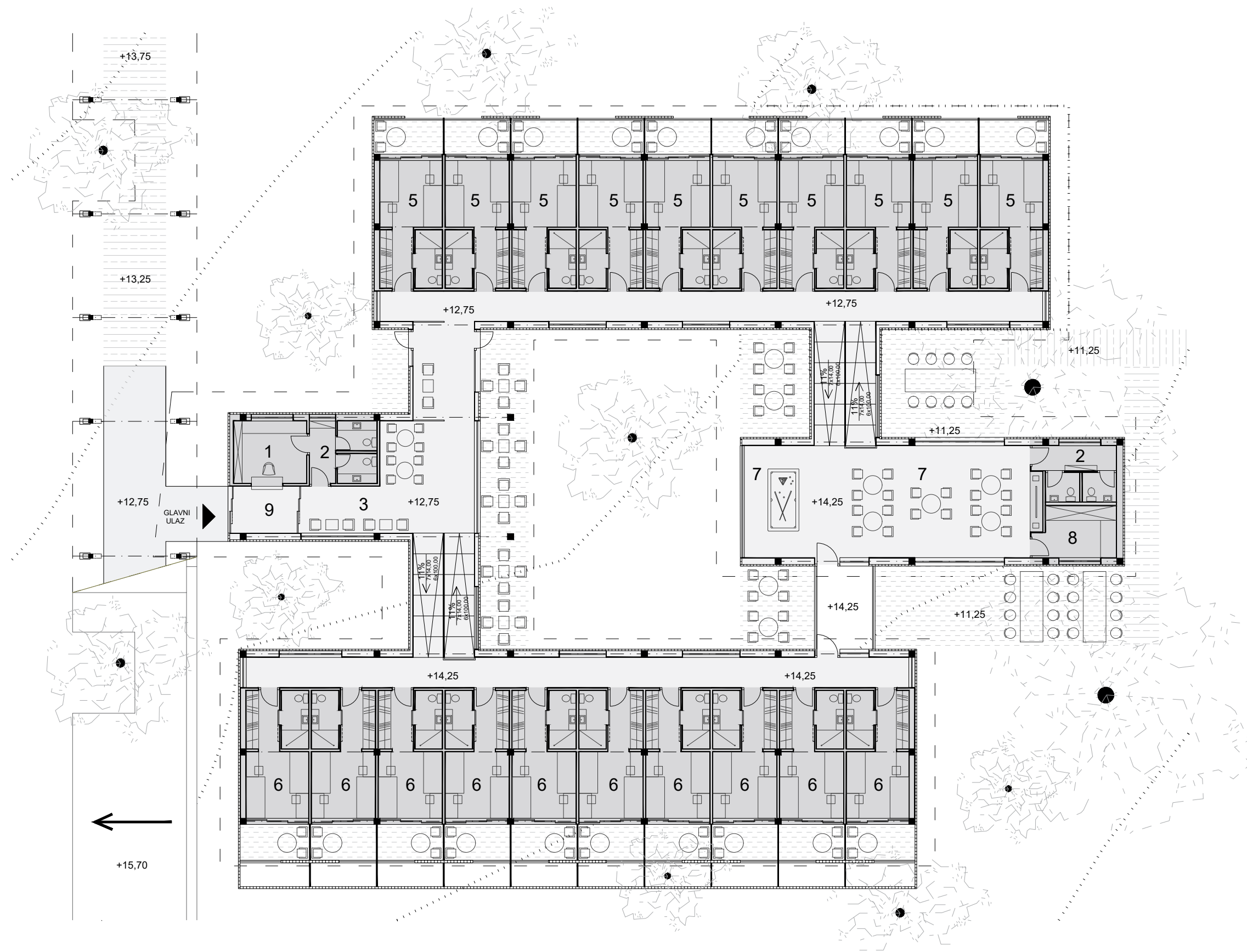


- 1 ULAZNI PROSTOR
- 2 RECEPCIJA
- 3 VANSJKI PATIO
- 4 SANITARIJE
- 5 GARAŽNO SPREMIŠTE
- 6 PROSTOR ZA ODLAGANJE OTPADA
- 7 MALA KUHINJA ZA DJELATNIKE
- 8 UREDI
- 9 SOBA ZA SASTANKE
- 10 VJETROBRAN

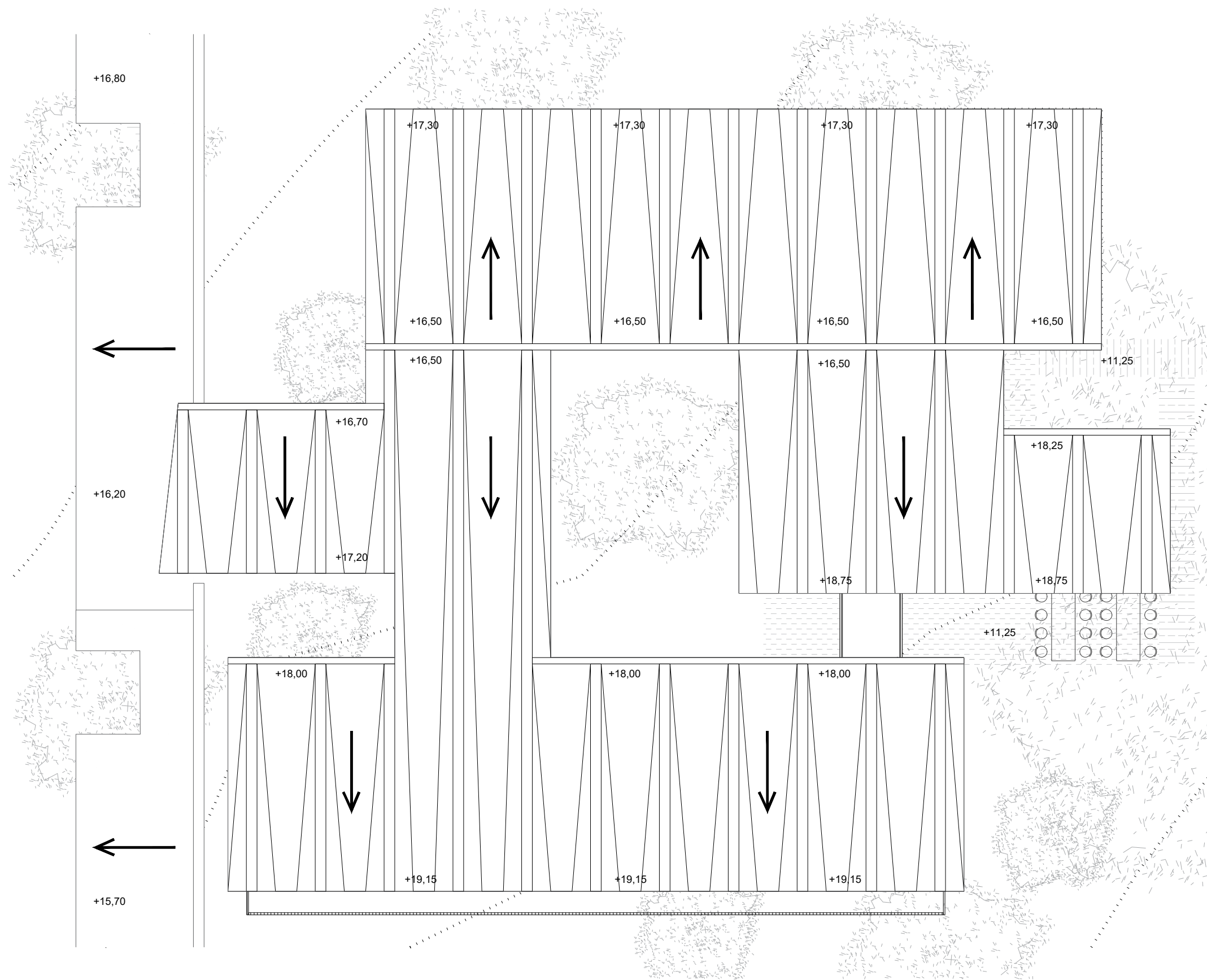




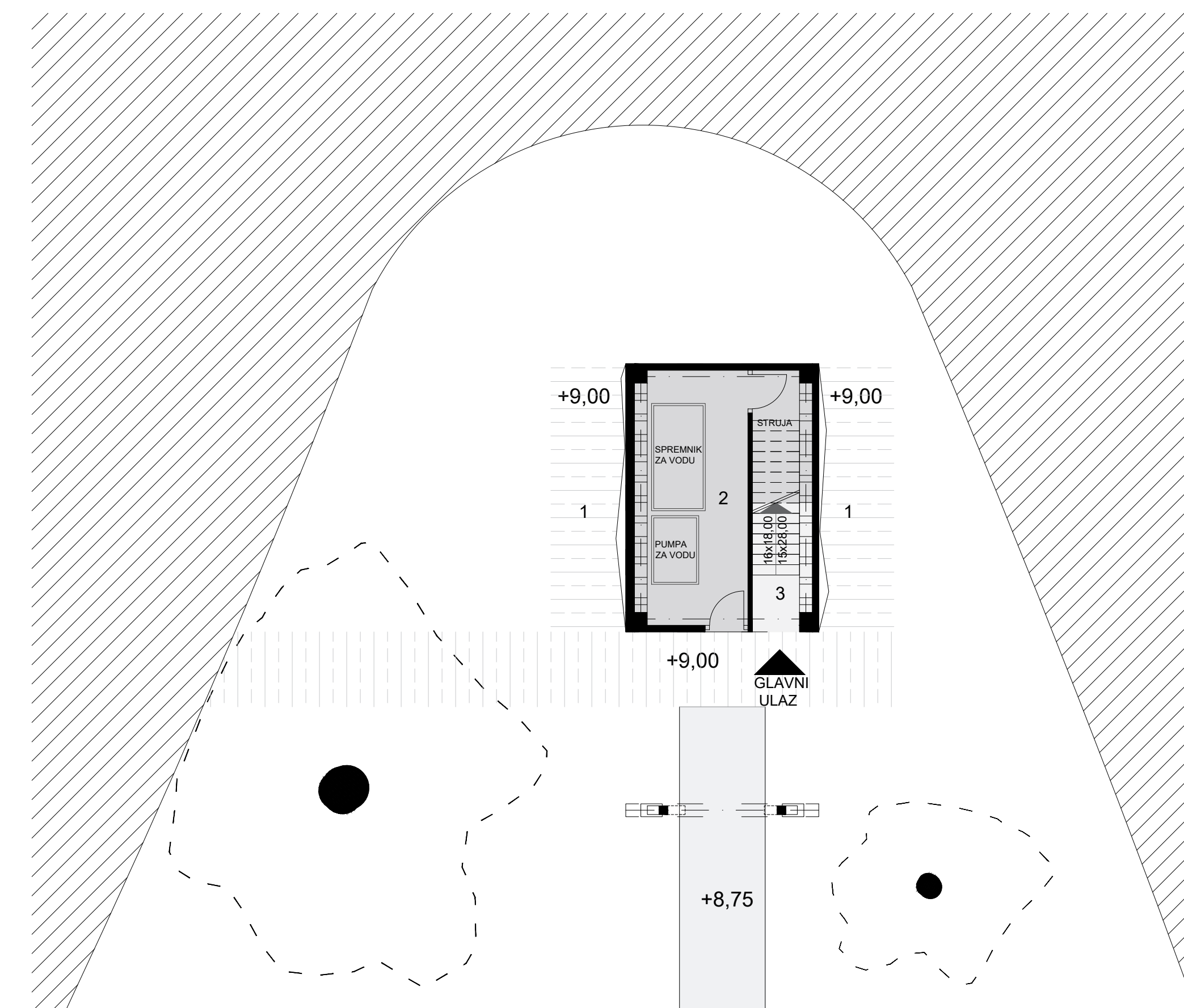
- 1 RECEPCIJA
- 2 SANITARIJE
- 3 ULAZNI PROSTOR
- 4 VANJSKI PATIO
- 5 SOBA ZA DVOJE
- 6 SOBA ZA TROJE
- 7 KUHINJA ZA GOSTE APARTMANA
- 8 PRAONICA
- 9 SPREMIŠTE
- 10 BLAGOVAONA
- 11 VJETROBRAN



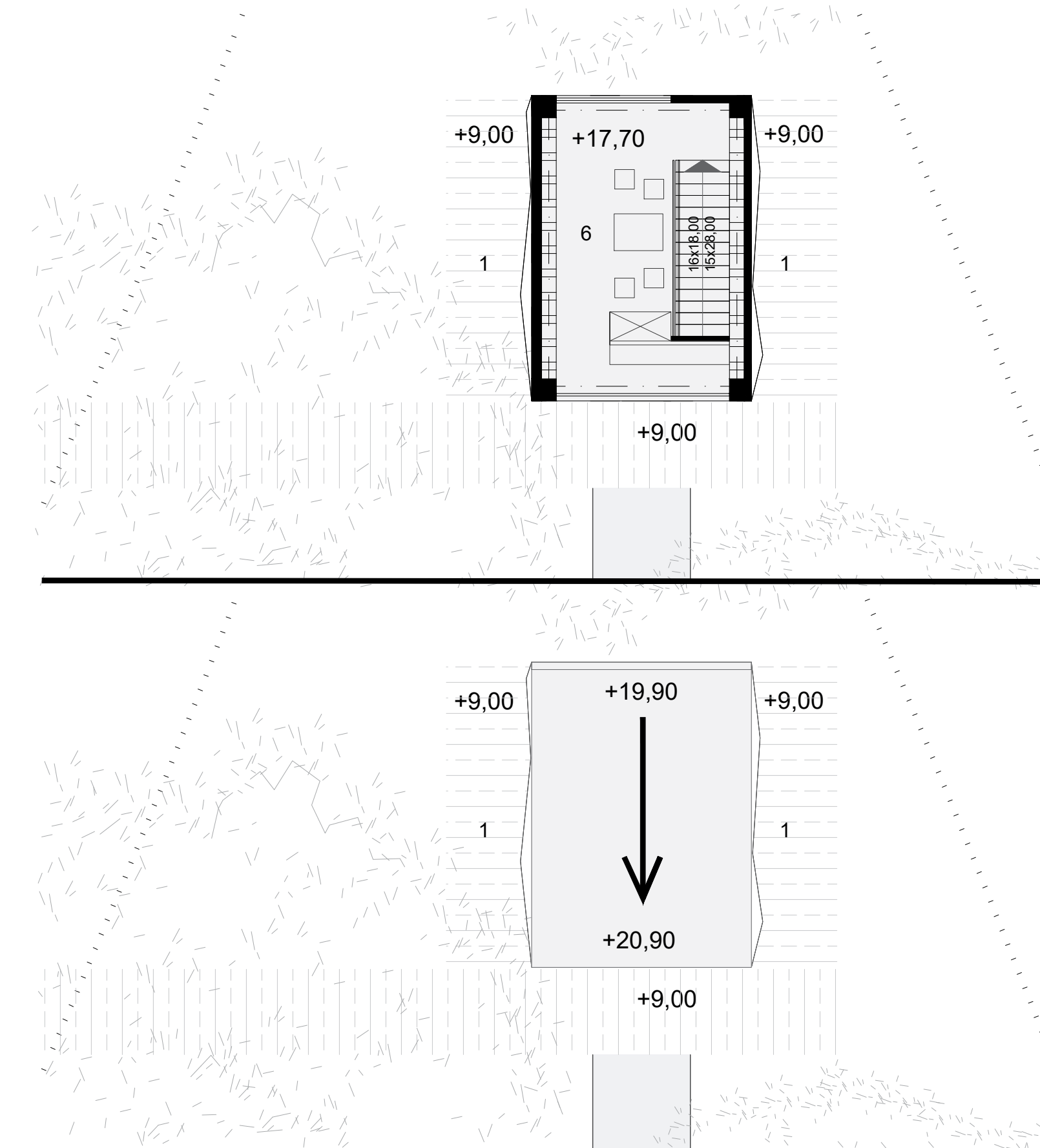
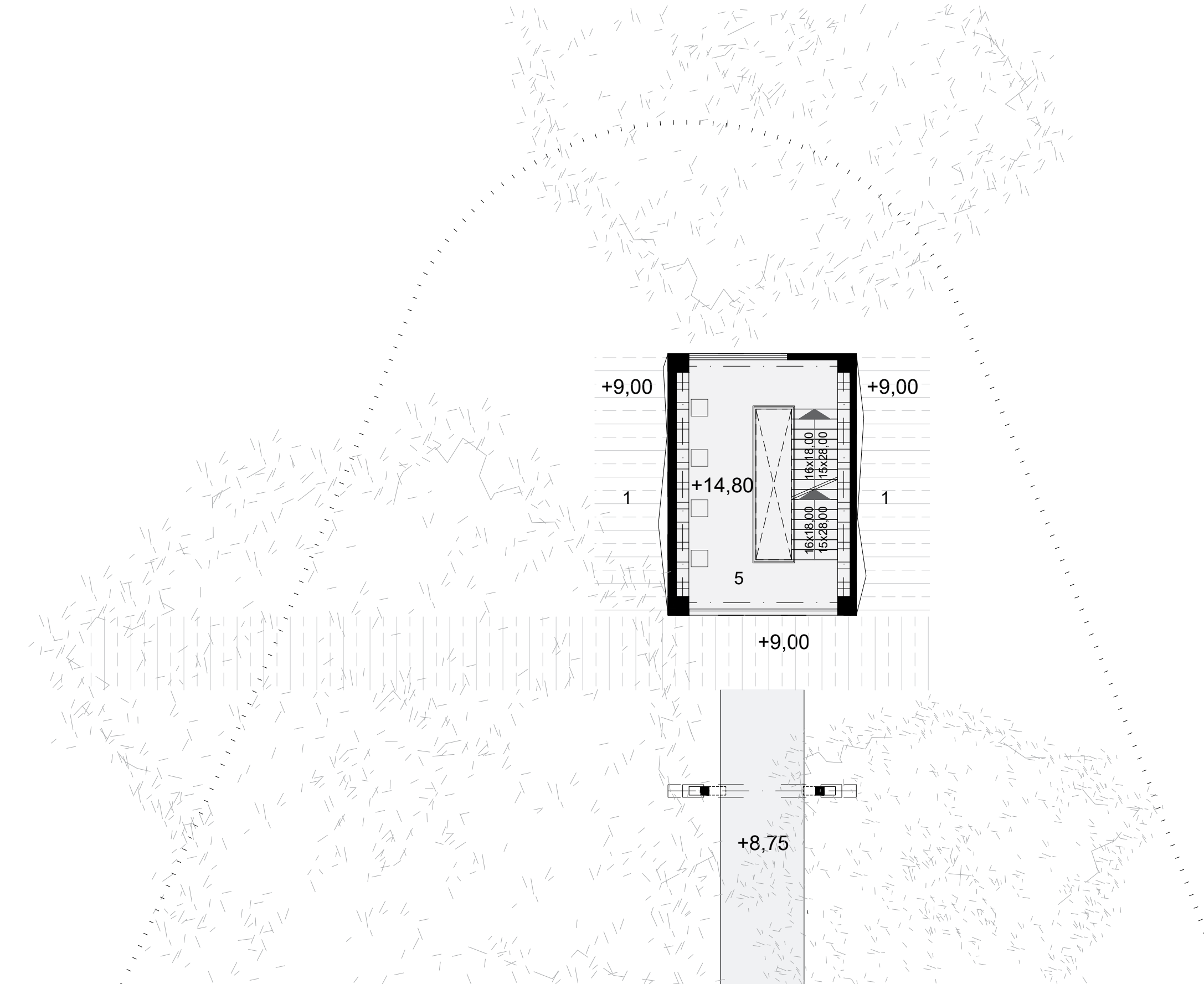
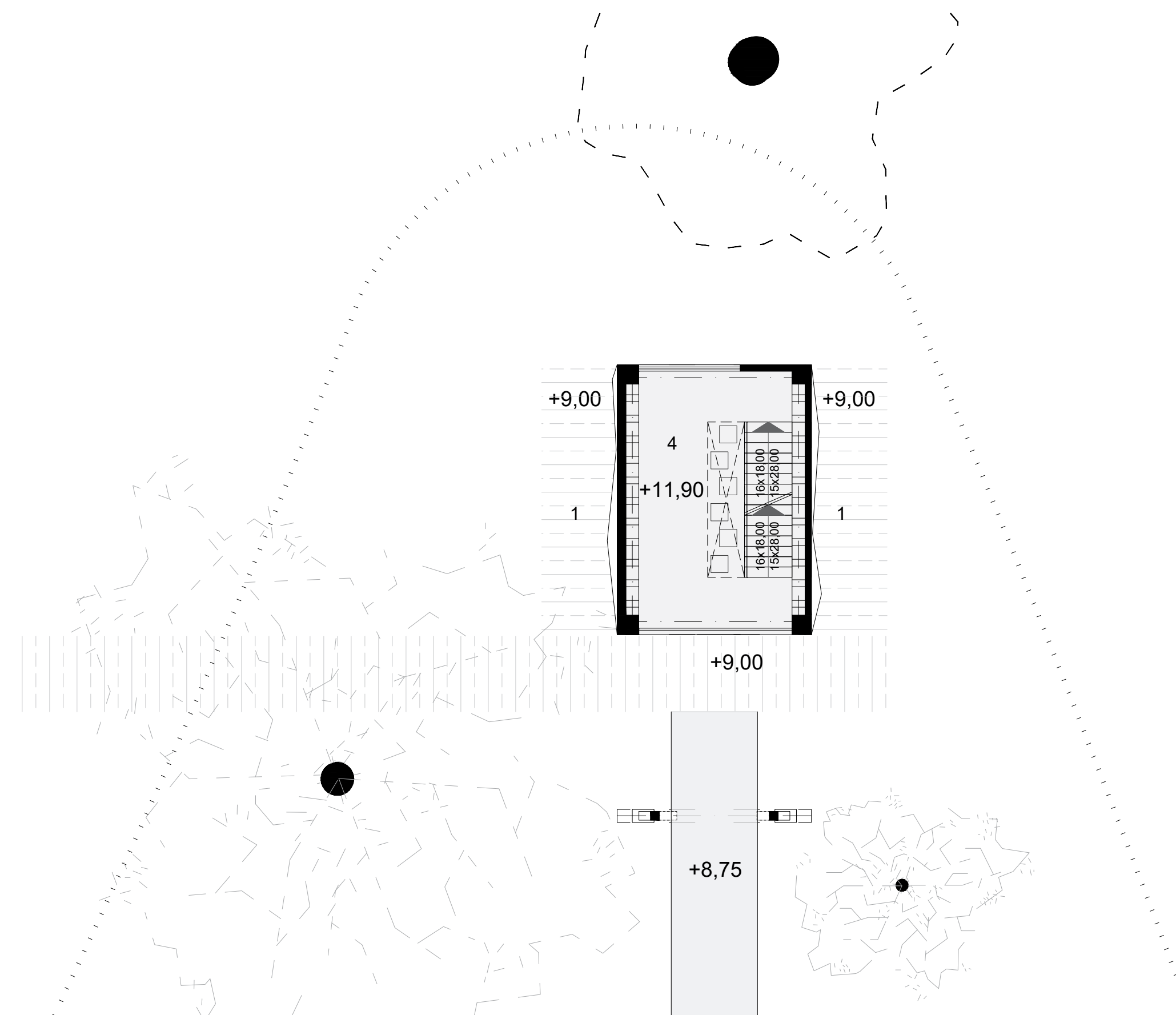
- 1 RECEPCIJA
- 2 SANITARIJE
- 3 ULAZNI PROSTOR
- 4 VANJSKI PATIO
- 5 SOBA ZA DVOJE
- 6 SOBA ZA TROJE
- 7 PROSTOR ZA DRUŽENJE I ODMOR
- 8 SPREMIŠTE INTERIJERA
- 9 VJETROBRAN

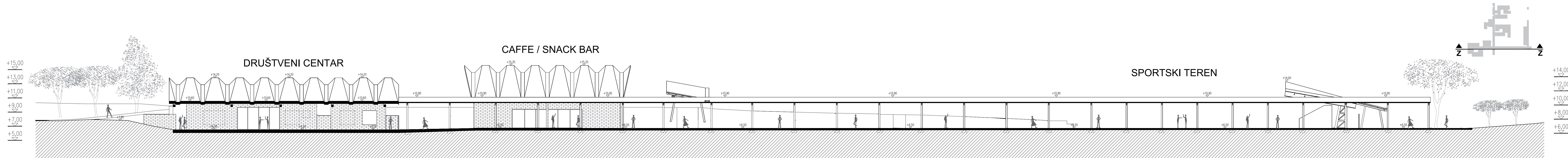
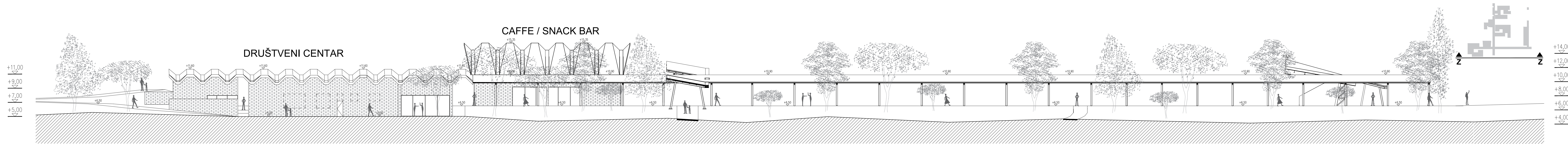


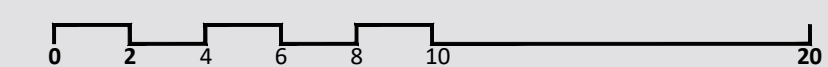
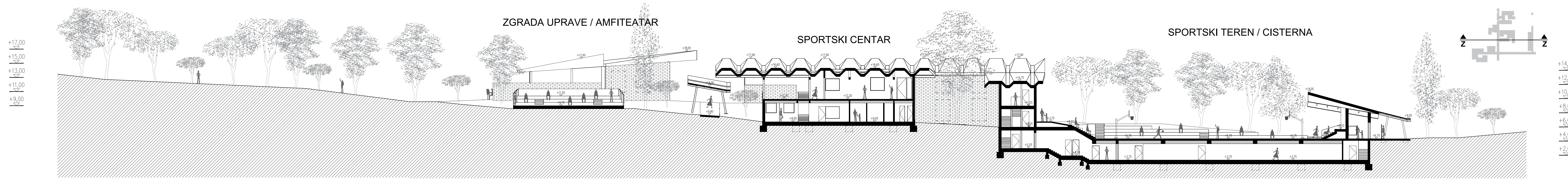
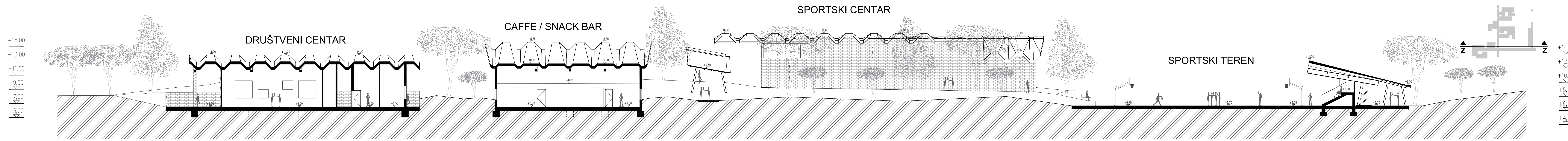


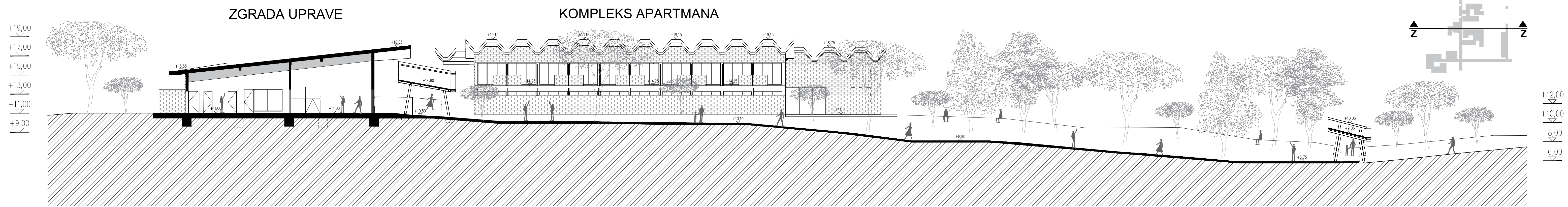
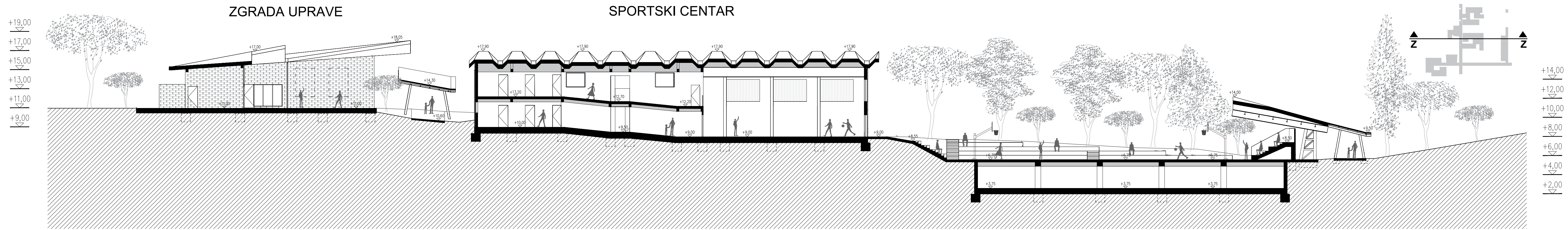


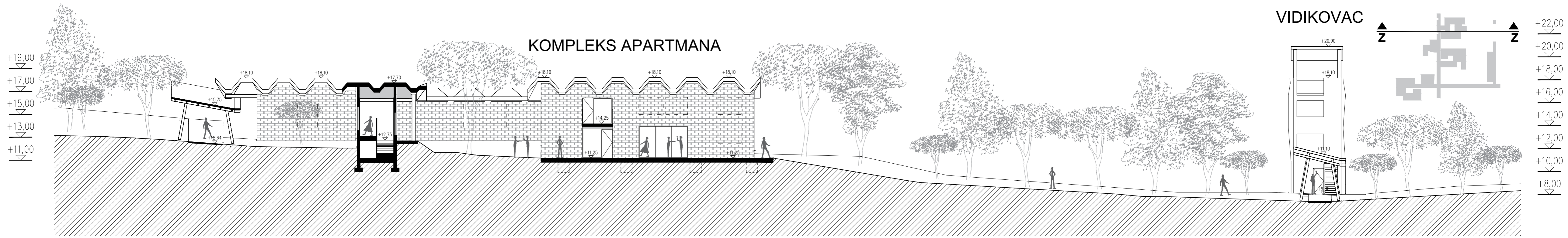
- 1 ZID ZA SLOBODNO PENJANJE
- 2 STROJARNICA ZA PODZEMNU CISTERNU
- 3 ULAZNI PROSTOR
- 4 VIDIKOVAC NA 11,90 M.N.V
- 5 VIDIKOVAC NA 14,80 M.N.V
- 6 VIDIKOVAC NA 17,70 M.N.V

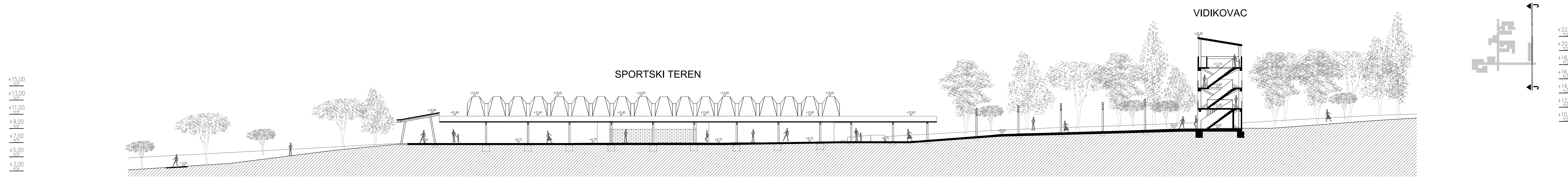
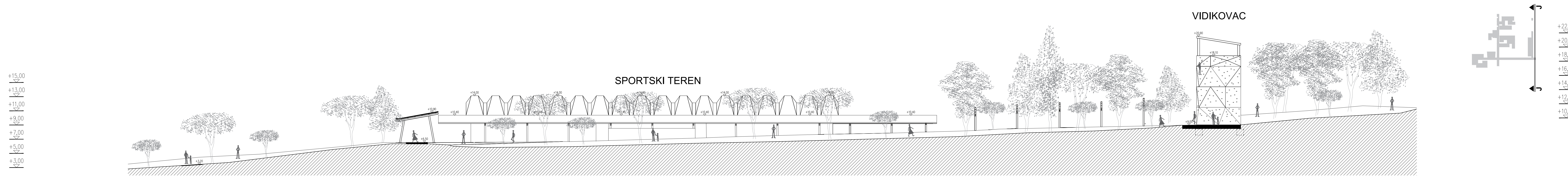




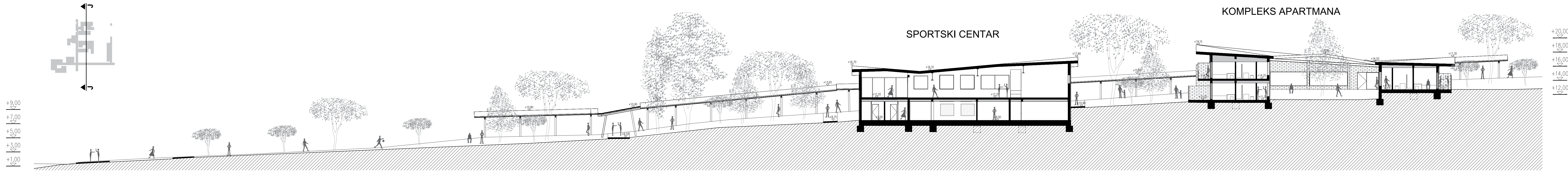
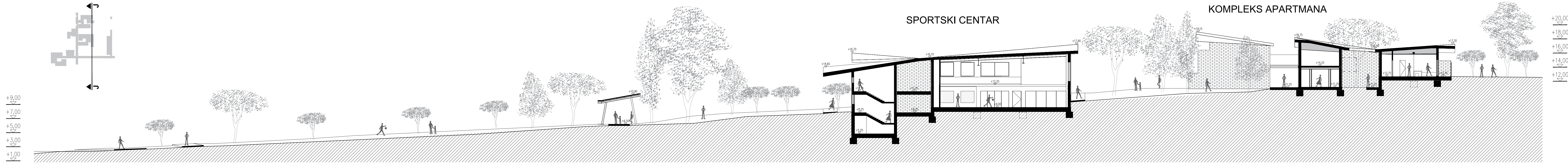




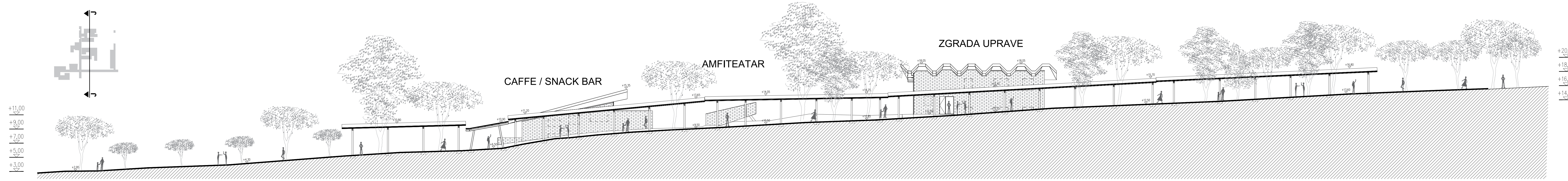
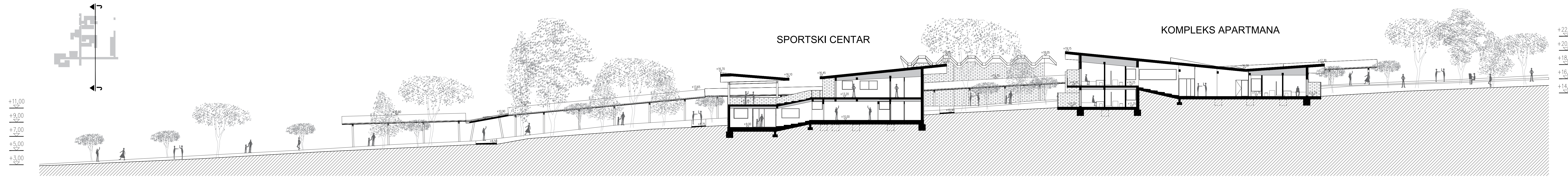


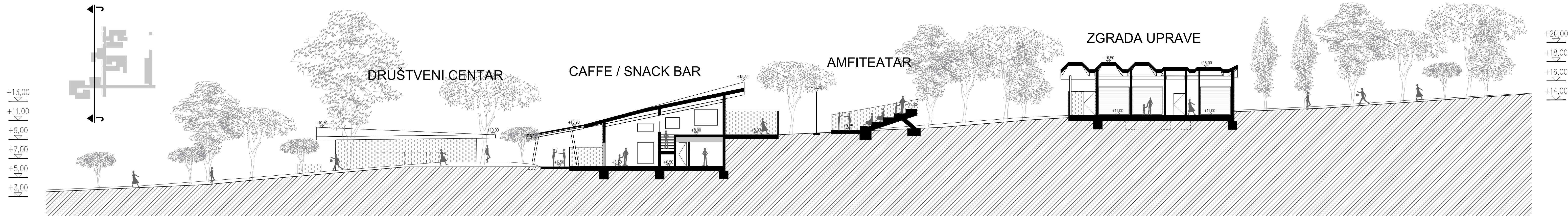
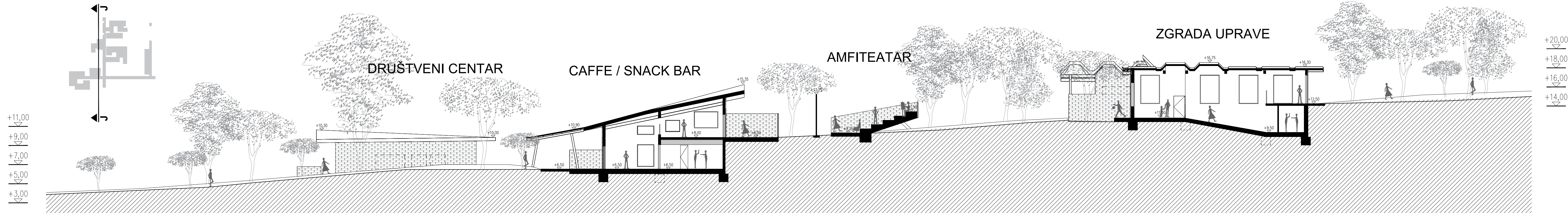


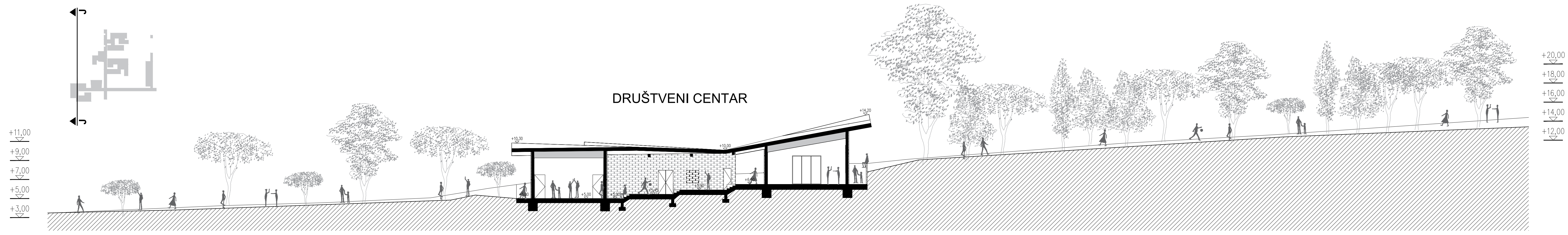
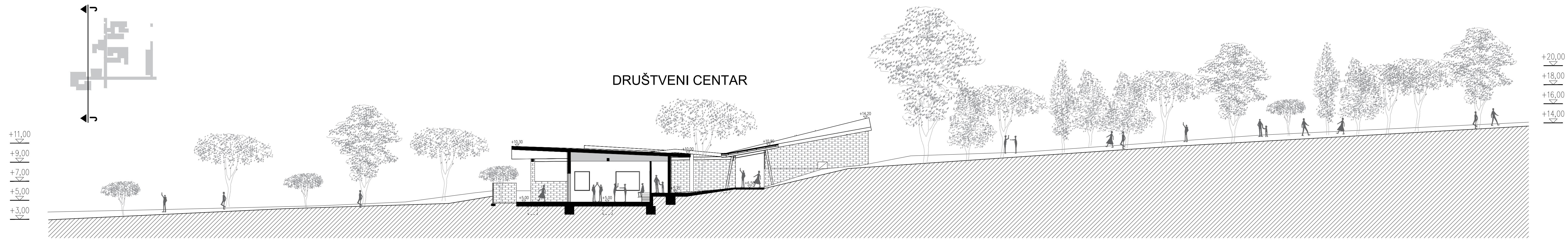








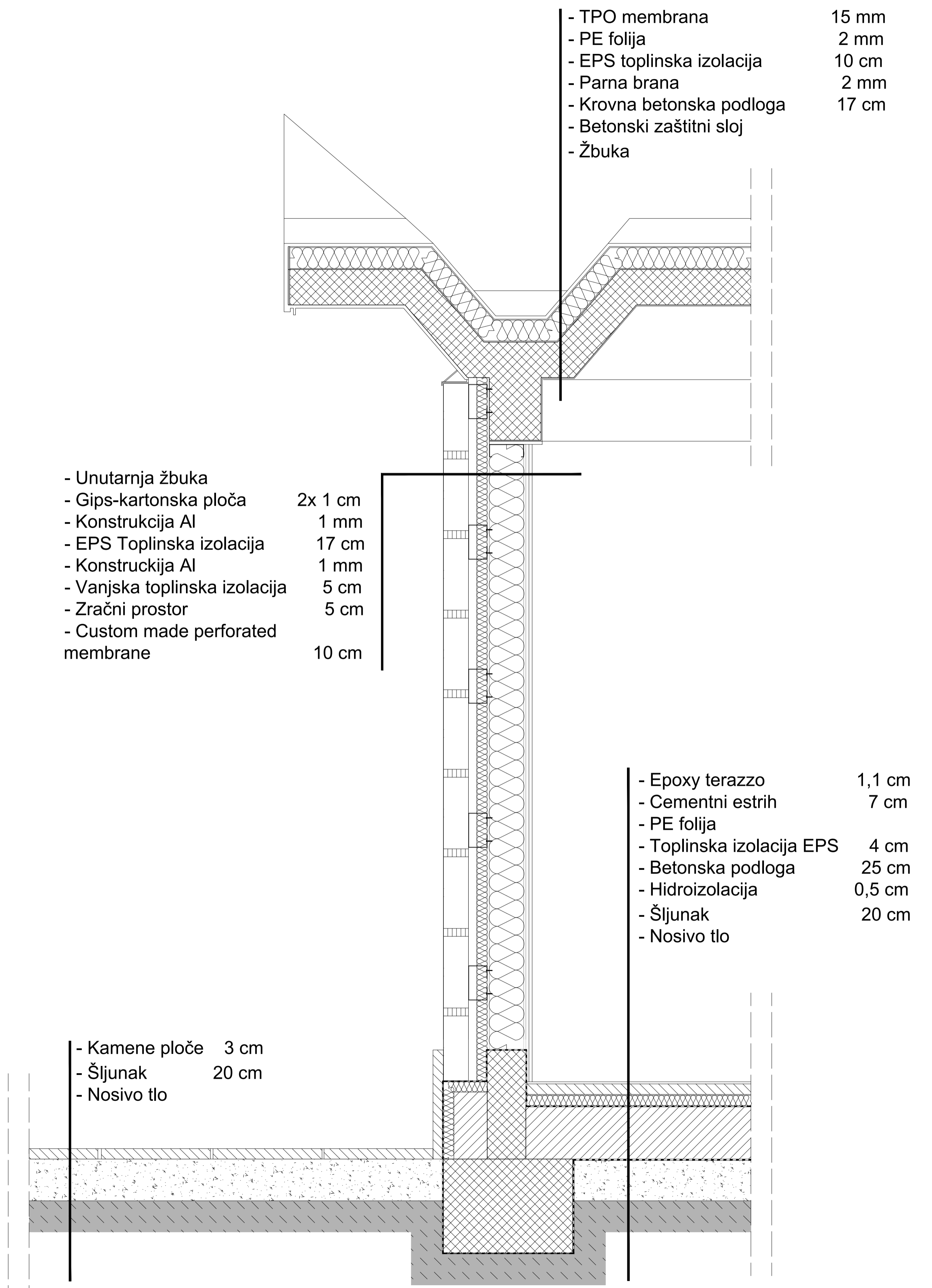




0 1 2 3 4 5 10

Sveučilište u Splitu | FGAAG | Diplomski studij Arhitektura i urbanizam | Diplomski rad |  
 student: Niko Borković | mentor: Ivan Jurčić, doc. art. | akad. god. 2021./2022.

SEGMENT - DETALJ A KROVA SA ZIDOM I PODOM M 1:10



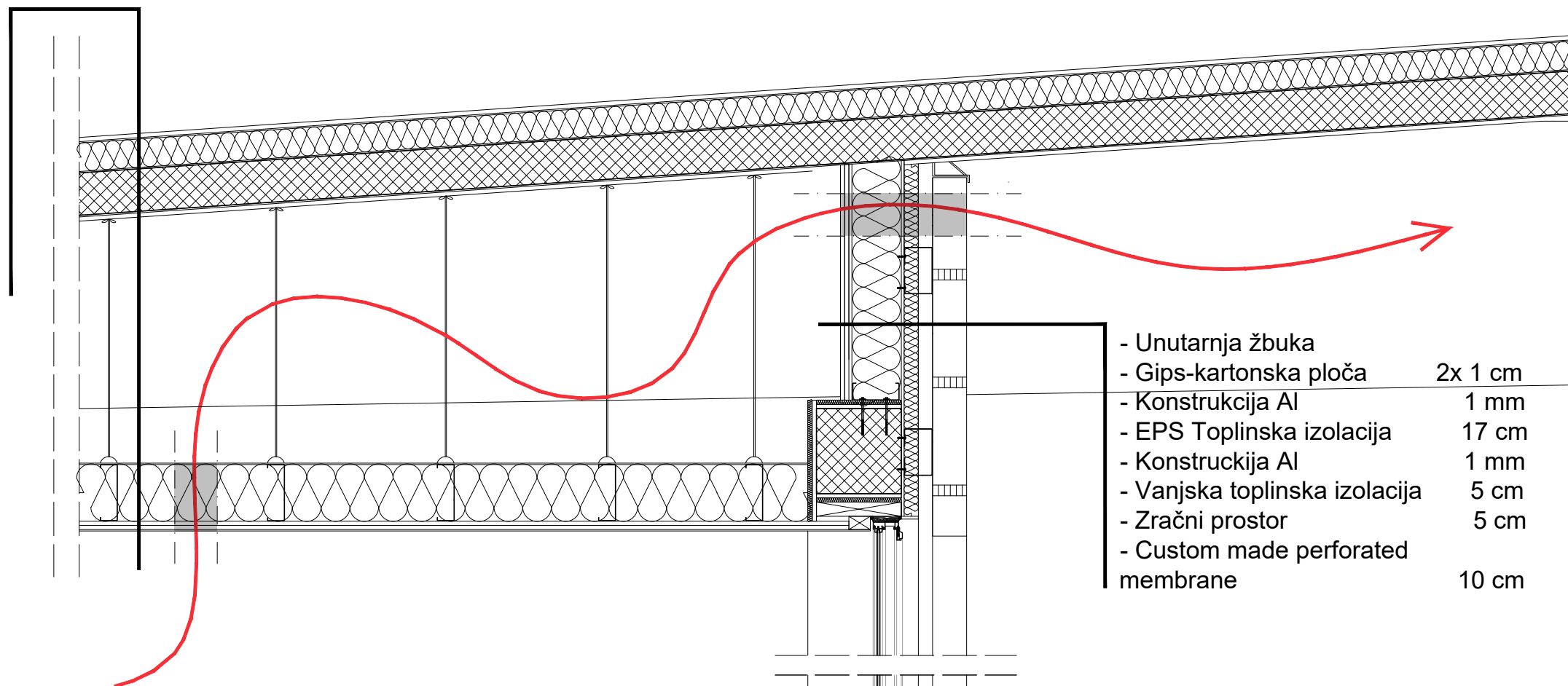
- TPO membrana 15 mm
- PE folija 2 mm
- EPS toplinska izolacija 10 cm
- Parna brana 2 mm
- Krovna betonska podloga 17 cm
- Betonski zaštitni sloj
- Žbuka

- Unutarnja žbuka
- Gips-kartonska ploča 2x 1 cm
- Konstrukcija Al 1 mm
- EPS Toplinska izolacija 17 cm
- Konstruckija Al 1 mm
- Vanjska toplinska izolacija 5 cm
- Zračni prostor 5 cm
- Custom made perforated membrane 10 cm

- Epoxy terazzo 1,1 cm
- Cementni estrih 7 cm
- PE folija
- Toplinska izolacija EPS 4 cm
- Betonska podloga 25 cm
- Hidroizolacija 0,5 cm
- Šljunak 20 cm
- Nosivo tlo

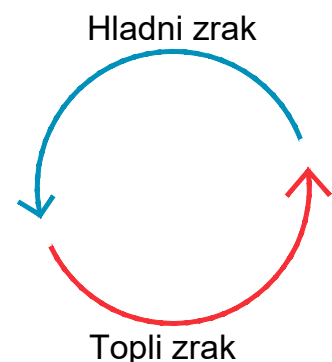
- Kamene ploče 3 cm
- Šljunak 20 cm
- Nosivo tlo

- TPO membrana 15 mm
- PE folija 2 mm
- EPS toplinska izolacija 10 cm
- Parna brana 2 mm
- Krovna betonska podloga 17 cm
- Betonski zaštitni sloj
- Zračni prostor 18 cm
- EPS toplinska izolacija 2 x 1,5 cm
- Gips-kartonska ploča
- Žbuka

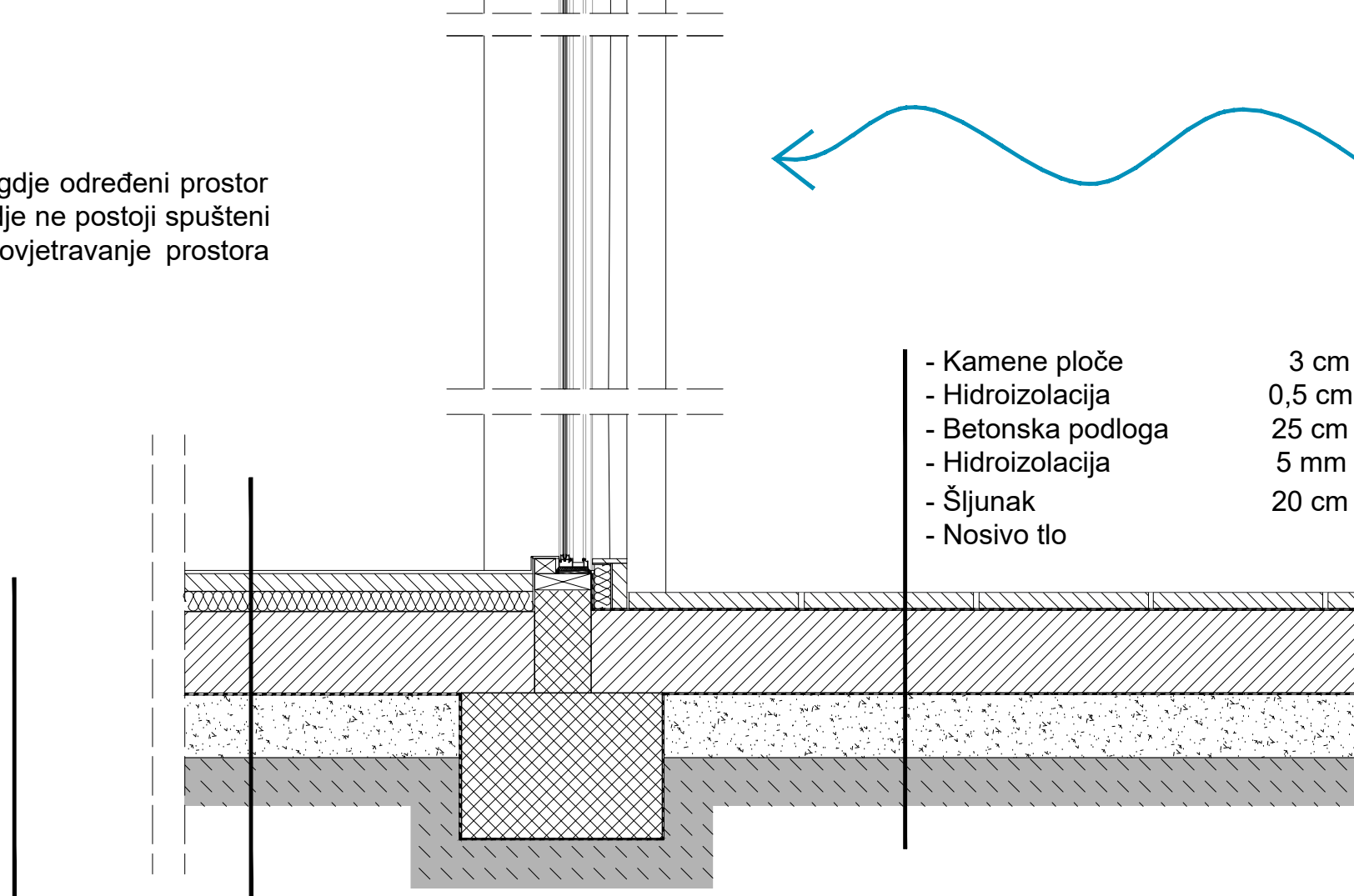


- Unutarnja žbuka
- Gips-kartonska ploča 2x 1 cm
- Konstrukcija Al 1 mm
- EPS Toplinska izolacija 17 cm
- Konstrukcija Al 1 mm
- Vanjska toplinska izolacija 5 cm
- Zračni prostor 5 cm
- Custom made perforated membrane 10 cm

U pojedinim kompleksima izradili bi se spušteni stropovi odnosno tamo gdje određeni prostor to dopušta. Ostavila bi se vanjska EPS toplinska izolacija za prostorije gdje ne postoji spušteni strop s dodatnom toplinskom izolacijom. Omogućilo bi se prirodno provjetravanje prostora tijekom cijele godine.

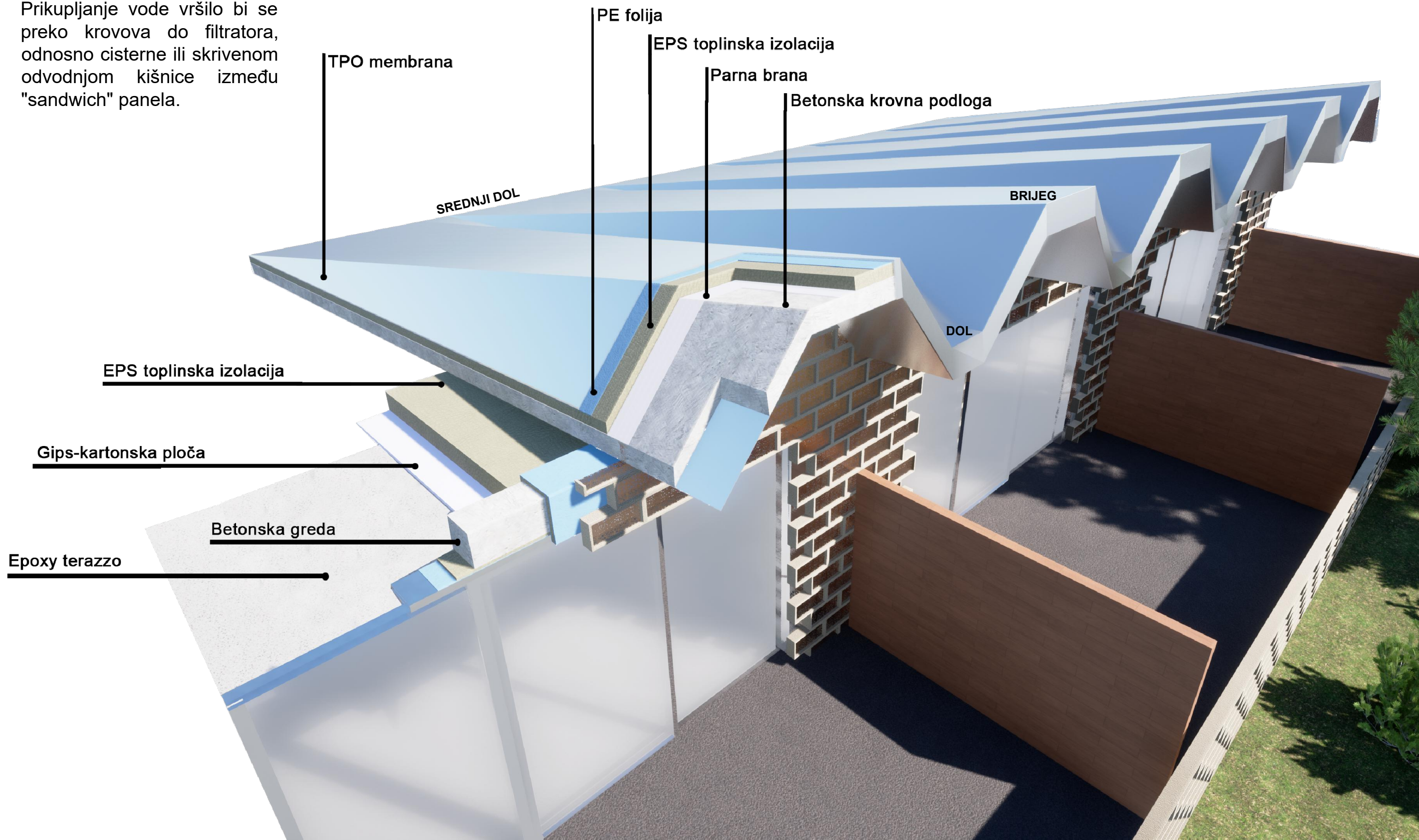


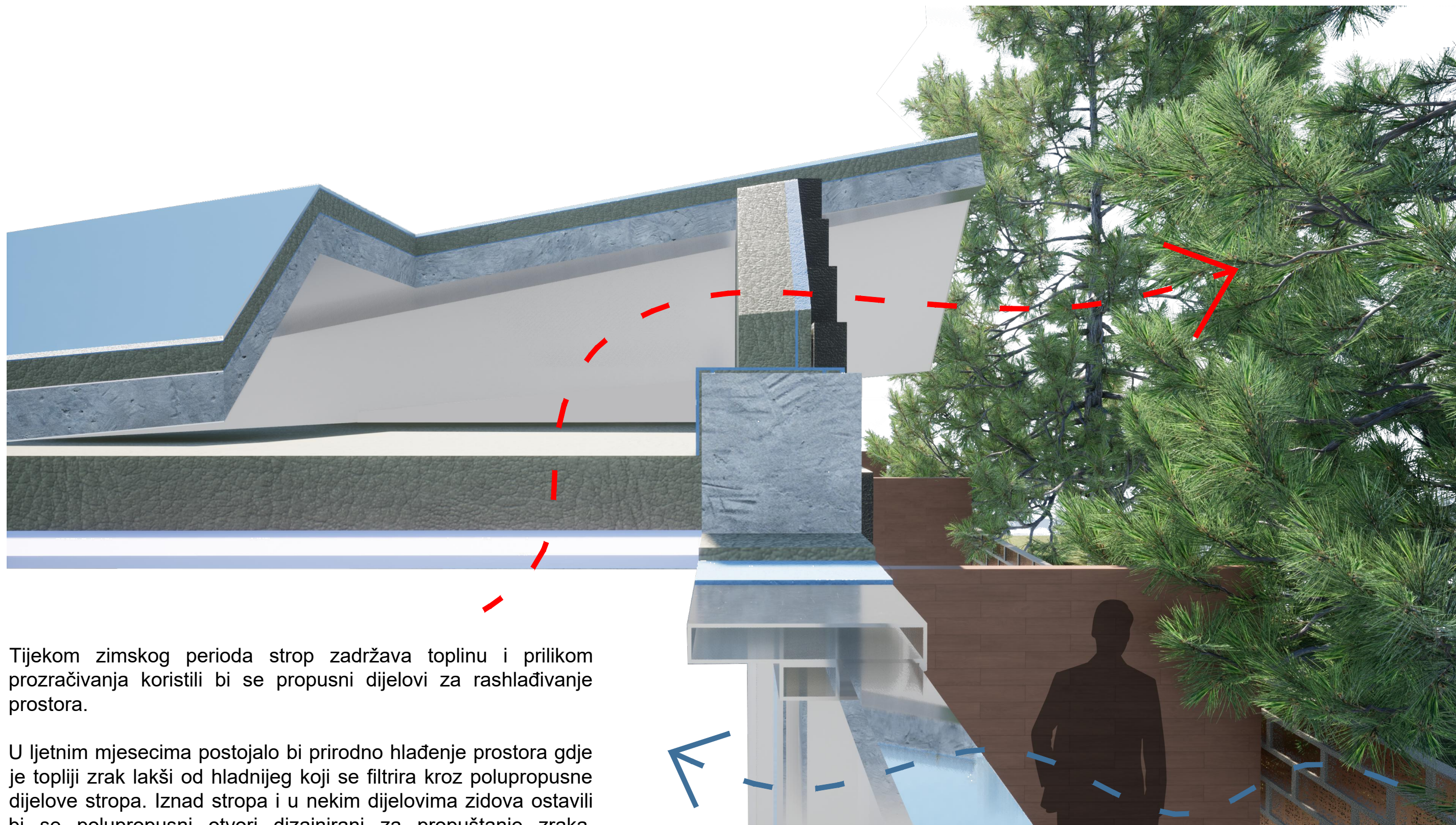
- Epoxy terazzo 1,1 cm
- Cementni estrih 7 cm
- PE folija
- Toplinska izolacija EPS 4 cm
- Betonska podloga 25 cm
- Hidroizolacija 0,5 cm
- Šljunak 20 cm
- Nosivo tlo



- Kamene ploče 3 cm
- Hidroizolacija 0,5 cm
- Betonska podloga 25 cm
- Hidroizolacija 5 mm
- Šljunak 20 cm
- Nosivo tlo

Prikupljanje vode vršilo bi se preko krovova do filtratora, odnosno cisterne ili skrivenom odvodnjom kišnice između "sandwich" panela.



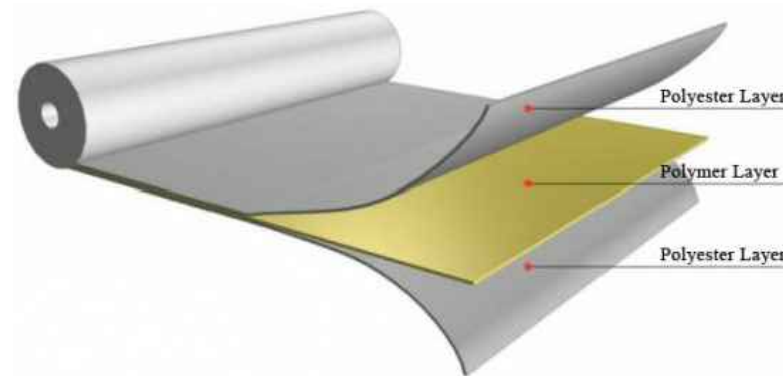


Tijekom zimskog perioda strop zadržava toplinu i prilikom prozračivanja koristili bi se propusni dijelovi za rashlađivanje prostora.

U ljetnim mjesecima postojalo bi prirodno hlađenje prostora gdje je topliji zrak lakši od hladnijeg koji se filtrira kroz polupropusne dijelove stropa. Iznad stropa i u nekim dijelovima zidova ostavili bi se polupropusni otvori dizajnirani za propuštanje zraka, odnosno topline.

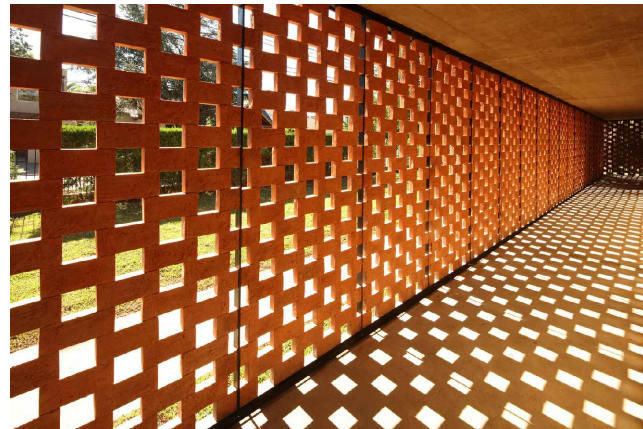
Kondicioniranjem zraka smanjila bi se godišnja potrošnja energije unutar pojedinog kompleksa.

## TPO membrana



Termoplastični poliolefin je jednoslojna vodonepropusna krovna membrana. TPO krovni sustavi sastoje se od jednog sloja sintetike i bazaltne mreže koja se može koristiti za pokrivanje ravnih i kosih krovova. Jeftin je i dugotrajan materijal, postavlja se vezivnim sredstvom ili je mehanički pričvršćivan.

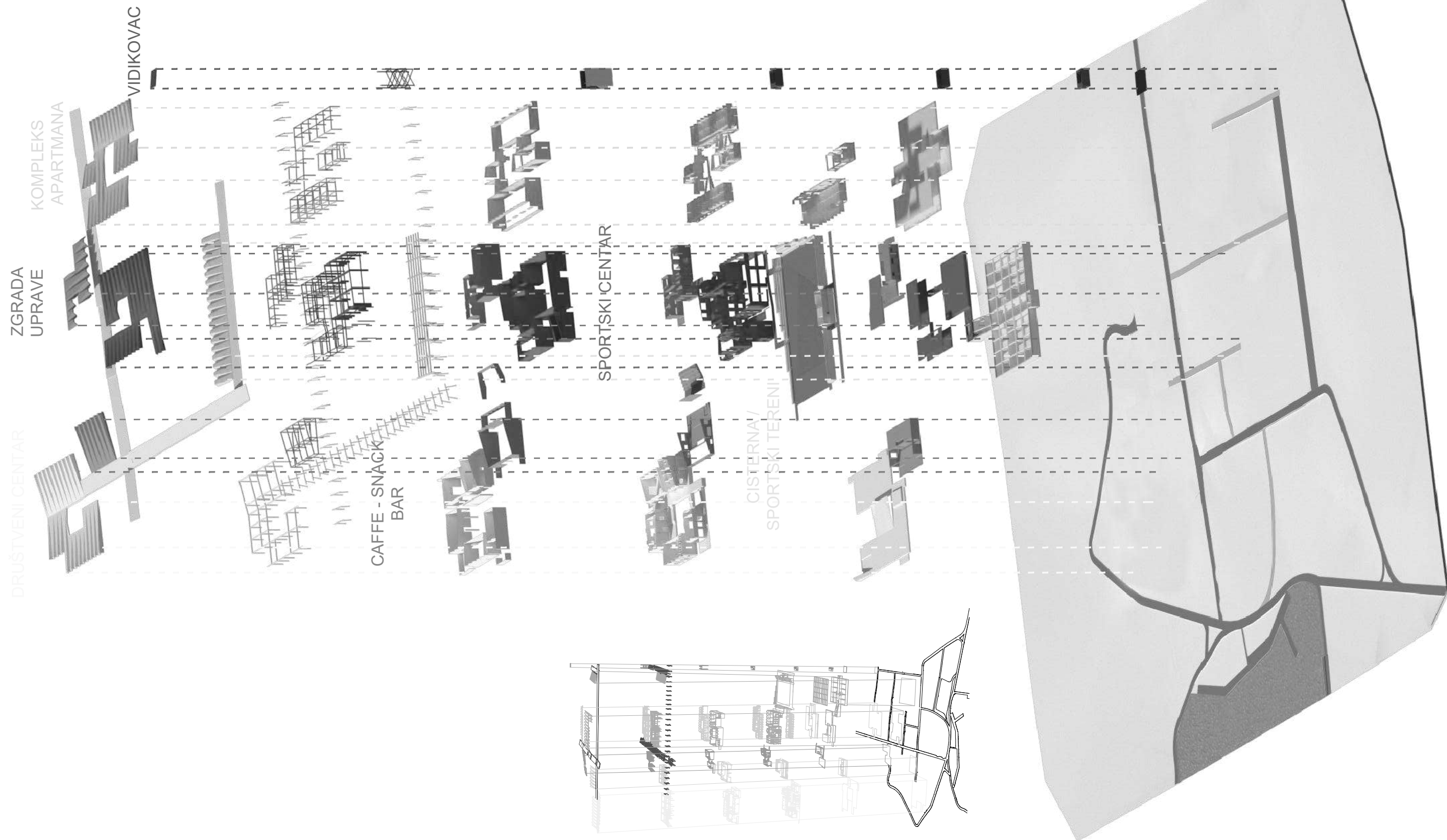
## Custom made perforated membrane - Opeka

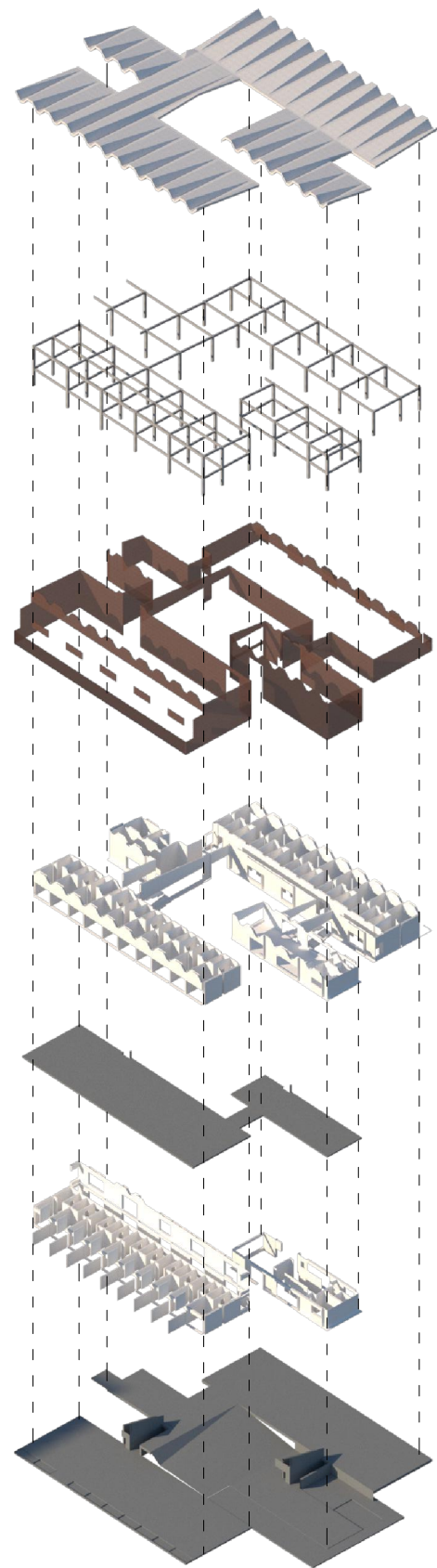


Izrađeni posebni blokovi od opeke isključivo za ovaj prostor, tvore ovojnici oko svih paviljona kompleksa. Izgrađena lagana polupropusna fasada u pojedinim dijelovima radi prodiranja zraka kroz prozore, istovremeno štiti od zraka sunca. Zbog svog specifičnog izgleda podsjeća na pune zidove od opeke, ali sa šupljinama unutar i između istih.









KROVNA PLOHA

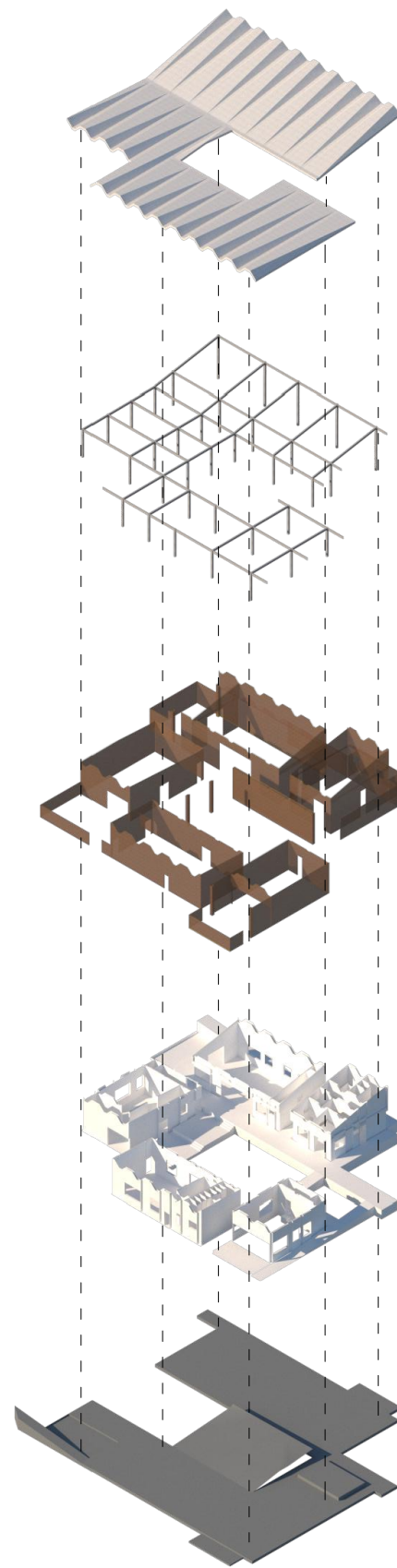
KONSTRUKCIJA

OVOJNICA

ETAŽE

TEREN - PODLOGA

### KOMPLEKS APARTMANA



KROVNA PLOHA

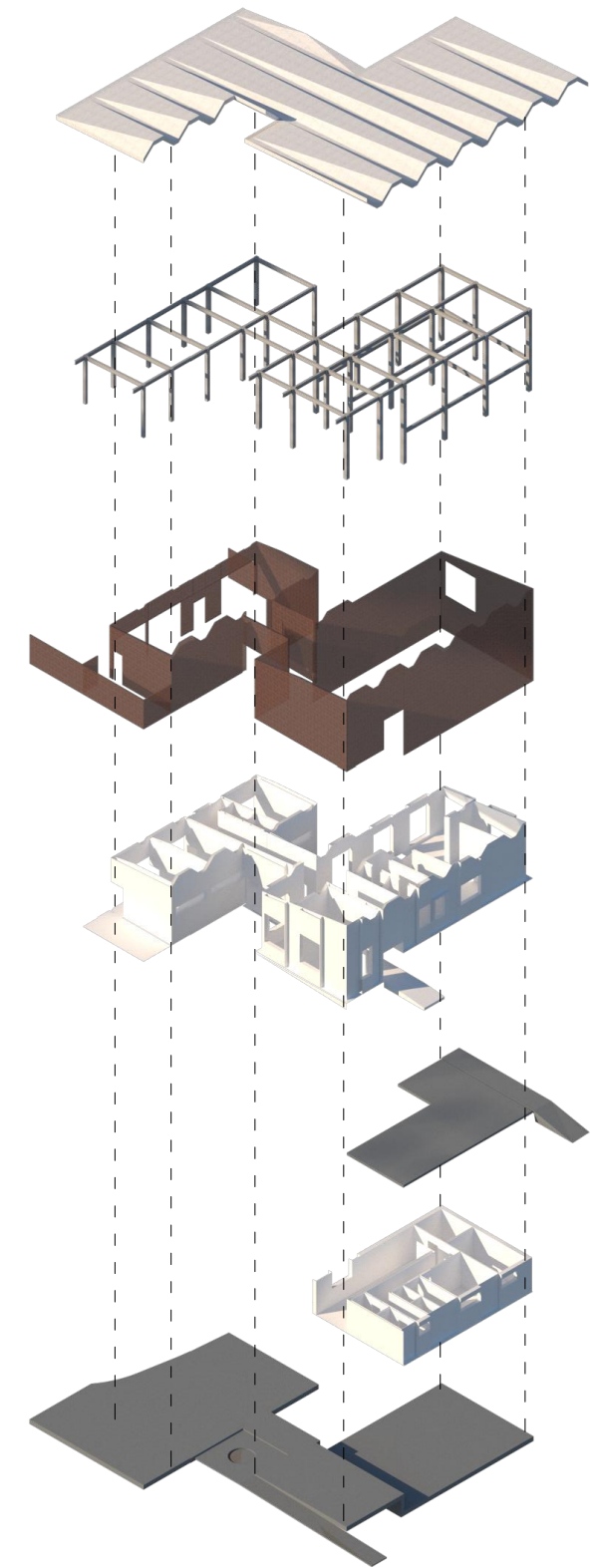
KONSTRUKCIJA

OVOJNICA

ETAŽE

TEREN - PODLOGA

### DRUŠTVENI CENTAR



KROVNA PLOHA

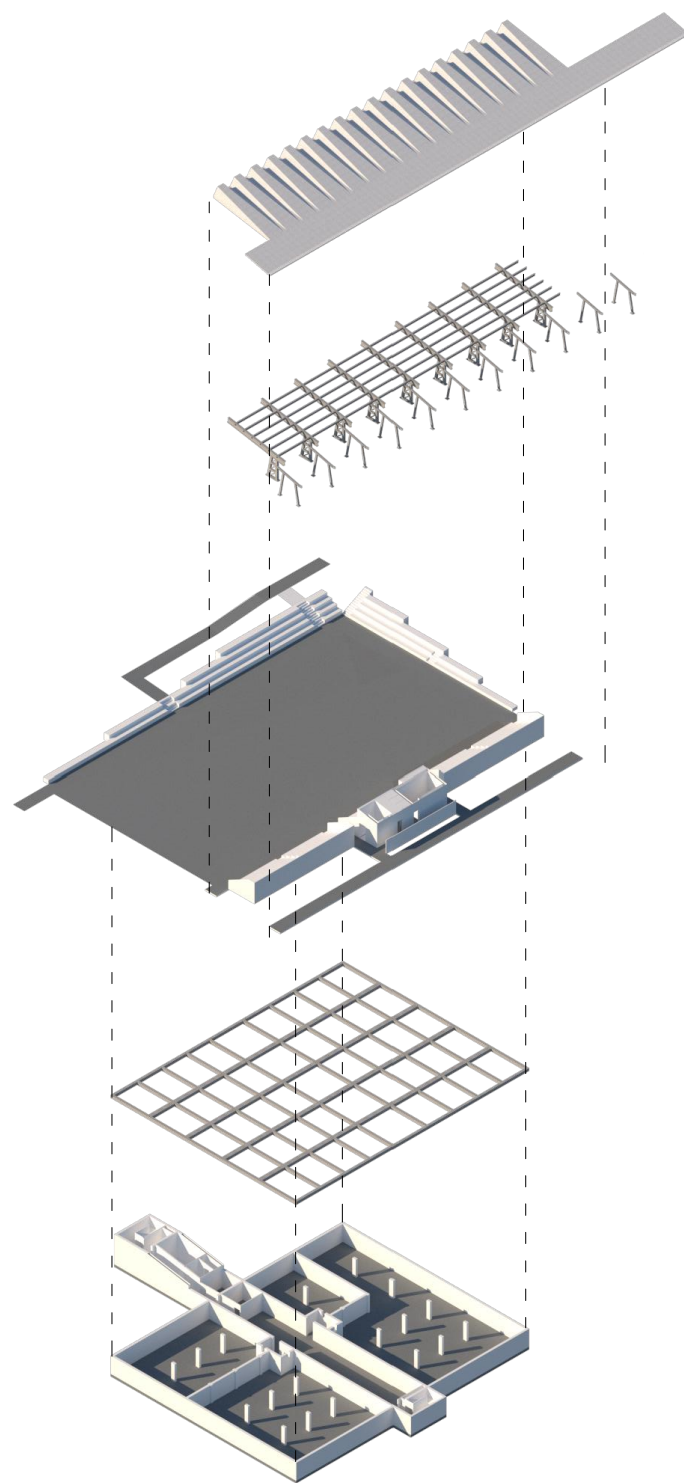
KONSTRUKCIJA

OVOJNICA

ETAŽE

TEREN - PODLOGA

### ZGRADA UPRAVE

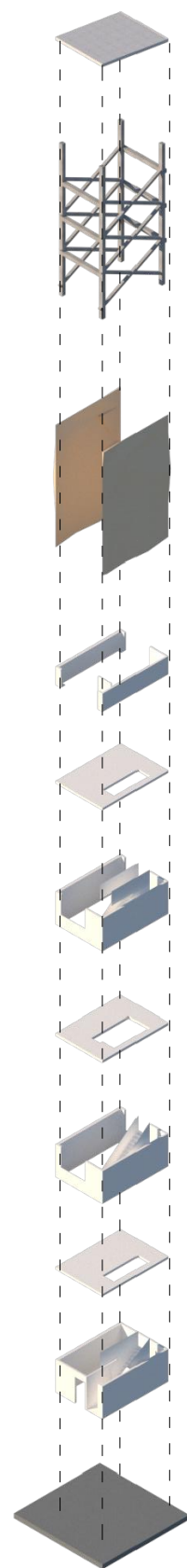


**CISTERNA /  
SPORTSKI TERENI**

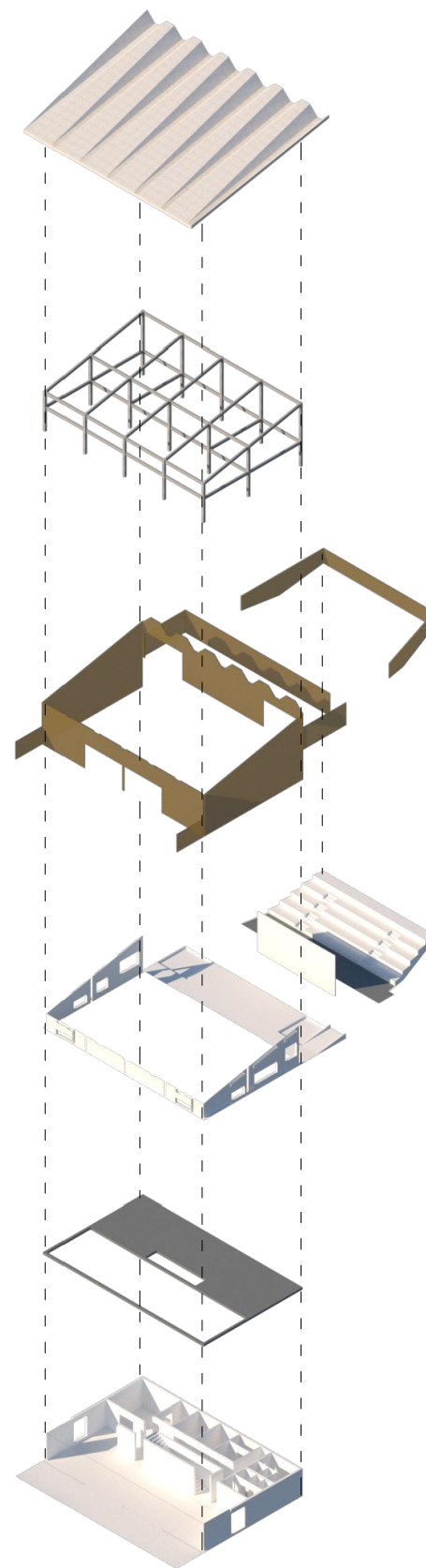
KROVOVI /  
KONSTRUKCIJA /  
OVOJNICA

ETAŽE /  
KONSTRUKCIJA

TEREN - PODLOGA



**VIDIKOVAC**



**CAFFE - SNACK  
BAR**

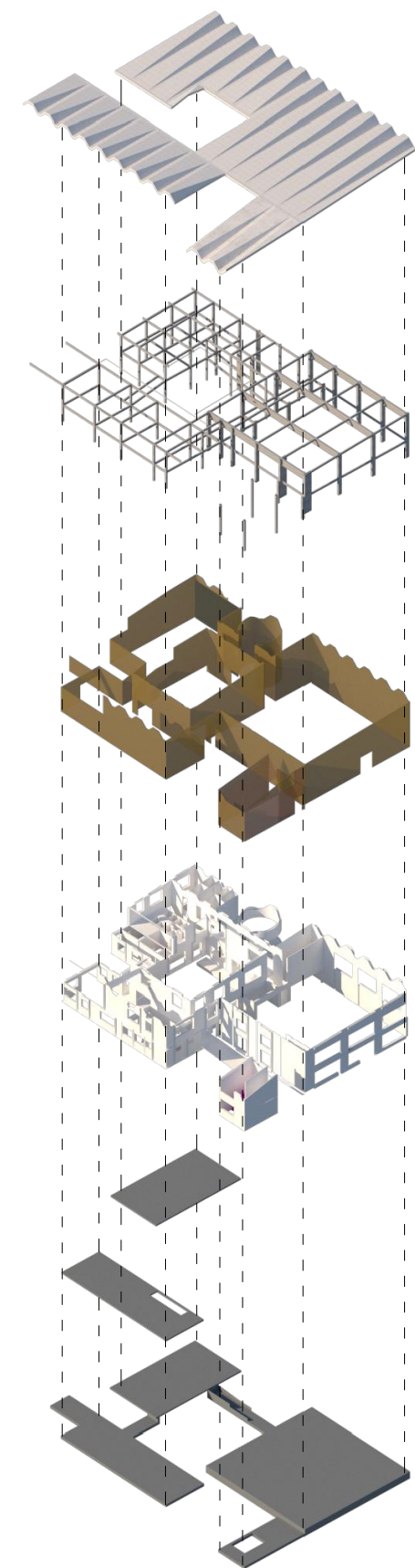
KROVNA PLOHA

KONSTRUKCIJA

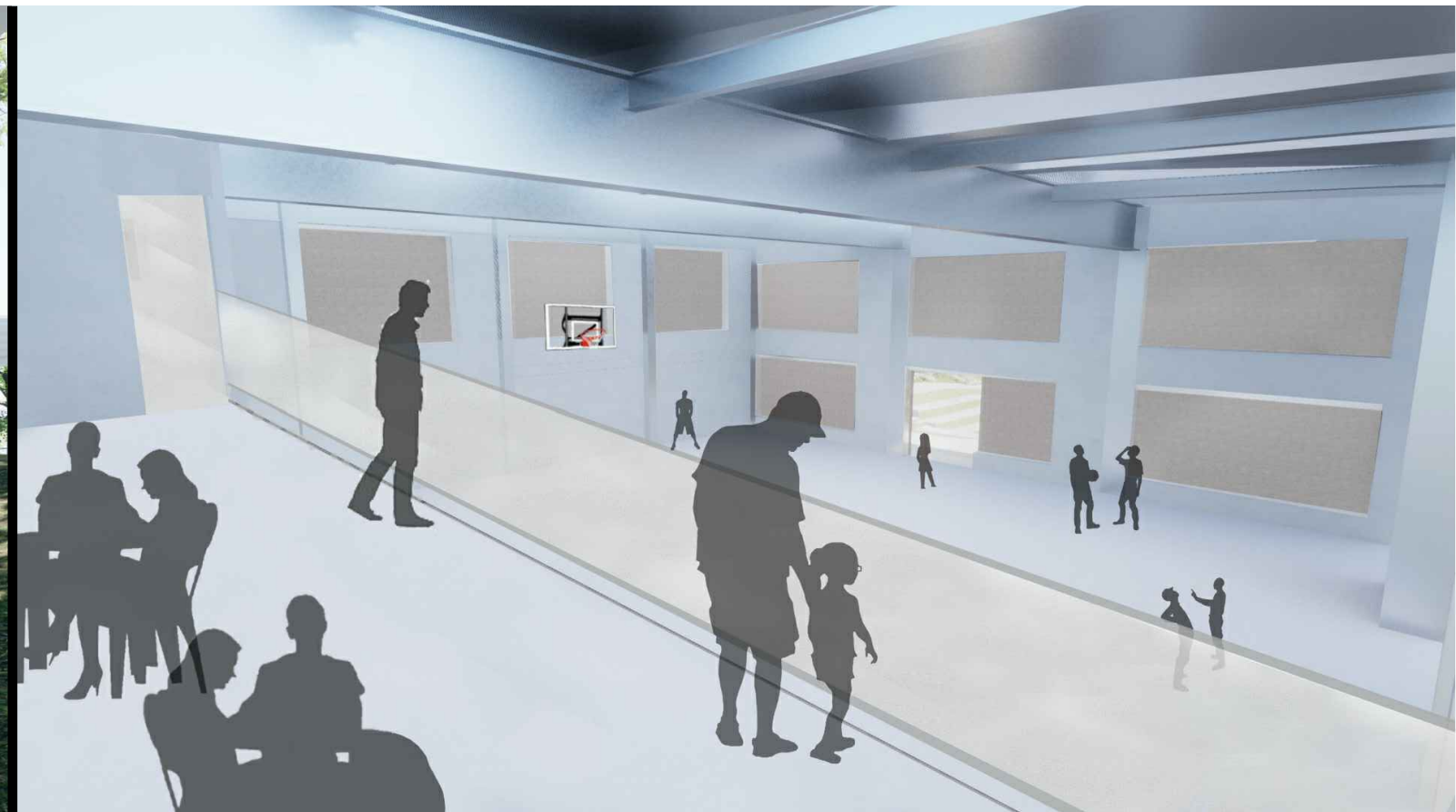
OVOJNICA

ETAŽE

TEREN - PODLOGA



**SPORTSKI CENTAR**





## ZAHVALE

Mentoru doc. art. **Ivanu Juriću** na stručnoj pomoći, usmjeravanju i strpljenju pri izradi diplomskog rada.

Komentoru izv. prof. dr. sc. **Ivi Andriću** i konzultantu za konstrukciju prof. dr. sc. **Ivici Boki** na svim savjetima i prijedlozima.

Hvala obitelji, prijateljima i kolegama na motivaciji i pruženoj podršci tijekom studiranja.