



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ  
UNIVERSITY OF BANJA LUKA

ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET

**UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN  
EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE  
SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE**

MASTER RAD

**Mentor:**  
**Doc. dr Žana Topalović**

**Kandidat:**  
**Biljana Ćuso**

Banja Luka, septembar 2025. godine



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ  
UNIVERSITY OF BANJA LUKA

АРХИТЕКТОНСКО-ГРАЂЕВИНСКО-ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ  
FACULTY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY



**UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN  
EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE  
SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE**

MASTER RAD

**Mentor:**  
**Doc. dr Žana Topalović**

**Kandidat:**  
**Biljana Ćuso**

Banja Luka, septembar 2025. godine



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ  
UNIVERSITY OF BANJA LUKA

АРХИТЕКТОНСКО-ГРАЂЕВИНСКО-ГЕОДЕТСКИ ФАКУЛТЕТ  
FACULTY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY



# **INFLUENCE OF VARIOUS EVAPOTRANSPIRATION CALCULATION METHODS ON THE DESIGN OF IRRIGATION SYSTEMS**

MASTER'S THESIS

**Supervisor:**  
**Assoc. Prof. Dr. Žana Topalović**

**Candidate:**  
**Biljana Ćuso**

Banja Luka, September 2025

**Mentor:** Doc.dr Žana Topalović, docent, Univerzitet u Banjoj Luci, Arhitektonsko-Građevinsko-Geodetski fakultet

**Naslov master rada:** Uticaj različitih metoda za proračun evapotranspiracije na dimenzionisanje sistema za navodnjavanje

**Rezime:** Ovaj master rad analizira različite metode za proračun evapotranspiracije (ET) i njihov uticaj na dimenzionisanje sistema za navodnjavanje na primjeru lokaliteta u Republici Srpskoj, opština Modriča. U radu su predstavljene i upoređene empirijske, fizički bazirane i metode daljinskog istraživanja za određivanje ET, uključujući Thornthwaite, Hargreaves-Samani, Jensen-Haise, Linacre, McGuinness i FAO Penman-Monteith metode, kao i satelitske podatke dobijene putem platforme Climate Engine. Cilj istraživanja je identifikacija optimalne metode koja omogućava precizno određivanje potreba za vodom, uzimajući u obzir tehničke, ekonomske i klimatske uslove. Korišćenjem multikriterijumske analize ocijenjena je primjenjivost metoda, sa posebnim naglaskom na dostupnost podataka, pouzdanost i jednostavnost primjene. Rezultati pokazuju značaj prilagođavanja metodologije lokalnim uslovima, čime se doprinosi efikasnijem planiranju i smanjenju troškova sistema za navodnjavanje. Rad pruža preporuke za buduću primjenu u sličnim agroklimatskim područjima Republike Srpske i Bosne i Hercegovine.

**Ključne riječi:** evapotranspiracija, FAO Penman-Monteith metoda, empirijske metode proračuna evapotranspiracije, satelitski podaci, sistem za navodnjavanje, metoda kišenja, prskači, multikriterijumska analiza

**Naučna oblast:** Hidrotehnika

**Naučno polje:** Građevinarstvo

**Klasifikaciona oznaka prema CERIF šifrniku:** T220

**Tip odabrane licence Kreativne zajednice:** CC BY-NC

**Mentor:** Assoc.prof.dr Žana Topalović, Associate Professor, University of Banja Luka, Faculty of Architecture, Civil Engineering and Geodesy.

**Title of master thesis:** Influence of various evapotranspiration calculation methods on the design of irrigation systems.

**Abstract:** . This master's thesis analyzes various methods for calculating evapotranspiration (ET) and their impact on the design of irrigation systems, using a case study from the Modriča municipality in the Republic of Srpska. The study presents and compares empirical, physically based, and remote sensing approaches for ET estimation, including the Thornthwaite, Hargreaves-Samani, Jensen-Haise, Linacre, McGuinness, and FAO Penman-Monteith methods, as well as satellite data obtained via the Climate Engine platform. The objective is to identify the optimal method that provides accurate water demand estimates, taking into account technical, economic, and climatic conditions. A multi-criteria analysis (MCA) is employed to evaluate the applicability of each method, focusing on data availability, reliability, and ease of implementation. The results highlight the importance of adapting methodologies to local conditions, contributing to more efficient planning and cost reduction of irrigation systems. This research offers practical recommendations for future applications in similar agro-climatic regions within the Republic of Srpska and Bosnia and Herzegovina.

**Key words:** evapotranspiration, FAO Penman-Monteith method, Empirical methods for evapotranspiration estimation, Satellite data, Irrigation system, Sprinkler irrigation method, Sprinklers, Multicriteria analysis (MCA)

**Scientific area:** Civil Engineering

**Scientific field:** Hydraulic Engineering

**Classification code:** T220

**Type of the selected Creative Commons license:** CC BY-NC

Ovaj rad posvećujem uspomeni na svog oca.  
Iako više nije sa nama, sigurna sam da bi bio ponosan.

# Sadržaj

1. UVOD .....	1
2. METODE ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE .....	3
2.1 Empirijske metode .....	3
2.1.1 <i>Thorntwaite metoda</i> .....	3
2.1.2 <i>Hargreaves-Samani metoda</i> .....	5
2.1.3 <i>Jensen-Haise metoda</i> .....	6
2.1.4 <i>Linacre metoda</i> .....	8
2.1.5 <i>McGuinness metoda</i> .....	10
2.2 Fizički bazirane metode .....	11
2.2.1 <i>FAO Penman-Monteith metoda</i> .....	11
2.3 Metode daljinskog istraživanja .....	13
2.4 Međusobna usporedba metoda.....	13
3. TEHNIČKA OSNOVA I METODOLOŠKI PRISTUP PROJEKTOVANJU SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE .....	16
3.1 Opis područja za navodnjavanje .....	16
3.2 Raspoloživi podaci .....	18
3.2.1 <i>Meteorološki i klimatološki podaci</i> .....	18
3.2.2 <i>Infiltracione karakteristike tla</i> .....	19
3.2.3 <i>Minimalna norma navodnjavanja</i> .....	20
3.3 Sistemi za navodnjavanje – vrste i proračun.....	21
3.4 Tehnički opis rada planiranog sistema za navodnjavanje.....	22
3.4.1 <i>Opis sistema i infrastrukturnih elemenata</i> .....	22
3.4.2 <i>Specifikacija pumpi</i> .....	24
3.4.3 <i>Prskači i način navodnjavanja</i> .....	26
4. REZULTATI I DISKUSIJA .....	27
4.1 Evapotranspiracija i potrebe za vodom .....	27
4.1.1 <i>Evapotranspiracija</i> .....	27
4.1.2 <i>Potrebe za vodom</i> .....	41
4.1.3 <i>Hidromodul sistema</i> .....	44

4.2 Sistemi za navodnjavanje .....	46
4.2.1 Rezultati dimenzionisanja sistema navodnjavanja metodom kišenja u zavisnosti od metode proračuna evapotranspiracije .....	46
4.2.2 Hidraulički proračuni i dodatni rezultati za projektne varijante.....	48
4.2.3 Grafički prilozi prikazi sistema navodnjavanja .....	50
4.3 Tehno-ekonomska analiza (predmjer i predračun radova).....	51
4.4 Multikriterijumska analiza (MCA) .....	53
4.4.1 Kriterijumi i dodijeljene težine.....	54
4.4.2 Ponderisana ocjena metode .....	54
4.4.3 Zaključak multikriterijumske analize .....	56
5. ZAKLJUČAK .....	57
LITERATURA.....	58
SPISAK SLIKA .....	61
SPISAK TABELA .....	62
SPISAK PRILOGA.....	63
PRILOZI .....	70
PRILOZI .....	137
KRATKA BIOGRAFIJA AUTORA .....	138

## 1. UVOD

Navodnjavanje se može definisati kao dopuna prirodnim padavinama s ciljem postizanja optimalnog sadržaja vode u tlu u vegetacionom periodu, što je osnovni preduslov za stabilnu i uspješnu poljoprivrednu proizvodnju. Imajući u vidu sve izraženije klimatske promjene, pojavu dugotrajnih suša, porast temperatura i sve veći pritisak na vodne resurse, značaj navodnjavanja će u budućnosti biti još izraženiji [1].

Jedan od ključnih parametara u proračunu potreba za vodom u sistemima navodnjavanja jeste evapotranspiracija (*ET*) [2]. Evapotranspiracija predstavlja ukupni proces isparavanja vode sa površine tla (evaporacija) i transpiracije vode iz biljaka [3]. Kao dominantan element u bilansu vode, evapotranspiracija ima presudnu ulogu u procjeni potreba za navodnjavanjem u poljoprivredi. Njeno precizno određivanje omogućava racionalno planiranje i dimenzionisanje sistema za navodnjavanje, čime se osigurava optimalno korištenje vodnih resursa. Ipak, direktna mjerenja evapotranspiracije su rijetka, naročito u lokalnim uslovima, te se u praksi najčešće pribjegava njenom proračunu putem različitih modela [4].

U ovom master radu biće analizirane i međusobno upoređene različite metode za proračun evapotranspiracije, sa ciljem da se ispita uticaj svake metode na dimenzionisanje sistema za navodnjavanje, kao i da se pronađe optimalno rješenje i prijedlog za buduću primjenu u praksi. Odabrano je ukupno šest metoda koje predstavljaju reprezentativne primjere empirijskih i fizički baziranih pristupa, uz dodatnu upotrebu satelitskih podataka putem platforme Climate Engine<sup>1</sup>, što omogućava i poređenje sa vrijednostima evapotranspiracije dobijenim metodama daljinskog istraživanja [4], [5]. Time se pokriva širok spektar metodoloških pristupa i nivoa dostupnosti podataka, što je od ključnog značaja za praktičnu primjenu u različitim uslovima,

Fizički bazirane metode, poput FAO-Penman Monteith, zahtijevaju veliki broj meteoroloških i klimatoloških ulaznih podataka, čija dostupnost je često ograničena za mnoge lokacije i regije [2]. Zbog ovih izazova, razvoj i primjena alternativnih empirijskih metoda koje su prilagođene lokalnim klimatskim uslovima mogu znatno olakšati proces dimenzionisanja i proračuna sistema za navodnjavanje, kao i pojednostaviti izradu projekata. Pored tehničkih razloga, ekonomski aspekt takođe igra značajnu ulogu, komercijalni meteorološki podaci, koji se često pribavljaju sa zvaničnih mjernih stanica, mogu biti skupi, dok besplatni satelitski podaci, dostupni globalno, predstavljaju pristupačnu i praktičnu alternativu.

---

<sup>1</sup> Climate Engine je alat za vizuelizaciju i analizu klimatskih i satelitskih podataka, razvijen u saradnji između Desert Research Institute i NASA-e. Dostupno na: <https://climateengine.org>.

Predmet istraživanja je projekat sistema navodnjavanja na konkretnom lokalitetu u okviru Republike Srpske, na području opštine Modriča, izabranom zbog svojih agroklimatskih karakteristika i planiranih infrastrukturnih ulaganja u oblasti navodnjavanja [6]. Kroz analizu će se nastojati da se pokaže kako različite metode proračuna evapotranspiracije mogu uticati na krajnje projektne parametre sistema, kao što su potrebe za vodom, dimenzije sistema i investicioni troškovi. Time se daje doprinos budućim projektima, olakšava izbor metodologije u fazi prikupljanja podataka i omogućava bolje razumijevanje uticaja klimatskih varijabli na planiranje i izvodljivost sistema za navodnjavanje. Podaci sa Hidrometeorološke stanice Slavonski Brod korišćeni su za proračun evapotranspiracije zbog dostupnosti dugog vremenskog niza podataka, koji obuhvata oko 30 godina, kao i zbog sličnosti geografskog položaja i klimatskih uslova između Slavanskog Broda i Modriče [6]. Zbog ovih činjenica, podaci sa navedene stanice smatraju se relevantnim i referentnim za lokalitet istraživanja.

Pored tehničkog i ekonomskog aspekta, u ovom istraživanju biće analiziran i širi skup kriterijuma, kako bi se na objektivni i sveobuhvatan način ocijenila primjenjivost posmatranih metoda za proračun evapotranspiracije. U tom kontekstu, biće primijenjena multikriterijumska analiza, koja omogućava evaluaciju metoda ne samo kroz dimenzionisanje sistema i investicione troškove, već i kroz druge faktore kao što su dostupnost podataka, osjetljivost na klimatske varijable, jednostavnost primjene i pouzdanost rezultata. Na taj način, rad ima za cilj da pruži jasan i praktičan okvir za odabir najpogodnije metode u zavisnosti od uslova i potreba konkretnog projekta, te da ponudi smjernice koje mogu poslužiti kao osnova za buduće projekte navodnjavanja u sličnim agroklimatskim sredinama.

## 2. METODE ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE

U sklopu istraživanja primijenjene su različite metode za proračun evapotranspiracije, s ciljem upoređivanja i verifikacije rezultata u zavisnosti od dostupnosti meteoroloških podataka i karakteristika posmatranog područja. Kriterijum za izbor metoda bio je prvenstveno zasnovan na dostupnosti potrebnih meteoroloških podataka za analizirani lokalitet, kao i na širokoj rasprostranjenosti i primjenjivosti tih metoda u različitim klimatskim uslovima širom svijeta. Među analiziranim modelima nalaze se Thornthwaite model, Hargreaves-Samani model, McGuinness model, Linacre model, FAO Penman-Monteith model (Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO) i Jensen-Haise model [4]. U nastavku ovog poglavlja detaljno će biti predstavljene osnovne karakteristike, pretpostavke i matematičke formulacije svake od navedenih metoda, a tabelarni prikaz korištenih metoda, zajedno s pregledom svih potrebnih ulaznih podataka za njihov proračun, dat je u *Prilogu 1*.

### 2.1 Empirijske metode

Empirijske metode za proračun evapotranspiracije razvijene su na osnovu statističke analize eksperimentalnih podataka prikupljenih u različitim klimatskim i vegetacijskim uslovima. Ove metode koriste jednostavne matematičke izraze koji povezuju evapotranspiraciju sa lako dostupnim meteorološkim varijablama, kao što su temperatura vazduha, dužina dana i slično.

Iako im je tačnost ograničena u poređenju sa kompleksnijim modelima, empirijske metode su i dalje široko primenjivane zbog svoje jednostavnosti, minimalnih zahteva u pogledu ulaznih podataka i mogućnosti brze procjene evapotranspiracije (*ET*) u područjima gde detaljni podaci nisu dostupni [7].

U ovom radu razmatrane su najpoznatije i najčešće korišćene empirijske metode, kao što su: Thornthwaite, Hargreaves-Samani, McGuinness, Linacre, Jensen-Haise i druge. Za svaku od metoda prikazane su osnovne jednačine, potrebni ulazni podaci, kao i ograničenja u primjeni, dok se pregled potrebnih ulaznih podataka za sve ove metode nalazi prikazan u *Prilogu 1*.

#### 2.1.1 Thorntwaite metoda

Thornthwaite metoda predstavlja jednostavan empirijski model koji se koristi za procjenu mjesečne potencijalne evapotranspiracije (*ET<sub>p</sub>*) [3]. Ova metoda koristi samo prosječnu mjesečnu temperaturu kao ulazni meteorološki parametar, što je čini posebno pogodnom za

područja gdje su dostupni ograničeni podaci. Dobijene vrijednosti se naknadno koriguju u odnosu na broj dana u mjesecu i teoretsku dužinu dnevnog osvjetljenja (sunčevih sati), koja zavisi od geografske širine lokacije.

Važno je napomenuti da u literaturi postoji više varijanti Thornthwaiteove metode, s različitim formulacijama izraza za proračun potencijalne evapotranspiracije [4][8]. Razlike se najčešće odnose na način uključivanja korektivnih faktora kao što su dužina dana ( $L$ ), broj dana u mjesecu ( $N$ ), ili pojednostavljenja u izrazu za koeficijent  $\alpha$ . Odabrana verzija u ovom radu predstavlja najčešće korišćen oblik ove metode, koji uključuje korekcije za geografsku širinu i dužinu mjeseca:

$$ET_p = 16 * \left(\frac{L}{12}\right) * \left(\frac{N}{30}\right) * \left(\left(10 * \frac{T_m}{I}\right)\right)^\alpha \quad (1)$$

gdje su:

- $ET_p$  – potencijalna evapotranspiracija (mm/mjesec),
- $T_m$  – srednja mjesečna temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ),
- $I$  – godišnji indeks toplote (zbir 12 mjesečnih indeksa),
- $\alpha$  – empirijski koeficijent, funkcija od  $I$ ,
- $N$  – broj dana u mjesecu,
- $L$  – prosječno dnevno trajanje svjetlosti (sati).

Kao što se vidi u jednačini (1) figuriše  $I$  -godišnji indeks toplote, dobijen kao zbir mjesečnih indeksa toplote  $i$ , prema sljedećoj relaciji [4]:

$$I = \sum_{t=1}^{12} i \quad (2)$$

gdje se mjesečni indeks toplote  $i$  računa po izrazu:

$$i = \left(\frac{T}{5}\right)^{1.514} \quad (3)$$

Konstantna  $\alpha$  računa se na osnovu godišnjeg indeksa toplote  $I$  i predstavlja koeficijent koji se koristi u glavnoj jednačini za proračun mjesečne potencijalne evapotranspiracije, a vrijednost se dobija pomoću empirijski definisane jednačine [4]:

$$\alpha = 6.75 \times 10^{\{-7\}} \cdot I^3 - 7.71 \times 10^{\{-5\}} \cdot I^2 + 1.792 \times 10^{\{-2\}} \cdot I + 0.49239 \quad (4)$$

Potrebno je naglasiti da potencijalna evapotranspiracija (*ETp*) predstavlja maksimalni mogući gubitak vode sa površine kroz procese isparavanja i transpiracije, pod uslovima bujne vegetacije i neograničene dostupnosti vode. Za razliku od referentne evapotranspiracije (*ETo*), koja je standardizovana i odnosi se na idealizovanu referentnu biljku (trava visine 0,12 m) pod definisanim agrometeorološkim uslovima, vrijednosti dobijene Thornthwaite metodom odnose se na *ETp*[1].

Kako bi se te vrijednosti preračunale u *ETo*, koristi se korekcionni faktor *k*, prema izrazu  $ETo = k \cdot ETp$  [3], pri čemu vrijednost faktora zavisi od lokalnih klimatskih karakteristika. U okviru ovog rada, koeficijent *k* je procijenjen kao odnos prosječne godišnje vrijednosti referentne evapotranspiracije (*ETo*) na predmetnom području i prosječne vrijednosti potencijalne evapotranspiracije (*ETp*), dobijene Thornthwaite metodom.

Budući da su analize fokusirane isključivo na vegetacioni period (april–septembar), a što će u nastavku biti detaljno objašnjeno, korišteni su podaci i proračuni koji se odnose isključivo na te mjesece.

### 2.1.2 Hargreaves-Samani metoda

Hargreaves-Samani metoda predstavlja jednu od najčešće korišćenih empirijskih metoda za procjenu referentne evapotranspiracije (*ETo*), posebno u uslovima kada su dostupni meteorološki podaci ograničeni [9]. Ova metoda je razvijena 1985. godine kao pojednostavljena alternativa fizički baziranim modelima poput FAO Penman-Monteith metode [2], koja zahtijeva veliki broj ulaznih parametara. Ključna prednost Hargreaves-Samani metode leži u njenoj jednostavnosti, jer koristi samo podatke o minimalnoj i maksimalnoj dnevnoj temperaturi, kao i o Sunčevom zračenju iznad Zemljine površine, kratkotalasnoj radijaciji (*Ra*).

Standardni izraz za izračunavanje dnevne referentne evapotranspiracije (*ETo*) prema Hargreaves-Samani metodi dat je sljedećom formulom [9]:

$$ETo = 0.0023 * (T_{avg} + 17.8) * (Tmax - Tmin)^{\{0.5\}} * Ra \quad (5)$$

gdje su:

- *ETo* – referentna evapotranspiracija (mm/dan),
- *Tavg* – srednja dnevna temperatura (°C),

- $T_{max}$  – maksimalna dnevna temperatura ( $^{\circ}C$ ),
- $T_{min}$  – minimalna dnevna temperatura ( $^{\circ}C$ ),
- $R_a$  – sunčevo zračenje iznad Zemljine površine ( $MJ/m^2/dan$ ).

Sunčevo zračenje iznad Zemljine površine ( $R_a$ ) računa se na osnovu geografskog položaja (širine) i dana u godini, te se može izračunati numerički pomoću odgovarajućih algoritama [2]. Ova vrijednost predstavlja količinu sunčevog zračenja koja dopire do gornje granice Zemljine atmosfere i ne uključuje složene komponente dugotalasnog zračenja, već se odnosi isključivo na kratkotalasnu solarnu radijaciju koja potiče direktno od Sunca. U okviru ovog rada, kao ulazni podaci za proračun Hargreaves-Samani metode, koriste se satelitski podaci o kratkotalasnoj radijaciji preuzeti sa platforme Climate Engine, koja omogućava pristup vremenskim i klimatskim varijablama za globalno područje, uključujući i  $R_a$  [5].

Zbog male količine potrebnih podataka i jednostavne primjene, Hargreaves-Samani metoda je posebno pogodna za korišćenje u oblastima u razvoju, gdje nisu dostupne opsežne meteorološke serije [9]. Ipak, važno je napomenuti da ova metoda može davati precizne rezultate samo u određenim klimatskim uslovima, te se preporučuje lokalna kalibracija i ukoliko postoji mogućnost poređenja sa standardizovanim  $ET_o$  vrijednostima, na primjer, onima dobijenim FAO Penman-Monteith metodom.

U starijoj literature, kao i u pojedinim hidrološkim istraživanjima, može se naići na slučajeve gdje se evapotranspiracija dobijena Hargreaves–Samani metodom označava kao  $PET$  (potencijalna evapotranspiracija)[4]. Međutim, u skladu sa FAO preporukama, ova metoda se koristi kao aproksimacija referentne evapotranspiracije ( $ET_o$ ) [9] u slučajevima kada nisu dostupni svi potrebni ulazni podaci za FAO Penman–Monteith metodu. Imajući to u vidu, u ovom radu rezultati dobijeni Hargreaves–Samani metodom tretirani su kao procjena  $ET_o$ , bez dodatne korekcije faktorom  $k$ .

### 2.1.3 Jensen-Haise metoda

Jensen–Haise metod je jedna od ranije razvijenih empirijskih metoda [7] za procjenu evapotranspiracije, a zasniva se na korelaciji između srednje dnevne temperature i količine sunčevog zračenja dostupnog na površini. Ovaj model je prvi put predstavljen 1963. godine i odlikuje se jednostavnom primjenom, uz upotrebu minimalnog broja meteoroloških podataka, što ga čini pogodnim za primjenu u uslovima ograničene dostupnosti podataka[10]

Jensen-Haise model izražava evapotranspiraciju kao funkciju solarne radijacije, prosječne dnevne temperature i latentne toplote isparavanja, što omogućava relativno jednostavan i efikasan proračun [4]. Formula koja se koristi u ovoj metodi je sljedeća:

$$ET_o = \frac{Ra}{\lambda} * \frac{T_{mean}}{40} \quad (6)$$

gdje je:

- $ET_o$  – referentna evapotranspiracija (mm/dan)
- $Ra$  – sunčevo zračenje iznad Zemljine površine (MJ/m<sup>2</sup>/dan),
- $T_{mean}$  – srednja dnevna temperatura (°C),
- $\lambda$  – latentna toplota isparavanja (MJ/kg).

Kao što je navedeno u objašnjenju metode Hargreaves-Samani, sunčevo zračenje iznad Zemljine površine ( $Ra$ ) računa se na osnovu geografskog položaja (širine) i dana u godini, te se može izračunati numerički pomoću odgovarajućih algoritama [2]. U okviru ovog rada, za sve proračunske empirijske metode u kojima se javlja zahtjev za ulaznim podatkom koji se odnosi na sunčevo zračenje  $Ra$ , koriste se satelitski podaci o kratkotalasnoj radijaciji preuzeti sa platforme Climate Engine,[5].

U okviru proračuna evapotranspiracije primjenom metode Jensen-Haise figuriše latentna toplota isparavanja ( $\lambda$ ). Latentna toplota isparavanja predstavlja količinu energije potrebnu za prelazak jedinice mase vode iz tečnog u gasovito stanje pri konstantnoj temperaturi i pritisku. Literatura FAO-56 priručnik [2]u standardizovanim proračunima navodi konstantnu vrijednost latentne toplote isparavanja koja iznosi  $\lambda=2.45 MJ/kg$ , što odgovara temperaturi vazduha od oko 20°C, uz obrazloženje da promjena ( $\lambda$ ) sa temperaturom uobičajeno ima zanemarljiv uticaj.

U ovom istraživanju, radi povećanja tačnosti modela, usvojen je temperaturno zavisani izraz za latentnu toplotu isparavanja naveden pod brojem (7)[11]:

$$\lambda(T) = 2.501 - 0.002361 \cdot T \quad (7)$$

gdje je:

- $T$  – srednja dnevna temperatura vazduha (°C),
- $\lambda$  – latentna toplota isparavanja (MJ/kg)

Ova linearna aproksimacija je često korišćena u literaturi za agrometeorološke i klimatološke primjene, jer omogućava nešto precizniju procjenu ukupne količine energije potrebne za isparavanje u zavisnosti od dnevnih temperaturnih uslova.

S obzirom na jednostavnost i praktičnu primjenjivost, Jensen-Haise metoda se i danas koristi kao prihvatljiva aproksimacija referentne evapotranspiracije, posebno u uslovima ograničenih podataka, gdje predstavlja efikasnu zamjenu za kompleksnije metode kao što je FAO Penman-Monteith [7]

#### 2.1.4 Linacre metoda

Linacre metoda predstavlja jednu od empirijskih metoda za procjenu evapotranspiracije, razvijenu od strane australijskog klimatologa Edwarda Linacrea tokom 1970-ih godina [12]. Ova metoda koristi relativno jednostavne ulazne podatke: temperaturu vazduha, nadmorsku visinu, geografsku širinu i temperaturu tačke rosišta, što je čini pogodnom za primjenu u uslovima sa ograničenim skupom ulaznih meteoroloških parametara i pristupačnom u širokom spektru geografskih uslova.

Osnovna pretpostavka Linacre modela jeste da je temperatura vazduha dobar indirektni pokazatelj energetske uslova potrebnih za isparavanje, dok se nadmorska visina koristi za korekciju podataka pritiska i temperature, koji variraju sa visinom u atmosferi [13].

Jedna od najčešće korištenih verzija Linacre jednačine za proračun potencijalne evapotranspiracije ( $ET_p$ ) izražena je na sljedeći način [4]:

$$ET_p = \frac{\left\{ \frac{[500 \times (T_{mean} + 0.006 \times h)]}{100 - Lat} + 15 \times (T_{mean} - T_{dew}) \right\}}{80 - T_{mean}} \quad (8)$$

gdje je:

- $ET_p$  – potencijalna evapotranspiracija (mm/dan),
- $T_{mean}$  – srednja dnevna temperatura (°C),
- $h$  – nadmorska visina mjerne stanice (m),
- $Lat$  – geografska širina lokacije (°),
- $T_{dew}$  – temperature tačke rosišta (°C).

Tačka rosišta je temperature na koju se vazduh hladi pri stalnom pritisku i određenom nivou vlage u njemu, sve dok ne dostigne stanje zasićenja (relativna vlažnost 100%), što dovodi

do kondenzacije vodene pare [14]. U proračunima evapotranspiracije, ta temperatura predstavlja indikator količine dostupne vlage u atmosferi i značajno utiče na izračunavanje potencijalnog isparavanja.

Ukoliko tačka rose, odnosno rosišta nije dostupna kao ulazni podatak, ona se može aproksimirati na osnovu temperature i relativne vlažnosti vazduha prema izrazu (9)[2], što dodatno olakšava primjenu Linacre metode u situacijama ograničenih meteoroloških mjerenja.

$$T_{dew} = T - \left( \frac{100 - RH}{5} \right) \quad (9)$$

gdje je:

- $T_{dew}$  – temperature tačke rosišta (°C),
- $T$  – trenutna temperatura (°C),
- $RH$  – relativna vlažnost (%).

Evapotranspiracija koja se dobija primjenom Linacre modela predstavlja potencijalnu evapotranspiraciju ( $ET_p$ ), tj. maksimalnu količinu vode koja može ispariti i biti transpirisana u uslovima kada je tlo idealno vlažno i biljke se nalaze u optimalnom razvoju. Ova vrijednost se odnosi na opštu vegetaciju, ali ne podrazumijeva standardizovanu referentnu površinu kao što je to slučaj kod FAO definicije referentne evapotranspiracije ( $ET_0$ )[2], koja se odnosi na travnatu površinu visine 12 cm, bez ograničenja u vodosnabdijevanju i sa definisanim aerodinamičkim otporima.

Kao što je navedeno u dijelu 2.1.1 *Thorntwaite metoda*, vrijednosti  $ET_p$  dobijene primjenom empirijske Linacre metode moraju se korigovati korekcionim faktorom  $k$ , koji zavisi od lokalnih klimatskih uslova i karakteristika konkretne metode, prema izrazu  $ET_0 = k \cdot ET_p$ .

S obzirom na to da je Linacre metoda razvijena empirijski na širokom spektru klimatskih lokacija širom svijeta, uključujući područja sa različitim nadmorskim visinama, temperaturnim uslovima i stepenima vlažnosti vazduha, metoda se pokazala kao pouzdano rješenje u uslovima ograničenih podataka [12]. Zahvaljujući toj univerzalnosti, metoda je i danas prisutna u savremenoj literaturi, naročito u kontekstu analiza sa ograničenim skupom ulaznih podataka. U takvim situacijama Linacre metoda pruža osnovnu ali pouzdanu procjenu evapotranspiracije, bez potrebe za primjenom složenijih fizičkih modela, kao što je FAO Penman-Monteith [7].

Evaluacija metode, kao i njena primjenljivost na konkretni projekat i istraživačko područje, biće detaljno analizirane u narednim poglavljima. Analiza će biti potkrijepljena grafičkim i numeričkim rezultatima valorizacije metode u kontekstu specifičnog područja istraživanja.

### 2.1.5 McGuinness metoda

McGuinness model za procjenu potencijalne evapotranspiracije ( $ETp$ ) predstavlja pojednostavljenu varijaciju Jensen–Haise metode, razvijenu s ciljem omogućavanja brze i praktične procjene evapotranspiracije u uslovima ograničenih meteoroloških podataka. Model su predložili McGuinness i Bordne (1972), a temelji se na korištenju dvije osnovne varijable: srednje dnevne temperature zraka i sunčevog zračenje iznad Zemljine površine [15].

Matematička formulacija metode data je sljedećom jednačinom [4]:

$$ETp = \frac{Ra}{\lambda} * \frac{T_{mean}+5}{68} \quad (10)$$

gdje je:

- $ETp$  – potencijalna evapotranspiracija (mm/dan),
- $Ra$  – sunčevo zračenje iznad Zemljine površine (MJ/m<sup>2</sup>/dan),
- $T_{mean}$  – srednja dnevna temperatura (°C),
- $\lambda$  – latentna toplota isparavanja (MJ/kg).

Vrijednosti latentne toplote isparavanja  $\lambda$ , kao i sunčevog zračenja iznad Zemljine površine  $Ra$ , korištene su i obrađene u skladu sa pristupom opisanom u poglavlju 2.1.3. *Jensen-Haise metoda*. U navedenom dijelu detaljno je objašnjen način preuzimanja i korištenja meteoroloških podataka sa Climate Engine platforme, uključujući i objašnjenje vrste radijacije koja se koristi. Takođe, data je formulacija za proračun latentne toplote isparavanja  $\lambda$  kao funkcije temperature, čime je omogućeno njeno dinamičko prilagođavanje temperaturnim promjenama u analiziranom vremenskom periodu [11].

Kao što je slučaj i sa ostalim empirijskim metodama, McGuinness model pogodan je za primjenu u regijama sa ograničenim pristupom meteorološkim podacima, a upravo u jednostavnosti proračuna leži i prednost ove metode [15].

Međutim, budući da izlazna vrijednost McGuinness-Bordne formule, predstavlja potencijalnu evapotranspiraciju ( $ETp$ ), za dalju upotrebu neophodno je izvršiti korekciju pomoću faktora  $k$ , prilagođenog lokalnim klimatskim uslovima, karakteristikama tla, kao i metodološkim specifičnostima. Time se dobija vrijednost referentne evapotranspiracije ( $ETo$ ), pouzdanije osnove za dalji proračun potreba za vodom, odnosno dimenzionisanja sistema navodnjavanja. Princip korekcije  $ETp$  u  $ETo$  već je prethodno objašnjen u okviru ostalih empirijskih metoda, koje kao krajnji rezultat daju  $ETp$ .

## 2.2 Fizički bazirane metode

Za razliku od empirijskih metoda koje se koriste statistički izvedenim formulama [7], fizički bazirane metode za proračun evapotranspiracije oslanjaju se na fizičke zakone razmjene mase i energije između biljke, tla i atmosfere. Kod fizičkih modela, kako bi izvršili proračun evapotranspiracije, neophodni su ulazni podaci koji se odnose na složenije meteorološke podatke, kao što je slučaj sa metodom FAO Penman-Monteith, koja predstavlja standard za proračun referentne evapotranspiracije ( $ET_0$ ), preporučena od strane FAO-*Food and Agriculture Organization of the United Nations* (Organizacija Ujedinjenih nacija za hranu i poljoprivredu) [2]. Navedena metoda u ovom istraživanju služi upravo kao referentna, za kalibraciju i validaciju rezultata dobijenih primjenom empirijskih metoda, kao i metoda daljinskog istraživanja.

Najveći izazov u primjeni fizički baziranih proračunskih metoda predstavlja prikupljanje neophodnih podataka, jer je čest slučaj u inženjerskoj praksi da na području izrade projekta navodnjavanja, ne postoji mjerno mjesto (hidrometeorološka/meteorološka stanica) na kojoj je moguće prikupiti sve potrebne parametre za proračun. Sa primjenom ovih metoda često se pribjegava i korištenju podataka sa najbližeg mjernog mjesta, koje se može smatrati referentnim i relevantnim za istražno područje, i to mjernog mjesta koje raspolaže sa dovoljno vremenski dugim nizom podataka.

Kao najpoznatija i najprihvaćenija metoda u kategoriji fizički baziranih metoda za proračun evapotranspiracije, FAO Penman–Monteith jednačina kao rezultat daje vrijednosti referentne evapotranspiracije  $ET_0$  [16]. Referentna evapotranspiracija ( $ET_0$ ) predstavlja evapotranspiraciju sa referentne površine, najčešće potpuno prekrivene ujednačenom travom visine 12cm, sa karakteristikama dobro navodnjavane površine bez ograničenja u rastu, koja se koristi kao osnova za proračun stvarne evapotranspiracije za različite kulture ( $ET_c$ ) u različitim klimatskim uslovima [2].

U nastavku rada data je matematička formulacija predmetne metode, sa tačnim opisom i objašnjenjem neophodnih ulaznih podataka.

### 2.2.1 FAO Penman-Monteith metoda

Kroz pregled relevantne literature i različitih vremenskih perioda, može se uočiti više varijacija izražavanja formule za izračunavanje referentne evapotranspiracije ( $ET_0$ ) prema FAO Penman–Monteith metodi.

Jedna od pojednostavljenih verzija, koja se često koristi u praktične svrhe i koja je zvanično predstavljena u FAO dokumentima [2], data je izrazom (11), i upravo je ta formulacija primijenjena u ovom radu:

$$ET_o = \frac{0.408 \cdot \Delta \cdot (Rn - G) + \gamma \cdot \frac{900}{T + 273} \cdot u_2 \cdot (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 \cdot u_2)} \quad (11)$$

gdje je:

- $ET_o$  – referentna evapotranspiracija (mm/dan),
- $\Delta$  – nagib krive zasićenja vodene pare u odnosu na temperaturu (kPa/°C),
- $G$  – tok toplote u tlu (MJ/m<sup>2</sup>/dan),
- $Rn$  – neto radijacija na površini (MJ/m<sup>2</sup>/dan),
- $\gamma$  – psihrometrijska konstanta (kPa/°C),
- $T$  – srednja dnevna temperatura vazduha (°C),
- $u_2$  – brzina vjetra na visini od 2 m (m/s)
- $e_s$  – zasićeni pritisak vodene pare (kPa),
- $e_a$  – stvarni pritisak vodene pare (kPa),
- $(e_s - e_a)$  – deficit zasićenja (kPa).

Za potrebe proračuna referentne evapotranspiracije, primjenom FAO Penman-Monteith metode, korišteni su zvanični meteorološki podaci sa hidrometeorološke stanice Slavonski Brod, što ovu metodu čini i referentnom osnovom u odnosu na koju će se vršiti validacija rezultata drugih primijenjenih metoda. Kao što je navedeno u dijelu 2.2 *Fizički bazirane metode*, zbog svoje naučne utemeljenosti, pouzdanosti i globalne prihvaćenosti, ova metoda zauzima centralno mjesto u daljoj analizi, kako bi se omogućilo tehnički utemeljeno upoređivanje efikasnosti različitih pristupa u procjeni potreba za navodnjavanjem [16].

Rezultati proračuna, kao i poređenje sa ostalim metodama, biće prikazani u nastavku rada. Ovaj dio ujedno predstavlja uvod u pregled neophodnih podataka za proračun referentne evapotranspiracije primjenom navedene metode.

## 2.3 Metode daljinskog istraživanja

Metode daljinskog istraživanja zasnivaju se na analizi satelitskih podataka i meteoroloških informacija radi prostorne i vremenske procjene evapotranspiracije. Ove metode omogućavaju kontinuirano praćenje hidrometeoroloških parametara na velikim teritorijama što je neophodno u područjima s ograničenim mrežama meteoroloških mjerenja [17].

U ovom radu, podaci o referentnoj ( $ET_0$ ) i stvarnoj evapotranspiraciji ( $ET_a/ET_c$ ) za područje Slavenskog Broda preuzeti su sa platforme Climate Engine, koja integrira satelitske podatke sa meteorološkim modelima (uključujući FAO Penman-Monteith model) kako bi se postigla precizna procjena  $ET_0$  i  $ET_c$ . Prednosti korišćenja metoda daljinskog istraživanja, kao što je Climate Engine [5], [17], uključuju mogućnost pokrivanja velikih površina, pristup ažurnim podacima i smanjenje potrebe za skupim i složenim terenskim mjerenjima.

Međutim, važno je imati na umu da preciznost ovih podataka može zavistiti od kvaliteta ulaznih satelitskih i meteoroloških informacija, kao i od specifičnosti primijenjenih modela [18]. Iz tog razloga u slučaju korišćenja ovih metoda, neophodno je izvršiti poređenje odnosno kalibraciju, sa rezultatima za predmetno područje, dobijenim na osnovu mjerenih fizičkih podataka, kao što je odrađeno sa referentnom metodom FAO Penman-Monteith, koja čini osnovu za poređenje rezultata u sklopu ovog istraživanja.

## 2.4 Međusobna usporedba metoda

Radi procjene tačnosti, pouzdanosti i primjenjivosti različitih metoda za proračun evapotranspiracije na području istraživanja, provedena je međusobna usporedba rezultata dobijenih pomoću odabranih empirijskih [4], fizički zasnovanih [2] i metoda daljinskog istraživanja [5], [17]. Ovakva usporedba omogućava identifikaciju odstupanja među metodama, uvid u osjetljivost rezultata na ulazne podatke, te evaluaciju njihove prikladnosti za konkretne agroklimatske uslove.

Kao referentna metoda koristi se FAO Penman–Monteith model, koji je široko prihvaćen kao standard za procjenu referentne evapotranspiracije ( $ET_0$ ) u naučnim i inženjerskim primjenama [2]. U odnosu na ovu referentnu metodu, analizirane su i druge metode kroz numeričku i grafičku usporedbu rezultata.

U okviru analize dodatno su razmatrani aspekti kao što su: jednostavnost primjene pojedinih metoda, potreban broj i vrsta ulaznih podataka (npr. prema *Prilogu 1*), kao i njihova geografska i klimatska prilagodljivost [3]. Empirijske metode poput Hargreaves-Samani,

Jensen-Haise ili Thornthwaite pokazale su se korisnima u uslovima ograničenih podataka, ali sa uočenim varijacijama u tačnosti u zavisnosti od sezonskih i lokalnih klimatskih specifičnosti.

Pored pomenutih metoda, u analizi su uključene i Linacre i McGuinness metode, koje predstavljaju interesantne empirijske pristupe s različitim teorijskim osnovama i zahtjevima u pogledu ulaznih podataka [4]. Iako se njihova preciznost u lokalnim uslovima još ne može ocijeniti bez numeričkih rezultata, njihova primjena u ovom istraživanju omogućava dodatni uvid u performanse manje zastupljenih, ali potencijalno korisnih i boljih metoda.

Takođe, osim empirijskih i fizički baziranih modela, u analizu je uključena i satelitski dobijena stvarna (actual) evapotranspiracija (*AET*) sa Climate Engine platforme [17]. Iako fizički ovaj podatak predstavlja ukupnu količinu vode koja je isparila sa konkretne površine, njegova primjenjivost za poređenje sa referentnom evapotranspiracijom (*ET<sub>o</sub>*) je ograničena. Naime, *AET* zavisi od specifičnih svojstava pokrova zemljišta i uzgajanih kultura, a u svojim procjenama ne uzima u obzir sezonske ili fenološke promjene specifične za pojedine biljke.

Zbog toga se *AET* sa Climate Engine platforme ne može direktno upoređivati sa *ET<sub>o</sub>*, jer se *ET<sub>o</sub>* koristi kao osnova za proračun stvarne evapotranspiracije za specifičnu kulturu (*ET<sub>c</sub>*) primjenom koeficijenta kulture (*k<sub>c</sub>*) [1]. Izraz za proračun *ET<sub>c</sub>* dat je jednačinom broj (12).

$$ET_c = ET_o * k_c \quad (12)$$

gdje je:

- *ET<sub>c</sub>* – stvarna (kulturno-specifična) evapotranspiracija (mm/dan),
- *ET<sub>o</sub>* – referentna evapotranspiracija (mm/dan),
- *k<sub>c</sub>* – koeficijent kulture koji zavisi od fenološke faze i vrste biljke (-).

Vrijednosti *k<sub>c</sub>* se značajno razlikuju u toku godine i za različite kulture, pa u pojedinim fazama rasta mogu biti blizu nula, dok *AET* kao generalizovani satelitski podatak nikada ne dostiže nulu, jer predstavlja integrisani efekat svih aktivnih površina unutar piksela [17]. Iz tog razloga, *AET* sa satelitskih izvora može dati uvid u opšti vodni bilans na većem prostoru, ali se ne preporučuje za detaljnu evaluaciju tačnosti metoda koje procjenjuju *ET<sub>o</sub>*.

Kako je u okviru ovog istraživanja, uvidom u postojeće projekte navodnjavanja na posmatranom području, kao i na osnovu podataka dobijenih od strane poljoprivrednih proizvođača (potencijalnih korisnika sistema navodnjavanja), ustanovljeno da će dominantne ratarske kulture biti soja, uljana repica, pšenica i kukuruz [6], u ovom radu će biti izvršen proračun stvarne evapotranspiracije (*ET<sub>c</sub>*) za sve četiri navedene kulture.

Proračun će se vršiti primjenom referentne evapotranspiracije ( $ET_0$ ) dobijene putem pet analiziranih empirijskih metoda, kao i pomoću referentne FAO Penman–Monteith metode [4].

Vrijednosti koeficijenta kulture ( $k_c$ ) za svaku pojedinačnu ratarsku kulturu, preuzete su iz agronomске osnove izrađene u okviru glavnog projekta [6], koji je specifično rađen za predmetnu lokaciju obuhvaćenu ovim istraživanjem.

Tabela 1 Koeficijenti kulture  $k_c$  za vegetativne mjesece [6]

Koeficijenti kulture (-)						
Kultura (k)	April (4)	Maj (5)	Jun (6)	Jul (7)	Avgust (8)	Septembar (9)
kukuruz	0,22	0,56	1,03	1,20	1,10	0,35
pšenica	1,05	1,05	0,25	0	0	0
soja	0,35	0,75	0,75	1,1	1,1	0,75
uljana repica	1,05	1,05	0,4	0	0	0,35

U analizu su uključene isključivo kulture koje su anketirani poljoprivredni proizvođači naveli kao planirane za uzgoj (soja, uljana repica, pšenica i kukuruz). Iako je na posmatranom području moguće praktikovati različite plodorede i kombinacije kultura, kao i koristiti više sistema navodnjavanja, u ovom radu razmatra se samo metoda kišenja, čiji će proračunski koraci u nastavku biti priloženi. Detaljnija evaluacija različitih sistema navodnjavanja (npr. kap po kap ili tifoni [19]) i razmatranje šireg spektra kultura preporučuje se kao potencijalni pravac za buduća istraživanja.

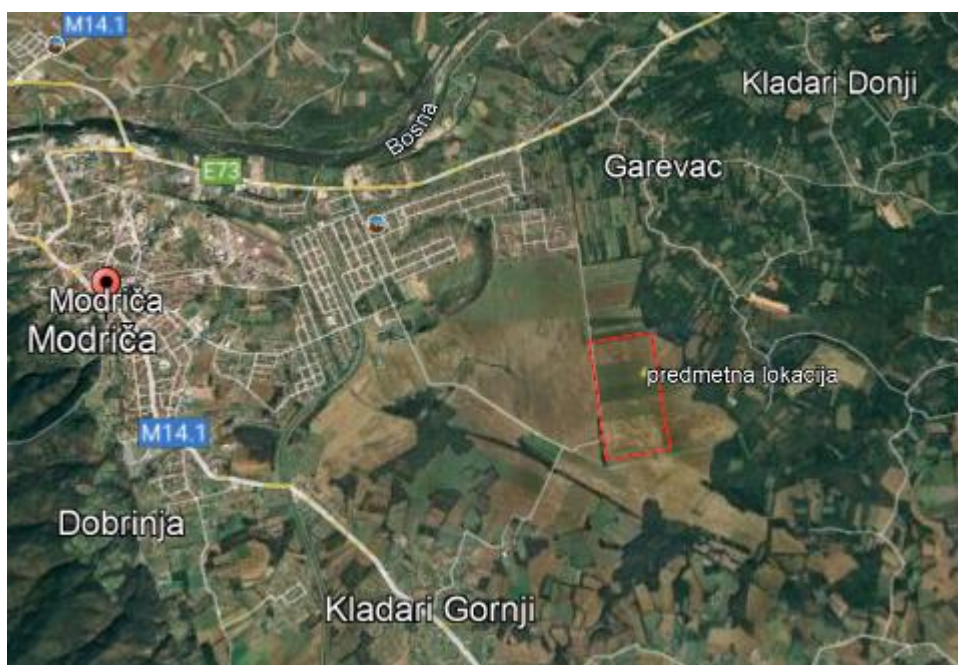
Dodatno, u okviru međusobnog poređenja metoda, u analizu će biti uključeni i podaci o referentnoj evapotranspiraciji za travnatu površinu (*Grass Reference Evapotranspiration* –  $ET_0$ ), preuzeti sa Climate Engine platforme za analizirano područje [17]. Ovi satelitski generisani podaci poslužiće za upoređivanje sa rezultatima dobijenim primjenom fizički baziranih i empirijskih metoda, kako bi se procijenile razlike u ponašanju i pouzdanost gotovih (modelskih) rješenja u odnosu na izračunate vrijednosti.

Detaljni grafički i numerički prikazi rezultata poređenja, zajedno sa interpretacijom, predstavljeni su u nastavku rada.

### 3. TEHNIČKA OSNOVA I METODOLOŠKI PRISTUP PROJEKTOVANJU SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE

#### 3.1 Opis područja za navodnjavanje

Istraživanjem je obuhvaćena lokacija smještena u opštini Modriča, tačnije u katastarskoj opštini Garevac, kao što je prikazano na slici broj 1. Radi se o poljoprivrednom zemljištu ukupne površine od oko 50 ha, na kojem je planirano projektovanje sistema za navodnjavanje, prilagođenog zahtjevima ratarskih kultura koje prema informacijama prikupljenim od grupe zainteresovanih poljoprivrednih proizvođača sa tog područja, većinom planiraju uzgajati [6]. U pitanju su kukuruz, pšenica, soja i uljana repica. Kao što je prethodno navedeno, za sve pomenute kulture biće izvršen proračun stvarne evapotranspiracije ( $ET_c$ ).



Slika 1. Prikaz predmetne lokacije na Google Earth podlozi.

Unutar pomenute površine od 50 ha nalazi se postojeći bunar, koji predstavlja tačkasti izvor vode za vodosnabdijevanje. Iako trenutno nije u upotrebi, bunar je predviđen kao izvor za planirani sistem navodnjavanja [6]. Na osnovu uvida u postojeću projektnu dokumentaciju i rezultata istražnih radova koji su obuhvatili ispitivanje kapaciteta ovog izvora, poznato je da se u bunaru raspolaze sa 42 l/s vode [20]. Bunar ima prečnik  $\varnothing 500$  mm, ukupnu dubinu od 22 m, dok se vodostaj nalazi na dubini od 10,83 m. Ovi tehnički podaci u narednim fazama razrade projekta predstavljace jedan od ograničavajućih faktora za izvodljivost planiranog sistema navodnjavanja.

Područje opštine Modriča, zahvaljujući svojim klimatskim i orografskim karakteristikama, prirodno je pogodno za razvoj različitih vidova poljoprivredne proizvodnje. Klimatski uslovi omogućavaju dug vegetacioni period tokom godine, a zbog relativno blagih temperaturnih kolebanja u tom periodu, uz povoljne termičke i hidrološke uslove zemljišta te prisustvo povoljnih vazдушnih struja, stvaraju se uslovi za uspješan razvoj biljne proizvodnje sa izraženim biodiverzitetom [21].

Opština Modriča prostire se na površini od 36.300 ha, od čega poljoprivredno zemljište čini čak 61,79 %. Struktura te površine raspoređena je na oranice (72,50 %), voćnjake (10,25 %), livade (5,62 %) i pašnjake (11,63 %). Ovakav raspored, uz povoljne klimatske uslove i geografski položaj duž planiranih trasa saobraćajne infrastrukture višeg reda [22], čini ovo područje perspektivnim za razvoj sistema navodnjavanja i unapređenje poljoprivredne proizvodnje[21]

Takođe, ono što je potrebno naglasiti jeste podatak da poljoprivreda zauzima značajno mjesto u privrednoj strukturi opštine Modriča, što dodatno opravdava ulaganja u sisteme navodnjavanja. Voda kao ključni vegetacioni faktor ima presudnu ulogu u rastu biljaka i očuvanju njihove životne sredine. Projektovanje sistema za navodnjavanje zasniva se na racionalnoj i efikasnoj upotrebi dostupnih vodnih i zemljišnih resursa, uzimajući u obzir ekonomske interese, zaštitu prirode i optimalno korišćenje tehničkih kapaciteta[23].

Navodnjavanje poljoprivrednih površina ima niz prednosti: povećanje prinosa, stabilizaciju proizvodnje tokom sušnih perioda, orijentaciju ka tržišnoj ekonomiji i visokoprofitabilnim kulturama, prevazilaženje problema smanjene domaće ponude povrća, kao i odgovor na globalne klimatske promjene, nestašicu vode i negativan vodni bilans u vegetacionom periodu. Sve ove činjenice potvrđuju značaj i potrebu za razvojem projekata navodnjavanja na ovom području [24].

Imajući u vidu navedene karakteristike područja, jasno je da postoje značajni preduslovi za uspješnu implementaciju sistema za navodnjavanje, koji bi doprinio unapređenju poljoprivredne proizvodnje i povećanju prinosa na lokalnom nivou. Poseban značaj ovog istraživanja ogleda se u analizi stvarnih potreba za vodom u skladu sa klimatskim uslovima i odabranim kulturama, te u ocjeni izvodljivosti projekta sa aspekta raspoloživih vodnih resursa. Korištenjem dostupnih informacija i izvedenih analiza, cilj je definisati tehnički okvir sistema za navodnjavanje koji odgovara lokalnim uslovima.

## 3.2 Raspoloživi podaci

### 3.2.1 Meteorološki i klimatološki podaci

Za potrebe ovog istraživanja korišteni su dostupni meteorološki podaci s ciljem procjene evapotranspiracije i dimenzionisanja sistema za navodnjavanje na posmatranom području. Ulazni podaci prikupljeni su iz dvije glavne kategorije izvora: zvanične hidrometeorološke stanice i otvorenih digitalnih platformi.

Jedan od referentnih izvora korišten u ovom radu je meteorološka stanica Slavonski Brod, kao najbliža stanična tačka sa dugogodišnjim vremenskim nizom, čiji su podaci dostupni za period od 30 godina [6]. Ovi podaci korišteni su prvenstveno za proračun prema FAO Penman-Monteith metodi, koja zahtijeva veliki broj meteoroloških parametara. Zbog kompleksnosti i komercijalnog karaktera pristupa, pristup ovim podacima je ograničen i često skup, što otežava njihovu širu primjenu u lokalnim analizama.

Upravo zbog toga, osnovni cilj ovog istraživanja bio je identifikovati jednostavnije, alternativne metode za procjenu evapotranspiracije, koje koriste ograničen broj lako dostupnih podataka, a koje mogu pružiti dovoljno precizne rezultate za lokalnu primjenu. U tom kontekstu, izabrane su empirijske metode [4] kao što su: Thornthwaite, Hargreaves-Samani, McGuinness, Jensen-Haise i Linacre, jer zahtijevaju minimalan broj ulaznih parametara, dostupnih putem nacionalnih meteoroloških izvora ili besplatnih online servisa (npr. NASA POWER, Copernicus, NOAA, Climate Engine) [5], [17].

Climate Engine platforma omogućava preuzimanje i analizu sljedećih podataka: referentne ( $ET_0$ ) i stvarne evapotranspiracije ( $ET_a$ ), temperature zraka, solarnog zračenja, padavina, vlažnosti, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) i EVI (Enhanced Vegetation Index) indeksa vegetacije, brzine vjetra, i drugih klimatskih pokazatelja. Zahvaljujući ovoj platformi, omogućeno je izvođenje analize bez potrebe za lokalnim softverom ili velikim memorijskim kapacitetima. Ulazni podaci za empirijske metode proračuna evapotranspiracije preuzeti su sa Climate Engine platforme [5], kao i vrijednosti  $ET_0$  i  $ET_a$  dobijene metodama daljinskog istraživanja, kako bi vršili dodatnu validaciju i poređenje primijenjenih metoda.

Važno je napomenuti da zbog obima i broja ulaznih podataka, oni neće biti pojedinačno prikazani u radu, kako bi se izbjeglo opterećenje sadržaja. Umjesto toga, u tekstu su predstavljeni samo rezultati do kojih se došlo na osnovu tih podataka, dok je detaljan pregled ulaznih zahtjeva za svaku od metoda dat u Prilogu 1.

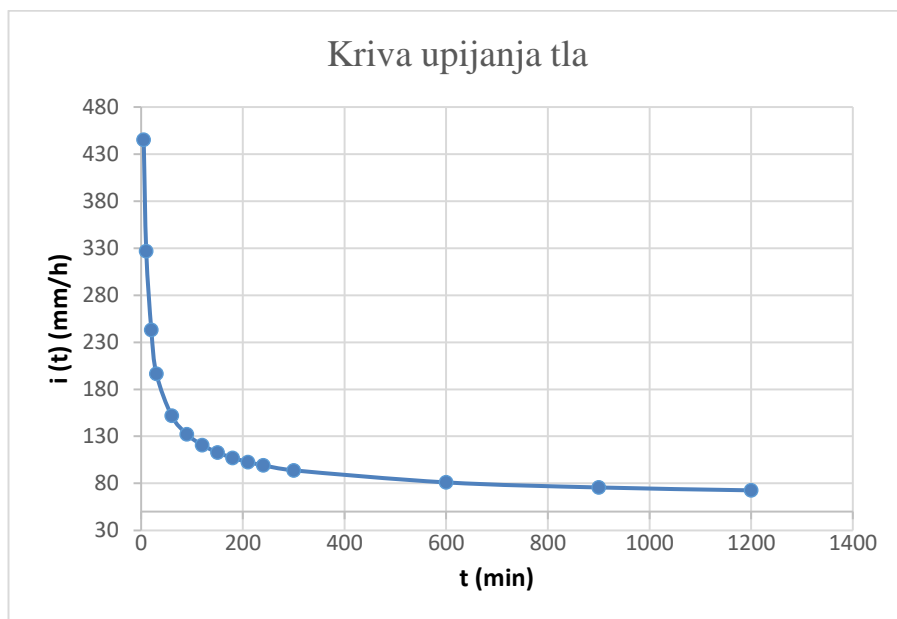
### 3.2.2 Infiltracione karakteristike tla

Osim klimatoloških i meteoroloških podataka, za potrebe proračuna režima navodnjavanja metodom kišenja, bilo je neophodno odrediti i parametre infiltracije tla, odnosno intenzitet upijanja zemljišta. Ovaj parametar je proračunat na osnovu dostupnih geoloških i hidrogeoloških istražnih radova za predmetnu lokaciju, koji sadrže pedološke karakteristike neophodne za analizu infiltracionog procesa [20].

Infiltracioni proces modeliran je pomoću Green-Ampt modela, koji omogućava određivanje intenziteta upijanja tla u funkciji vremena [25]. Parametri korišteni u proračunu su:

- Koeficijent filtracije tla  $K = 0,000017 \text{ m/s}$
- Maksimalna vlažnost tla  $\omega_{max} = 42 \%$
- Vlažnost zemljišnog kapaciteta  $\omega_p = 37 \%$
- Srednja vlažnost svenjavanja  $\omega_{sv} = 13,5 \%$
- Početna vlažnost zemljišta  $\omega_o = 25,25 \%$
- Kapilarni potencijal  $H_k = 42 \text{ cm}$

Na osnovu proračuna, izrađena je infiltraciona kriva tla, koja prikazuje promjenu intenziteta infiltracije kroz vrijeme, a prikazana je na slici broj 2.



Slika 2 Infiltraciona kriva tla određena Green-Ampt metodom.

Minimalna norma upijanja tla predstavlja najmanji intezitet infiltracije koji se može smatrati stabilnim tokom navodnjavanja. U ovom radu, ova vrijednost je preuzeta iz stabilnog dijela infiltracione krive dobijene Green-Ampt modelom [25], i korištena je za dimenzionisanje sistema kišenja.

### 3.2.3 Minimalna norma navodnjavanja

Minimalna norma navodnjavanja, poznata i kao obrok navodnjavanja, predstavlja količinu vode koja se dodaje zemljištu u jednom zalivanju, kako bi se tlo navlažilo od lentokapilarne vlažnosti ( $LKv$ ) do poljskog vodnog kapaciteta ( $PKv$ ), i to do određene dubine vlaženja ( $d$ ) [26]. Ovaj parametar je ključan za određivanje režima navodnjavanja i dimenzionisanja sistema.

Standardna formula za proračun minimalne norme navodnjavanja prikazana je izrazom (13)[26]

$$O = 10 * d * (PKv - LKv) \quad (13)$$

gdje je:

- $O$  – obrok navodnjavanja (mm),
- $d$  – dubina vlaženja tla (m),
- $PKv$  – poljski vodni kapacitet (% vol),
- $LKv$  – lentokapilarna vlažnost (% vol).

Na osnovu prethodno utvrđenih pedoloških karakteristika zemljišta (3.2.2. *Infiltracione karakteristike tla*), obrok navodnjavanja je izračunat za dubinu vlaženja od 30 cm, što je standardna vrijednost za faze intezivnog razvoja ratarskih i industrijskih kultura [26].

Za predmetnu lokaciju, na osnovu karakteristika tla [20] i proračuna prema izrazu (13), utvrđen je obrok navodnjavanja u iznosu  $O=38,7$  mm. Ova vrijednost predstavlja minimalnu količinu vode potrebnu za jedno zalivanje kako bi se zemljište navlažilo od lentokapilarne vlažnosti do poljskog vodnog kapaciteta, bez gubitaka usljed prekomjernog zalivanja, a obezbjeđujući optimalne uslove za rast biljaka [26].

### 3.3 Sistemi za navodnjavanje – vrste i proračun

Sistemi za navodnjavanje mogu se klasifikovati prema načinu primjene vode na osnovne tipove [19]:

- Površinsko navodnjavanje, gdje se voda raspoređuje gravitaciono (putem brazdi ili plavljenjem),
- Navodnjavanje kišenjem (aspersija), koje simulira prirodne padavine pomoću prskalice,
- Navodnjavanje kap po kap, koje podrazumijeva ciljano unošenje vode direktno u zonu korijena biljke,
- Podzemno navodnjavanje, koje koristi cjevovode ispod površine zemljišta.

U ovom radu odabrana je metoda navodnjavanja kišenjem, i to uz primjenu klasičnih prenosnih kišnih krila sa prskalicama. Ova tehnologija je prepoznata kao odgovarajuća za potrebe analiziranog područja, s obzirom na uslove terena, vrste kultura i dostupnu opremu.

Dimenzionisanje sistema obuhvata niz tehničkih koraka, uključujući [27]:

- Određivanje potrebne količine vode na osnovu izračunate evapotranspiracije (ET),
- proračun potrebnog protoka i radnog pritiska,
- izbor tipa i rasporeda prskalice,
- definisanje dužine i broja kišnih krila,
- procjenu efikasnosti sistema i ukupnih potreba za vodom.

Detaljni tehnički elementi dimenzionisanja, kao što su određivanja turnusa, rasporeda prskalice, dimenzija parcela, hidrauličkog proračuna glavne mreže, energetskih gubitaka i drugih projektnih parametara, obrađeni su u skladu sa smjernicama relevantne stručne literature [1], [16]. Osnovne matematičke formulacije koje predstavljaju proračunske korake za dimenzionisanje sistema navodnjavanja kišenjem prikazane su detaljno u *Prilogu 2.*, gdje je opisan cjelokupni proces dimenzionisanja. Isti konceptualni metod je primijenjen za svih šest varijanti projekta, kako bi se osigurala uporedivost rezultata.

Rezultati dobijeni primjenom ovih proračunskih koraka biće prikazani u poglavlju 4. *Rezultati i diskusija*, dok je tehnički opis planiranog sistema dat u nastavku rada.

Kao što je prethodno navedeno, za svaku od šest primijenjenih metoda proračuna evapotranspiracije određene su mjerodavne vrijednosti potreba za vodom, koje predstavljaju ključni ulazni podatak za dimenzionisanje sistema. S obzirom na to da osnovni cilj istraživanja nije tehničko projektovanje sistema, već analiza uticaja izbora metode za proračun evapotranspiracije na dimenzije i ukupne troškove sistema, navedeni tehnički parametri korišćeni su kao osnov za prikaz efekata promjena ET vrijednosti.

### 3.4 Tehnički opis rada planiranog sistema za navodnjavanje

U okviru izrade ovog rada izvršena je analiza rada sistema za navodnjavanje na posmatranoj lokaciji, pri čemu je kao metoda navodnjavanja odabrano klasično kišenje, realizovano pomoću prskača postavljenih na prenosnim kišnim krilima. Primijenjeno je šest različitih proračunskih metoda za procjenu evapotranspiracije, kao ključnog ulaznog podatka u procesu dimenzionisanja sistema. Kako bi se utvrdio stvarni uticaj evapotranspiracije na tehničku izvedbu sistema, sve analizirane varijante planiraju se da funkcionišu po identičnom principu rada.

Na osnovu analize postojećih projekata i planske dokumentacije [6], [21], [22], odabrana lokacija je prepoznata kao perspektivna za razvoj i proširenje sistema navodnjavanja. Kroz anketiranje zainteresovanih poljoprivrednih proizvođača ustanovljeno je da se na ovom području dominantno planira uzgoj kultura poput kukuruza, pšenice, soje i uljane repice. Predloženi sistem navodnjavanja prilagođen je potrebama ratarskih kultura, ali se može koristiti i za povrtarsku proizvodnju, naročito u slučaju fazičnih sadnji.

#### 3.4.1 Opis sistema i infrastrukturnih elemenata

Sistem za navodnjavanje oslanja se na postojeći bunar na parceli kao primarni izvor vode, čije su karakteristike date u dijelu 3.1 *Opis područja za navodnjavanje*. Iz bunara, voda se pomoću potopne pumpe dovodi u vodovodnu mrežu, čiji raspored i organizacija zavise od konkretne konfiguracije terena. Hidranti su raspoređeni na osnovu pozicija vodomjernih šahtova, pri čemu se njihov raspored mijenja u zavisnosti od projekta. Detaljan pregled elemenata vodovodne armature i fazoniranih komada prikazan je u grafičkim priložima tipskih šahtova (*grafički prilozi br. 13-32*).

Planirani sistem uključuje i izgradnju objekta pumpne stanice, koji će biti postavljen iznad bunara. Objekat je poluukopan, spratnosti Po+P, sa pravougaonom osnovom dimenzija  $400 \times 600$  cm, odnosno unutrašnjih dimenzija  $530 \times 330$  cm i spratne visine 465 cm (svijetla visina: 450 cm). Tehničke karakteristike objekta detaljno su prikazane u grafičkim priložima (*grafički prilozi broj 35-38.2*), gdje su prikazani vodovodna armatura i potrebni fazonski komadi, za spoj pumpe sa mrežom.



Slika 3 *Objekat pumpne stanice [6]*

Spoj između pumpne stanice i mreže šahtova ostvaren je putem glavnog cjevovoda, projektovanog do krajnje tačke mreže. Dužina cjevovoda varira u zavisnosti od varijante, dok je njegov prečnik definisan hidrauličkim proračunom. Kao materijal za glavni cjevovod odabrane su PEHD cijevi, koje su se pokazale kao idealno rješenje zbog svojih karakteristika: otpornost na habanje i koroziju, fleksibilnost na temperaturne razlike, niska težina i hemijska postojanost.



Slika 4 *Podzemni hidrant [6]*

U šahtovima su predviđeni vodomjeri novije generacije, impulsnog tipa, koji omogućavaju precizno praćenje potrošnje vode. U cilju racionalnog korištenja resursa, ugrađeni su i mehanički ventili koji omogućavaju periodično navodnjavanje. Planirani hidranti su podzemnog tipa, ugrađeni u vertikalnom položaju unutar šahtova, sa specijalnim kapama koje omogućavaju jednostavan pristup

### 3.4.2 Specifikacija pumpi

Sastavni dio sistema su i potopne pumpe, čiji izbor zavisi od proračuna evapotranspiracije. Naime, na osnovu šest različitih metoda proračuna evapotranspiracije, dobijene su različite vrijednosti potreba za vodom, što je rezultiralo izradom šest varijanti projekata navodnjavanja. Svaki od ovih projekata dimenzionisan je sa odgovarajućim maksimalnim protokom u mreži  $Q_{max}(l/s)$  i potrebnom visinom dizanja pumpe  $Hp$  (m). samim tim dimenzionisano je i odrađeno šest projekata navodnjavanja, koji su kao rezultat dali potreban protok u mreži i potrebnu visinu  $Hp$  pumpe. Detaljni hidraulički proračuni i rezultati biće prikazani u poglavlju 4. *Rezultati i diskusija*, dok Tabela 2. sadrži sažeti pregled potrebnih hidrauličkih karakteristika za izbor pumpe, u zavisnosti od metode proračuna i pripadajućeg projekta.

Tabela 2 *Pregled potrebnih hidrauličkih karakteristika po analiziranim projektima*

Projekat broj:	Metoda proračuna ETc	Hp (m)	Qmax (l/s)
1	FAO Penman-Monteith	55,00	40,44
2	Hargreaves -Samani model	57,51	74,67
3	Jensen-Haise model	52,51	52,89
4	Linacre model	53,95	34,22
5	Mc Guinness model	52,47	46,67
6	Thornthwaite model	53,61	37,33

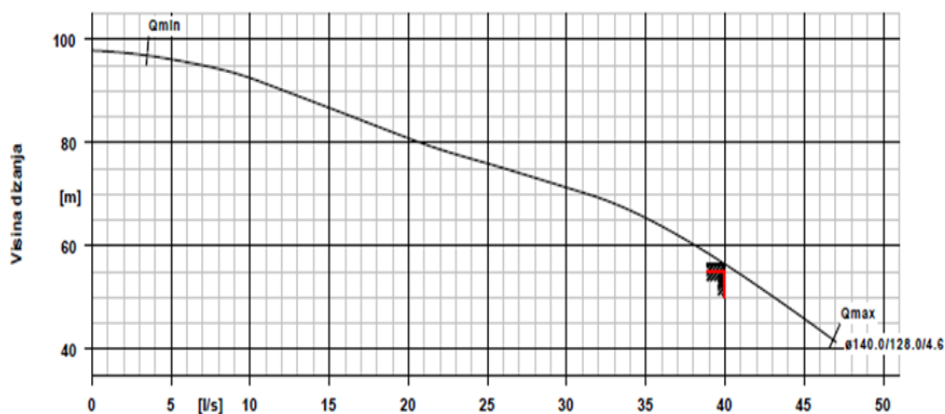
Na osnovu rezultata šest različitih metoda, odabrane su dvije varijante pumpi:

1. Za metode: *Thornthwaite*, *Linacre* i *FAO Penman-Monteith* usvaja se pumpa tipa **UPA 200-130/04GN + UMA 200-37/21G<sup>2</sup>**, višestepena bunarska potopna pumpa pogodna za vertikalnu i horizontalnu ugradnju.
  - a. Priključak: DN 125
  - b. Motor: podvodni, prednapunjeni
  - c. Maks. temperatura medija: 20 °C
  - d. Predviđena za transport čiste vode

Detaljne hidrauličke karakteristike pumpe prikazane su na slici 5.

---

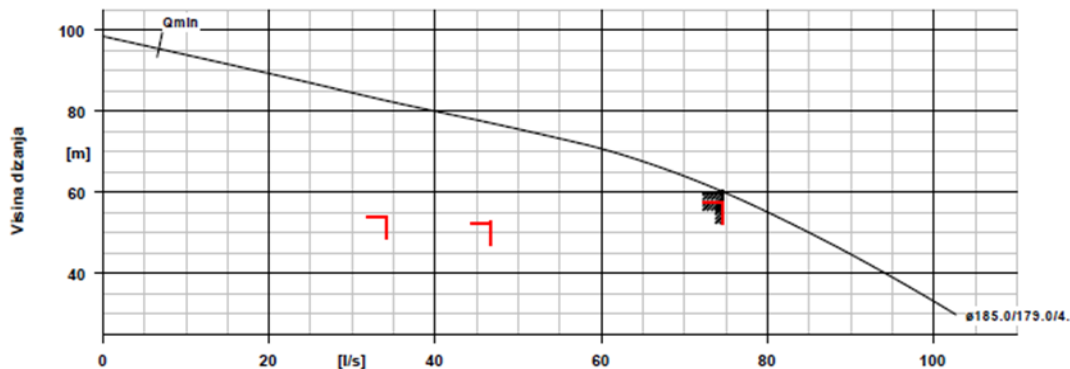
<sup>2</sup> Podaci preuzeti iz tehničke dokumentacije firme KSB Pumps and Valves Ltd., dostupno na: <https://www.ksb.com>.



Slika 5. Hidrauličke karakteristike pumpe tipa **UPA 200-130/04GN+UMA 200-37/21G**

2. Za metode: *Hargreaves–Samani*, *McGuinness* i *Jensen–Haise* usvaja se pumpa tipa **UPA 300-065/02GB + UMA 200-65/21G**<sup>3</sup>, sa istim mehaničkim karakteristikama kao prethodna, ali sa većim protokom i visinom dizanja.
  - a. Priključak: DN 150
  - b. Motor: podvodni, prednapunjeni. snaga 60,0 kW
  - c. Maks. Temperatura medija: 20 °C
  - d. Predviđena za transport čiste vode

Detaljne hidrauličke karakteristike pumpe prikazane su na slici 6.



Slika 6. Hidrauličke karakteristike pumpe tipa **UPA 300-065/02GB+UMA 200-65/21G**

Način spajanja pumpi sa glavnim cjevovodom, kao i svi potrebni fazonski elementi i vodovodna armatura, detaljno su prikazani na grafičkim priložima broj 35-38.2

<sup>3</sup> Podaci dostavljeni direktno od firme KSB Pumps and Valves Ltd., lična komunikacija, septembar 2025.

### 3.4.3 Prskači i način navodnjavanja

Sistem navodnjavanja dimenzionisan je u skladu sa metodologijom navedenom u relevantnoj literaturi [1], [19], a za sve varijante usvojena je metoda kišenja putem prenosnih kišnih krila sa odgovarajućim prskačima. Usvojeni tip prskača ima sljedeće karakteristike:



- potrošnja vode 600-800 l/ha
- prečnik zalivanja 24 m
- radni pritisak 2,5-4 bara
- optimalni raspored 12x12 m
- otporan na koroziju
- UV stabilan
- zahtijeva filtriranje vode

Slika 7. Rotirajući raspršivač 5022 [29]

Na ovaj način definisani su svi elementi planiranog sistema za navodnjavanje, koji je projektovan da funkcioniše na identičan način u okviru svih šest analiziranih proračuna. Ovakav pristup omogućava validnu i objektivnu komparaciju između različitih projekata, uz zadržavanje jedinstvenog tehničkog koncepta. Svi elementi sistema detaljno su prikazani u okviru predmjera i predračuna, uz napomenu da je u svim slučajevima usvojena metoda kišenja kao primarni način navodnjavanja.

## 4. REZULTATI I DISKUSIJA

U ovom poglavlju prikazani su rezultati analiza sprovedenih u okviru ovog istraživanja, sa fokusom na uticaj izbora metode za proračun evapotranspiracije na tehničke i ekonomske karakteristike sistema za navodnjavanje. Obuhvaćen je proračun referentne evapotranspiracije ( $ET_o$ ), stvarne evapotranspiracije kultura ( $ET_c$ ), kao i dimenzionisanje sistema navodnjavanja kišenjem za šest varijanti, pri čemu je za sve primijenjen isti konceptualni model sistema.

Analize su sprovedene za četiri ratarske kulture: kukuruz, pšenicu, soju i uljanu repicu, koje su identifikovane kao primarne za planiranu proizvodnju na analiziranom području. Izbor kultura izvršen je na osnovu analize dostupnih podataka, kao i informacija dobijenih od zainteresovanih poljoprivrednih proizvođača koji planiraju uvođenje sistema navodnjavanja [6].

U nastavku poglavlja prikazani su rezultati po tematskim cjelinama: evapotranspiracija, potrebe za vodom i hidromodul sistema, tehnički parametri sistema, tehno-ekonomska analiza, te multikriterijumska evaluacija svih projektnih varijanti.

### 4.1 Evapotranspiracija i potrebe za vodom

#### 4.1.1 Evapotranspiracija

U skladu sa samim naslovom teme, evapotranspiracija predstavlja ključni dio ovog istraživanja, jer direktno utiče na dimenzionisanje i optimizaciju sistema navodnjavanja. U prethodnim poglavljima data je opšta definicija evapotranspiracije, kao i njena podjela na potencijalnu ( $ET_p$ ), referentnu ( $ET_o$ ) i stvarnu evapotranspiraciju ( $ET_c$ ), uz objašnjenje značaja svake od njih u kontekstu poljoprivredne proizvodnje i planiranja navodnjavanja.

Kako bi se došlo do stvarne evapotranspiracije ( $ET_c$ ) za gajene kulture na analiziranom području, korišteni su koeficijenti kulture ( $K_c$ ) dati u poglavlju 2.4. Na osnovu tih vrijednosti izvršen je proračun stvarne evapotranspiracije ( $ET_c$ ), dok je referentna evapotranspiracija ( $ET_o$ ) izračunata korištenjem šest različitih metoda: FAO Penman-Monteith (kao referentna metoda), te pet empirijskih metoda: McGuinness, Thornthwaite, Linacre, Hargreaves-Samani i Jensen-Haise.

Svi ulazni podaci, kao i meteorološke osnove za proračun, detaljno su objašnjeni u prethodnim poglavljima. FAO metoda zasnovana je na zvaničnim meteorološkim podacima preuzetim sa Hidrometeorološke stanice Slavonski Brod (HMS Slavonski Brod), dok su za empirijske metode korišteni satelitski podaci dostupni putem platforme Climate Engine.

Dodatno, sa iste platforme preuzeti su i podaci o stvarnoj i referentnoj evapotranspiraciji za predmetno područje u periodu od 1989. do 2018. godine. Vremenski niz podataka, kao što je period od 30 godina omogućava uočavanje dugoročnih trendova i sezonskih varijacija evapotranspiracije, što je ključno za pouzdano planiranje i dimenzionisanje sistema navodnjavanja.

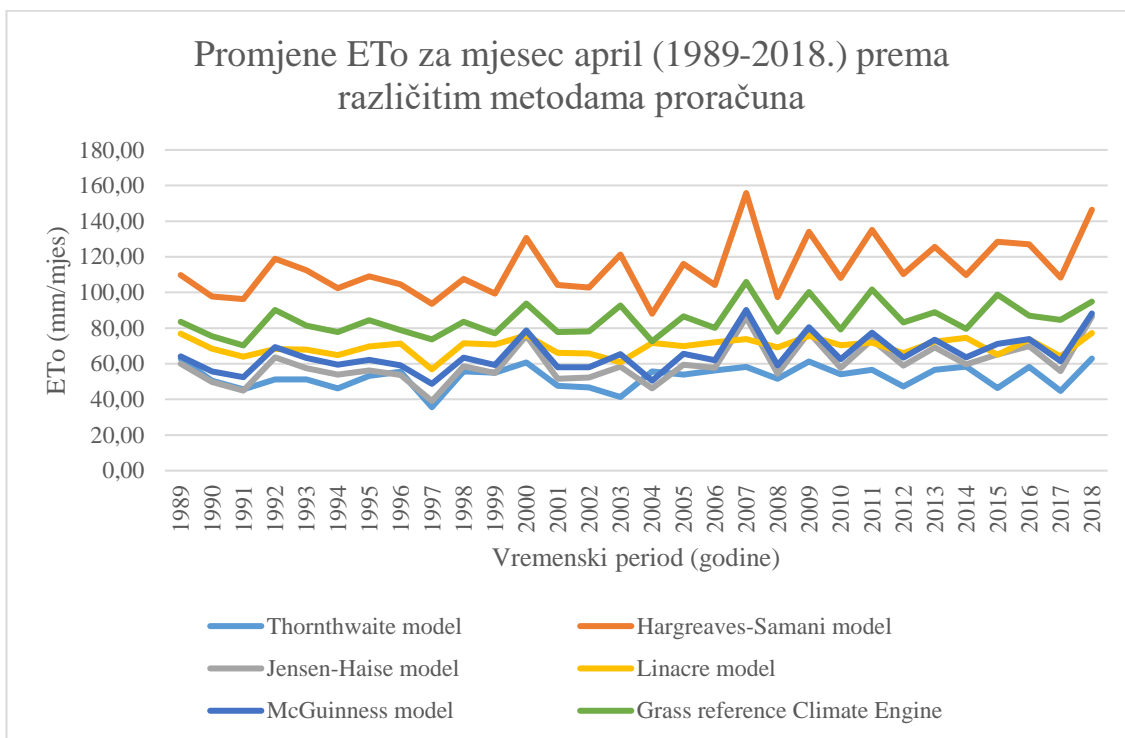
Analiza rezultata obuhvata sve metode pojedinačno, pri čemu su predstavljene vrijednosti *ET<sub>o</sub>* i *ET<sub>c</sub>* za četiri ratarske kulture: kukuruz, pšenicu, soju i uljanu repicu. Tabela prikazi mjesečnih vrijednosti evapotranspiracije tokom vegetacionog perioda, posmatrano u periodu od 30 godina (1989-2018.) dobijene empirijskim metodama, nalaze se u priložima od *Priloga 23.* do *Priloga 27.* Dodatno, *Prilog 28.* i *Prilog 29.* sadrže podatke o referentnoj *ET<sub>o</sub>* i stvarnoj evapotranspiraciji *ET<sub>a</sub>* preuzete sa platforme Climate Engine, zasnovane na satelitskom osmatranju za isto vremensko razdoblje. Za razliku od navedenih metoda, u *Prilogu 30.* prikazani su prosječni mjesečni rezultati evapotranspiracije dobijeni pomoću FAO Penman-Monteith metode, koristeći zvanične meteorološke podatke sa Hidrometeorološke stanice Slavonski Brod.

Kako bi se olakšalo sagledavanje tabelarnih rezultata prikazanih u priložima od *Priloga 3.* do *Priloga 29.*, izrađeni su grafički prikazi u vidu dijagrama prikazanih na slikama u nastavku teksta. Na njima se prati trend evapotranspiracije u periodu od 30 godina, za vegetativne mjesece, i to evapotranspiracije dobijene primjenom empirijskih metoda i metoda daljinske detekcije.

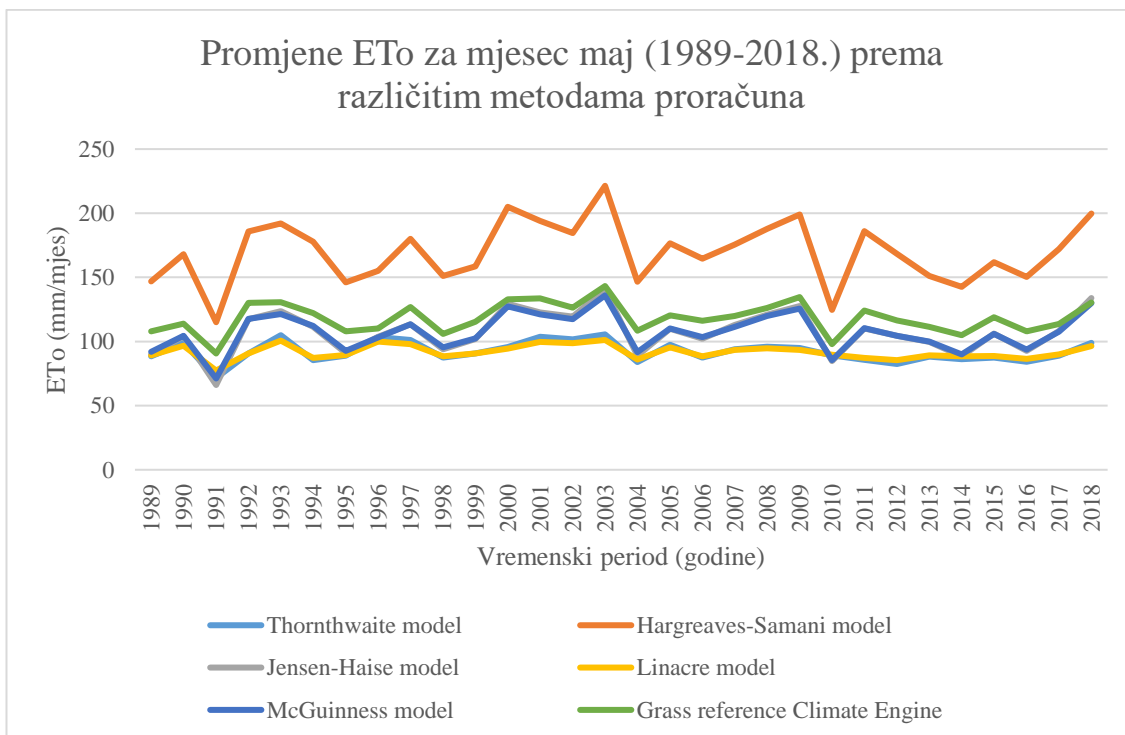
Na *Slikama 8.* do *13.* prikazano je poređenje referentne evapotranspiracije za navedeni vremenski niz. Iz ovih grafičkih prikaza jasno se uočava da Hargreaves-Samani metoda daje znatno odstupanje u rezultatima za sve mjesece (od aprila do septembra) u odnosu na ostale proračunske metode. Posmatrajući period od juna do septembra, uočava se dobro poklapanje između referentne evapotranspiracije preuzete sa Climate Engine platforme i rezultata dobijenih McGuinness metodom. Ostale metode nisu pokazale značajnija odstupanja.

Slična analiza mogla bi se primijeniti i na pojedinačne kulture, gdje bi se upoređivali rezultati stvarne evapotranspiracije za, na primjer, kukuruz, dobijeni empirijskim metodama, sa rezultatima stvarne evapotranspiracije preuzetim sa Climate Engine platforme. Međutim, budući da to nije primarni cilj ovog rada, kao i da bi se izbjeglo preopterećenje teksta velikim brojem dijagrama, ovaj dio analize je izostavljen. Posebno je važno napomenuti, u skladu sa navodima iz *poglavlja 2.4.*, da nije relevantno direktno porediti rezultate stvarne evapotranspiracije (*Actual Evapotranspiration, - ET<sub>a</sub>*) preuzete sa Climate Engine platforme sa

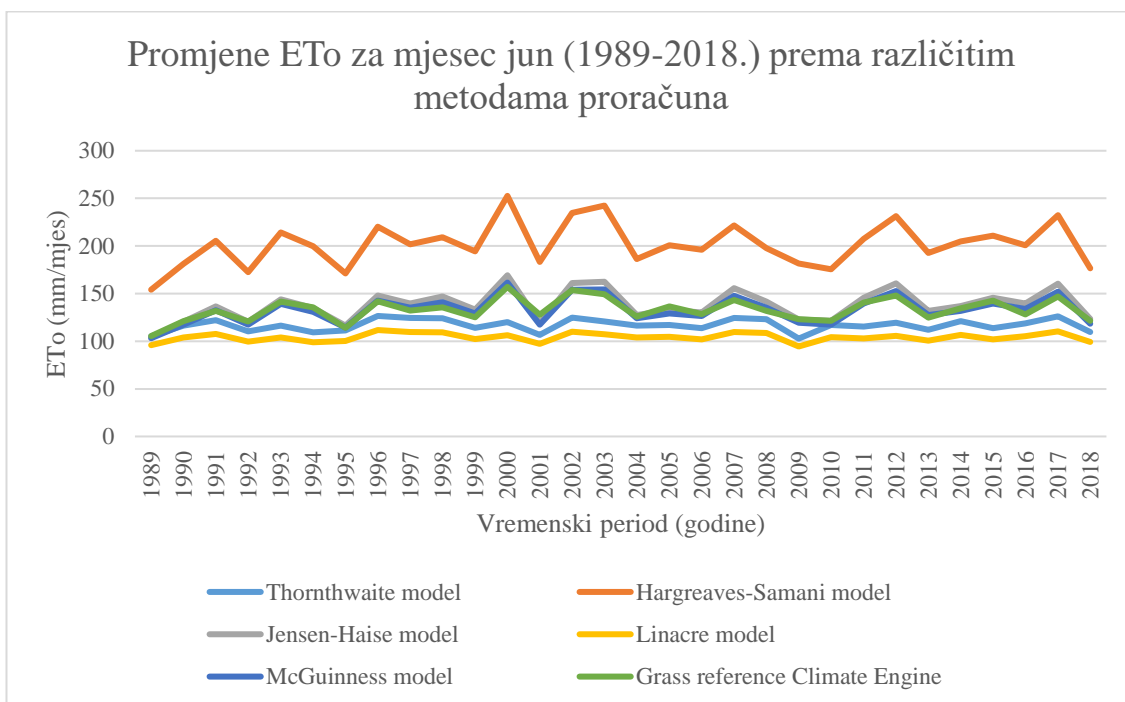
rezultatima ETc po pojedinačnim kulturama proračunatih na osnovu odgovarajućih koeficijenata prilagođenih kulturi.



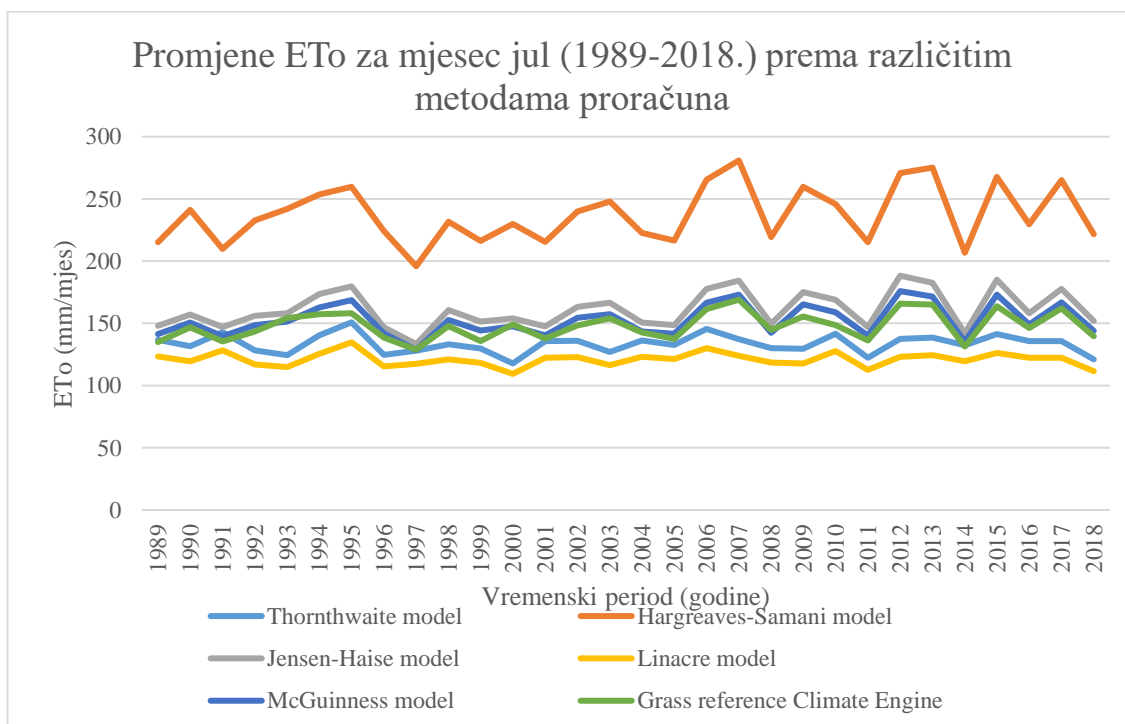
Slika 8 Promjene ETo za mjesec **april** (1989-2018.) prema različitim metodama proračuna



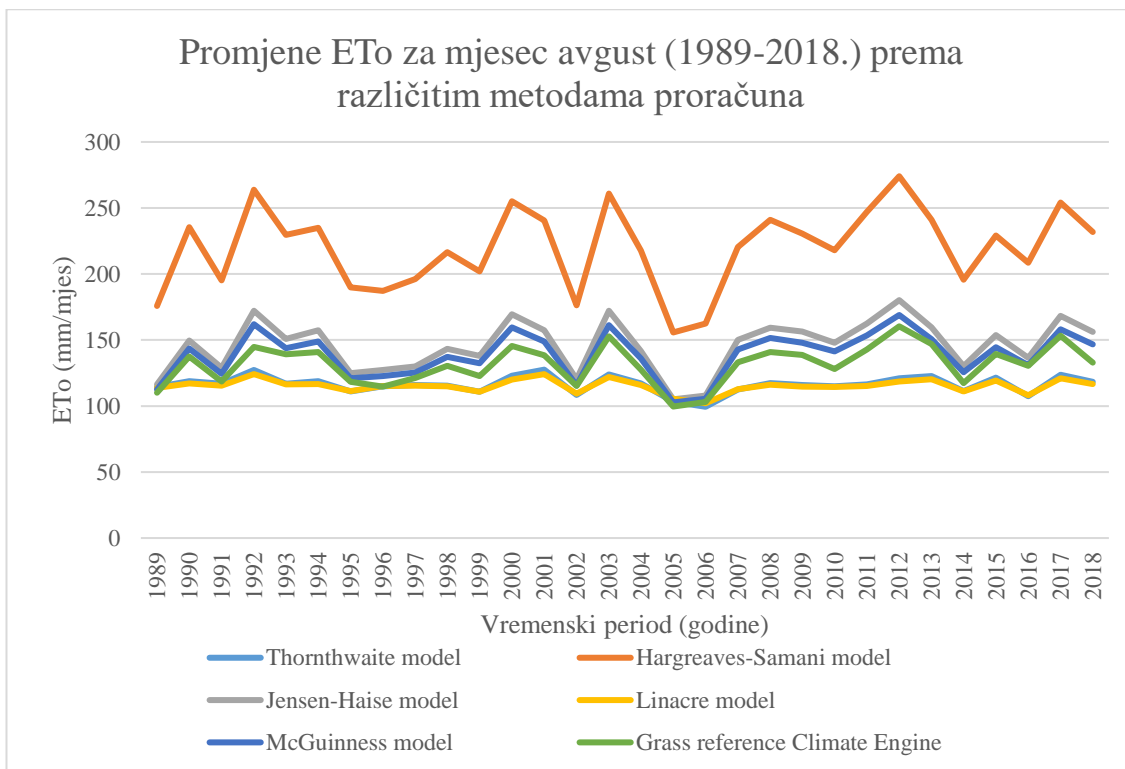
Slika 9 Promjene ETo za mjesec **maj** (1989-2018.) prema različitim metodama proračuna



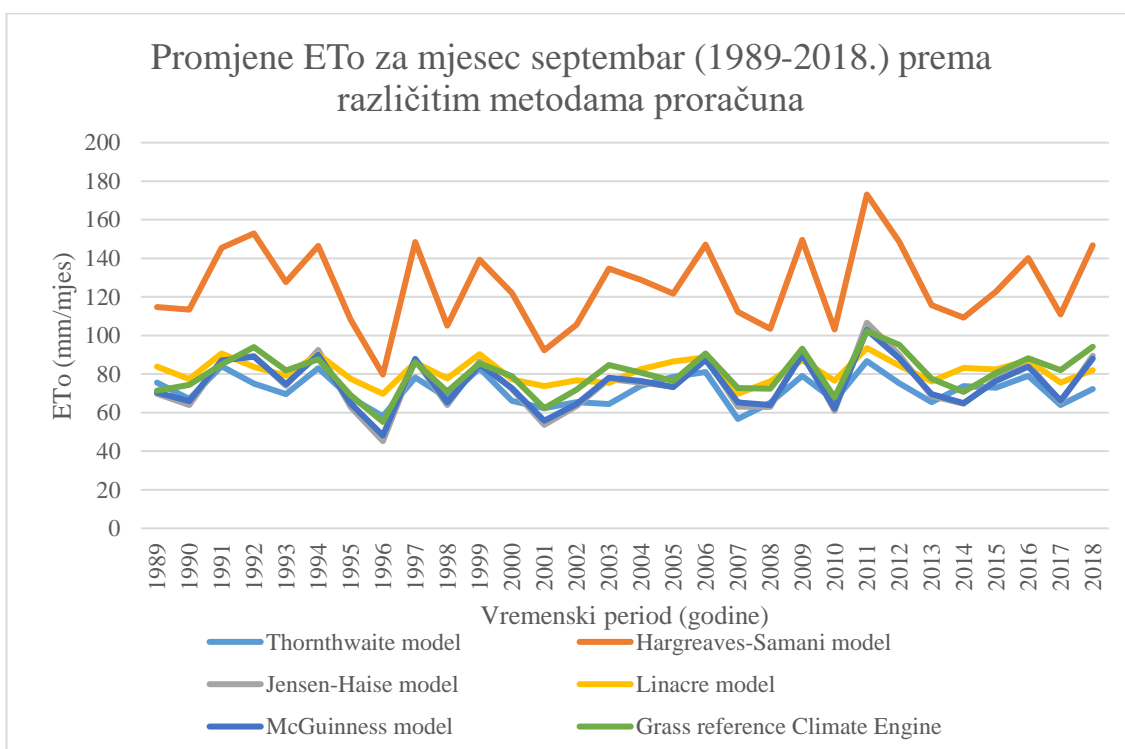
Slika 10 Promjene ETo za mjesec **jun** (1989-2018.) prema različitim metodama proračuna.



Slika 11 Promjene ETo za mjesec **jul** (1989-2018.) prema različitim metodama proračuna



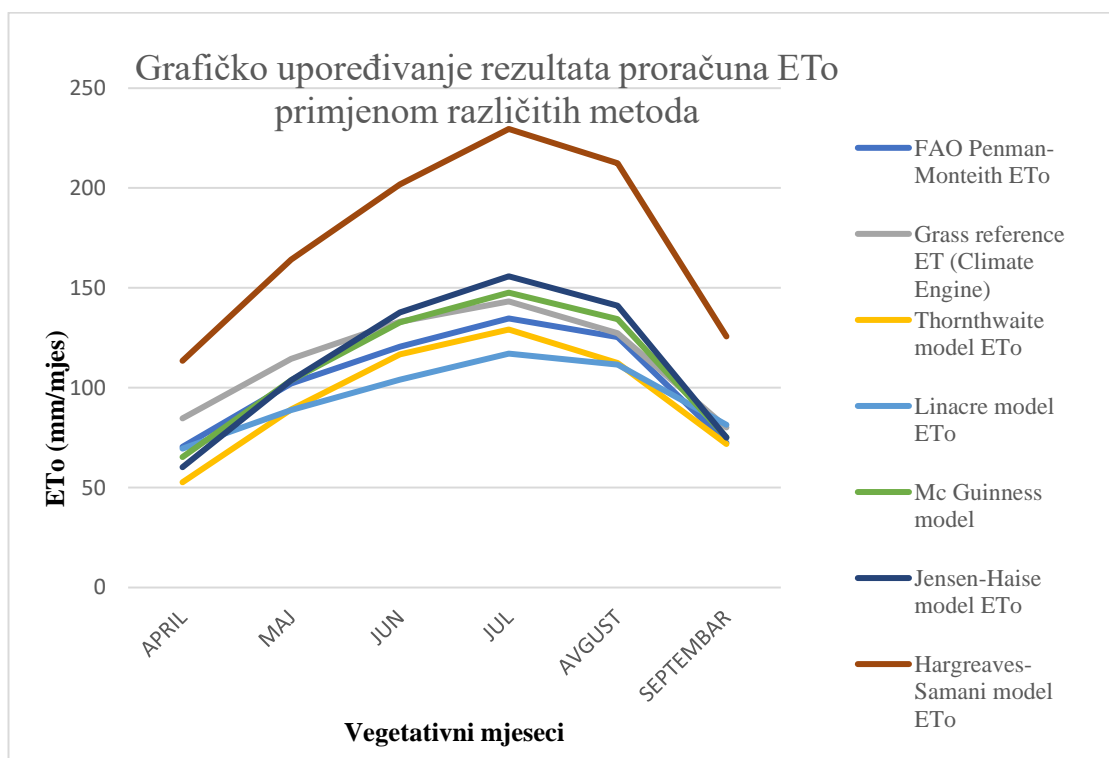
Slika 12 Promjene ETo za mjesec **avgust** (1989-2018.) prema različitim metodama proračuna



Slika 13 Promjene ETo za mjesec **septembar** (1989-2018.) prema različitim metodama proračuna

Glavni cilj ovog istraživanja jeste upoređivanje rezultata dobijenih primjenom empirijskih proračunskih metoda i metoda daljinske detekcije sa referentnom FAO Penman-Monteith metodom, u cilju ocjene pouzdanosti i validacije njihove primjene u projektovanju sistema navodnjavanja. U skladu s tim, u nastavku su prikazani grafički rezultati poređenja metoda, i to kako za referentnu evapotranspiraciju (ET<sub>o</sub>), tako i za stvarnu evapotranspiraciju (ET<sub>c</sub>).

S obzirom na to da su rezultati FAO metode izraženi kao prosječne mjesečne vrijednosti za cijeli tridesetogodišnji period (1989–2018), radi osiguranja dosljednog i relevantnog poređenja, izračunati su i prosjeci za svaku empirijsku metodu, kao i za podatke o evapotranspiraciji preuzete sa Climate Engine platforme, za isti vremenski period.



Slika 14 Grafičko upoređivanje rezultata proračuna ETo dobijenih primjenom različitih metoda

Na Slici 14. prikazano je grafičko poređenje prosječnih mjesečnih vrijednosti referentne evapotranspiracije (ET<sub>o</sub>) dobijenih primjenom različitih metoda, za vegetativni period od aprila do septembra, u analiziranom periodu od 1989. do 2018.godine. Vidljivo je da rezultati dobijeni Hargreaves-Samani metodom, značajno odstupaju od rezultata ostalih metoda. Za efikasno i objektivno poređenje proračunskih metoda evapotranspiracije, izračunate su relativne greške za sve metode u odnosu na referentnu FAO Penman-Monteith metodu. U analizi su korištene

apsolutne vrijednosti relativnih grešaka, kako bi se izbjeglo poništavanje odstupanja pozitivnih i negativnih grešaka, što omogućava preciznije kvantitativno poređenje i izbor najprikladnije metode.

Tabela 3 *Prosječne mjesečne vrijednosti ETo za vegetativne mjesece posmatrano u vremenskom periodu (1989-2018)*



proračunske metode 	FAO Penman-Monteith model	podaci sa Climate Engine platforme osrednjeni po mjesecima za period 1989-2018.	Thorntwaite model	Linacre model	Mc Guinness model	Jensen-Haise model	Hargreaves-Samani model
vegetativni mjeseci	Eto (mm/mjes)	GRASSR(ETo) (mm/mjes)	Eto (mm/mjes)	Eto (mm/mjes)	Eto (mm/mjes)	Eto (mm/mjes)	Eto (mm/mjes)
APRIL	70,44	84,67	52,69	69,54	65,33	60,24	113,51
MAJ	102,12	114,48	89,14	88,87	103,76	103,81	164,13
JUN	120,63	133,02	116,78	104,13	132,82	137,72	201,77
JUL	134,70	143,24	129,17	117,10	147,63	155,80	229,58
AVGUST	125,34	127,27	112,47	111,56	134,37	141,07	212,47
SEPTEMBAR	72,52	80,14	71,93	81,41	75,26	75,12	125,65

Tabela 4 *Rezultati apsolutne vrijednosti relativne greške (%) proračuna ETo primjenom empirijskih metoda u odnosu na FAO Penman-Monteith metodu*

proračunske metode 	FAO Penman-Monteith model	podaci sa Climate Engine platforme osrednjeni po mjesecima za period 1989-2018.	Thorntwaite model	Linacre model	Mc Guinness model	Jensen-Haise model	Hargreaves-Samani model
vegetativni mjeseci	referentna metoda	$\epsilon$ (%) relativna greška metode	$\epsilon$ (%) relativna greška metode	$\epsilon$ (%) relativna greška metode	$\epsilon$ (%) relativna greška metode	$\epsilon$ (%) relativna greška metode	$\epsilon$ (%) relativna greška metode
APRIL	-	20,21	25,20	1,27	7,25	14,48	61,16
MAJ	-	12,10	12,71	12,97	1,61	1,65	60,72
JUN	-	10,27	3,20	13,68	10,10	14,16	67,26
JUL	-	6,34	4,11	13,07	9,59	15,66	70,43
AVGUST	-	1,54	10,27	11,00	7,20	12,55	69,52
SEPTEMBAR	-	10,51	0,82	12,25	3,78	3,58	73,26

Rezultati apsolutne vrijednosti relativne greške (%) proračuna referentne evapotranspiracije (ETo), primjenom empirijskih metoda i metoda daljinske detekcije u poređenju sa referentnom FAO Penman–Monteith metodom, pokazali su sljedeće:

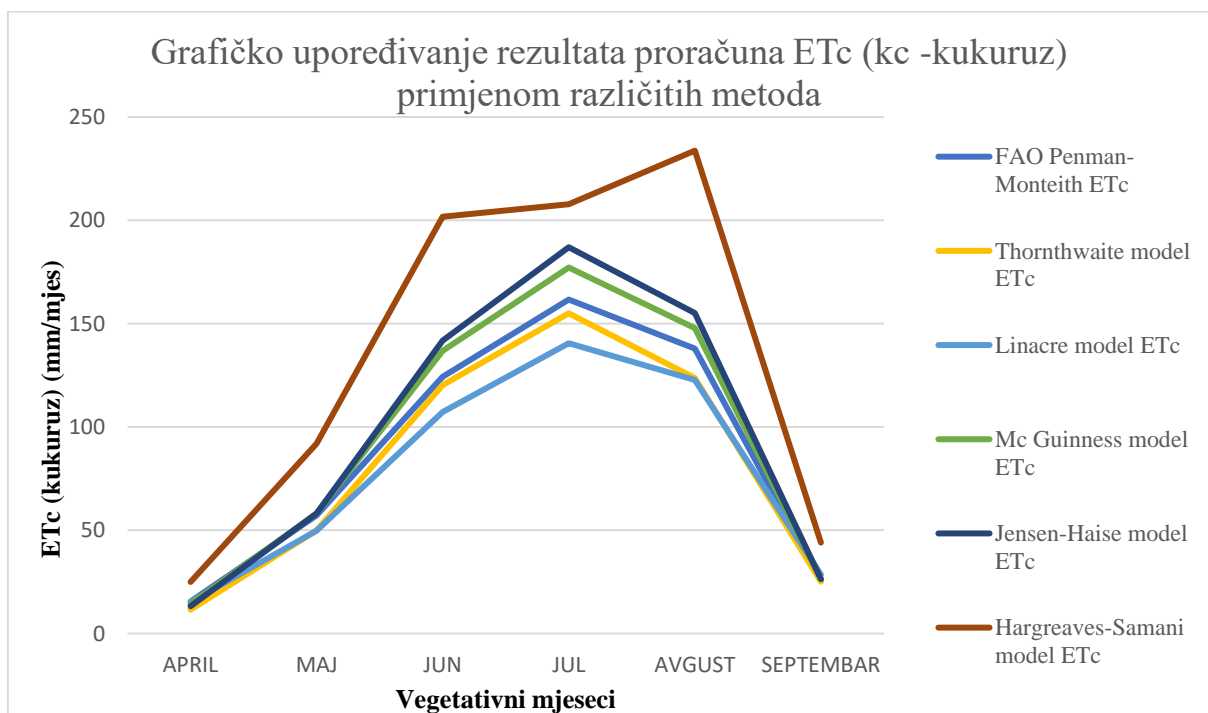
- Na osnovu izračunatih apsolutnih vrijednosti prosječnih grešaka, metoda **McGuinness** pokazuje najmanju prosječnu grešku sa vrijednošću od 6,6%, što je prikazuje kao najpouzdaniju alternativu u odnosu na referentni FAO Penman–Monteith model.
- Sa druge strane, metode poput **Hargreaves-Samani** pokazuju znatno veća odstupanja, te se ne preporučuju za primjenu bez dodatne kalibracije. Vrijednost prosječne apsolutne relativne greške iznosi čak 67,1%.
- **Thornthwaite metoda** se nalazi na drugom mjestu po tačnosti, sa prosječnom greškom od 9,38%. Iako u cjelini podcjenjuje ETo, vrijednosti su relativno stabilne i razumne, osim u aprilu i maju kada greške dostižu 25% i 12%. Potrebno je naglasiti da u julu kada se očekuju najveće vrijednosti potreba za vodom, Thornthwaite metoda ima najmanju relativnu grešku u odnosu na referentnu metodu, ali je podcjenjuje, što može dovesti do nepotpunog zadovoljenja potreba biljke.
- Vrijednosti apsolutne prosječne relativne greške za **Linacre**, **Jensen-Haise** metodu i podatke o referentnoj evapotranspiraciji preuzete sa Climate Engine platforme, približno su jednake i iznose oko 10%.

Nakon izvršene analize i poređenja referentne evapotranspiracije (*ETo*), u nastavku će biti prikazana analogna poređenja za stvarnu evapotranspiraciju (*ETc*), proračunatu za četiri ratarske kulture – kukuruz, pšenicu, soju i uljanu repicu. S tim da vrijednosti (*ETa*) preuzete sa Climate Engine platforme, neće biti uključene u analizu i poređenje sa vrijednostima stvarne *ETc* iz prethodno objašnjenog razloga u poglavlju 2.4. *Međusobna usporedba metoda*.

Za svaku od kultura biće prikazane prosječne mjesečne vrijednosti evapotranspiracije tokom vegetativnog perioda (april–septembar), posmatrano u periodu od 30 godina (1989–2018.), dobijene primjenom različitih empirijskih metoda i referentne FAO Penman–Monteith metode. Takođe, izvršiće se proračun i poređenje relativnih grešaka alternativnih metoda u odnosu na FAO Penman-Monteith metodu, radi ocjene njihove tačnosti i pouzdanosti u praktičnoj primjeni za svaku pojedinačnu kulturu.

Tabela 5 Prosječne mjesečne vrijednosti ETc (kc-kukuruz) dobijene primjenom različitih metoda, posmatrano u vremenskom periodu (1989-2018).

Prosječne mjesečne vrijednosti ETc (kc-kukuruz) dobijene primjenom različitih metoda						
proračunske metode ➔	FAO Penman-Monteith model	Thornthwaite model	Linacre model	Mc Guinness model	Jensen-Haise model	Hargreaves-Samani model
vegetativni mjeseci	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)
APRIL	15,50	11,59	15,30	14,37	13,25	24,97
MAJ	57,19	49,92	49,77	58,11	58,13	91,91
JUN	124,25	120,28	107,26	136,80	141,85	201,77
JUL	161,64	155,00	140,52	177,15	186,96	207,82
AVGUST	137,87	123,72	122,71	147,81	155,17	233,72
SEPTEMBAR	25,38	25,18	28,49	26,34	26,29	43,98



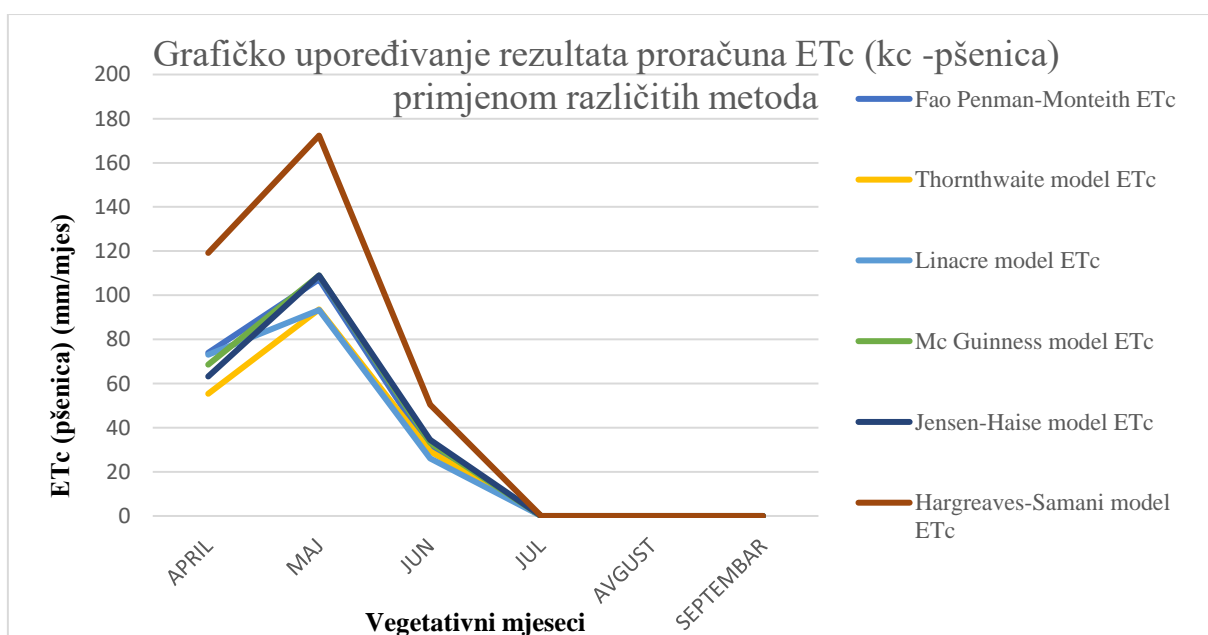
Slika 15 Grafičko upoređivanje rezultata proračuna ETc (kukuruz) dobijenih primjenom različitih metoda.

Analiza rezultata poređenja rezultata proračuna ETc (kc-kukuruz) primjenom empirijskih metoda u odnosu na referentnu fizički metodu (FAO Penman-Monteith) pokazuje da Hargreaves-Samani metoda daje najveća odstupanja.

Tabela 6 Rezultati apsolutne vrijednosti relativne greške (%) proračuna ETc (kc-kukuruz) primjenom empirijskih metoda u odnosu na FAO Penman-Monteith.


proračunske metode ➔	FAO Penman-Monteith model	Thornthwaite model	Linacre model	Mc Guinness model	Jensen-Haise model	Hargreaves-Samani model
vegetativni mjeseci	referentna metoda	$\varepsilon$ (%) relativna greška metode	$\varepsilon$ (%) relativna greška metode	$\varepsilon$ (%) relativna greška metode	$\varepsilon$ (%) relativna greška metode	$\varepsilon$ (%) relativna greška metode
APRIL	-	25,20	1,27	7,25	14,48	61,16
MAJ	-	12,71	12,97	1,61	1,65	60,72
JUN	-	3,20	13,68	10,10	14,16	62,39
JUL	-	4,11	13,07	9,59	15,66	28,57
AVGUST	-	10,27	11,00	7,20	12,55	69,52
SEPTEMBAR	-	0,82	12,25	3,78	3,58	73,26

Apsolutna vrijednost prosječne relativne greške za metodu Hargreaves-Samani iznosi 59,3% što predstavlja dosta veliko precjenjivanje. Posmatrajući ostale metode, uočava se da McGuinness metoda sa vrijednošću prosječne greške od 6,58 %, opet ima najbolje rezultate. Druga metoda koja daje stabilne rezultate i ima poslije McGuinness metode najbolji rezultat je Thornthwaite metoda. Dok Linacre metoda i Jensen-Haise metoda imaju slične vrijednosti, od oko 10 %.




Slika 16 Grafičko upoređivanje rezultata proračuna ETc (pšenica) dobijenih primjenom različitih metoda.

Tabela 7 Prosječne mjesečne vrijednosti ETc (**kc-pšenica**) dobijene primjenom različitih metoda, posmatrano u vremenskom periodu (1989-2018).

Prosječne mjesečne vrijednosti ETc ( <b>kc-pšenica</b> ) dobijene primjenom različitih metoda						
proračunske metode 	FAO Penman-Monteith model	Thornthwaite model	Linacre model	Mc Guinness model	Jensen-Haise model	Hargreaves-Samani model
vegetativni mjeseci	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)
APRIL	73,96	55,32	73,02	68,60	63,25	119,19
MAJ	107,23	93,60	93,32	108,95	109,00	172,33
JUN	30,16	29,19	26,03	33,20	34,43	50,44
JUL	0	0	0	0	0	0
AVGUST	0	0	0	0	0	0
SEPTEMBAR	0	0	0	0	0	0

Ukoliko se posmatraju rezultati proračuna stvarne evapotranspiracije ETc dobijeni primjenom koeficijenta *kc* za pšenicu, uočava se kao i do sada, velika vrijednost prosječne relativne greške za Hargreaves-Samani metodu koja iznosi 63%. Posmatrajući vrijednosti prosječnih relativnih grešaka za ostale empirijske metode, McGuinness ima najmanju vrijednost kao i u prethodnim rezultatima, s tim da kod pšenice drugi najbolji rezultat daje Linacre metoda, a Thornthwaite metoda sa vrijednošću apsolutne prosječne relativne greške od 13,7 % ima najlošiji rezultat poslije Hargreaves-Samani metode.

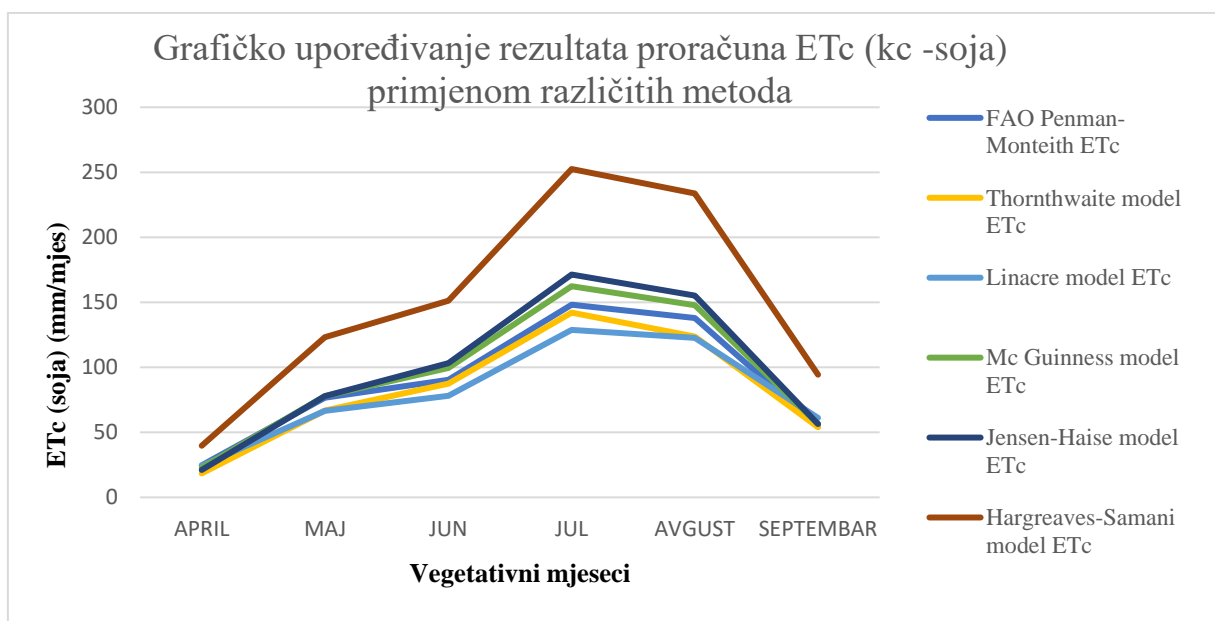
Tabela 8 Rezultati apsolutne vrijednosti relativne greške (%) proračuna ETc (**kc-pšenica**) primjenom empirijskih metoda u odnosu na FAO Penman-Monteith.

proračunske metode 	FAO Penman-Monteith model	Thornthwaite model	Linacre model	Mc Guinness model	Jensen-Haise model	Hargreaves-Samani model
vegetativni mjeseci	referentna metoda	$\varepsilon$ (%) relativna greška metode	$\varepsilon$ (%) relativna greška metode	$\varepsilon$ (%) relativna greška metode	$\varepsilon$ (%) relativna greška metode	$\varepsilon$ (%) relativna greška metode
APRIL	-	25,20	1,27	7,25	14,48	61,16
MAJ	-	12,71	12,97	1,61	1,65	60,72
JUN	-	3,20	13,68	10,10	14,16	67,26
JUL	-	0	0	0	0	0
AVGUST	-	0	0	0	0	0
SEPTEMBAR	-	0	0	0	0	0

Sabirajući rezultate dosadašnjeg poređenja, McGuinness metoda je već i za rezultate poređenja ETo i ETc za kukuruz i pšenicu, pokazala najbolje rezultate u odnosu na referentnu FAO Penman-Monteith metodu. Budući da se relativna greška računa u odnosu na ETc dobijenu FAO Penman-Monteith metodom za svaku kulturu pojedinačno, proporcionalne razlike između metoda i referentnih vrijednosti rezultiraju istim procentualnim odstupanjem (relativnom greškom), iako su apsolutne vrijednosti ETc različite.


Tabela 9 Prosječne mjesečne vrijednosti ETc (**kc-soja**) dobijene primjenom različitih metoda, posmatrano u vremenskom periodu (1989-2018).

Prosječne mjesečne vrijednosti ETc ( <b>kc-soja</b> ) dobijene primjenom različitih metoda						
proračunske metode ➔	FAO Penman-Monteith model	Thornthwaite model	Linacre model	Mc Guinness model	Jensen-Haise model	Hargreaves-Samani model
vegetativni mjeseci	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)
APRIL	24,65	18,44	24,34	22,87	21,08	39,73
MAJ	76,59	66,85	66,65	77,82	77,86	123,10
JUN	90,48	87,58	78,10	99,61	103,29	151,33
JUL	148,17	142,09	128,81	162,39	171,38	252,53
AVGUST	137,87	123,72	122,71	147,81	155,17	233,72
SEPTEMBAR	54,39	53,95	61,06	56,45	56,34	94,24




Slika 17 Grafičko upoređivanje rezultata proračuna ETc (**soja**) dobijenih primjenom različitih metoda.

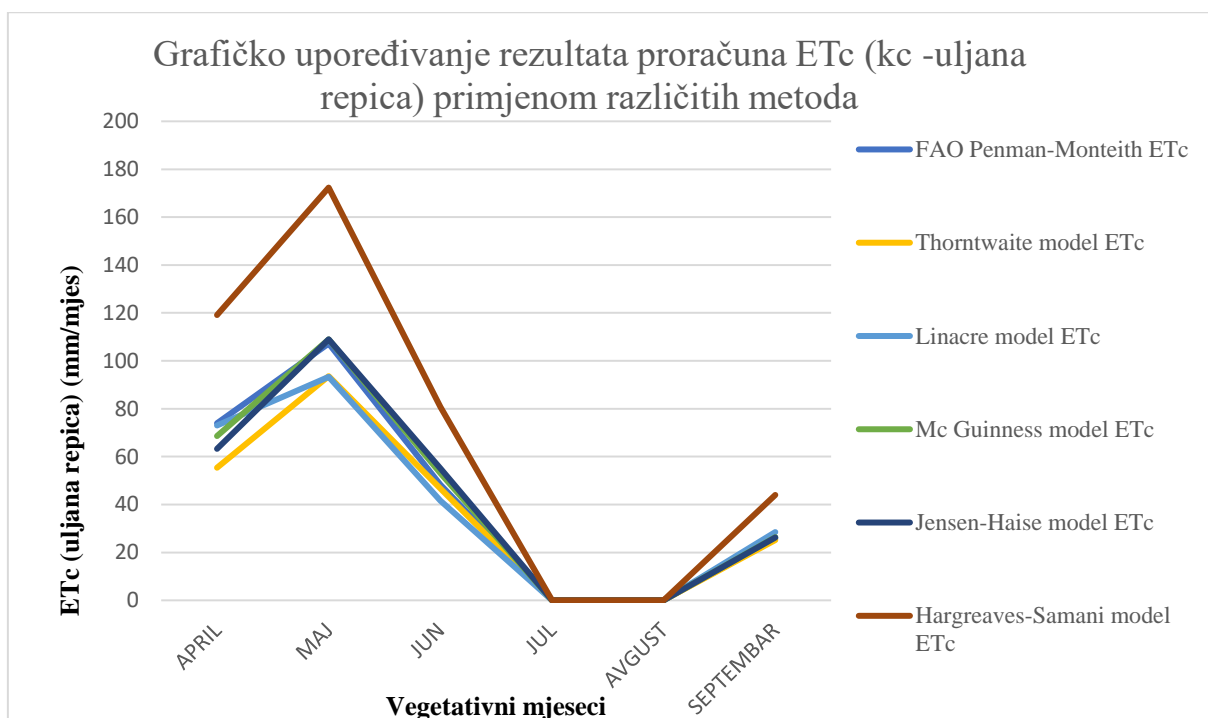
Tabela 10 Rezultati apsolutne vrijednosti relativne greške (%) proračuna ETc (**kc-soja**) primjenom empirijskih metoda u odnosu na FAO Penman-Monteith.

proračunske metode 	FAO Penman-Monteith model	Thorntwaite model	Linacre model	Mc Guinness model	Jensen-Haise model	Hargreaves-Samani model
vegetativni mjeseci	referentna metoda	$\varepsilon$ (%) relativna greška metode	$\varepsilon$ (%) relativna greška metode	$\varepsilon$ (%) relativna greška metode	$\varepsilon$ (%) relativna greška metode	$\varepsilon$ (%) relativna greška metode
APRIL	-	25,20	1,27	7,25	14,48	61,16
MAJ	-	12,71	12,97	1,61	1,65	60,72
JUN	-	3,20	13,68	10,10	14,16	67,26
JUL	-	4,11	13,07	9,59	15,66	70,43
AVGUST	-	10,27	11,00	7,20	12,55	69,52
SEPTEMBAR	-	0,82	12,25	3,78	3,58	73,26

Što se tiče rezultata proračuna stvarne evapotranspiracije za soju, rezultati apsolutnih prosječnih relativnih grešaka dobijeni su u istom odnosu kao i za kukuruz, sa najboljim poklapanjima kod McGuinness metode.

Tabela 11 Prosječne mjesečne vrijednosti ETc (**kc-uljana repica**) dobijene primjenom različitih metoda, posmatrano u vremenskom periodu (1989-2018).

Prosječne mjesečne vrijednosti ETc ( <b>kc-uljana repica</b> ) dobijene primjenom različitih metoda						
proračunske metode 	FAO Penman-Monteith model	Thorntwaite model	Linacre model	Mc Guinness model	Jensen-Haise model	Hargreaves-Samani model
vegetativni mjeseci	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)	ETc (mm/mjes)
APRIL	73,96	55,32	73,02	68,60	63,25	119,19
MAJ	107,23	93,60	93,32	108,95	109,00	172,33
JUN	48,25	46,71	41,65	53,13	55,09	80,71
JUL	0	0	0	0	0	0
AVGUST	0	0	0	0	0	0
SEPTEMBAR	25,80	25,18	28,49	26,34	26,29	43,98



Slika 18 Grafičko upoređivanje rezultata proračuna ET<sub>c</sub> (**uljana repica**) dobijenih primjenom različitih metoda.

Tabela 12 Rezultati apsolutne vrijednosti relativne greške (%) proračuna ET<sub>c</sub> (**kc-uljana repica**) primjenom empirijskih metoda u odnosu na FAO Penman-Monteith.

proračunske metode ➔	FAO Penman-Monteith model	Thornthwaite model	Linacre model	Mc Guinness model	Jensen-Haise model	Hargreaves-Samani model
vegetativni mjeseci	referentna metoda	ε (%) relativna greška metode	ε (%) relativna greška metode	ε (%) relativna greška metode	ε (%) relativna greška metode	ε (%) relativna greška metode
APRIL	-	25,20	1,27	7,25	14,48	61,16
MAJ	-	12,71	12,97	1,61	1,65	60,72
JUN	-	3,20	13,68	10,10	14,16	67,26
JUL	-	0	0	0	0	0
AVGUST	-	0	0	0	0	0
SEPTEMBAR	-	2,43	10,43	2,09	1,90	70,44

Kod uljane repice rezultati za Hargreaves-Samani metodu su također loši, McGuinness ima još bolje poklapanje sa vrijednošću prosječne greške od 5,3 %, dok se kao metoda sa drugim najboljim rezultatom javlja Jensen-Haise metoda sa prosječnom relativnom greškom od 8%. Također, dobra alternativa je i Linacre metoda, sa dobrim poklapanjima u svim mjesecima osim septembra.

Na osnovu svega navedenog, kako bi se dobio sažeti pregled rezultata relativnih grešaka, u *Tabeli 13*. prikazane su prosječne greške proračuna metode, posmatrano za rezultate proračuna referentne evapotranspiracije  $ET_o$ , kao i stvarne evapotranspiracije po različitim kulturama. Ukupna prosječna vrijednost greške proračuna metode McGuinness iznosi 6,27% što je čini empirijskom metodom sa najboljim poklapanjima u odnosu na referentnu FAO Penman-Monteith, dok metoda Hargreaves-Samani daje najveću vrijednost prosječne greške od 64,27% što je neprihvatljivo za posmatrano područje.

Tabela 13 *Pregled apsolutnih prosječnih relativnih grešaka proračuna metode u odnosu na referentnu metodu FAO Penman-Monteith*

Metoda	$ET_o$	$ET_c$ - kukuruz	$ET_c$ - pšenica	$ET_c$ - soja	$ET_c$ - uljana repica	Ukupna prosječna vrijednost (%)
<b>Thornthwaite</b>	9,38	9,38	13,7	9,38	10,88	<b>10,54</b>
<b>Linacre</b>	10,71	10,71	9,3	10,71	9,59	<b>10,20</b>
<b>McGuinness</b>	6,59	6,59	6,32	6,59	5,26	<b>6,27</b>
<b>Jensen-Haise</b>	10,35	10,35	10,1	10,35	8,05	<b>9,84</b>
<b>Hargreaves-Samani</b>	67,06	59,27	63,05	67,06	64,9	<b>64,27</b>

Za potpunu validaciju analiziranih metoda, potrebno je nastaviti istraživanje kroz primjenu dobijenih vrijednosti evapotranspiracije u procesu dimenzionisanja stvarnog sistema za navodnjavanje. Na taj način moguće je ocijeniti praktičnu primjenjivost metoda koje su pokazale dobru usklađenost sa referentnom FAO Penman-Monteith metodom, te sagledati njihovo ponašanje u konkretnim inženjerskim uslovima.

#### 4.1.2 *Potrebe za vodom*

Prvi korak dalje analize čini proračun potreba za vodom, koji će biti odrađen na osnovu podataka o padavinama izmjerenim na Hidrometeorološkoj stanici Slavonski Brod, kao i vrijednostima evapotranspiracije za četiri razmatrane ratarske kulture, dobijene na osnovu različitih proračunskih metoda.

Potrebe za vodom (neto potrebe za navodnjavanje) predstavljaju količinu vode koju je potrebno obezbijediti navodnjavanjem da bi se zadovoljile ukupne potrebe biljke za vodom, nakon što se oduzme doprinos efektivnih padavina [2]. Matematički se izražavaju kao:

$$PV = ET_c - P_{eff} \quad (14)$$

gdje je:

- $PV$ - neto potrebe za navodnjavanjem (mm),

- $E_{Tc}$  – stvarna evapotranspiracija kulture (mm),
- $P_{eff}$ - efektivne padavine (mm).

U svrhu određivanja potreba za vodom (neto potrebe za navodnjavanje), biće korištena metoda predložena od strane FAO, za izračunavanje efektivnih padavina, poznata i kao metoda iz softvera CROPWAT (*CROP Water Requirements*). Ova metoda koristi jednostavnu empirijsku formulu kojom se procjenjuje dio ukupnih padavina koji je stvarno dostupan biljkama, uzimajući u obzir gubitke usljed oticanja i isparavanja.

FAO preporučena formula za efektivne padavine je data izrazom (15) [2]:

$$P_{eff} = \begin{cases} 0.8 * P, & \text{ako je } P \leq 250 \\ 250 + 0.1 * (P - 250), & \text{ako je } P > 250 \end{cases} \quad (15)$$

gdje je:

- $P$ - ukupna količina padavina (mm),
- $P_{eff}$ - efektivne padavine (mm).

Ova metoda se koristi zbog svoje jednostavnosti, široko je prihvaćena u agrohidrološkim analizama, posebno u inicijalnim fazama planiranja navodnjavanja.

S obzirom na to da je u okviru ovog istraživanja izvršen proračun stvarne evapotranspiracije ( $E_{Tc}$ ) za četiri referentne ratarske kulture koje dominiraju u proizvodnji na posmatranom području (kukuruz, pšenica, soja i uljana repica), potrebe za vodom su određene za svaku od navedenih kultura. Proračun je vršen za vegetativne mjesece: april, maj, jun, jul, avgust i septembar.

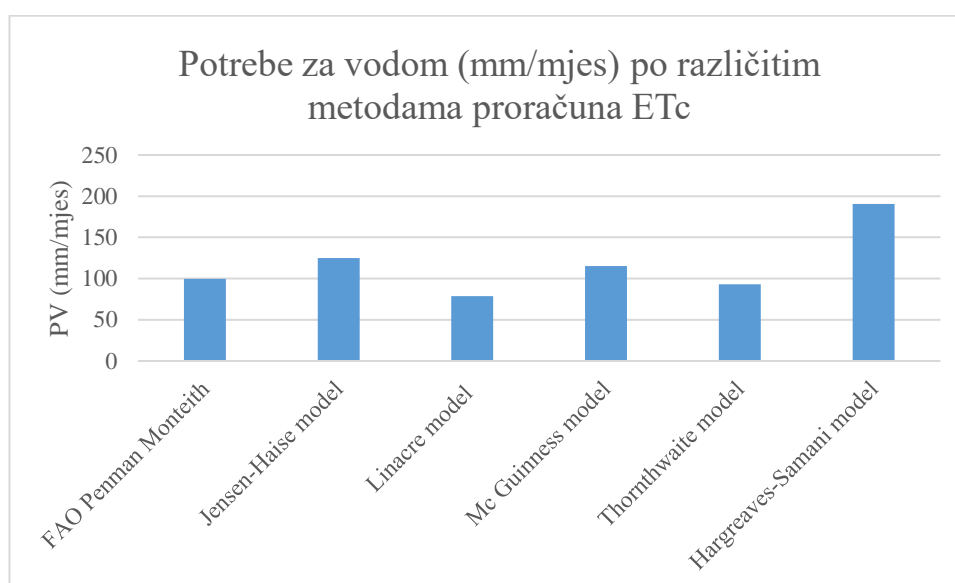
Kako bi se osigurala pouzdanost u snabdijevanju vodom, analizom mjesečnih vrijednosti  $E_{Tc}$  između kultura, za svaki mjesec usvojena je maksimalna vrijednost potreba za vodom. Prilikom dimenzionisanja sistema navodnjavanja, neophodno je bazirati se na najvišim potrebama, a ne na prosječnim ili minimalnim vrijednostima, jer bi u suprotnom, tokom kritičnih mjeseci, moglo doći do pojave vodnog stresa i smanjenja prinosa.

Na osnovu rezultata, jul se izdvojio kao mjesec sa najvećim potrebama za vodom prema svim proračunskim metodama, te se može smatrati najzahtjevnijim u pogledu navodnjavanja.

Detaljni rezultati proračuna potreba za vodom za sve analizirane metode prikazani su u *Prilozima 31–36*, dok su u nastavku teksta date usvojene vrijednosti potreba za vodom koje će biti korištene u daljim fazama projektovanja sistema navodnjavanja.

Tabela 14 *Maksimalne vrijednosti potreba za vodom (mm) određene na osnovu različitih metoda proračuna evapotranspiracije.*

Metode proračuna evapotranspiracije	Maksimalna vrijednost potreba za vodom, max PV (mm)
FAO-Penman-Monteith	99,64
Hargreaves-Samani	190,54
Jensen-Haise	124,96
Linacre	78,52
McGuinness	115,15
Thornthwaite	93,00



Slika 19 *Grafičko upoređivanje rezultata proračuna potreba za vodom dobijenih primjenom različitih metoda proračuna stvarne evapotranspiracije ETc.*

Tabela 15 *Vrijednosti relativne greške (%) proračuna PV (potreba za vodom) primjenom empirijskih metoda proračuna stvarne evapotranspiracije (ETc) u odnosu na referentnu FAO Penman-Monteith metodu.*

Metode proračuna	Relativna greška $\epsilon$ (%)
FAO-Penman-Monteith	referentna metoda
Hargreaves-Samani	91,22
Jensen-Haise	25,41
Linacre	-21,20
McGuinness	15,56
Thornthwaite	-6,66

Kao što je vidljivo iz prikazanih rezultata proračuna potreba za vodom (PV), između analiziranih metodama, Thornthwaite metoda pokazuje najmanju relativnu grešku u odnosu na

FAO Penman–Monteith model, sa vrijednošću od  $-6,66\%$ , što ukazuje na vrlo dobro poklapanje sa referentnom metodom. Kod proračuna potreba za vodom nije prikazana apsolutna vrijednost relativne greške, baš iz razloga da se vidi koja metoda precjenjuje, a koja podcjenjuje potrebe za vodom, u odnosu na one dobijene referentnom metodom.

Sa agronomskog aspekta, važno je istaći da je poželjnije da metoda blago precijeni potrebe za vodom nego da ih potcijeni, kako bi se izbjegao vodni stres biljaka i osigurale pune proizvodne performanse. U tom kontekstu, kao najpouzdanija se izdvaja McGuinness metoda, sa najmanjom pozitivnom relativnom greškom ( $+15,56\%$ ), čime se zadržava sigurna margina u planiranju navodnjavanja.

S druge strane, Hargreaves–Samani metoda značajno odstupa sa greškom većom od  $90\%$ , što ukazuje na njenu ograničenu primjenjivost u analiziranim klimatskim uslovima bez dodatne kalibracije.

Ove razlike dodatno naglašavaju značaj pažljivog izbora metode za procjenu evapotranspiracije, naročito kada se donose odluke u vezi sa upravljanjem vodnim resursima i planiranjem navodnjavanja u poljoprivredi.

#### 4.1.3 Hidromodul sistema

Nakon izvršenog proračuna potreba za vodom ( $PV$ ) za sve analizirane kulture (kukuruz, pšenica, soja i uljana repica) prikazih u prilogima od *Priloga 31.* do *Priloga 36.*, za svaki mjesec vegetativnog perioda, odabrana je maksimalna vrijednost ( $PV$ ) kako bi se sistem dimenzionisao za najkritičniji slučaj. Maksimalne vrijednosti ( $PV$ ) izračunate su po mjesecima, a zatim su uvećane za sigurnosni faktor od  $10\%$ , čime se dobijaju vrijednosti  $PV_{sig}$ , koje se koriste za proračun hidromodula. Hidromodul sistema  $qs$  (mm/dan) predstavlja dubinu vode potrebnu za navodnjavanje tokom jednom dana.

Uvećanje potreba za vodom za  $10\%$  sigurnosnog faktora primijenjeno je zbog nedostatka višegodišnjih podataka koji bi omogućili statističku analizu varijabilnosti (npr. standardnu devijaciju i kvantile). Ovaj pristup je u skladu s preporukama iz FAO stručne literature [2] gdje se kod dimenzionisanja sistema bez potpunih podataka preporučuje konzervativno povećanje vrijednosti za  $10\text{--}20\%$ , radi pouzdanosti sistema u promjenjivim uslovima.

Hidromodul sistema računa se prema izrazu [2]:

$$qs = \frac{PV_{sig}}{d} \quad (16)$$

gdje je:

- $q_s$  - hidromodul sistema (mm/dan),
- $PV_{sig}$ - potrebe za vodom uvećane za sigurnosni faktor (mm/mjes),
- $n$  - efikasnost sistema (%),
- $d$  – broj dana u mjesecu.

Efikasnost sistema za navodnjavanje predstavlja odnos efektivno iskorištene vode (koja dopijeva u zonu korijena biljaka i doprinosi rastu) u odnosu na ukupnu količinu vode isporučenu sistemom navodnjavanja. Prilikom analiza u sklopu ovog istraživanja, korištena je efikasnost sistema navodnjavanja  $n = 0,85$  (85%), što je u skladu s preporučenim vrijednostima za savremene sisteme sa prskalicama prema FAO i relevantnoj literaturi [2].

Proračun hidromodula izvršen je za svih šest metoda za dobijanje evapotranspiracije (Thornthwaite, Hargreaves, Jensen-Haise, Linacre, McGuinness i FAO Penman-Monteith), a rezultati su prikazani u nastavku i korišteni u daljem proračunu sistema za navodnjavanje (4.2 *Sistemi za navodnjavanje*).

Tabela 16 *Vrijednosti hidromodula sistema u zavisnosti od primijenjene metode za proračun evapotranspiracije.*

<b>Metode proračuna evapotranspiracije</b>	<b>Hidromodul sistema <math>q_s</math> (mm/dan)</b>
FAO-Penman-Monteith	4,16
Hargreaves-Samani	7,95
Jensen-Haise	5,22
Linacre	3,28
McGuinness	4,81
Thornthwaite	3,88

## 4.2 Sistemi za navodnjavanje

Radi što jednostavnijeg prikaza uticaja izbora metode proračuna evapotranspiracije na dimenzionisanje i elemente sistema navodnjavanja, rezultati za svih šest projektnih varijanti, dobijenih primjenom šest različitih metoda proračuna evapotranspiracije, biće prikazani pregledno, u tabelarnom obliku.

Koraci dimenzionisanja sistema navodnjavanja primjenom metode kišenja detaljno su predstavljani u *Prilogu 2*, dok je odabrana vrsta navodnjavanja definisana u poglavlju *3.3.Sistemi navodnjavanja-vrste i proračun*. Imajući to u vidu, u okviru ovog poglavlja, prilikom predstavljanja rezultata, pomenuti koraci i kategorije proračuna neće biti dodatno objašnjavani, već će biti prikazane isključivo njihove vrijednosti, u zavisnosti od primijenjene metode određivanja evapotranspiracije.

### *4.2.1 Rezultati dimenzionisanja sistema navodnjavanja metodom kišenja u zavisnosti od metode proračuna evapotranspiracije*

Rezultati osnovnog dimenzionisanja, koji uključuju raspored prskalice, usvojeni broj prskalice, protoke, dužine i razmake elemenata sistema, turnus zalivanja, trajanje zalivanja, broj hidranata, dužinu pomoćnih razvodnika i druge parametre, prikazani su u tabeli ispod. Tabela sadrži uporedne podatke za svih šest varijanti, pri čemu je jedina razlika ulazna vrijednost evapotranspiracije dobijena različitim metodama: FAO Penman–Monteith, Hargreaves–Samani, Jensen–Haise, Linacre, McGuinness i Thornthwaite.

Tabela 17 Prikaz rezultata dimenzionisanaj sistema za navodnjavanje kišenjem, u zavisnosti od proračunske metode za dobijanje evapotranspiracije kao ulaznog podatka.

Rezultati dimenzionisanja sistema navodnjavanja metodom kišenja u zavisnosti od vrste metode primijenjene za proračun evapotranspiracije.						
Proračunski korak ↓	FAO-Penman-Monteith	Hargreaves-Samani	Jensen-Haise	Linacre	McGuinness	Thornthwaite
Razmak između prskača na kišnoj liniji $l_p=l_k=\sqrt{2}xR$ (m)	15,63	15,63	15,63	15,63	15,63	15,63
Poluprečnik (domet) prskača R(m)	12	12	12	12	12	12
Usvojeni broj prskača na kišnoj liniji s	16	16	16	16	16	16
Srednji protok na prskaču $q_p$ (m <sup>3</sup> /h)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Prečnik kišne linije $D_k$ (mm)	63	63	63	63	63	63
Turnus zalivanja $\tau$ (dan)	9	5	7	11	8	10
Intezitet kišenja $I_k$ (mm/h)	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87	2,87
Trajanje kišenja $\tau_k$ (h)	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5	13,5
Dimenzije parcele $L_p \times L_k$ (m)	$L_p=140,6$ m	$L_p=78,1$ m	$L_p=110$ m	$L_p=172$ m	$L_p=125$ m	$L_p=156,3$ m
	$L_k=250$ m	$L_k=250$ m	$L_k=250$ m	$L_k=250$ m	$L_k=250$ m	$L_k=250$ m
Zalivne površine iz jednog položaja $A_p$ (m <sup>2</sup> )	$A_{p,max}=244,14$	$A_{p,max}=244,14$	$A_{p,max}=244,14$	$A_{p,max}=244,14$	$A_{p,max}=244,14$	$A_{p,max}=244,14$
	$A_{p,min}=144,0$	$A_{p,min}=144,0$	$A_{p,min}=144,0$	$A_{p,min}=144,0$	$A_{p,min}=144,0$	$A_{p,min}=144,0$
Broj dnevnih premještanja kišnog krila $n_p^{dn}$	1	1	1	1	1	1
Ukupan broj premještanja $n_p^{uk}$	9	5	7	11	8	10
Broj hidranata na parceli $n_h$	2	1	1	2	2	2
Razmak između hidranata $L_h$ (m)	70,3	78,1	110	86	62,5	78,15
Efektivno vrijeme rada sistema za navodnjavanje $T_d$ (h)	16	16	16	16	16	16
Vrijeme potrebno za premještanje kišnog krila $t_p$ (h)	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Dužina pomoćnog razvodnika $L_{pom.raz}$ (m)	27,34	31,24	47,2	35,2	23,44	31,26
Protok kroz pomoćni razvodnik $Q_{pom.raz}$ (m <sup>3</sup> /s)	0,0031	0,0031	0,0031	0,0031	0,0031	0,0031

#### 4.2.2 Hidraulički proračuni i dodatni rezultati za projektne varijante

U skladu sa prethodno navedenim, za svaku od projektnih varijanti urađen je i odgovarajući hidraulički proračun. Proračun minimalne potrebne kote pritiska na hidrantskim tačkama prikazan je za svaku varijantu posebno. Kao primjer, u nastavku su dati rezultati za projekat rađen na osnovu evapotranspiracije određene metodom FAO Penman–Monteith. Rezultati uključuju visinske kote terena, lokalne energetske gubitke i ukupno potrebnu visinu pritiska.

Tabela 18 Proračun minimalne potrebne kote pritiska na hidrantu za sistem sa evapotranspiracijom određenom metodom FAO Penman-Monteith.

Oznaka hidrantske tačke	$Z_{\text{ter,kr}}$ (mnm)	$\Delta E_k$ (m)	$\Delta E_{\text{pr}}$ (m)	$\Pi_{\text{hid,min}}$ (m)	$Q_{\text{hid}}$ (m <sup>3</sup> /s)
H1	104,109	2,147	0,642	132,382	0,006
H3	104,115	2,147	0,642	132,388	0,006
H6	104,183	2,147	0,642	132,456	0,006
H7	104,286	2,147	0,642	132,559	0,006
H9	104,531	2,147	0,642	132,804	0,006
H12	103,910	2,147	0,642	132,183	0,003
H14	105,289	2,147	0,642	133,562	0,006
H11	103,732	2,147	0,642	132,005	0,006
H5	103,995	2,147	0,642	132,268	0,006

Takođe, za svaki od projekata urađen je hidraulički proračun glavnog cjevovoda metodom prolaza unazad, koji je obuhvatio određivanje minimalnih prečnika cijevi, brzine, gubitke pritiska duž svih dionica, ukupan potreban protok, i slično (Tabela 19.)

Na osnovu ovih podataka izrađen je i proračun visinskih kota i raspoloživih pritisaka po hidrantskim tačkama i to metodom prolaza unaprijed. U Tabeli 20. prikazani su ulazne i izlazne vrijednosti po svakoj dionici, potrebne visine pritiska i dodatna visina ( $H_p$ ) koju obezbjeđuje pumpna stanica, i predstavlja potrebnu visinu dizanja pumpe.

Isti proračuni su izrađeni i za sve ostale varijante (projekte kod kojih je evapotranspiracija dobijena metodama: Hargreaves-Samani, Jensen-Haise, Linacre, McGuinness i Thornthwaite) pri čemu su rezultati prikazani u Prilozima od 37 do 51.

Tabela 19 Hidraulički proračun glavnog cjevovoda metodom prolaza uanzad (projekat urađen na osnovu ET dobijene metodom FAO Penman-Monteith).

dionica	L(m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	D <sub>min</sub> (mm)	D <sub>usv</sub> (mm)	D <sub>nom</sub> (mm)	V <sub>stv</sub> (m/s)	Re (-)	λ (-)	R (m)	ΔE (m)
H1-H3	140,6	0,006	72,67	79,2	90	1,263	100030,043	0,027	99262,807	3,843
H3-H5	140,6	0,012	102,78	110,2	125	1,305	143781,840	0,024	17375,897	2,691
H5-H7	140,6	0,019	125,88	141	160	1,195	168561,264	0,023	4774,058	1,663
H7-H9	140,6	0,025	145,35	158,6	180	1,260	199807,803	0,022	2566,133	1,590
H9-H11	140,6	0,031	162,51	176,2	200	1,276	224812,128	0,022	1475,816	1,428
H14-H12	140,6	0,006	72,67	79,2	90	1,263	100030,043	0,027	99262,807	3,843
H12-H11	140,6	0,009	89,01	96,8	110	1,268	122764,143	0,025	34446,467	3,001
H11-CS	161,719	0,040	185,28	198,2	225	1,311	259815,671	0,021	914,339	1,496

Tabela 20 Proračun visinskih kota i pritisaka na hidrantskim tačkama metodom prolaza unaprijed (projekat na osnovu ET dobijene FAO Penman-Monteith metodom).

Dionice	Π <sub>i</sub> (m)	Π <sub>j,rač</sub> (m)	Π <sub>h,min</sub> (m)	Π <sub>h,min</sub> – Π <sub>j,rač</sub> (m)	H <sub>p</sub> (m)	Π <sub>stvarno</sub> = Π <sub>j,rač</sub> +H <sub>p</sub> (m)
CS-11	92,56	91,06	132,01	40,94	55,00	146,06
H11-H12	91,06	88,06	132,18	44,12	55,00	143,06
H12-H14	88,06	84,22	133,56	49,34	55,00	139,22
H11-H9	91,06	89,64	132,80	43,17	55,00	144,64
H9-H7	89,64	88,05	132,56	44,51	55,00	143,05
H7-H5	88,05	86,38	132,27	45,89	55,00	141,38
H5-H3	86,38	83,69	132,39	48,70	55,00	138,69
H3-H1	83,69	79,85	132,38	52,53	55,00	134,85

#### 4.2.3 Grafički prilozi prikazi sistema navodnjavanja

Kao krajnji rezultat dimenzionisanja sistema navodnjavanja za svaku od projektnih varijanti, izrađene su šeme sistema sa tehničkim elementima, uključujući poziciju pumpne stanice, raspored hidranata, vodovodnih šahtova i parcelaciju zemljišta. Dimenzije parcela ( $L_p \times L_k$ ) usklađene su sa parametrima zalivanja i brojem prskalica po liniji, čime je osigurano optimalno pokrivanje zalivnih površina.

Na grafičkim priložima broj 1-6 date su šeme sistema za projektne varijante. Pomoću njih moguće je izvršiti i validaciju rasporeda elemenata sistema i analizu povoljnosti rasporeda parcela ( $L_p \times L_k$ ), sa aspekta gubitka efektivne površine za navodnjavanje. Dodatnu složenost na analiziranoj lokaciji predstavlja pozicija postojećeg bunara i planiranog objekta pumpne stanice iznad istog, koji u značajnom mjeri diktiraju organizaciju kompletnog sistema navodnjavanja.

Navedene šeme sistema takođe predstavljaju osnovu za sprovođenje multikriterijumske analize (MCA), čiji će rezultati biti prikazani u nastavku. MCA analiza omogućava dodatno vrednovanje primijenjenih metoda proračuna evapotranspiracije, sagledavajući njihov uticaj na dimenzije i raspored elemenata sistema, što je i primarni cilj ovog istraživanja..

Za sve projektne varijante izrađeni su i podužni profili glavnog cjevovoda, koji grafički prikazuju uzdužni pad terena, karakteristične kote, promjene prečnika cijevi, lokalne gubitke pritiska, te hidrauličke parametre po dužini trase. Ovi podaci prikazani su u grafičkim priložima broj 7-12.

Značajan dio tehničke dokumentacije čine crteži pumpnih stanica, koji obuhvataju osnove i presjeke za različite projektne varijante sa pumpama nominalnih prečnika DN125 i DN150. Ovi crteži prikazuju tehničke detalje samih stanica, uključujući položaj bunara, što je od ključne važnosti za pravilno razumijevanje rada sistema.

U poglavlju 3.4.2 *Specifikacija pumpi*, date su hidrauličke, tehničke i mehaničke karakteristike primijenjenih pumpi, zajedno sa njihovom raspodjelom po projektnim varijantama. Grafički prilozi omogućavaju detaljan pregled potrebnih elemenata za montažu i povezivanje pumpi, te čine osnovu za izradu predmjera i predračuna radova.

Takođe, kao važan segment tehničke dokumentacije, izrađeni su i detalji tipskih vodovodnih šahtova, sa jasno prikazanim elementima: hidrantom, vodomjerom, armaturom i fazonskim komadima. Prilozi broj 13–32, sadrže 20 različitih tipskih rješenja šahtova, koja su implementirana u zavisnosti od pozicije hidranta u svakom konkretnom projektu. Svako

hidrantsko mjesto u šemama sistema precizno je povezano sa odgovarajućim tipskim rješenjem radi jednostavne terenske implementacije.

Bez navedenih detaljnih grafičkih prikaza, ne bi bilo moguće precizno izvršiti predmjer i predračun radova, niti bi bilo moguće sagledati tehno-ekonomski aspekt uticaja različitih metoda proračuna evapotranspiracije, pa je detaljnost tehničke dokumentacije bila od suštinskog značaja.

S obzirom na to da su svi grafički prilozii izrađeni u softveru AutoCAD, i da zbog tehničke prirode zahtijevaju prikaz u stvarnoj razmjeri (1:2500, 1:1000/100, 1:25, itd.), prikazani su na kraju rada, u okviru posebne cjeline *Grafički prilozii*. Ovakva struktura omogućava jasnije sagledavanje međusobnih odnosa elemenata i preciznu interpretaciju tehničkih rješenja.

Važno je naglasiti da su se u okviru ovog istraživanja razmatrali isključivo hidrotehnički aspekti sistema za navodnjavanje, fokusirani na analizu uticaja različitih metoda proračuna evapotranspiracije. Shodno tome, grafički prilozii koji se odnose na druge projektne faze, poput arhitekture, konstrukcije i elektroinstalacija, nisu uključeni, jer se pretpostavlja da promjena metode proračuna evapotranspiracije ne utiče na projektna rješenja u tim fazama.

#### **4.3 Tehno-ekonomska analiza (predmjer i predračun radova)**

Jedan od ključnih faktora prilikom validacije i ocjenjivanja primijenjenih metoda svakako je finansijski aspekt. Uticaj izabrane metode za proračun evapotranspiracije na dimenzionisanje sistema, a samim tim i na ukupne troškove, analiziran je u okviru ovog segmenta istraživanja. Kako bi se izbjeglo preopterećenje rada velikim brojem gotovo identičnih priloga, detaljni predmjer i predračun dat je samo za jedan reprezentativan primjer – projekat rađen po FAO Penman-Monteith metodi (Prilog 52. i dalje). S obzirom na to da su svi ostali projekti rađeni po identičnoj strukturi i obrascu, razlike se javljaju isključivo u količinama i pojedinim tipskim elementima sistema (tipskim vodovodnim šahtovima), u zavisnosti od rezultata evapotranspiracije dobijenih različitim metodama.

Važno je naglasiti da je u okviru predmjera analizirana isključivo hidrotehnička faza projekta, budući da se ostale faze: arhitektonska, konstruktivna, elektro i niskogradnja, ne mijenjaju promjenom metode za proračun evapotranspiracije. Okvirne cijene za ove faze preuzete su iz postojećeg projekta navodnjavanja na predmetnom području i korištene su kao osnov za procjenu procentualnog učešća hidrotehničke faze u ukupnim troškovima projekta [6].

Takođe, prilikom određivanja cijena korištene su aktuelne tržišne vrijednosti, koje su same po sebi dinamična kategorija i mogu se mijenjati iz mjeseca u mjesec. Cilj ove analize nije u preciznom određivanju ukupnih troškova, već u prikazu odnosa i promjena troškova sistema u zavisnosti od primijenjene metode za proračun ključnog parametra, evapotranspiracije.

U nastavku su prikazani osnovni ekonomski pokazatelji kroz pripadajuće tabele, koje oslikavaju koja metoda donosi optimalnije rješenje u pogledu troškova.

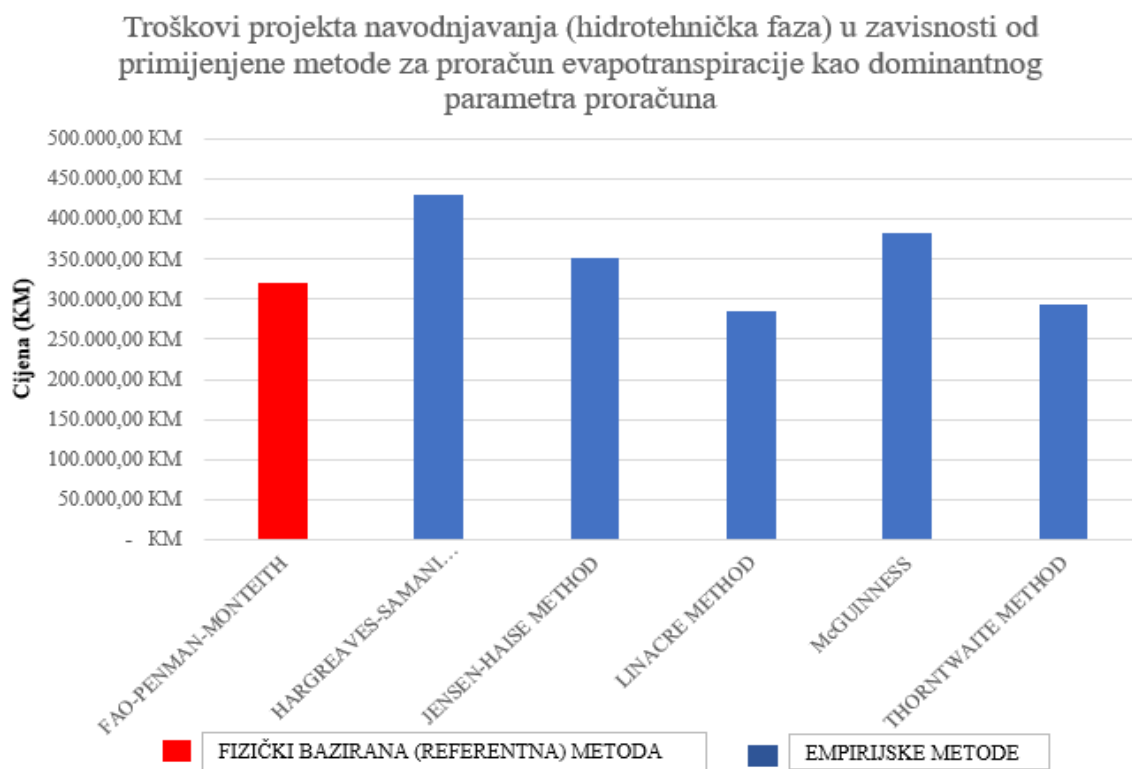
Tabela 21 *Troškovi izgradnje sistema navodnjavanja po metodama proračuna ET.*

Metoda proračuna evapotranspiracije	Ukupni troškovi izgradnje sistema navodnjavanja (hidrotehnička faza) (KM)	Ukupni troškovi investicije koji uključuju sve faze projekta (KM)	Pokaz koliko % troškova ukupne investicije predstavljaju troškovi hidrotehničke faze (%)	$\xi$ (%) relativna greška - odstupanje u troškovima projekta od referentnog projekta (ET dobijena primjenom FAO Penman-Monteith metode).	JEFTINIJE /SKUPLJE OD REFERENTNE
FAO-PENMAN-MONTEITH	321.093,91 KM	461.661,86 KM	69,55	REFERENTNA	-
HARGREAVES-SAMANI METHOD	430.160,70 KM	570.728,65 KM	75,37	33,97	SKUPLJE 34%
JENSEN-HAISE METHOD	351.819,06 KM	492.387,01 KM	71,45	9,57	SKUPLJE 9,6%
LINACRE METHOD	285.181,44 KM	425.749,39 KM	66,98	-11,18	JEFTINIJE 11,2%
McGUINNESS	383.044,71 KM	523.612,67 KM	73,15	19,29	SKUPLJE 19,3%
THORNTHWAITE METHOD	292.494,35 KM	433.062,31 KM	67,54	-8,91	JEFTINIJE 8,91%

Iz tabele je vidljivo da su metode Hargreaves-Samani i McGuinness znatno skuplje (34% i 19,3% skuplje od referentne), dok su metode Linacre i Thornthwaite jeftinije za 11,2%, odnosno 8,91%, što ih čini ekonomičnijim alternativama. Metoda Jensen-Haise se nalazi relativno blizu referentne metode, sa 9,6% većim troškovima. Ovi rezultati upravo ukazuju na značajan uticaj izbora metode proračuna evapotranspiracije na ukupnu ekonomsku dimenziju projekta, što potvrđuje potrebu pažljivog odabira metode u skladu zahtjevima projekta. Na *Slici 20.* dat je vizuelni prikaz rezultata iz prethodne tabele, zbog jednostavnijeg sagledavanja promjene u troškovima projekta navodnjavanja u zavisnosti od izabrane metode za proračun dominantnog ulaznog parametra (evapotranspiracije).

Iako je McGuinness metoda pokazala najveću preciznost u proračunu evapotranspiracije u poređenju sa FAO Penman-Monteith metodom, što je čini tehnički najpouzdanijom alternativom, rezultati tehno-ekonomske analize ukazuju na značajan rast troškova sistema kada se koristi ova metoda, čak 19,3% u odnosu na referentnu. Ova razlika proizilazi iz većih

vrijednosti evapotranspiracije, koje direktno utiču na dimenzionisanje sistema.



Slika 20 Vizuelni prikaz rezultata tehno-ekonomske analize projekata.

Nasuprot tome, metode poput Linacre i Thornthwaite, iako sa nešto slabijom tačnošću proračuna evapotranspiracije, dovode do značajno nižih troškova izgradnje sistema (–11,2% i –8,91%), što ih može učiniti ekonomičnijom alternativom u uslovima ograničenog budžeta ili kod manjih sistema.

U tom smislu, izbor optimalne metode nije relevantno izvršiti isključivo na tačnosti proračuna evapotranspiracije, niti na finansijskoj opravdanosti, već traženje kompromisa između više kategorija koje diktiraju zahtjevi konkretnog projekta, a koji će se najbolje prikazati multikriterijumskom analizom (MCA).

#### 4.4 Multikriterijumska analiza (MCA)

Nakon što je provedena tehno-ekonomska analiza u prethodnom poglavlju, i predstavljeni uticaji metode proračuna evapotranspiracije na troškove i tehničke parametre sistema navodnjavanja, sprovedena je i multikriterijumska analiza (MCA) s ciljem da se identifikuje najprihvatljivija metoda za konkretan slučaj.

FAO Penman-Monteith metoda, iako uzeta kao referentna zbog tačnosti i upotrebe mjerenih (zvaničnih) klimatoloških podataka, nije automatski najbolja u svim aspektima, naročito kada se uzmu u obzir dostupnost podataka, kompleksnost sistema i tehnički zahtjevi.

Upravo zato je kroz MCA pristup izvršeno objektivno rangiranje svih šest metoda na osnovu više kategorija koje imaju praktičnu i ekonomsku važnost za investitora i projektanta.

#### 4.4.1 Kriterijumi i dodijeljene težine

U Tabeli 22. prikazane su kategorije koje su analizirane i njihove odgovarajuće težine u ukupnoj ocjeni.

Tabela 22 Prikaz kriterijuma i dodijeljenih težina u zavisnosti od kategorije, koji su korišteni prilikom izrade MCA analize.

Kriterijum	Težina (%)	Kratko objašnjenje
Količina tražene vode	20%	Najvažniji faktor – sve mora stati u raspoloživi kapacitet bunara
Troškovi izgradnje sistema	20%	Direktno određuje isplativost investicije
Efektivna izgubljena površina	10%	Gubitak zemljišta pod instalacijom
Preciznost ulaznih podataka	15%	Važno za tačnost navodnjavanja
Dostupnost i cijena podataka	10%	Satelitski podaci su često besplatni, što je značajna prednost
Greška u ETc proračunu	20%	Odstupanja u odnosu na referentnu metodu FAO
Složenost sistema	5%	Utiče na održavanje više nego na izvođenje
<b>Ukupno</b>	<b>100%</b>	

#### 4.4.2 Ponderisana ocjena metode

Ponderisana ocjena metode predstavlja zbirnu, objektivnu vrijednost dobijenu na osnovu pojedinačnih ocjena po više relevantnih kriterijuma, koje su prethodno pomnožene sa pripadajućim težinskim faktorima. Svaka metoda proračuna evapotranspiracije ocijenjena je kroz sedam kategorija, koje su odabrane u skladu sa specifičnostima analiziranog projekta, uključujući tehničke, ekonomske i aspekte prikupljanja ulaznih podataka.

Primjena pondera omogućava da se kriterijumi ne posmatraju kao jednako važni, već u skladu sa njihovim realnim uticajem na ukupnu uspješnost i izvodljivost sistema. Na primjer, za ovaj slučaj najveće težine date su kriterijumima poput količine vode koju sistem zahtijeva i troškova izgradnje, jer direktno utiču na funkcionalnost i ekonomsku isplativost projekta, kao i greškama u proračunu ETc u odnosu na referentnu metodu.

Sljedeća tabela prikazuje zbirne ponderisane ocjene za sve metode, što omogućava direktno poređenje njihovih ukupnih performansi u odnosu na definisane kriterijume. Ova tabela predstavlja ključni rezultat multikriterijumske analize.

Tabela 23 Ponderisane ocjene projekata navodnjavanja u zavisnosti od metode proračuna evapotranspiracije

Kriterijum (sa težinom)	Metoda proračuna evapotranspiracije.					
	FAO Penman- Monteith	Hargreaves- Samani	Jensen- Haise	Linacre	McGuinness	Thornthwaite
Efektivna izgubljena površina (10%)	0,1	0,5	0,3	0,2	0,2	0,5
Količina tražene vode (20%)	0,8	0,2	0,2	1	0,2	1
Dostupnost i cijena podataka (10%)	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Preciznost ulaznih podataka (15%)	0,75	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Troškovi izgradnje sistema (20%)	0,6	0,2	0,4	1	0,4	0,8
Složenost sistema (5%)	0,15	0,2	0,2	0,15	0,05	0,25
Greške u proračunu ETc (20%)	1	0,2	0,6	0,2	0,8	0,4
<b>Zbirna ocjena</b>	<b>3,7</b>	<b>2,25</b>	<b>2,65</b>	<b>3,5</b>	<b>2,6</b>	<b>3,9</b>

Na osnovu rezultata multikriterijumske analize (MCA), Thornthwaite metoda ostvaruje najvišu zbirnu ocjenu. Ovaj rezultat proizilazi iz dobrog balansa između niske potrošnje vode, povoljne cijene izgradnje sistema i relativno jednostavne primjene, što je čini posebno pogodnom za projekte sa ograničenim resursima i podacima.

FAO Penman–Monteith metoda i dalje pokazuje visoku tehničku preciznost i zadržava drugo mjesto, dok se Linacre metoda nalazi na trećem mjestu, zadržavajući konkurentnu ocjenu zbog uravnoteženosti između preciznosti i troškovne efikasnosti..

Nasuprot tome, metode kao što su Hargreaves–Samani, McGuinness i Jensen-Haise, iako jednostavne i bazirane na lako dostupnim podacima, pokazuju lošije ukupne ocjene multikriterijumske analize, što direktno smanjuje ukupnu efikasnost u realnim uslovima.

#### 4.4.3 Zaključak multikriterijumske analize

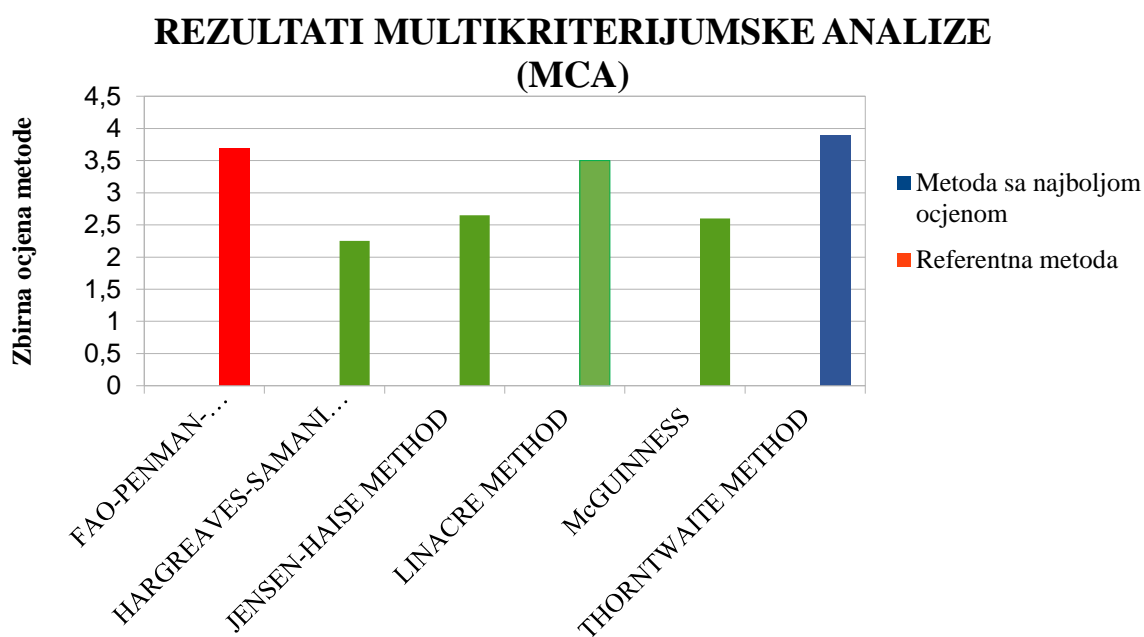
Multikriterijumska analiza potvrđuje da izbor metode proračuna evapotranspiracije ne treba da se bazira isključivo na njenoj teorijskoj tačnosti, već mora biti rezultat višekriterijumske evaluacije, koja uzima u obzir ekonomske, tehničke i infrastrukturne aspekte projekta.

U realnim uslovima, gdje često postoji ograničen budžet, nedostatak zvaničnih podataka ili ograničenja u dostupnoj vodi, metode kao što su Thornthwaite i Linacre mogu predstavljati racionalan kompromis između preciznosti, jednostavnosti i troškovne održivosti.

Iako je FAO Penman–Monteith metoda zadržana kao referentna metoda zbog svoje tehničke superiornosti i zvaničnih meteoroloških podataka, u okviru MCA analize je ocijenjena u ravnopravnom odnosu s ostalim metodama, ne samo u pogledu preciznosti, već i prema kriterijumima kao što su troškovi sistema, količina potrebne vode, složenost i dostupnost podataka.

Ova analiza omogućava objektivno i transparentno poređenje metoda i pomaže u donošenju odluka koje su prilagođene konkretnim uslovima svakog projekta. Takođe, naglašava da niži trošak projekta ne znači mnogo ukoliko sistem ne može biti funkcionalan zbog fizičkih ograničenja, kao što je nedovoljna količina raspoložive vode.

Preporučuje se da se i u budućim projektima navodnjavanja koristi ovakav pristup multikriterijumske analize, kako bi se na sistematski način identifikovala optimalna metodologija, u skladu sa lokalnim uslovima, tehničkim mogućnostima i ekonomskim okvirom.



Slika 21 Prikaz zbirnih ocjena multikriterijumske analize.

## 5. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je da se identifikuje najpogodnija metoda za proračun evapotranspiracije u kontekstu projektovanja sistema navodnjavanja, uzimajući u obzir ograničenja u dostupnosti podataka, troškovima i tehničkoj izvodljivosti.

Iako je FAO Penman–Monteith metoda naučno najpreciznija i ostaje referentni standard, njena primjena u praksi je često izazov zbog složenosti i potrebe za velikim brojem meteoroloških podataka.

Sprovedena multikriterijumska analiza (MCA), koja je obuhvatila šest metoda i sedam kriterijuma, pokazala je da metoda Thornthwaite nudi najbolji kompromis između tačnosti i praktične izvodljivosti. McGuinness metoda pokazala je najbolje slaganje s FAO Penman–Monteith metodom, ako posmatramo rezultate proračuna evapotranspiracije, ali ukupno gledano, Thornthwaite se ističe kao najpogodnija za primjenu u uslovima ograničenih resursa.

Ovo ukazuje na to da empirijske metode mogu predstavljati dobru i racionalnu alternativu referentnoj metodi, pod uslovom da prethodno budu validovane kroz tehno-ekonomsku i višekriterijumsku analizu, pri čemu kategorije i težine kriterijuma mogu varirati u zavisnosti od specifičnosti konkretnog projekta.

Preporučuje se da se ovakve analize sprovedu i u drugim klimatskim regijama (Hercegovina, Semberija, Posavina), čime bi se omogućila šira i pouzdanija primjena empirijskih metoda i ubrzala realizacija projekata navodnjavanja u Republici Srpskoj i šire.

Zaključno, iako FAO Penman–Monteith ostaje referentna i naučno najpreciznija metoda, empirijske metode potvrđene lokalnim višekriterijumskim pristupom mogu predstavljati validnu, efikasnu i racionalnu alternativu za praktičnu primjenu u realnim uslovima, naročito kada su dostupni podaci ograničeni.

## LITERATURA

- [1] P. Waller and M. Yitayew, "Irrigation and Drainage Engineering."
- [2] R. G. Allen, L. S. Pereira, and D. Raes, "Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements)," 1998.
- [3] D. Ugarković, M. Džeko, I. Tikvić, and I. Blažević, "COMPARISON OF METHODS FOR CALCULATING POTENTIAL EVAPOTRANSPIRATION IN DIFFERENT CLIMATE TYPES AND VEGETATION ZONES," *Sumar List*, vol. 148, no. 7–8, pp. 389–402, 2024, doi: 10.31298/sl.148.7-8.6.
- [4] O. Maxander, "The impact of different evapotranspiration models in rainfall runoff modelling using HBV-light-a comparison of six different evapotranspiration models over three catchments in Sweden." [Online]. Available: [www.tvrl.lth.se](http://www.tvrl.lth.se)
- [5] K. C. H. B. D. C. G. M. J. T. A. D. J. M. T. E. Justin L. Huntington, "Climate Engine: Cloud Computing and Visualization of Climate and Remote Sensing Data for Advanced Natural Resource Monitoring and Process Understanding," *Bull Am Meteorol Soc*, vol. 98, 2017.
- [6] Institut za građevinarstvo "IG" d.o.o. Banja Luka, "GLAVNI PROJEKAT RAZVOJA NAVODNJAVANJA NA LOKALITETU KO MILOŠEVAC (lokalitet 'Kruševci'), KO GAREVAC (lokalitet 'Jabuka') i KO DOBRINJA (lokalitet 'Pašinac'), opština Modriča," Banja Luka, 2024.
- [7] O. P. L. Sobrinho, W. L. C. Júnior, L. N. S. dos Santos, G. S. da Silva, Á. I. S. Pereira, and G. G. Tavares, "Empirical methods for reference evapotranspiration estimation," *Scientia Agraria Paranaensis*, vol. 19, no. 3, pp. 203–210, Nov. 2020, doi: 10.18188/sap.v19i3.21487.
- [8] Marina Jozić, "Proračun potencijalne evapotranspiracije," Bachelor thesis, SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU GRAĐEVINSKI FAKULTET OSIJEK, Osijek, 2015.
- [9] M. do R. C. R. J. Antonia Ferreira, "Methodology for Obtaining ETo Data for Climate Change Studies: Quality Analysis and Calibration of the Hargreaves-Samani Equation," *Climate*, vol. 12, p. 205, 2024.
- [10] M. E. Jensen and H. R. Haise, "Estimating Evapotranspiration from Solar Radiation".
- [11] D. R. Maidment, *Handbook of Hydrology*. McGraw-Hill, 1993.

- [12] E. T. Linacre, "A simple formula for estimating evaporation rates in various climates, using temperature data alone," *Agricultural Meteorology*, 1977.
- [13] A. E. A. K. D. Tegos, "A parametric Model for Potential Evapotranspiration Estimation Based on a Simplified Formulation of the Penman-Monteith Equation," InTech, 2013.
- [14] A. Conti, "Dew Point," *Major Reference Works-Meteorology*. Wiley, 2005.
- [15] J. L.; B. E. F. McGuinness, "A Comparison of Lysimeter-Derived Potential Evapotranspiration with Computed Values," Washington, D.C., 1972.
- [16] FAO, *Irrigation design manual*. FAO, 2023. doi: 10.4060/cc4383en.
- [17] R. G. , T. M. , T. R. Allen, "Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (METRIC)-Applications," *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, vol. 133, no. 4, pp. 380–394, 2007.
- [18] K. Zhang, J. S. Kimball, and S. W. Running, "A review of remote sensing based actual evapotranspiration estimation," *WIREs Water*, vol. 3, no. 6, pp. 834–853, Nov. 2016, doi: 10.1002/wat2.1168.
- [19] D. Avakumović, *NAVODNJAVANJE*. Beograd: Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, 2005.
- [20] Institut za građevinarstvo "IG" d.o.o. Banja Luka, "Elaborat o izvedenim inženjersko-geološko-geotehničkim i hidrogeološkim istraživanjima za pilot područje razvoja navodnjavanja na lokalitetu KO Garevac, opština Modriča," Banja Luka, 2023.
- [21] Projekt AD Banja Luka, "Urbanistički plan 'Modriča 2020,'" Jul. 2006.
- [22] JU Novi Urbanistički zavod Republike Srpske, "Prostorni plan Republike Srpske do 2025.godine," Banja Luka, Feb. 2015.
- [23] O. Cetin and A. Yarosh, "Sustainable Use of Soil and Water Resources for Irrigation: Irrigation Efficiency and Water Productivity," *Journal of Agricultural, Food and Environmental Sciences*, vol. 77, no. 1, 2003.
- [24] Amanda Farthing, "Irrigation and and Water Managment:Ensuring Suistainable Agriculture and Environmental Stewardship," *Journal of Agriculture*, vol. 6, no. 4, pp. 103–105, 2023.
- [25] W. Heber Green and G. A. Ampt, "Studies on Soil Phyics.," *J Agric Sci*, vol. 4, no. 1, pp. 1–24, May 1911, doi: 10.1017/S0021859600001441.
- [26] B. Gajić, *Navodnjavanje*. Beograd: Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Beogradu., 2014.
- [27] A. . Phocaides, *Handbook on pressurized irrigation techniques*. FAO, 2007.

- [28] S. i Š. M. Belić, *Navodnjavanje malih poseda*. Beograd: Izdavačka zadruga "GENERALPUBLIC," 1991.
- [29] "Keptank.rs."

## SPISAK SLIKA

Slika 1. <i>Prikaz predmetne lokacije na Google Earth podlozi.</i> .....	16
Slika 2 <i>Infiltraciona kriva tla određena Green-Ampt metodom.</i> .....	19
Slika 3 <i>Objekat pumpne stanice [6]</i> .....	23
Slika 4 <i>Podzemni hidrant [6]</i> .....	23
Slika 5. <i>Hidrauličke karakteristike pumpe tipa UPA 200-130/04GN+UMA 200- 37/21G</i> .....	25
Slika 6. <i>Hidrauličke karakteristike pumpe tipa UPA 300-065/02GB+UMA 200- 65/21G</i> .....	25
Slika 7. <i>Rotirajući raspršivač 5022 [29]</i> .....	26
Slika 8 <i>Promjene ETo za mjesec april (1989-2018.) prema različitim metodama proračuna</i> .....	29
Slika 9 <i>Promjene ETo za mjesec maj (1989-2018.) prema različitim metodama proračuna</i> .....	29
Slika 10 <i>Promjene ETo za mjesec jun (1989-2018.) prema različitim metodama proračuna.</i> .....	30
Slika 11 <i>Promjene ETo za mjesec jul (1989-2018.) prema različitim metodama proračuna</i> .....	30
Slika 12 <i>Promjene ETo za mjesec avgust (1989-2018.) prema različitim metodama proračuna</i> .....	31
Slika 13 <i>Promjene ETo za mjesec septembar (1989-2018.) prema različitim metodama proračuna</i> .....	31
Slika 14 <i>Grafičko upoređivanje rezultata proračuna ETo dobijenih primjenom različitih metoda</i> .....	32
Slika 15 <i>Grafičko upoređivanje rezultata proračuna ETc (kukuruz) dobijenih primjenom različitih metoda.</i> .....	35
Slika 16 <i>Grafičko upoređivanje rezultata proračuna ETc (pšenica) dobijenih primjenom različitih metoda.</i> .....	36
Slika 17 <i>Grafičko upoređivanje rezultata proračuna ETc (soja) dobijenih primjenom različitih metoda.</i> .....	38
Slika 18 <i>Grafičko upoređivanje rezultata proračuna ETc (uljana repica) dobijenih primjenom različitih metoda.</i> .....	40

Slika 19 <i>Grafičko upoređivanje rezultata proračuna potreba za vodom dobijenih primjenom različitih metoda proračuna stvarne evapotranspiracije ETc.</i> .....	43
Slika 20 <i>Vizuelni prikaz rezultata tehno-ekonomske analize projekata.</i> .....	53
Slika 21 <i>Prikaz zbirnih ocjena multikriterijumske analize.</i> .....	56

## SPISAK TABELA

Tabela 1 <i>Koeficijenti kulture <math>k_c</math> za vegetativne mjesece [6]</i> .....	15
Tabela 2 <i>Pregled potrebnih hidrauličkih karakteristika po analiziranim projektima</i> ....	24
Tabela 3 <i>Prosječne mjesečne vrijednosti ETo za vegetativne mjesece posmatrano u vremenskom periodu (1989-2018)</i> .....	33
Tabela 4 <i>Rezultati apsolutne vrijednosti relativne greške (%) proračuna ETo primjenom empirijskih metoda u odnosu na FAO Penman-Monteith metodu</i> .....	33
Tabela 5 <i>Prosječne mjesečne vrijednosti ETc (kc-kukuruz) dobijene primjenom različitih metoda, posmatrano u vremenskom periodu (1989-2018).</i> .....	35
Tabela 6 <i>Rezultati apsolutne vrijednosti relativne greške (%) proračuna ETc (kc-kukuruz) primjenom empirijskih metoda u odnosu na FAO Penman-Monteith.</i> .....	36
Tabela 7 <i>Prosječne mjesečne vrijednosti ETc (kc-pšenica) dobijene primjenom različitih metoda, posmatrano u vremenskom periodu (1989-2018).</i> .....	37
Tabela 8 <i>Rezultati apsolutne vrijednosti relativne greške (%) proračuna ETc (kc-pšenica) primjenom empirijskih metoda u odnosu na FAO Penman-Monteith.</i> .....	37
Tabela 9 <i>Prosječne mjesečne vrijednosti ETc (kc-soja) dobijene primjenom različitih metoda, posmatrano u vremenskom periodu (1989-2018).</i> .....	38
Tabela 10 <i>Rezultati apsolutne vrijednosti relativne greške (%) proračuna ETc (kc-soja) primjenom empirijskih metoda u odnosu na FAO Penman-Monteith.</i> .....	39
Tabela 11 <i>Prosječne mjesečne vrijednosti ETc (kc-uljana repica) dobijene primjenom različitih metoda, posmatrano u vremenskom periodu (1989-2018).</i> .....	39
Tabela 12 <i>Rezultati apsolutne vrijednosti relativne greške (%) proračuna ETc (kc-uljana repica) primjenom empirijskih metoda u odnosu na FAO Penman-Monteith.</i> .....	40
Tabela 13 <i>Pregled apsolutnih prosječnih relativnih grešaka proračuna metode u odnosu na referentnu metodu FAO Penman-Monteith</i> .....	41
Tabela 14 <i>Maksimalne vrijednosti potreba za vodom (mm) određene na osnovu različitih metoda proračuna evapotranspiracije.</i> .....	43

Tabela 15 <i>Vrijednosti relativne greške (%) proračuna PV (potreba za vodom) primjenom empirijskih metoda proračuna stvarne evapotranspiracije (ETc) u odnosu na referentnu FAO Penman-Monteith metodu.....</i>	43
Tabela 16 <i>Vrijednosti hidromodula sistema u zavisnosti od primijenjene metode za proračun evapotranspiracije. ....</i>	45
Tabela 17 <i>Prikaz rezultata dimenzionisanaj sistema za navodnjavanje kišenjem, u zavisnosti od proračunske metode za dobijanje evapotranspiracije kao ulaznog podatka. ....</i>	47
Tabela 18 <i>Proračun minimalne potrebne kote pritiska na hidrantu za sistem sa evapotranspiracijom određenom metodom FAO Penman-Monteith.....</i>	48
Tabela 19 <i>Hidraulički proračun glavnog cjevovoda metodom prolaza uanzad (projekat urađen na osnovu ET dobijene metodom FAO Penman-Monteith). ....</i>	49
Tabela 20 <i>Proračun visinskih kota i pritiska na hidrantskim tačkama metodom prolaza unaprijed (projekat na osnovu ET dobijene FAO Penman-Monteith metodom).....</i>	49
Tabela 21 <i>Troškovi izgradnje sistema navodnjavanja po metodama proračuna ET. ....</i>	52
Tabela 22 <i>Prikaz kriterijuma i dodijeljenih težina u zavisnosti od kategorije, koji su korišteni prilikom izrade MCA analize. ....</i>	54
Tabela 23 <i>Ponderisane ocjene projekata navodnjavanja u zavisnosti od metode proračuna evapotranspiracije .....</i>	55

## **SPISAK PRILOGA**

### **A. Tekstualni i numerički prilozi**

Prilog 1. <i>Uporedni prikaz ulaznih podataka potrebnih za odabrane metode proračuna evapotranspiracije .....</i>	71
Prilog 2 <i>Proračunski koraci i matematičke formulacije za dimenzionisanje sistema za navodnjavanje kišenjem [1], [16], [19], [27], [28]. ....</i>	72
Prilog 3 <i>ETo referentna evapotranspiracija dobijena Thornthwaite metodom .....</i>	73
Prilog 4 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – kukuruz, ETo Thornthwaite model .....</i>	74
Prilog 5 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – pšenica, ETo Thornthwaite model.....</i>	75
Prilog 6 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – soja, ETo Thornthwaite model .....</i>	76
Prilog 7 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – uljana repica, ETo Thornthwaite model..</i>	77
Prilog 8 <i>ETo referentna evapotranspiracija dobijena Hargreaves-Samani metodom ..</i>	78

Prilog 9 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – kukuruz, ETo Hargreaves-Samani model</i>	79
Prilog 10 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – pšenica, ETo Hargreaves-Samani model</i>	80
Prilog 11 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – soja, ETo Hargreaves-Samani model...</i>	81
Prilog 12 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – uljana repica, ETo Hargreaves-Samani model</i>	82
Prilog 13 <i>ETo referentna evapotranspiracija dobijena Jensen-Haise metodom</i>	83
Prilog 14 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – kukuruz, ETo Jensen-Haise model</i>	84
Prilog 15 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – pšenica, ETo Jensen-Haise model</i>	85
Prilog 16 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – soja, ETo Jensen-Haise model</i>	86
Prilog 17 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – uljana repica, ETo Jensen-Haise model</i>	87
Prilog 18 <i>ETo referentna evapotranspiracija dobijena Linacre metodom</i>	88
Prilog 19 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – kukuruz, ETo Linacre model</i>	89
Prilog 20 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – pšenica, ETo Linacre model</i>	90
Prilog 21 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – soja, ETo Linacre model</i>	91
Prilog 22 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – soja, ETo Linacre model</i>	92
Prilog 23 <i>ETo referentna evapotranspiracija dobijena McGuinness metodom</i>	93
Prilog 24 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – kukuruz, ETo McGuinness model</i>	94
Prilog 25 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – pšenica, ETo McGuinness model</i>	95
Prilog 26 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – soja, ETo McGuinness model</i>	96
Prilog 27 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETc) – uljana repica, ETo McGuinness model</i>	97
Prilog 28 <i>Stvarna evapotranspiracija (ETa) – Climate Engine (TerraClimate)</i>	98
Prilog 29 <i>Referentna evapotranspiracija (ETo) – Climate Engine (TerraClimate)</i>	99
Prilog 30 <i>Pregled prosječnih mjesečnih vrijednosti referentne evapotranspiracije (ETo) i stvarne evapotranspiracije (ETc) za četiri kulture, za period 1989.–2018. – FAO Penman-Monteith metoda.</i>	100
Prilog 31 <i>Proračun potreba za vodom po kulturama primjenom FAO preporučene metode za efektivne padavine i FAO Penman-Monteith metode</i>	101
Prilog 32 <i>Proračun potreba za vodom po kulturama primjenom FAO preporučene metode za efektivne padavine i Hargreaves-Samani metode za stvarnu evapotranspiraciju (ETc)</i>	102

Prilog 33 Proračun potreba za vodom po kulturama primjenom FAO preporučene metode za efektivne padavine i Jensen-Haise metode za stvarnu evapotranspiraciju (ETc). .....	103
Prilog 34 Proračun potreba za vodom po kulturama primjenom FAO preporučene metode za efektivne padavine i Linacre metode za stvarnu evapotranspiraciju (ETc).....	104
Prilog 35 Proračun potreba za vodom po kulturama primjenom FAO preporučene metode za efektivne padavine i Guinness metode za stvarnu evapotranspiraciju (ETc). .....	105
Prilog 36 Proračun potreba za vodom po kulturama primjenom FAO preporučene metode za efektivne padavine i Thornthwaite metode za stvarnu evapotranspiraciju (ETc). .....	106
Prilog 37 Proračun minimalne potrebne kote pritiska na hidrantu za sistem sa evapotranspiracijom određenom metodom Hargreaves-Samani. ....	107
Prilog 38 Hidraulički proračun glavnog cjevovoda metodom prolaza unazad (projekat urađen na osnovu ET dobijene metodom Hargreaves-Samani). ....	108
Prilog 39 Proračun visinskih kota i pritisaka na hidrantskim tačkama metodom prolaza unaprijed.(projekat na osnovu ET dobijene Hargreaves-Samani metodom). ....	109
Prilog 40 Proračun minimalne potrebne kote pritiska na hidrantu za sistem sa evapotranspiracijom određenom metodom Jensen-Haise.....	109
Prilog 41 Hidraulički proračun glavnog cjevovoda metodom prolaza unazad (projekat urađen na osnovu ET dobijene metodom Jensen-Haise).....	110
Prilog 42 Proračun visinskih kota i pritisaka na hidrantskim tačkama metodom prolaza unaprijed.(projekat na osnovu ET dobijene Jensen-Haise metodom).....	110
Prilog 43 Proračun minimalne potrebne kote pritiska na hidrantu za sistem sa evapotranspiracijom određenom metodom Linacre. ....	111
Prilog 44 Hidraulički proračun glavnog cjevovoda metodom prolaza unazad (projekat urađen na osnovu ET dobijene metodom Linacre).....	111
Prilog 45 Proračun visinskih kota i pritisaka na hidrantskim tačkama metodom prolaza unaprijed.(projekat na osnovu ET dobijene Linacre metodom). ....	112
Prilog 46 Proračun minimalne potrebne kote pritiska na hidrantu za sistem sa evapotranspiracijom određenom metodom Guinness. ....	112
Prilog 47 Hidraulički proračun glavnog cjevovoda metodom prolaza unazad (projekat urađen na osnovu ET dobijene metodom Guinness). ....	113
Prilog 48 Proračun visinskih kota i pritisaka na hidrantskim tačkama metodom prolaza unaprijed.(projekat na osnovu ET dobijene Guinness metodom). ....	113

Prilog 49 Proračun minimalne potrebne kote pritiska na hidrantu za sistem sa evapotranspiracijom određenom metodom Thornthwaite.....	114
Prilog 50 Hidraulički proračun glavnog cjevovoda metodom prolaza unazad (projekat urađen na osnovu ET dobijene metodom Thornthwaite).....	114
Prilog 51 Proračun visinskih kota i pritisaka na hidrantskim tačkama metodom prolaza unaprijed.(projekat na osnovu ET dobijene Thornthwaite metodom).....	115
Prilog 52 Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Pripremni radovi .....	116
Prilog 53 Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Zemljani radovi-dio I.....	117
Prilog 54 Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Zemljani radovi-dio II .....	118
Prilog 55 Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Betonski radovi.....	119
Prilog 56 Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Armirački radovi .....	120
Prilog 57 Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio I-vodovodna mreža .....	121
Prilog 58 Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio II-tipski šaht 1.....	122
Prilog 59 Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio III-tipski šaht 2 .....	123
Prilog 60 Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio IV-tipski šaht 3.....	124
Prilog 61 Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio V-tipski šaht 4.....	125
Prilog 62 Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio VI-tipski šaht 5.....	126
Prilog 63 Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio VII-tipski šaht 6 .....	127
Prilog 64 Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio VIII-tipski šaht 7.....	128

Prilog 65 <i>Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio IX-tipski šaht 8.....</i>	129
Prilog 66 <i>Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio X-tipski šaht 9.....</i>	130
Prilog 67 <i>Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio XI-tipski šaht 10.....</i>	131
Prilog 68 <i>Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio XII-tipski šaht 11 .....</i>	132
Prilog 69 <i>Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio XIII-tipski šaht 19.....</i>	133
Prilog 70 <i>Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio XIV-pumpna stanica ....</i>	134
Prilog 71 <i>Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Bravarski radovi.....</i>	135
Prilog 72 <i>Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Ostali radovi.....</i>	135
Prilog 73 <i>Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Rekapitulacija.....</i>	136

## **B. Grafički prilozi**

Grafički prilog broj 1. <i>Šema sistema navodnjavanja sa tehničkim elementima (ET dobijena FAO Penman-Monteith metodom).....</i>	R 1:2500
Grafički prilog broj 2. <i>Šema sistema navodnjavanja sa tehničkim elementima (ET dobijena Hargreaves-Samani metodom).....</i>	R 1:2500
Grafički prilog broj 3. <i>Šema sistema navodnjavanja sa tehničkim elementima (ET dobijena Jensen – Haise metodom).....</i>	R 1:2500
Grafički prilog broj 4. <i>Šema sistema navodnjavanja sa tehničkim elementima (ET dobijena Linacre metodom).....</i>	R 1:2500
Grafički prilog broj 5. <i>Šema sistema navodnjavanja sa tehničkim elementima (ET dobijena McGuinness metodom).....</i>	R 1:2500
Grafički prilog broj 6. <i>Šema sistema navodnjavanja sa tehničkim elementima (ET dobijena Thornthwaite metodom).....</i>	R 1:2500

Grafički prilog broj 7. <i>Podužni profil glavnog cjevovoda sistema navodnjavanja (ET dobijena Fao Penman-Monteith metodom)</i> .....	R 1:1000/100
Grafički prilog broj 8. <i>Podužni profil glavnog cjevovoda sistema navodnjavanja (ET dobijena Hargreaves- Samani metodom)</i> .....	R 1:1000/100
Grafički prilog broj 9. <i>Podužni profil glavnog cjevovoda sistema navodnjavanja (ET dobijena Jensen-Haise metodom)</i> .....	R 1:1000/100
Grafički prilog broj 10. <i>Podužni profil glavnog cjevovoda sistema navodnjavanja (ET dobijena Linacre metodom)</i> .....	R 1:1000/100
Grafički prilog broj 11. <i>Podužni profil glavnog cjevovoda sistema navodnjavanja (ET dobijena McGuinness metodom)</i> .....	R 1:1000/100
Grafički prilog broj 12. <i>Podužni profil glavnog cjevovoda sistema navodnjavanja (ET dobijena Thornthwaite metodom)</i> .....	R 1:1000/100
Grafički prilog broj 13. <i>Detalj šahta TIP-1</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 14. <i>Detalj šahta TIP-2</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 15. <i>Detalj šahta TIP-3</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 16. <i>Detalj šahta TIP-4</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 17. <i>Detalj šahta TIP-5</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 18. <i>Detalj šahta TIP-6</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 19. <i>Detalj šahta TIP-7</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 20. <i>Detalj šahta TIP-8</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 21. <i>Detalj šahta TIP-9</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 22. <i>Detalj šahta TIP-10</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 23. <i>Detalj šahta TIP-11</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 24. <i>Detalj šahta TIP-12</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 25. <i>Detalj šahta TIP-13</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 26. <i>Detalj šahta TIP-14</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 27. <i>Detalj šahta TIP-15</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 28. <i>Detalj šahta TIP-16</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 29. <i>Detalj šahta TIP-17</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 30. <i>Detalj šahta TIP-18</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 31. <i>Detalj šahta TIP-19</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 32. <i>Detalj šahta TIP-20</i> .....	R 1:25
Grafički prilog broj 33. <i>Detalj osiguranja rova za postavljanje vodovodnih cijevi</i> .....	R 1:25

Grafički prilog broj 34. <i>Detalj rova vodovodnih cijevi</i> .....	R 1:50
Grafički prilog broj 35. <i>Osnova pumpne stanice – pumpo DN125</i> .....	R 1:50
Grafički prilog broj 36.1 <i>Presjek 1-1 pumpne stanice – pumpo DN125</i> .....	R 1:50
Grafički prilog broj 36.2 <i>Presjek 1-1 pumpne stanice (sa prikazom bunara) – pumpo DN125</i> .....	R 1:200
Grafički prilog broj 37. <i>Osnova pumpne stanice – pumpo DN150</i> .....	R 1:50
Grafički prilog broj 38.1 <i>Presjek 1-1 pumpne stanice – pumpo DN150</i> .....	R 1:50
Grafički prilog broj 38.2 <i>Presjek 1-1 pumpne stanice (sa prikazom bunara) – pumpo DN150</i> .....	R 1:200

## **PRILOZI**

### **A. Tekstualni i numerički**

Prilog 1. Uporedni prikaz ulaznih podataka potrebnih za odabrane metode proračuna evapotranspiracije

PRORAČUNSKE METODE	PODACI																	
	N	d	T <sub>mean</sub>	I	α	T <sub>max</sub>	T <sub>min</sub>	R <sub>a</sub>	T <sub>dew</sub>	Lat	h	λ	R <sub>n</sub>	G	Δ	γ	u <sub>2</sub>	es-ea
	h	dan	°C	°C	-	°C	°C	MJm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup>	°C		m	MJkg <sup>-1</sup>	MJm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup>	MJm <sup>-2</sup> day <sup>-1</sup>	kPa/°C	kPa/°C	m/s	kPa
Thornthwaite model	✓	✓	✓	✓	✓													
Hargreaves-Samani model			✓			✓	✓	✓										
Linacre model			✓						✓	✓	✓							
Jensen-Haise model			✓					✓				✓						
Mc Guinness model			✓					✓				✓						
FAO Penman-Monteith model			✓										✓	✓	✓	✓	✓	✓

- ✓ = Potreban podatak za datu metodu
- **N** – Prosječni broj sati dnevne svjetlosti za svaki mjesec
- **d** – Broj dana u mjesecu
- **T<sub>mean</sub>** – Srednja mjesečna temperatura zraka
- **I** – Godišnji indeks toplote
- **α** – Koeficijent koji se računa na osnovu izraza u Thornthwaite metodi
- **T<sub>max</sub> / T<sub>min</sub>** – Maksimalna / minimalna dnevna temperatura
- **R<sub>a</sub>** – Vanzemaljska (ekstra-terestrička) radijacija
- **T<sub>dew</sub>** – Temperatura rosišta
- **Lat** – Geografska širina mjernog stajališta
- **h** – Nadmorska visina mjernog stajališta

- **λ** – Latentna toplota isparavanja (obično 2.45 MJ/kg)
- **R<sub>n</sub>** – Neto radijacija
- **G** – Tok toplote u tlo
- **Δ** – Izvod krive zasićene vodene pare
- **γ** – Psihometrijska konstanta
- **u<sub>2</sub>** – Brzina vjetra na visini od 2 m
- **es-ea** – Deficit zasićenja vodene pare
  - **es** – Pritisak zasićene vodene pare
  - **ea** – Stvarni pritisak vodene pare

Prilog 2 Proračunski koraci i matematičke formulacije za dimenzionisanje sistema za navodnjavanje kišenjem [1], [16], [19], [27], [28].

Naziv proračunskog koraka	Numerički izraz
Razmak između prskača na kišnoj liniji	$l_p=l_k=\sqrt{2} \times R$ (kvadratna šema)
Kriterijum određivanje broja prskača na kišnoj liniji	$\Delta Ek \leq 0.2 * \frac{p_{min}}{\rho * g}$
Turnus zalivanja (broj premještanja u toku turnusa)	$\tau = \frac{Dn}{q}$
Minimalan intezitet kišenja	$lk, min = \frac{\bar{q}_p}{A_{p, max}}$
Maksimalan intezitet kišenja	$lk, max = \frac{\bar{q}_p}{A_{p, min}}$
Trajanje kišenja	$\tau k = \frac{Dn}{lk}$
Dimenzije parcele $L_p \times L_k$	$L_k=s * l_p$ $L_p=n_p^{uk} * l_k$
Zalivne površine iz jednog položaja	$A_{p, max}=(\sqrt{2}R)^2$ $A_{p, min}=R^2$
Broj dnevnih premještanja kišnog krila	$n_p^{dn} = \frac{Tdn}{(tk+tp)}$
Ukupan broj premještanja	$n_p^{uk} = n_p^{dn} * \tau$
Broj hidranata na parceli	$L_h=L_p / n_h$ Preporuka da $L_h < 100$ (120)m
Efektivno vrijeme rada sistema za navodnjavanje	$Td=(16,18,20$ ili $22h)$ U radu usvojeno 16h.
Vrijeme potrebno za premještanje kišnog krila	$t_p = s * 5min$
Minimalna kota na hidrantu	$\Pi_h^{min}=z_{ter} + \frac{p_{min}}{\rho g} + \Delta E_k + \Delta E_{pr}$
Gubici energije na pomoćnom razvodniku	$\Delta E_{pr} = \frac{8 * \lambda * L_{pr}}{D_{pr}^5 * \pi^2 * g} * Q_{pr}^2$
Dužina pomoćnog razvodnika	$L_{pom. r} = \frac{lh - lk}{2}$
Protok kroz pomoćni razvodnik	$Q_{pr}=s * \bar{q}_p$
Brzina vode u cijevi	$v = \frac{Q_{pr}}{A}$
Koeficijent trenja	$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{k}{3,71 D} + \frac{5,1286}{R^{0,89}} \right)$
Reynoldsov broj	$Re = \frac{v * D}{\nu}$
Hidromodul sistema	$q = \max \frac{PVsr}{n}$

Prilog 3 *ETo referentna evapotranspiracija dobijena Thornthwaite metodom*

Evapotranspiracija po Thornthwaite modelu $ET_p \times k = ETo$ (mm/mjes)						
.	<b>April</b>	<b>Maj</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Avgust</b>	<b>Septembar</b>
1989	62,85	88,50	105,15	136,67	114,37	75,65
1990	50,47	99,03	116,37	131,54	118,70	67,09
1991	45,57	71,57	122,24	142,92	116,78	84,11
1992	51,27	90,80	110,42	128,23	127,36	75,12
1993	51,12	105,00	116,22	124,44	116,75	69,66
1994	46,25	85,50	109,35	140,27	118,71	83,11
1995	53,17	89,00	111,29	150,81	111,11	67,83
1996	55,44	103,48	126,51	124,70	114,86	58,21
1997	35,59	101,08	124,45	128,09	115,81	78,18
1998	55,62	87,36	124,02	133,18	115,44	67,57
1999	54,95	90,70	114,16	129,70	110,68	83,00
2000	60,72	95,64	120,17	117,77	122,87	66,04
2001	47,52	103,62	106,54	135,65	127,53	62,33
2002	46,65	101,75	124,93	135,94	108,44	65,50
2003	41,40	105,53	120,91	127,03	123,92	64,40
2004	55,68	83,84	116,47	136,20	117,11	73,90
2005	53,93	97,45	117,21	132,66	103,35	78,60
2006	56,27	87,44	113,59	145,52	99,40	80,98
2007	58,17	93,89	124,61	137,17	112,61	56,75
2008	51,48	95,83	123,25	130,18	117,29	65,17
2009	61,20	94,86	102,76	129,43	115,90	79,04
2010	54,15	89,17	116,99	141,74	114,92	66,24
2011	56,65	85,78	115,30	122,29	116,46	86,72
2012	47,31	82,49	119,50	137,52	121,10	75,27
2013	56,54	88,11	111,86	138,54	122,73	65,42
2014	58,43	86,30	121,01	132,36	111,28	73,82
2015	46,29	87,54	113,60	141,28	121,59	72,91
2016	58,29	84,21	118,70	135,60	107,36	79,04
2017	44,69	88,97	126,00	135,76	123,76	64,02
2018	62,92	98,87	109,72	121,11	118,38	72,21

Prilog 4 Stvarna evapotranspiracija (ETc) – kukuruz, ETo Thornthwaite model

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-kukuruz (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar
1989	13,83	49,56	108,31	164,01	125,81	26,48
1990	11,10	55,46	119,87	157,85	130,57	23,48
1991	10,03	40,08	125,91	171,51	128,46	29,44
1992	11,28	50,85	113,74	153,87	140,09	26,29
1993	11,25	58,80	119,71	149,33	128,43	24,38
1994	10,18	47,88	112,63	168,33	130,58	29,09
1995	11,70	49,84	114,62	180,97	122,22	23,74
1996	12,20	57,95	130,31	149,64	126,34	20,37
1997	7,83	56,61	128,19	153,71	127,39	27,36
1998	12,24	48,92	127,74	159,82	126,98	23,65
1999	12,09	50,79	117,59	155,64	121,75	29,05
2000	13,36	53,56	123,77	141,32	135,16	23,11
2001	10,46	58,03	109,73	162,78	140,28	21,82
2002	10,26	56,98	128,68	163,12	119,28	22,93
2003	9,11	59,10	124,54	152,44	136,31	22,54
2004	12,25	46,95	119,97	163,44	128,82	25,86
2005	11,86	54,57	120,73	159,19	113,68	27,51
2006	12,38	48,97	117,00	174,62	109,34	28,34
2007	12,80	52,58	128,35	164,61	123,88	19,86
2008	11,33	53,66	126,94	156,21	129,02	22,81
2009	13,46	53,12	105,85	155,32	127,49	27,66
2010	11,91	49,93	120,50	170,08	126,41	23,19
2011	12,46	48,04	118,76	146,75	128,11	30,35
2012	10,41	46,20	123,09	165,02	133,21	26,34
2013	12,44	49,34	115,21	166,25	135,01	22,90
2014	12,85	48,33	124,64	158,83	122,41	25,84
2015	10,18	49,02	117,01	169,54	133,75	25,52
2016	12,82	47,16	122,26	162,72	118,10	27,67
2017	9,83	49,82	129,78	162,91	136,14	22,41
2018	13,84	55,36	113,01	145,33	130,21	25,28

Prilog 5 Stvarna evapotranspiracija (ETc) – pšenica, ETo Thornthwaite model

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-pšenica (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar
1989	66,00	92,93	26,29	0	0	0
1990	52,99	103,98	29,09	0	0	0
1991	47,85	75,15	30,56	0	0	0
1992	53,84	95,33	27,61	0	0	0
1993	53,68	110,25	29,06	0	0	0
1994	48,57	89,78	27,34	0	0	0
1995	55,83	93,45	27,82	0	0	0
1996	58,22	108,66	31,63	0	0	0
1997	37,37	106,14	31,11	0	0	0
1998	58,41	91,73	31,00	0	0	0
1999	57,70	95,23	28,54	0	0	0
2000	63,76	100,42	30,04	0	0	0
2001	49,90	108,80	26,63	0	0	0
2002	48,98	106,84	31,23	0	0	0
2003	43,47	110,81	30,23	0	0	0
2004	58,46	88,04	29,12	0	0	0
2005	56,63	102,33	29,30	0	0	0
2006	59,08	91,82	28,40	0	0	0
2007	61,08	98,58	31,15	0	0	0
2008	54,06	100,62	30,81	0	0	0
2009	64,26	99,61	25,69	0	0	0
2010	56,85	93,62	29,25	0	0	0
2011	59,48	90,07	28,83	0	0	0
2012	49,68	86,62	29,88	0	0	0
2013	59,37	92,51	27,96	0	0	0
2014	61,35	90,61	30,25	0	0	0
2015	48,61	91,91	28,40	0	0	0
2016	61,20	88,42	29,67	0	0	0
2017	46,92	93,42	31,50	0	0	0
2018	66,06	103,81	27,43	0	0	0

Prilog 6 Stvarna evapotranspiracija (ETc) – soja, ETo Thornthwaite model

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-soja (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
	<b>April</b>	<b>Maj</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Av gust</b>	<b>Septembar</b>
1989	22,00	66,38	78,86	150,34	125,81	56,74
1990	17,66	74,27	87,28	144,70	130,57	50,32
1991	15,95	53,68	91,68	157,22	128,46	63,08
1992	17,95	68,10	82,82	141,05	140,09	56,34
1993	17,89	78,75	87,17	136,88	128,43	52,25
1994	16,19	64,13	82,02	154,30	130,58	62,33
1995	18,61	66,75	83,46	165,89	122,22	50,87
1996	19,41	77,61	94,88	137,17	126,34	43,66
1997	12,46	75,81	93,34	140,90	127,39	58,63
1998	19,47	65,52	93,01	146,50	126,98	50,68
1999	19,23	68,02	85,62	142,67	121,75	62,25
2000	21,25	71,73	90,13	129,54	135,16	49,53
2001	16,63	77,72	79,90	149,21	140,28	46,75
2002	16,33	76,31	93,70	149,53	119,28	49,13
2003	14,49	79,15	90,68	139,73	136,31	48,30
2004	19,49	62,88	87,35	149,82	128,82	55,42
2005	18,88	73,09	87,91	145,92	113,68	58,95
2006	19,69	65,58	85,19	160,07	109,34	60,73
2007	20,36	70,41	93,46	150,89	123,88	42,56
2008	18,02	71,87	92,43	143,20	129,02	48,88
2009	21,42	71,15	77,07	142,38	127,49	59,28
2010	18,95	66,87	87,74	155,91	126,41	49,68
2011	19,83	64,33	86,48	134,52	128,11	65,04
2012	16,56	61,87	89,63	151,27	133,21	56,45
2013	19,79	66,08	83,89	152,39	135,01	49,07
2014	20,45	64,72	90,76	145,60	122,41	55,37
2015	16,20	65,65	85,20	155,41	133,75	54,68
2016	20,40	63,16	89,02	149,16	118,10	59,28
2017	15,64	66,73	94,50	149,33	136,14	48,02
2018	22,02	74,15	82,29	133,22	130,21	54,16

Prilog 7 Stvarna evapotranspiracija (ETc) – uljana repica, ETo Thornthwaite model

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-uljana repica (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
	<b>April</b>	<b>Maj</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Avgust</b>	<b>Septembar</b>
1989	66,00	92,93	42,06	0	0	26,48
1990	52,99	103,98	46,55	0	0	23,48
1991	47,85	75,15	48,90	0	0	29,44
1992	53,84	95,33	44,17	0	0	26,29
1993	53,68	110,25	46,49	0	0	24,38
1994	48,57	89,78	43,74	0	0	29,09
1995	55,83	93,45	44,51	0	0	23,74
1996	58,22	108,66	50,60	0	0	20,37
1997	37,37	106,14	49,78	0	0	27,36
1998	58,41	91,73	49,61	0	0	23,65
1999	57,70	95,23	45,67	0	0	29,05
2000	63,76	100,42	48,07	0	0	23,11
2001	49,90	108,80	42,62	0	0	21,82
2002	48,98	106,84	49,97	0	0	22,93
2003	43,47	110,81	48,36	0	0	22,54
2004	58,46	88,04	46,59	0	0	25,86
2005	56,63	102,33	46,88	0	0	27,51
2006	59,08	91,82	45,44	0	0	28,34
2007	61,08	98,58	49,84	0	0	19,86
2008	54,06	100,62	49,30	0	0	22,81
2009	64,26	99,61	41,11	0	0	27,66
2010	56,85	93,62	46,79	0	0	23,19
2011	59,48	90,07	46,12	0	0	30,35
2012	49,68	86,62	47,80	0	0	26,34
2013	59,37	92,51	44,74	0	0	22,90
2014	61,35	90,61	48,41	0	0	25,84
2015	48,61	91,91	45,44	0	0	25,52
2016	61,20	88,42	47,48	0	0	27,67
2017	46,92	93,42	50,40	0	0	22,41
2018	66,06	103,81	43,89	0	0	25,28

Prilog 8 ETo referentna evapotranspiracija dobijena Hargreaves-Samani metodom

Evapotranspiracija po Hargreaves-Samani modelu ETo (mm/mjes)						
	<b>April</b>	<b>Maj</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Avgust</b>	<b>Septembar</b>
1989	109,83	146,95	154,10	215,10	175,77	114,71
1990	97,65	168,07	181,27	241,14	235,54	113,39
1991	96,22	115,02	205,30	209,80	195,25	145,42
1992	119,02	185,72	172,68	232,73	263,83	152,85
1993	112,41	191,94	214,14	242,08	229,73	127,75
1994	102,46	177,86	199,61	253,56	235,01	146,49
1995	109,02	146,11	171,26	259,62	189,84	108,22
1996	104,50	155,11	220,13	224,17	187,17	79,76
1997	93,54	180,16	201,83	195,88	196,20	148,37
1998	107,67	151,19	209,12	231,73	216,52	105,15
1999	99,35	158,57	194,35	216,34	202,02	139,26
2000	130,57	204,87	252,60	229,75	255,10	122,08
2001	104,13	194,06	183,21	215,42	240,53	92,42
2002	102,83	184,51	234,63	239,84	176,29	105,67
2003	121,36	221,38	242,43	247,75	260,81	134,62
2004	88,08	146,53	186,35	222,61	217,63	128,85
2005	116,07	176,55	200,83	216,55	155,72	121,65
2006	104,26	164,63	196,00	265,37	162,41	147,08
2007	155,82	175,43	221,45	280,90	220,49	112,21
2008	97,33	187,70	197,67	219,20	240,96	103,45
2009	134,08	198,93	181,70	259,67	230,63	149,67
2010	108,18	124,70	175,61	245,91	217,99	103,08
2011	135,20	185,94	207,48	215,26	247,10	173,10
2012	110,25	168,36	231,27	270,75	274,03	148,68
2013	125,50	151,16	192,66	275,23	241,01	115,70
2014	109,85	142,55	204,72	206,61	195,64	109,25
2015	128,49	161,76	211,00	267,62	229,03	122,75
2016	127,11	150,44	200,89	229,69	208,63	140,08
2017	108,27	171,93	232,25	265,02	254,09	110,98
2018	146,38	199,83	176,55	221,57	231,69	146,76

Prilog 9 Stvarna evapotranspiracija (ETc) – kukuruz, ETo Hargreaves-Samani model

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-kukuruz (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar
1989	24,16	82,29	158,73	258,12	193,35	40,15
1990	21,48	94,12	186,71	289,37	259,09	39,69
1991	21,17	64,41	211,46	251,76	214,77	50,90
1992	26,18	104,00	177,86	279,28	290,21	53,50
1993	24,73	107,49	220,57	290,49	252,70	44,71
1994	22,54	99,60	205,59	304,27	258,51	51,27
1995	23,99	81,82	176,40	311,55	208,82	37,88
1996	22,99	86,86	226,73	269,00	205,89	27,92
1997	20,58	100,89	207,89	235,05	215,82	51,93
1998	23,69	84,67	215,39	278,08	238,17	36,80
1999	21,86	88,80	200,18	259,60	222,22	48,74
2000	28,73	114,73	260,17	275,70	280,61	42,73
2001	22,91	108,67	188,70	258,51	264,58	32,35
2002	22,62	103,33	241,67	287,80	193,92	36,98
2003	26,70	123,97	249,70	297,31	286,89	47,12
2004	19,38	82,06	191,94	267,14	239,40	45,10
2005	25,54	98,87	206,85	259,87	171,29	42,58
2006	22,94	92,19	201,88	318,44	178,65	51,48
2007	34,28	98,24	228,09	337,08	242,54	39,27
2008	21,41	105,11	203,60	263,04	265,06	36,21
2009	29,50	111,40	187,15	311,61	253,69	52,39
2010	23,80	69,83	180,88	295,09	239,79	36,08
2011	29,74	104,13	213,70	258,31	271,81	60,58
2012	24,25	94,28	238,21	324,90	301,43	52,04
2013	27,61	84,65	198,44	330,27	265,12	40,50
2014	24,17	79,83	210,86	247,93	215,21	38,24
2015	28,27	90,59	217,33	321,15	251,94	42,96
2016	27,96	84,25	206,91	275,62	229,50	49,03
2017	23,82	96,28	239,22	318,02	279,50	38,84
2018	32,20	111,91	181,84	265,89	254,86	51,37

Prilog 10 Stvarna evapotranspiracija (ETc) – pšenica, ETo Hargreaves-Samani model

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-pšenica (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar
1989	115,32	154,30	38,53	0	0	0
1990	102,53	176,47	45,32	0	0	0
1991	101,04	120,77	51,33	0	0	0
1992	124,97	195,01	43,17	0	0	0
1993	118,03	201,54	53,54	0	0	0
1994	107,58	186,75	49,90	0	0	0
1995	114,48	153,42	42,81	0	0	0
1996	109,72	162,87	55,03	0	0	0
1997	98,22	189,17	50,46	0	0	0
1998	113,06	158,75	52,28	0	0	0
1999	104,32	166,50	48,59	0	0	0
2000	137,10	215,12	63,15	0	0	0
2001	109,34	203,76	45,80	0	0	0
2002	107,98	193,74	58,66	0	0	0
2003	127,43	232,45	60,61	0	0	0
2004	92,49	153,86	46,59	0	0	0
2005	121,88	185,38	50,21	0	0	0
2006	109,48	172,86	49,00	0	0	0
2007	163,61	184,20	55,36	0	0	0
2008	102,19	197,08	49,42	0	0	0
2009	140,78	208,88	45,43	0	0	0
2010	113,59	130,93	43,90	0	0	0
2011	141,96	195,24	51,87	0	0	0
2012	115,76	176,77	57,82	0	0	0
2013	131,78	158,72	48,16	0	0	0
2014	115,34	149,68	51,18	0	0	0
2015	134,91	169,85	52,75	0	0	0
2016	133,47	157,96	50,22	0	0	0
2017	113,68	180,52	58,06	0	0	0
2018	153,70	209,83	44,14	0	0	0

Prilog 11 *Stvarna evapotranspiracija (ETc) – soja, ETo Hargreaves-Samani model*

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-soja (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
	<b>April</b>	<b>Maj</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Avgust</b>	<b>Septembar</b>
1989	38,44	110,21	115,58	236,61	193,35	86,03
1990	34,18	126,05	135,95	265,26	259,09	85,04
1991	33,68	86,27	153,98	230,78	214,77	109,07
1992	41,66	139,29	129,51	256,00	290,21	114,64
1993	39,34	143,96	160,61	266,29	252,70	95,81
1994	35,86	133,40	149,70	278,92	258,51	109,87
1995	38,16	109,59	128,44	285,59	208,82	81,16
1996	36,57	116,33	165,09	246,59	205,89	59,82
1997	32,74	135,12	151,38	215,46	215,82	111,28
1998	37,69	113,39	156,84	254,90	238,17	78,86
1999	34,77	118,93	145,76	237,97	222,22	104,45
2000	45,70	153,65	189,45	252,72	280,61	91,56
2001	36,45	145,54	137,41	236,96	264,58	69,32
2002	35,99	138,39	175,97	263,82	193,92	79,25
2003	42,48	166,03	181,82	272,53	286,89	100,97
2004	30,83	109,90	139,76	244,87	239,40	96,64
2005	40,63	132,41	150,62	238,21	171,29	91,24
2006	36,49	123,47	147,00	291,91	178,65	110,31
2007	54,54	131,57	166,09	308,99	242,54	84,15
2008	34,06	140,77	148,25	241,12	265,06	77,58
2009	46,93	149,20	136,28	285,64	253,69	112,25
2010	37,86	93,52	131,71	270,50	239,79	77,31
2011	47,32	139,46	155,61	236,79	271,81	129,82
2012	38,59	126,27	173,45	297,83	301,43	111,51
2013	43,93	113,37	144,49	302,75	265,12	86,78
2014	38,45	106,92	153,54	227,27	215,21	81,94
2015	44,97	121,32	158,25	294,39	251,94	92,06
2016	44,49	112,83	150,66	252,66	229,50	105,06
2017	37,89	128,94	174,19	291,52	279,50	83,24
2018	51,23	149,88	132,41	243,73	254,86	110,07

Prilog 12 *Stvarna evapotranspiracija (ETc) – uljana repica, ETo Hargreaves-Samani model*

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-uljana repica (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
	<b>April</b>	<b>Maj</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Avgust</b>	<b>Septembar</b>
1989	115,32	154,30	61,64	0	0	40,15
1990	102,53	176,47	72,51	0	0	39,69
1991	101,04	120,77	82,12	0	0	50,90
1992	124,97	195,01	69,07	0	0	53,50
1993	118,03	201,54	85,66	0	0	44,71
1994	107,58	186,75	79,84	0	0	51,27
1995	114,48	153,42	68,50	0	0	37,88
1996	109,72	162,87	88,05	0	0	27,92
1997	98,22	189,17	80,73	0	0	51,93
1998	113,06	158,75	83,65	0	0	36,80
1999	104,32	166,50	77,74	0	0	48,74
2000	137,10	215,12	101,04	0	0	42,73
2001	109,34	203,76	73,28	0	0	32,35
2002	107,98	193,74	93,85	0	0	36,98
2003	127,43	232,45	96,97	0	0	47,12
2004	92,49	153,86	74,54	0	0	45,10
2005	121,88	185,38	80,33	0	0	42,58
2006	109,48	172,86	78,40	0	0	51,48
2007	163,61	184,20	88,58	0	0	39,27
2008	102,19	197,08	79,07	0	0	36,21
2009	140,78	208,88	72,68	0	0	52,39
2010	113,59	130,93	70,24	0	0	36,08
2011	141,96	195,24	82,99	0	0	60,58
2012	115,76	176,77	92,51	0	0	52,04
2013	131,78	158,72	77,06	0	0	40,50
2014	115,34	149,68	81,89	0	0	38,24
2015	134,91	169,85	84,40	0	0	42,96
2016	133,47	157,96	80,35	0	0	49,03
2017	113,68	180,52	92,90	0	0	38,84
2018	153,70	209,83	70,62	0	0	51,37

Prilog 13 ETo referentna evapotranspiracija dobijena Jensen-Haise metodom

Evapotranspiracija po Jensen Haise modelu ETo (mm/mjes)						
.	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar
1989	59,98	89,57	103,77	148,19	116,32	69,75
1990	49,70	104,26	120,35	156,99	149,54	63,99
1991	44,96	66,09	136,48	147,06	128,87	87,42
1992	63,51	117,29	120,53	155,96	172,09	89,32
1993	57,47	123,55	143,96	158,07	150,80	73,86
1994	53,84	111,48	134,94	173,58	157,45	92,43
1995	56,18	90,92	116,28	179,61	124,90	62,98
1996	53,67	103,72	147,98	146,75	127,27	45,22
1997	39,08	113,28	139,60	133,33	129,98	87,28
1998	58,61	94,05	147,07	160,61	143,41	64,00
1999	54,85	101,81	133,17	151,33	137,90	86,59
2000	75,79	129,31	169,27	154,02	169,50	72,28
2001	51,60	122,57	119,06	147,59	157,41	53,73
2002	52,22	119,41	161,20	163,36	120,33	63,38
2003	58,32	140,52	162,55	166,47	172,21	77,37
2004	46,15	88,90	127,46	150,51	141,54	75,57
2005	59,48	110,02	132,81	148,51	105,07	73,39
2006	57,60	102,05	130,19	177,59	107,96	88,51
2007	86,02	112,78	155,57	184,23	150,08	63,16
2008	54,42	120,82	141,45	149,73	159,19	62,89
2009	77,59	127,53	122,63	174,98	156,28	92,01
2010	57,63	84,68	121,42	168,87	147,94	60,90
2011	73,45	110,23	145,51	147,13	162,37	106,63
2012	58,91	104,36	160,66	188,27	180,19	90,07
2013	69,20	99,55	131,77	182,51	159,55	68,60
2014	59,60	88,56	136,75	141,83	130,25	64,70
2015	65,18	106,23	145,64	185,22	153,74	77,24
2016	69,90	92,57	139,52	158,20	136,41	85,34
2017	55,80	108,13	160,50	177,56	168,26	65,50
2018	86,46	133,75	123,40	151,87	156,23	89,50

Prilog 14 *Stvarna evapotranspiracija (ETc) – kukuruz, ETo Jensen-Haise model*

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-kukuruz (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
-	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar
1989	13,20	50,16	106,88	177,83	127,95	24,41
1990	10,93	58,39	123,96	188,38	164,49	22,40
1991	9,89	37,01	140,57	176,47	141,76	30,60
1992	13,97	65,68	124,15	187,15	189,30	31,26
1993	12,64	69,19	148,28	189,69	165,88	25,85
1994	11,85	62,43	138,99	208,29	173,19	32,35
1995	12,36	50,91	119,77	215,53	137,39	22,04
1996	11,81	58,08	152,42	176,10	139,99	15,83
1997	8,60	63,44	143,79	159,99	142,97	30,55
1998	12,89	52,67	151,48	192,74	157,75	22,40
1999	12,07	57,01	137,16	181,60	151,69	30,31
2000	16,67	72,42	174,35	184,83	186,46	25,30
2001	11,35	68,64	122,63	177,11	173,15	18,81
2002	11,49	66,87	166,04	196,03	132,36	22,18
2003	12,83	78,69	167,43	199,76	189,43	27,08
2004	10,15	49,78	131,29	180,61	155,69	26,45
2005	13,09	61,61	136,80	178,21	115,58	25,69
2006	12,67	57,15	134,09	213,11	118,76	30,98
2007	18,92	63,16	160,24	221,07	165,09	22,11
2008	11,97	67,66	145,69	179,68	175,11	22,01
2009	17,07	71,42	126,30	209,98	171,91	32,20
2010	12,68	47,42	125,06	202,65	162,73	21,31
2011	16,16	61,73	149,88	176,56	178,61	37,32
2012	12,96	58,44	165,48	225,92	198,21	31,52
2013	15,22	55,75	135,73	219,01	175,51	24,01
2014	13,11	49,59	140,85	170,20	143,27	22,64
2015	14,34	59,49	150,01	222,27	169,12	27,03
2016	15,38	51,84	143,71	189,83	150,05	29,87
2017	12,28	60,55	165,31	213,08	185,09	22,92
2018	19,02	74,90	127,10	182,24	171,85	31,33

Prilog 15 Stvarna evapotranspiracija (ETc) – pšenica, ETo Jensen-Haise model

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-pšenica (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
-	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar
1989	62,98	94,05	25,94	0	0	0
1990	52,19	109,48	30,09	0	0	0
1991	47,21	69,40	34,12	0	0	0
1992	66,69	123,16	30,13	0	0	0
1993	60,34	129,73	35,99	0	0	0
1994	56,53	117,05	33,73	0	0	0
1995	58,99	95,46	29,07	0	0	0
1996	56,35	108,90	37,00	0	0	0
1997	41,04	118,94	34,90	0	0	0
1998	61,54	98,75	36,77	0	0	0
1999	57,59	106,90	33,29	0	0	0
2000	79,58	135,78	42,32	0	0	0
2001	54,18	128,70	29,76	0	0	0
2002	54,83	125,38	40,30	0	0	0
2003	61,23	147,55	40,64	0	0	0
2004	48,46	93,34	31,87	0	0	0
2005	62,45	115,52	33,20	0	0	0
2006	60,48	107,15	32,55	0	0	0
2007	90,32	118,42	38,89	0	0	0
2008	57,14	126,86	35,36	0	0	0
2009	81,47	133,91	30,66	0	0	0
2010	60,51	88,91	30,35	0	0	0
2011	77,12	115,75	36,38	0	0	0
2012	61,85	109,58	40,17	0	0	0
2013	72,66	104,53	32,94	0	0	0
2014	62,58	92,98	34,19	0	0	0
2015	68,43	111,55	36,41	0	0	0
2016	73,40	97,20	34,88	0	0	0
2017	58,59	113,54	40,12	0	0	0
2018	90,79	140,44	30,85	0	0	0

Prilog 16 Stvarna evapotranspiracija (ETc) – soja, ETo Jensen-Haise model

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-soja (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
	<b>April</b>	<b>Maj</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Avgust</b>	<b>Septembar</b>
1989	20,99	67,18	77,83	163,01	127,95	52,31
1990	17,40	78,20	90,26	172,68	164,49	47,99
1991	15,74	49,57	102,36	161,76	141,76	65,56
1992	22,23	87,97	90,40	171,55	189,30	66,99
1993	20,11	92,66	107,97	173,88	165,88	55,39
1994	18,84	83,61	101,20	190,93	173,19	69,32
1995	19,66	68,19	87,21	197,57	137,39	47,24
1996	18,78	77,79	110,99	161,42	139,99	33,92
1997	13,68	84,96	104,70	146,66	142,97	65,46
1998	20,51	70,54	110,30	176,68	157,75	48,00
1999	19,20	76,36	99,88	166,46	151,69	64,94
2000	26,53	96,99	126,95	169,42	186,46	54,21
2001	18,06	91,93	89,29	162,35	173,15	40,30
2002	18,28	89,56	120,90	179,70	132,36	47,53
2003	20,41	105,39	121,91	183,12	189,43	58,03
2004	16,15	66,67	95,60	165,56	155,69	56,67
2005	20,82	82,52	99,61	163,36	115,58	55,05
2006	20,16	76,54	97,64	195,35	118,76	66,38
2007	30,11	84,59	116,68	202,65	165,09	47,37
2008	19,05	90,61	106,09	164,70	175,11	47,17
2009	27,16	95,65	91,97	192,48	171,91	69,01
2010	20,17	63,51	91,06	185,76	162,73	45,67
2011	25,71	82,68	109,14	161,84	178,61	79,97
2012	20,62	78,27	120,50	207,10	198,21	67,55
2013	24,22	74,67	98,83	200,76	175,51	51,45
2014	20,86	66,42	102,56	156,01	143,27	48,52
2015	22,81	79,68	109,23	203,75	169,12	57,93
2016	24,47	69,43	104,64	174,02	150,05	64,01
2017	19,53	81,10	120,37	195,32	185,09	49,12
2018	30,26	100,32	92,55	167,06	171,85	67,13

Prilog 17 Stvarna evapotranspiracija (ETc) – uljana repica, ETo Jensen-Haise model

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-uljana repica (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
-	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar
1989	62,98	94,05	41,51	0	0	24,41
1990	52,19	109,48	48,14	0	0	22,40
1991	47,21	69,40	54,59	0	0	30,60
1992	66,69	123,16	48,21	0	0	31,26
1993	60,34	129,73	57,58	0	0	25,85
1994	56,53	117,05	53,98	0	0	32,35
1995	58,99	95,46	46,51	0	0	22,04
1996	56,35	108,90	59,19	0	0	15,83
1997	41,04	118,94	55,84	0	0	30,55
1998	61,54	98,75	58,83	0	0	22,40
1999	57,59	106,90	53,27	0	0	30,31
2000	79,58	135,78	67,71	0	0	25,30
2001	54,18	128,70	47,62	0	0	18,81
2002	54,83	125,38	64,48	0	0	22,18
2003	61,23	147,55	65,02	0	0	27,08
2004	48,46	93,34	50,99	0	0	26,45
2005	62,45	115,52	53,13	0	0	25,69
2006	60,48	107,15	52,07	0	0	30,98
2007	90,32	118,42	62,23	0	0	22,11
2008	57,14	126,86	56,58	0	0	22,01
2009	81,47	133,91	49,05	0	0	32,20
2010	60,51	88,91	48,57	0	0	21,31
2011	77,12	115,75	58,21	0	0	37,32
2012	61,85	109,58	64,27	0	0	31,52
2013	72,66	104,53	52,71	0	0	24,01
2014	62,58	92,98	54,70	0	0	22,64
2015	68,43	111,55	58,26	0	0	27,03
2016	73,40	97,20	55,81	0	0	29,87
2017	58,59	113,54	64,20	0	0	22,92
2018	90,79	140,44	49,36	0	0	31,33

Prilog 18 *ETo referentna evapotranspiracija dobijena Linacre metodom*

Evapotranspiracija po Linacre modelu $ETp \times k = ETo$ (mm/mjes)						
.	<b>April</b>	<b>Maj</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Avgust</b>	<b>Septembar</b>
1989	76,88	89,17	96,05	123,40	113,74	83,95
1990	68,46	96,73	103,85	119,52	117,19	77,45
1991	63,91	77,36	107,60	128,18	115,53	90,62
1992	68,21	90,61	99,54	116,93	124,19	83,72
1993	67,88	100,80	104,04	114,88	116,32	79,27
1994	64,84	87,16	98,74	125,32	116,73	90,41
1995	69,67	89,48	100,34	134,75	111,35	77,61
1996	71,24	99,90	111,75	115,43	115,06	69,82
1997	56,85	97,85	109,72	117,46	115,31	86,01
1998	71,50	88,49	109,40	121,16	114,97	77,68
1999	70,81	90,58	102,27	118,31	110,92	90,31
2000	75,91	94,45	106,23	109,38	120,03	77,19
2001	66,12	99,74	97,12	122,37	124,18	73,67
2002	65,75	98,79	109,89	122,76	109,33	76,67
2003	60,86	101,17	107,25	116,53	121,97	75,41
2004	71,61	86,02	103,83	123,12	116,02	82,59
2005	69,92	95,36	104,74	121,21	105,41	86,56
2006	72,10	88,55	101,85	129,96	102,07	88,67
2007	73,88	93,36	109,76	123,78	112,64	69,77
2008	69,14	94,62	108,60	118,46	116,08	76,30
2009	75,63	93,53	94,48	117,61	114,71	87,24
2010	70,34	89,68	104,41	127,65	114,53	76,59
2011	71,90	87,09	102,86	112,54	115,29	93,52
2012	65,87	85,46	105,68	123,16	118,59	84,44
2013	72,40	89,09	100,68	124,46	120,32	76,26
2014	74,64	88,40	106,65	119,38	110,94	83,18
2015	64,96	88,70	101,77	126,20	119,18	82,39
2016	73,63	86,44	105,35	122,34	108,20	87,24
2017	64,18	89,96	110,33	122,21	120,96	75,55
2018	77,24	96,48	99,23	111,61	116,54	82,10

Prilog 19 Stvarna evapotranspiracija (ETc) – kukuruz, ETo Linacre model

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-kukuruz (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
-	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar
1989	16,91	49,94	98,93	148,08	125,11	29,38
1990	15,06	54,17	106,97	143,42	128,91	27,11
1991	14,06	43,32	110,83	153,82	127,08	31,72
1992	15,01	50,74	102,53	140,31	136,61	29,30
1993	14,93	56,45	107,16	137,86	127,96	27,75
1994	14,26	48,81	101,70	150,38	128,40	31,64
1995	15,33	50,11	103,35	161,70	122,49	27,16
1996	15,67	55,95	115,10	138,51	126,57	24,44
1997	12,51	54,80	113,01	140,95	126,84	30,10
1998	15,73	49,55	112,69	145,39	126,47	27,19
1999	15,58	50,72	105,33	141,97	122,01	31,61
2000	16,70	52,89	109,42	131,26	132,03	27,02
2001	14,55	55,86	100,04	146,84	136,60	25,78
2002	14,47	55,32	113,19	147,32	120,26	26,84
2003	13,39	56,65	110,47	139,84	134,17	26,39
2004	15,75	48,17	106,95	147,75	127,62	28,91
2005	15,38	53,40	107,88	145,45	115,96	30,30
2006	15,86	49,59	104,91	155,96	112,28	31,03
2007	16,25	52,28	113,06	148,54	123,90	24,42
2008	15,21	52,99	111,86	142,15	127,69	26,70
2009	16,64	52,38	97,31	141,13	126,18	30,53
2010	15,48	50,22	107,55	153,19	125,98	26,81
2011	15,82	48,77	105,95	135,05	126,81	32,73
2012	14,49	47,86	108,85	147,79	130,45	29,55
2013	15,93	49,89	103,70	149,36	132,35	26,69
2014	16,42	49,51	109,85	143,26	122,03	29,11
2015	14,29	49,67	104,82	151,44	131,10	28,84
2016	16,20	48,41	108,51	146,80	119,03	30,53
2017	14,12	50,38	113,64	146,65	133,06	26,44
2018	16,99	54,03	102,21	133,93	128,19	28,73

Prilog 20 Stvarna evapotranspiracija (ETc) – pšenica, ETo Linacre model

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-pšenica (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
-	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar
1989	80,72	93,63	24,01	0	0	0
1990	71,89	101,56	25,96	0	0	0
1991	67,10	81,22	26,90	0	0	0
1992	71,62	95,14	24,89	0	0	0
1993	71,28	105,84	26,01	0	0	0
1994	68,08	91,52	24,69	0	0	0
1995	73,15	93,96	25,08	0	0	0
1996	74,80	104,90	27,94	0	0	0
1997	59,69	102,74	27,43	0	0	0
1998	75,07	92,92	27,35	0	0	0
1999	74,35	95,11	25,57	0	0	0
2000	79,71	99,17	26,56	0	0	0
2001	69,42	104,73	24,28	0	0	0
2002	69,04	103,73	27,47	0	0	0
2003	63,91	106,22	26,81	0	0	0
2004	75,19	90,32	25,96	0	0	0
2005	73,42	100,13	26,18	0	0	0
2006	75,70	92,97	25,46	0	0	0
2007	77,57	98,03	27,44	0	0	0
2008	72,59	99,35	27,15	0	0	0
2009	79,41	98,21	23,62	0	0	0
2010	73,86	94,16	26,10	0	0	0
2011	75,49	91,45	25,72	0	0	0
2012	69,17	89,73	26,42	0	0	0
2013	76,01	93,54	25,17	0	0	0
2014	78,37	92,82	26,66	0	0	0
2015	68,20	93,14	25,44	0	0	0
2016	77,31	90,77	26,34	0	0	0
2017	67,39	94,46	27,58	0	0	0
2018	81,10	101,31	24,81	0	0	0

Prilog 21 *Stvarna evapotranspiracija (ETc) – soja, ETo Linacre model*

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-soja (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
	<b>April</b>	<b>Maj</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Avgust</b>	<b>Septembar</b>
1989	26,91	66,88	72,04	135,74	125,11	62,97
1990	23,96	72,54	77,89	131,47	128,91	58,09
1991	22,37	58,02	80,70	141,00	127,08	67,96
1992	23,87	67,96	74,66	128,62	136,61	62,79
1993	23,76	75,60	78,03	126,37	127,96	59,46
1994	22,69	65,37	74,06	137,85	128,40	67,81
1995	24,38	67,11	75,25	148,22	122,49	58,21
1996	24,93	74,93	83,81	126,97	126,57	52,37
1997	19,90	73,39	82,29	129,20	126,84	64,51
1998	25,02	66,37	82,05	133,28	126,47	58,26
1999	24,78	67,93	76,70	130,14	122,01	67,73
2000	26,57	70,84	79,68	120,32	132,03	57,89
2001	23,14	74,81	72,84	134,61	136,60	55,25
2002	23,01	74,09	82,42	135,04	120,26	57,50
2003	21,30	75,87	80,44	128,19	134,17	56,56
2004	25,06	64,52	77,88	135,43	127,62	61,94
2005	24,47	71,52	78,55	133,33	115,96	64,92
2006	25,23	66,41	76,39	142,96	112,28	66,50
2007	25,86	70,02	82,32	136,16	123,90	52,33
2008	24,20	70,96	81,45	130,31	127,69	57,22
2009	26,47	70,15	70,86	129,37	126,18	65,43
2010	24,62	67,26	78,31	140,42	125,98	57,44
2011	25,16	65,32	77,15	123,80	126,81	70,14
2012	23,06	64,09	79,26	135,48	130,45	63,33
2013	25,34	66,82	75,51	136,91	132,35	57,19
2014	26,12	66,30	79,99	131,32	122,03	62,39
2015	22,73	66,53	76,33	138,82	131,10	61,79
2016	25,77	64,83	79,01	134,57	119,03	65,43
2017	22,46	67,47	82,75	134,43	133,06	56,67
2018	27,03	72,36	74,43	122,77	128,19	61,57

Prilog 22 Stvarna evapotranspiracija (ETc) – soja, ETo Linacre model

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-uljana repica (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
-	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar
1989	80,72	93,63	38,42	0	0	29,38
1990	71,89	101,56	41,54	0	0	27,11
1991	67,10	81,22	43,04	0	0	31,72
1992	71,62	95,14	39,82	0	0	29,30
1993	71,28	105,84	41,62	0	0	27,75
1994	68,08	91,52	39,50	0	0	31,64
1995	73,15	93,96	40,14	0	0	27,16
1996	74,80	104,90	44,70	0	0	24,44
1997	59,69	102,74	43,89	0	0	30,10
1998	75,07	92,92	43,76	0	0	27,19
1999	74,35	95,11	40,91	0	0	31,61
2000	79,71	99,17	42,49	0	0	27,02
2001	69,42	104,73	38,85	0	0	25,78
2002	69,04	103,73	43,96	0	0	26,84
2003	63,91	106,22	42,90	0	0	26,39
2004	75,19	90,32	41,53	0	0	28,91
2005	73,42	100,13	41,90	0	0	30,30
2006	75,70	92,97	40,74	0	0	31,03
2007	77,57	98,03	43,91	0	0	24,42
2008	72,59	99,35	43,44	0	0	26,70
2009	79,41	98,21	37,79	0	0	30,53
2010	73,86	94,16	41,77	0	0	26,81
2011	75,49	91,45	41,14	0	0	32,73
2012	69,17	89,73	42,27	0	0	29,55
2013	76,01	93,54	40,27	0	0	26,69
2014	78,37	92,82	42,66	0	0	29,11
2015	68,20	93,14	40,71	0	0	28,84
2016	77,31	90,77	42,14	0	0	30,53
2017	67,39	94,46	44,13	0	0	26,44
2018	81,10	101,31	39,69	0	0	28,73

Prilog 23 *ETo* referentna evapotranspiracija dobijena *McGuinness* metodom

Evapotranspiracija po <i>McGuinness</i> modelu $ETp \times k = ETo$ (mm/mjes)						
-	<b>April</b>	<b>Maj</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Avgust</b>	<b>Septembar</b>
1989	64,19	91,81	103,19	141,46	112,42	70,50
1990	55,68	104,51	117,56	150,65	143,63	66,02
1991	52,41	71,16	132,68	139,69	124,41	86,98
1992	69,40	117,65	117,26	148,58	161,96	88,96
1993	63,28	121,28	139,21	151,44	143,78	74,77
1994	59,39	112,12	130,75	162,77	148,98	90,05
1995	62,23	92,80	114,20	168,66	120,94	64,79
1996	59,14	103,18	142,52	141,80	122,70	48,17
1997	48,71	113,41	135,05	128,53	125,38	87,79
1998	63,37	95,40	141,03	152,60	137,16	65,22
1999	59,27	102,35	129,07	144,09	132,48	85,00
2000	78,72	127,35	161,55	147,53	159,46	72,75
2001	57,95	121,11	117,23	140,31	148,92	55,76
2002	57,95	117,38	153,93	154,37	115,74	64,48
2003	65,42	135,97	154,47	157,30	161,23	78,02
2004	50,52	91,74	124,26	143,42	135,96	76,46
2005	65,56	110,22	129,08	141,73	102,72	73,31
2006	61,93	103,32	126,40	166,66	105,53	87,31
2007	90,18	111,40	147,70	172,90	142,70	65,29
2008	59,12	119,88	135,31	142,29	151,44	64,04
2009	80,46	125,61	119,45	165,27	147,87	89,95
2010	62,52	85,43	117,29	158,89	141,41	62,17
2011	77,40	110,39	139,44	139,98	153,50	102,86
2012	63,48	104,36	152,58	175,88	168,95	88,19
2013	73,43	99,80	127,42	171,56	150,46	69,55
2014	63,55	89,98	131,89	135,22	125,51	64,91
2015	71,16	105,79	139,71	172,92	144,47	76,34
2016	73,79	93,56	133,82	149,15	131,03	83,92
2017	61,50	107,60	152,11	166,85	158,02	66,21
2018	88,25	129,97	118,32	143,91	146,70	88,01

Prilog 24 Stvarna evapotranspiracija (ETc) – kukuruz, ETo McGuinness model

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-kukuruz (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
-	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar
1989	14,12	51,42	106,29	169,75	123,66	24,68
1990	12,25	58,52	121,09	180,78	158,00	23,11
1991	11,53	39,85	136,66	167,63	136,85	30,44
1992	15,27	65,88	120,77	178,30	178,15	31,14
1993	13,92	67,92	143,38	181,73	158,16	26,17
1994	13,07	62,79	134,67	195,32	163,88	31,52
1995	13,69	51,97	117,63	202,39	133,03	22,68
1996	13,01	57,78	146,79	170,16	134,97	16,86
1997	10,72	63,51	139,10	154,24	137,92	30,73
1998	13,94	53,42	145,26	183,12	150,87	22,83
1999	13,04	57,32	132,95	172,91	145,73	29,75
2000	17,32	71,32	166,40	177,04	175,41	25,46
2001	12,75	67,82	120,75	168,37	163,81	19,52
2002	12,75	65,74	158,55	185,25	127,31	22,57
2003	14,39	76,14	159,10	188,76	177,35	27,31
2004	11,11	51,38	127,99	172,10	149,55	26,76
2005	14,42	61,72	132,95	170,08	112,99	25,66
2006	13,62	57,86	130,19	199,99	116,08	30,56
2007	19,84	62,39	152,13	207,48	156,97	22,85
2008	13,01	67,14	139,37	170,75	166,58	22,41
2009	17,70	70,34	123,03	198,33	162,66	31,48
2010	13,75	47,84	120,81	190,67	155,55	21,76
2011	17,03	61,82	143,62	167,97	168,85	36,00
2012	13,97	58,44	157,16	211,06	185,84	30,87
2013	16,15	55,89	131,24	205,87	165,50	24,34
2014	13,98	50,39	135,85	162,27	138,07	22,72
2015	15,66	59,24	143,90	207,50	158,92	26,72
2016	16,23	52,39	137,83	178,98	144,13	29,37
2017	13,53	60,26	156,67	200,21	173,83	23,17
2018	19,42	72,79	121,87	172,69	161,37	30,80

Prilog 25 Stvarna evapotranspiracija (ETc) – pšenica, ETo McGuinness model

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-pšenica (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
-	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar
1989	67,40	96,41	25,80	0	0	0
1990	58,47	109,73	29,39	0	0	0
1991	55,03	74,72	33,17	0	0	0
1992	72,87	123,53	29,31	0	0	0
1993	66,44	127,35	34,80	0	0	0
1994	62,36	117,73	32,69	0	0	0
1995	65,34	97,44	28,55	0	0	0
1996	62,10	108,34	35,63	0	0	0
1997	51,14	119,08	33,76	0	0	0
1998	66,53	100,17	35,26	0	0	0
1999	62,23	107,47	32,27	0	0	0
2000	82,66	133,72	40,39	0	0	0
2001	60,85	127,17	29,31	0	0	0
2002	60,84	123,25	38,48	0	0	0
2003	68,69	142,77	38,62	0	0	0
2004	53,04	96,33	31,07	0	0	0
2005	68,84	115,73	32,27	0	0	0
2006	65,03	108,49	31,60	0	0	0
2007	94,68	116,97	36,92	0	0	0
2008	62,07	125,88	33,83	0	0	0
2009	84,48	131,89	29,86	0	0	0
2010	65,65	89,70	29,32	0	0	0
2011	81,26	115,91	34,86	0	0	0
2012	66,66	109,58	38,14	0	0	0
2013	77,10	104,79	31,85	0	0	0
2014	66,73	94,48	32,97	0	0	0
2015	74,72	111,08	34,93	0	0	0
2016	77,48	98,24	33,45	0	0	0
2017	64,58	112,98	38,03	0	0	0
2018	92,67	136,47	29,58	0	0	0

Prilog 26 Stvarna evapotranspiracija (ETc) – soja, ETo McGuinness model

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-soja (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
-	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar
1989	22,47	68,86	77,39	155,61	123,66	52,88
1990	19,49	78,38	88,17	165,71	158,00	49,52
1991	18,34	53,37	99,51	153,66	136,85	65,24
1992	24,29	88,24	87,94	163,44	178,15	66,72
1993	22,15	90,96	104,40	166,59	158,16	56,08
1994	20,79	84,09	98,06	179,04	163,88	67,53
1995	21,78	69,60	85,65	185,53	133,03	48,59
1996	20,70	77,39	106,89	155,98	134,97	36,12
1997	17,05	85,06	101,29	141,38	137,92	65,85
1998	22,18	71,55	105,77	167,86	150,87	48,91
1999	20,74	76,76	96,80	158,50	145,73	63,75
2000	27,55	95,51	121,16	162,28	175,41	54,56
2001	20,28	90,83	87,92	154,34	163,81	41,82
2002	20,28	88,04	115,45	169,81	127,31	48,36
2003	22,90	101,98	115,85	173,03	177,35	58,51
2004	17,68	68,81	93,20	157,76	149,55	57,35
2005	22,95	82,66	96,81	155,91	112,99	54,98
2006	21,68	77,49	94,80	183,32	116,08	65,48
2007	31,56	83,55	110,77	190,19	156,97	48,97
2008	20,69	89,91	101,48	156,52	166,58	48,03
2009	28,16	94,21	89,59	181,80	162,66	67,47
2010	21,88	64,07	87,97	174,78	155,55	46,63
2011	27,09	82,79	104,58	153,98	168,85	77,14
2012	22,22	78,27	114,43	193,47	185,84	66,14
2013	25,70	74,85	95,56	188,72	165,50	52,16
2014	22,24	67,49	98,92	148,75	138,07	48,68
2015	24,91	79,34	104,78	190,21	158,92	57,26
2016	25,83	70,17	100,36	164,06	144,13	62,94
2017	21,53	80,70	114,08	183,53	173,83	49,66
2018	30,89	97,48	88,74	158,30	161,37	66,01

Prilog 27 Stvarna evapotranspiracija (ETc) – uljana repica, ETo McGuinness model

ETc stvarna evapotranspiracija sa kc-uljana repica (ETc= kc x ETo) (mm/mjes)						
-	April	Maj	Jun	Jul	Avgust	Septembar
1989	67,40	96,41	41,28	0	0	24,68
1990	58,47	109,73	47,02	0	0	23,11
1991	55,03	74,72	53,07	0	0	30,44
1992	72,87	123,53	46,90	0	0	31,14
1993	66,44	127,35	55,68	0	0	26,17
1994	62,36	117,73	52,30	0	0	31,52
1995	65,34	97,44	45,68	0	0	22,68
1996	62,10	108,34	57,01	0	0	16,86
1997	51,14	119,08	54,02	0	0	30,73
1998	66,53	100,17	56,41	0	0	22,83
1999	62,23	107,47	51,63	0	0	29,75
2000	82,66	133,72	64,62	0	0	25,46
2001	60,85	127,17	46,89	0	0	19,52
2002	60,84	123,25	61,57	0	0	22,57
2003	68,69	142,77	61,79	0	0	27,31
2004	53,04	96,33	49,71	0	0	26,76
2005	68,84	115,73	51,63	0	0	25,66
2006	65,03	108,49	50,56	0	0	30,56
2007	94,68	116,97	59,08	0	0	22,85
2008	62,07	125,88	54,12	0	0	22,41
2009	84,48	131,89	47,78	0	0	31,48
2010	65,65	89,70	46,92	0	0	21,76
2011	81,26	115,91	55,77	0	0	36,00
2012	66,66	109,58	61,03	0	0	30,87
2013	77,10	104,79	50,97	0	0	24,34
2014	66,73	94,48	52,76	0	0	22,72
2015	74,72	111,08	55,88	0	0	26,72
2016	77,48	98,24	53,53	0	0	29,37
2017	64,58	112,98	60,84	0	0	23,17
2018	92,67	136,47	47,33	0	0	30,80

Prilog 28 *Stvarna evapotranspiracija (ETa) – Climate Engine (TerraClimate)*

Actual ET (TerraClimate) (mm/mjes)						
-	<b>April</b>	<b>Maj</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Avgust</b>	<b>Septembar</b>
1989	72,43	107,89	105,30	103,24	108,95	61,34
1990	62,22	68,28	100,09	52,46	32,33	62,77
1991	66,20	90,62	97,55	135,55	89,91	48,45
1992	76,58	80,39	120,82	76,55	22,43	37,78
1993	66,54	85,09	94,65	59,19	69,16	77,93
1994	76,37	89,00	120,85	66,61	76,31	74,33
1995	70,27	101,53	113,99	93,62	98,46	69,16
1996	73,97	95,59	89,74	76,66	69,44	55,21
1997	68,79	85,82	82,28	101,77	54,35	28,95
1998	76,23	82,94	105,36	90,16	84,91	70,85
1999	74,36	99,37	124,38	117,04	81,44	64,96
2000	73,80	79,14	45,83	60,17	15,10	51,16
2001	75,80	104,28	127,65	94,55	45,12	62,27
2002	78,20	119,32	101,87	90,07	98,58	72,00
2003	66,74	64,16	68,28	70,62	27,82	54,36
2004	72,64	95,12	111,51	99,77	91,32	52,59
2005	78,17	98,61	113,33	130,24	99,59	70,67
2006	78,53	101,74	106,86	59,17	103,15	56,65
2007	68,93	93,68	69,52	41,83	59,11	72,79
2008	65,63	92,27	127,79	87,37	49,48	64,47
2009	75,87	78,33	123,15	65,20	53,66	29,21
2010	73,34	97,83	121,34	114,98	74,82	67,86
2011	72,30	81,02	62,76	117,16	31,17	29,99
2012	74,26	113,82	107,35	56,60	14,53	64,12
2013	75,22	111,06	101,61	50,75	63,83	77,49
2014	75,18	104,96	128,01	129,87	105,89	70,82
2015	70,91	108,88	83,93	53,84	71,77	68,83
2016	69,57	93,55	128,02	115,24	69,24	61,39
2017	69,65	89,65	87,90	79,75	39,39	81,99
2018	72,99	109,97	121,15	103,20	55,95	36,51

Prilog 29 Referentna evapotranspiracija (ET<sub>o</sub>) – Climate Engine (TerraClimate)

Grass Reference ET (TerraClimate) (mm/mjes)						
-	April	Maj	Jun	Jul	Av gust	Septembar
1989	83,49	107,90	105,42	135,04	109,97	71,41
1990	75,51	113,98	121,18	146,80	137,50	74,48
1991	70,25	90,62	131,68	135,57	118,66	85,04
1992	90,21	130,22	120,82	143,48	144,87	93,94
1993	81,45	130,62	141,64	154,15	139,23	81,89
1994	77,85	122,24	135,61	157,33	140,99	87,61
1995	84,42	108,03	114,06	158,04	118,43	69,16
1996	78,93	110,21	141,77	138,57	114,76	55,21
1997	73,59	126,82	132,21	128,81	121,28	86,22
1998	83,50	105,99	135,46	147,83	130,49	70,85
1999	77,15	115,30	125,22	135,79	122,76	85,52
2000	93,83	132,88	157,06	149,05	145,51	78,85
2001	77,73	133,53	127,78	137,86	138,39	62,27
2002	78,23	126,34	153,73	148,22	115,22	72,00
2003	92,71	143,23	149,33	154,08	152,74	84,76
2004	72,64	108,36	125,83	142,74	127,63	80,67
2005	86,53	120,41	136,44	137,41	99,59	76,41
2006	80,14	116,27	128,37	161,47	103,15	90,66
2007	105,93	119,81	143,27	168,98	133,20	72,79
2008	78,04	126,05	131,99	144,73	140,80	72,50
2009	100,19	134,73	123,15	155,57	138,63	93,20
2010	79,28	97,83	121,34	148,68	128,01	67,86
2011	101,70	124,13	140,72	136,34	142,71	102,27
2012	83,17	116,32	147,99	165,80	160,36	95,12
2013	88,88	111,47	124,89	165,07	147,01	77,57
2014	79,58	104,96	134,57	131,30	117,36	70,82
2015	98,75	118,89	142,66	163,73	139,52	80,59
2016	86,98	107,79	128,03	146,26	130,35	88,21
2017	84,65	113,53	146,84	162,04	153,26	82,11
2018	94,87	130,28	121,58	139,59	132,86	94,23

Prilog 30 Pregled prosječnih mjesečnih vrijednosti referentne evapotranspiracije (ET<sub>0</sub>) i stvarne evapotranspiracije (ET<sub>c</sub>) za četiri kulture, za period 1989.–2018. – FAO Penman-Monteith metoda.

mjesec	mjesečni prosjeci za period 1989.– 2018. ET <sub>0</sub> (mm/mjes)	ET <sub>c</sub> =kc x ET <sub>0</sub> , kc-kukuruz (mm/mjes)	ET <sub>c</sub> =kc x ET <sub>0</sub> , kc-pšenica (mm/mjes)	ET <sub>c</sub> =kc x ET <sub>0</sub> , kc-soja (mm/mjes)	ET <sub>c</sub> =kc x ET <sub>0</sub> , kc-uljana repica (mm/mjes)
januar	11,25	0,00	3,38	0,00	3,94
februar	18,64	0,00	5,59	0,00	6,52
mart	44,44	0,00	44,44	0,00	26,66
<b>april</b>	<b>70,44</b>	<b>15,50</b>	<b>73,96</b>	<b>24,65</b>	<b>73,96</b>
<b>maj</b>	<b>102,12</b>	<b>57,19</b>	<b>107,23</b>	<b>76,59</b>	<b>107,23</b>
<b>jun</b>	<b>120,63</b>	<b>124,25</b>	<b>30,16</b>	<b>90,48</b>	<b>48,25</b>
<b>jul</b>	<b>134,70</b>	<b>161,64</b>	<b>0,00</b>	<b>148,17</b>	<b>0,00</b>
<b>avgust</b>	<b>125,34</b>	<b>137,87</b>	<b>0,00</b>	<b>137,87</b>	<b>0,00</b>
<b>septembar</b>	<b>72,52</b>	<b>25,38</b>	<b>0,00</b>	<b>54,39</b>	<b>25,80</b>
oktobar	39,97	0,00	11,99	0,00	13,99
novembar	18,19	0,00	5,46	0,00	6,37
decembar	10,30	0,00	3,09	0,00	3,61

Prilog 31 Proračun potreba za vodom po kulturama primjenom FAO preporučene metode za efektivne padavine i FAO Penman-Monteith metode za stvarnu evapotranspiraciju (ETc)

vegetativni mjeseci ↓	Padavine		ETc dobijena FAO Penman Monteith metodom				PV= ETc -Peff				
	P	Peff	ETc (kukuruz)	ETc (pšenica)	ETc (soja)	ETc (uljana repica)	PV Kukuruz (mm)	PV Pšenica (mm)	PV Soja (mm)	PV Uljana repica (mm)	PV max (mm)
	mm	mm	mm /mjes	mm /mjes	mm /mjes	mm /mjes					
april	60,9	48,72	15,50	73,96	24,65	73,96	-33,22	25,24	-24,07	25,24	25,24
maj	77,1	61,68	57,19	107,23	76,59	107,23	-4,49	45,55	14,91	45,55	45,55
jun	86	68,80	124,25	30,16	90,48	48,25	55,45	-38,64	21,68	-20,55	55,45
jul	77,5	62,00	161,64	0	148,17	0	99,64	-62,00	86,17	-62,00	99,64
avgust	63,9	51,12	137,87	0	137,87	0	86,75	-51,12	86,75	-51,12	86,75
septembar	79,8	63,84	25,38	0,00	54,39	25,80	-38,46	-63,84	-9,45	-38,04	0

Prilog 32 Proračun potreba za vodom po kulturama primjenom FAO preporučene metode za efektivne padavine i Hargreaves-Samani metode za stvarnu evapotranspiraciju (ETc).

vegetativni mjeseci ↓	Padavine		ETc dobijena Hargreaves-Samani metodom				PV= ETc -Peff				
	P	Peff	ETc (kukuruz)	ETc (pšenica)	ETc (soja)	ETc (uljana repica)	PV Kukuruz (mm)	PV Pšenica (mm)	PV Soja (mm)	PV Uljana repica (mm)	PV max (mm)
	mm	mm	mm /mjes	mm /mjes	mm /mjes	mm /mjes					
april	60,9	48,72	24,97	119,19	39,73	119,19	-23,75	70,47	-8,99	70,47	70,47
maj	77,1	61,68	91,91	172,33	123,10	172,33	30,23	110,65	61,42	110,65	110,65
jun	86	68,80	201,77	50,44	151,33	80,71	132,97	-18,36	82,53	11,91	132,97
jul	77,5	62,00	207,82	0	252,53	0	145,82	-62,00	190,53	-62,00	190,53
avgust	63,9	51,12	233,72	0	233,72	0	182,60	-51,12	182,60	-51,12	182,60
septembar	79,8	63,84	43,98	0	94,24	43,98	-19,86	-63,84	30,40	-19,86	0

Prilog 33 Proračun potreba za vodom po kulturama primjenom FAO preporučene metode za efektivne padavine i Jensen-Haise metode za stvarnu evapotranspiraciju (ETc).

vegetativni mjeseci ↓	Padavine		ETc dobijena Jensen-Haise metodom				PV= ETc -Peff				
	P	Peff	ETc (kukuruz)	ETc (pšenica)	ETc (soja)	ETc (uljana repica)	PV Kukuruz (mm)	PV Pšenica (mm)	PV Soja (mm)	PV Uljana repica (mm)	PV max (mm)
	mm	mm	mm /mjes	mm /mjes	mm /mjes	mm /mjes					
april	60,9	48,72	13,25	63,25	21,08	63,25	-35,47	14,53	-27,64	14,53	14,53
maj	77,1	61,68	58,13	109,00	77,86	109,00	-3,55	47,32	16,18	47,32	47,32
jun	86	68,80	141,85	34,43	103,29	55,09	73,05	-34,37	34,49	-13,71	73,05
jul	77,5	62,00	186,96	0	171,38	0	124,96	-62,00	109,38	-62,00	124,96
avgust	63,9	51,12	155,17	0	155,17	0	104,05	-51,12	104,05	-51,12	104,05
septembar	79,8	63,84	26,29	0	56,34	26,29	-37,55	-63,84	-7,50	-37,55	0

Prilog 34 Proračun potreba za vodom po kulturama primjenom FAO preporučene metode za efektivne padavine i Linacre metode za stvarnu evapotranspiraciju (ETc).

vegetativni mjeseci ↓	Padavine		ETc dobijena Linacre metodom				PV= ETc -Peff				
	P	Peff	ETc (kukuruz)	ETc (pšenica)	ETc (soja)	ETc (uljana repica)	PV Kukuruz (mm)	PV Pšenica (mm)	PV Soja (mm)	PV Uljana repica (mm)	PV max (mm)
	mm	mm	mm /mjes	mm /mjes	mm /mjes	mm /mjes					
april	60,9	48,72	15,30	73,02	24,34	73,02	-33,42	24,30	-24,38	24,30	24,30
maj	77,1	61,68	49,77	93,32	66,65	93,32	-11,91	31,64	4,97	31,64	31,64
jun	86	68,80	107,26	26,03	78,10	41,65	38,46	-42,77	9,30	-27,15	38,46
jul	77,5	62,00	140,52	0	128,81	0	78,52	-62,00	66,81	-62,00	78,52
avgust	63,9	51,12	122,71	0	122,71	0	71,59	-51,12	71,59	-51,12	71,59
septembar	79,8	63,84	28,49	0,00	61,06	28,49	-35,35	-63,84	-2,78	-35,35	0

Prilog 35 Proračun potreba za vodom po kulturama primjenom FAO preporučene metode za efektivne padavine i McGuinness metode za stvarnu evapotranspiraciju (ETc).

vegetativni mjeseci ↓	Padavine		ETc dobijena McGuinness metodom				PV= ETc -Peff				
	P	Peff	ETc (kukuruz)	ETc (pšenica)	ETc (soja)	ETc (uljana repica)	PV Kukuruz (mm)	PV Pšenica (mm)	PV Soja (mm)	PV Uljana repica (mm)	PV max (mm)
	mm	mm	mm /mjes	mm /mjes	mm /mjes	mm /mjes					
april	60,9	48,72	14,37	68,60	22,87	68,60	-34,35	19,88	-25,85	19,88	19,88
maj	77,1	61,68	58,11	108,95	77,82	108,95	-3,57	47,27	16,14	47,27	47,27
jun	86	68,80	136,80	33,20	99,61	53,13	68,00	-35,60	30,81	-15,67	68,00
jul	77,5	62,00	177,15	0	162,39	0	115,15	-62,00	100,39	-62,00	115,15
avgust	63,9	51,12	147,81	0	147,81	0	96,69	-51,12	96,69	-51,12	96,69
septembar	79,8	63,84	26,34	0	56,45	26,34	-37,50	-63,84	-7,39	-37,50	0

Prilog 36 Proračun potreba za vodom po kulturama primjenom FAO preporučene metode za efektivne padavine i Thornthwaite metode za stvarnu evapotranspiraciju (ETc).

vegetativni mjeseci ↓	Padavine		ETc dobijena Thornthwaite metodom				PV= ETc -Peff				
	P	Peff	ETc (kukuruz)	ETc (pšenica)	ETc (soja)	ETc (uljana repica)	PV Kukuruz (mm)	PV Pšenica (mm)	PV Soja (mm)	PV Uljana repica (mm)	PV max (mm)
	mm	mm	mm /mjes	mm /mjes	mm /mjes	mm /mjes					
april	60,9	48,72	11,59	55,32	18,44	55,32	-37,13	6,60	-30,28	6,60	6,60
maj	77,1	61,68	49,92	93,60	66,85	93,60	-11,76	31,92	5,17	31,92	31,92
jun	86	68,80	120,28	29,19	87,58	46,71	51,48	-39,61	18,78	-22,09	51,48
jul	77,5	62,00	155,00	0	142,09	0	93,00	-62,00	80,09	-62,00	93,00
avgust	63,9	51,12	123,72	0	123,72	0	72,60	-51,12	72,60	-51,12	72,60
septembar	79,8	63,84	25,18	0	53,95	25,18	-38,66	-63,84	-9,89	-38,66	0

Prilog 37 Proračun minimalne potrebne kote pritiska na hidrantu za sistem sa evapotranspiracijom određenom metodom Hargreaves-Samani.

Oznaka hidrantske tačke	$Z_{ter,kr}$	$\Delta E_k$	$\Delta E_{pr}$	$\Pi_{hid,min}$	$Q_{hid}$
	(mm)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)
H1	104,154	2,147	0,734	132,519	0,006
H2	104,067	2,147	0,734	133,432	0,006
H3	104,027	2,147	0,734	134,392	0,006
H4	104,127	2,147	0,734	135,492	0,006
H5	104,144	2,147	0,734	136,509	0,006
H6	104,325	2,147	0,734	137,690	0,006
H7	104,248	2,147	0,734	138,613	0,006
H8	104,417	2,147	0,734	139,782	0,006
H9	104,523	2,147	0,734	140,888	0,006
H10	104,713	2,147	0,734	142,078	0,006
H11	104,985	2,147	0,734	143,350	0,006
H12	105,312	2,147	0,734	144,677	0,006

Prilog 38 *Hidraulički proračun glavnog cjevovoda metodom prolaza unazad (projekat urađen na osnovu ET dobijene metodom Hargreaves-Samani).*

<b>dionica</b>	<b>L(m)</b>	<b>Q(m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>D<sub>min</sub>(mm)</b>	<b>D<sub>usv</sub>(mm)</b>	<b>D<sub>nom</sub>(mm)</b>	<b>V<sub>stv</sub>(m/s)</b>	<b>Re (-)</b>	<b>λ (-)</b>	<b>R (m)</b>	<b>ΔE (m)</b>
H1-H2	78,1	0,006	72,67	79,2	90	1,263	100030,043	0,027	55138,159	2,135
H2-H3	78,1	0,012	102,78	110,2	125	1,305	143781,840	0,024	9651,903	1,495
H3-H4	78,1	0,019	125,88	141	160	1,195	168561,264	0,023	2651,877	0,924
H4-H5	78,1	0,025	145,35	158,6	180	1,260	199807,803	0,022	1425,426	0,883
H5-H6	78,1	0,031	162,51	176,2	200	1,276	224812,128	0,022	819,781	0,793
H6-H7	78,1	0,037	178,02	198,2	225	1,210	239829,850	0,021	443,380	0,618
H7-H8	78,1	0,044	192,28	198,2	225	1,412	279801,492	0,021	439,984	0,835
H8-H9	78,1	0,050	205,55	220,4	250	1,305	287563,680	0,020	253,121	0,627
H9-H10	78,1	0,056	218,02	220,4	250	1,468	323509,140	0,020	251,704	0,789
H12-H11	78,1	0,006	72,67	79,2	90	1,263	100030,043	0,027	55138,159	2,135
H11-H10	124,7	0,012	102,78	110,2	125	1,305	143781,840	0,024	15410,913	2,387
H10-CS	161,275	0,075	251,75	277,6	315	1,234	342465,968	0,019	156,502	0,873

Prilog 39 Proračun visinskih kota i pritiska na hidrantskim tačkama metodom prolaza unaprijed.(projekat na osnovu ET dobijene Hargreaves-Samani metodom).

Dionice	$\Pi_i$ (m)	$\Pi_j$ ,rač (m)	$\Pi_{h,min}$ (m)	$\Pi_{h,min} - \Pi_j$ ,rač (m)	$H_p$ (m)	$\Pi_{stvarno} = \Pi_j$ ,rač + $H_p$ (m)
CS-H10	92,56	91,69	142,08	50,39	58,00	149,69
H10-H11	91,69	89,30	143,35	54,05	58,00	147,30
H11-H12	89,30	87,17	144,68	57,51	58,00	145,17
H10-H9	91,69	90,90	140,89	49,99	58,00	148,90
H9-H8	90,90	90,27	139,78	49,51	58,00	148,27
H8-H7	90,27	89,44	138,61	49,18	58,00	147,44
H7-H6	89,44	88,82	137,69	48,87	58,00	146,82
H6-H5	88,82	88,02	136,51	48,48	58,00	146,02
H5-H4	88,02	87,14	135,49	48,35	58,00	145,14
H4-H3	87,14	86,22	134,39	48,17	58,00	144,22
H3-H2	86,22	84,72	133,43	48,71	58,00	142,72
H2-H1	84,72	82,59	132,52	49,93	58,00	140,59

Prilog 40 Proračun minimalne potrebne kote pritiska na hidrantu za sistem sa evapotranspiracijom određenom metodom Jensen-Haise.

Oznaka hidrantske tačke	$Z_{ter,kr}$	$\Delta E_k$	$\Delta E_{pr}$	$\Pi_{hid,min}$	$Q_{hid}$
	(mm)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)
H1	104,154	2,147	1,109	132,894	0,0062
H2	104,087	2,147	1,109	132,826	0,0062
H3	104,008	2,147	1,109	132,748	0,0062
H4	104,231	2,147	1,109	132,971	0,0062
H5	104,311	2,147	1,109	133,050	0,0062
H6	105,276	2,147	1,109	134,016	0,0062
H7	104,802	2,147	1,109	133,542	0,0062
H8	103,788	2,147	1,109	132,528	0,0031
H9	105,289	2,147	1,109	134,029	0,0062

Prilog 41 Hidraulički proračun glavnog cjevovoda metodom prolaza unazad (projekat urađen na osnovu ET dobijene metodom Jensen-Haise).

dionica	L(m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	D <sub>min</sub> (mm)	D <sub>usv</sub> (mm)	D <sub>nom</sub> (mm)	V <sub>stv</sub> (m/s)	Re (-)	λ (-)	R (m)	ΔE (m)
H1-H2	110	0,006	72,67	79,2	90	1,263	100030,043	0,027	77659,379	3,007
H2-H3	110	0,012	102,78	110,2	125	1,305	143781,840	0,024	13594,229	2,105
H3-H4	110	0,019	125,88	141	160	1,195	168561,264	0,023	3735,038	1,301
H4-H5	110	0,025	145,35	158,6	180	1,260	199807,803	0,022	2007,643	1,244
H5-H6	110	0,031	162,51	176,2	200	1,276	224812,128	0,022	1154,621	1,118
H6-H7	110	0,037	178,02	198,2	225	1,210	239829,850	0,021	624,478	0,870
H7-H8	110	0,044	192,28	198,2	225	1,412	279801,492	0,021	619,696	1,176
H9-H8	110	0,006	72,67	79,2	90	1,263	100030,043	0,027	77659,379	3,007
H8-CS	150,35	0,053	211,88	220,4	250	1,386	305536,410	0,020	485,860	1,359

Prilog 42 Proračun visinskih kota i pritiska na hidrantskim tačkama metodom prolaza unaprijed.(projekat na osnovu ET dobijene Jensen-Haise metodom).

Dionice	Π <sub>i</sub> (m)	Π <sub>j,rač</sub> (m)	Π <sub>h,min</sub> (m)	Π <sub>h,min</sub> – Π <sub>j,rač</sub> (m)	Hp (m)	Π <sub>stvarno</sub> = Π <sub>j,rač</sub> +Hp (m)
CS-H8	92,56	91,20	132,53	41,33	55,00	146,20
H8-H9	91,20	88,19	134,03	45,83	55,00	143,19
H8-H7	91,20	90,03	133,54	43,52	55,00	145,03
H7-H6	90,03	89,15	134,02	44,86	55,00	144,15
H6-H5	89,15	88,04	133,05	45,01	55,00	143,04
H5-H4	88,04	86,79	132,97	46,18	55,00	141,79
H4-H3	86,79	85,49	132,75	47,26	55,00	140,49
H3-H2	85,49	83,39	132,83	49,44	55,00	138,39
H2-H1	83,39	80,38	132,89	52,51	55,00	135,38

Prilog 43 Proračun minimalne potrebne kote pritiska na hidrantu za sistem sa evapotranspiracijom određenom metodom Linacre.

Oznaka hidrantske tačke	$Z_{ter,kr}$	$\Delta E_k$	$\Delta E_{pr}$	$\Pi_{hid,min}$	$Q_{hid}$
	(mm)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)
H1	104,110	2,147	0,827	132,568	0,0062
H3	104,138	2,147	0,827	132,596	0,0062
H5	104,280	2,147	0,827	132,738	0,0062
H8	104,526	2,147	0,827	132,984	0,0062
H10	103,978	2,147	0,548	132,157	0,0031
H12	105,276	2,147	0,827	133,734	0,0062

Prilog 44 Hidraulički proračun glavnog cjevovoda metodom prolaza unazad (projekat urađen na osnovu ET dobijene metodom Linacre).

dionica	L(m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	D <sub>min</sub> (mm)	D <sub>usv</sub> (mm)	D <sub>nom</sub> (mm)	V <sub>stv</sub> (m/s)	Re (-)	$\lambda$ (-)	R (m)	$\Delta E$ (m)
H1-H3	172	0,006	72,67	79,2	90	1,263	100030,04	0,027	121431,03	4,701
H3-H5	172	0,012	102,78	110,2	125	1,305	143781,84	0,024	21256,43	3,292
H5-H7	172	0,019	125,88	141	160	1,195	168561,26	0,023	5840,24	2,035
H7-H9	160,12	0,025	145,35	158,6	180	1,260	199807,80	0,022	2922,42	1,810
H12-H10	160,12	0,006	72,67	79,2	90	1,263	100030,04	0,027	113044,52	4,377
H10-H9	62,24	0,009	89,01	96,8	110	1,268	122764,14	0,025	15248,56	1,328
H9-CS	171,52	0,034	170,44	176,2	200	1,403	247293,34	0,021	1791,91	2,099

Prilog 45 Proračun visinskih kota i pritiska na hidrantskim tačkama metodom prolaza unaprijed.(projekat na osnovu ET dobijene Linacre metodom).

Dionice	$\Pi_i$ (m)	$\Pi_j, \text{rač}$ (m)	$\Pi_{h, \text{min}}$ (m)	$\Pi_{h, \text{min}} - \Pi_j, \text{rač}$ (m)	$H_p$ (m)	$\Pi_{\text{stvarno}} = \Pi_j, \text{rač} + H_p$ (m)
CS-H9	92,56	90,46	132,70	42,24	55,00	145,46
H9-H10	90,46	89,13	132,16	43,02	55,00	144,13
H10-H12	89,13	84,76	133,73	48,98	55,00	139,76
H9-H7	90,46	88,65	132,65	44,00	55,00	143,65
H7-H5	88,65	86,62	132,74	46,12	55,00	141,62
H5-H3	86,62	83,32	132,60	49,27	55,00	138,32
H3-H1	83,32	78,62	132,57	53,95	55,00	133,62

Prilog 46 Proračun minimalne potrebne kote pritiska na hidrantu za sistem sa evapotranspiracijom određenom metodom McGuinness.

Oznaka hidrantske tačke	$Z_{\text{ter,kr}}$	$\Delta E_k$	$\Delta E_{\text{pr}}$	$\Pi_{\text{hid, min}}$	$Q_{\text{hid}}$
	(mnm)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)
H1	104,154	2,147	0,551	132,336	0,0062
H3	104,072	2,147	0,551	132,254	0,0062
H6	104,146	2,147	0,551	132,328	0,0062
H7	104,236	2,147	0,551	132,418	0,0062
H10	104,417	2,147	0,551	132,599	0,0062
H12	104,677	2,147	0,551	132,858	0,0062
H13	104,915	2,147	0,551	133,096	0,0031
H16	105,266	2,147	0,551	133,448	0,0062

Prilog 47 Hidraulički proračun glavnog cjevovoda metodom prolaza unazad (projekat urađen na osnovu ET dobijene metodom McGuinness).

dionica	L(m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	D <sub>min</sub> (mm)	D <sub>usv</sub> (mm)	D <sub>nom</sub> (mm)	V <sub>stv</sub> (m/s)	Re (-)	λ (-)	R (m)	ΔE (m)
H1-H3	125	0,006	72,67	79,2	90	1,263	100030,04	0,027	88249,29	3,417
H3-H6	187,5	0,012	102,78	110,2	125	1,305	143781,84	0,024	23171,98	3,589
H6-H7	62,5	0,019	125,88	141	160	1,195	168561,26	0,023	2122,18	0,739
H7-H10	187,50	0,025	145,35	158,6	180	1,260	199807,80	0,022	3422,12	2,120
H10-H12	125,00	0,031	162,51	176,2	200	1,276	224812,13	0,022	1312,07	1,270
H12-H13	62,5	0,037	178,02	198,2	225	1,210	239829,85	0,021	354,82	0,495
H16-H13	187,50	0,006	72,67	79,2	90	1,263	100030,04	0,027	132373,94	5,125
H13-CS	150,61	0,047	199,03	220,4	250	1,223	269590,95	0,020	489,74	1,067

Prilog 48 Proračun visinskih kota i pritiska na hidrantskim tačkama metodom prolaza unaprijed.(projekat na osnovu ET dobijene McGuinness metodom).

Dionice	Π <sub>i</sub> (m)	Π <sub>j,rač</sub> (m)	Π <sub>h,min</sub> (m)	Π <sub>h,min</sub> – Π <sub>j,rač</sub> (m)	Hp (m)	Π <sub>stvarno</sub> = Π <sub>j,rač</sub> +Hp (m)
CS-H13	92,56	91,49	133,10	41,60	55,00	146,49
H13-H16	91,49	86,37	133,45	47,08	55,00	141,37
H13-H12	91,49	91,00	132,86	41,86	55,00	146,00
H12-H10	91,00	89,73	132,60	42,87	55,00	144,73
H10-H7	89,73	87,61	132,42	44,81	55,00	142,61
H7-H6	87,61	86,87	132,33	45,46	55,00	141,87
H6-H3	86,87	83,28	132,25	48,97	55,00	138,28
H3-H1	83,28	79,86	132,34	52,47	55,00	134,86

Prilog 49 Proračun minimalne potrebne kote pritiska na hidrantu za sistem sa evapotranspiracijom određenom metodom Thornthwaite.

Oznaka hidrantske tačke	$Z_{ter,kr}$	$\Delta E_k$	$\Delta E_{pr}$	$\Pi_{hid,min}$	$Q_{hid}$
	(mm)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> /s)
H1	104,154	2,147	0,734	132,520	0,0062
H3	104,027	2,147	0,734	132,393	0,0062
H6	104,325	2,147	0,734	132,690	0,0062
H8	104,417	2,147	0,734	132,783	0,0062
H10	104,713	2,147	0,734	133,078	0,0062
H12	105,312	2,147	0,734	133,678	0,0062

Prilog 50 Hidraulički proračun glavnog cjevovoda metodom prolaza unazad (projekat urađen na osnovu ET dobijene metodom Thornthwaite).

dionica	L(m)	Q(m <sup>3</sup> /s)	D <sub>min</sub> (mm)	D <sub>usv</sub> (mm)	D <sub>nom</sub> (mm)	V <sub>stv</sub> (m/s)	Re (-)	λ (-)	R (m)	ΔE (m)
H1-H3	156,3	0,006	72,67	79,2	90	1,263	100030,04	0,027	110346,92	4,272
H3-H6	234,45	0,012	102,78	110,2	125	1,305	143781,84	0,024	28974,25	4,487
H6-H8	156,3	0,019	125,88	141	160	1,195	168561,26	0,023	5307,15	1,849
H8-H10	156,30	0,025	145,35	158,6	180	1,260	199807,80	0,022	2852,68	1,767
H12-H10	203,01	0,006	72,67	79,2	90	1,263	100030,04	0,027	143323,91	5,549
H10-CS	161,28	0,037	178,02	198,2	225	1,210	239829,85	0,021	915,57	1,276

Prilog 51 Proračun visinskih kota i pritisaka na hidrantskim tačkama metodom prolaza unaprijed.(projekat na osnovu ET dobijene Thornthwaite metodom).

Dionice	$\Pi_i$ (m)	$\Pi_j, \text{rač}$ (m)	$\Pi_{h, \text{min}}$ (m)	$\Pi_{h, \text{min}} - \Pi_j, \text{rač}$ (m)	$H_p$ (m)	$\Pi_{\text{stvarno}} = \Pi_j, \text{rač} + H_p$ (m)
CS-H10	92,56	91,28	133,08	41,79	55,00	146,28
H10-H12	91,28	85,73	133,68	47,94	55,00	140,73
H10-H8	91,28	89,52	132,78	43,27	55,00	144,52
H8-H6	89,52	87,67	132,69	45,02	55,00	142,67
H6-H3	87,67	83,18	132,39	49,21	55,00	138,18
H3-H1	83,18	78,91	132,52	53,61	55,00	133,91

Prilog 52 *Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Pripremni radovi*

<b>I PRIPREMNI RADOVI</b>					
<b>Broj</b>	<b>VRSTA RADA I OPIS AKTIVNOSTI</b>	<b>Jedinica mjere</b>	<b>Količina</b>	<b>Je dinična cijena</b>	<b>Ukupno (KM)</b>
1	Obilježavanje i detaljno geodetsko iskolčenje na terenu trase projektovanog vodovoda. Obračun po metru iskolčene trase.	m'	1.079,60	2,00 KM	2.159,20 KM
2	Obilježavanje i detaljno geodetsko iskolčenje na terenu sa izradom nanosne skele za vodovodne šahtove. Obračun po komadu.	kom.	14,00	200,00 KM	2.800,00 KM
<b>UKUPNO PRIPREMNI RADOVI:</b>					<b>4.959,20 KM</b>

Prilog 53 Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Zemljani radovi-dio I

II ZEMLJANI RADOVI					
Broj	VRSTA RADA I OPIS AKTIVNOSTI	Jedinica mjere	Količina	Je dinična cijena	Ukupno (KM)
1	Iskop materijala u tlu III i IV kategorije do projektovanih kota sa pravilnim odsjecanjem bočnih strana i dna rova i potrebnim razupiranjima radi sigurnosti. Iskopani materijal odbaciti 2,0 m od ruba rova, radi lakšeg komuniciranja i polaganja cijevi, te sprečavanja obrušavanje rova. Širina rova je 0,80 m a dubina po kotama iz uzdužnog profila. Nadzorni organ će na licu mjesta ustanoviti kategoriju iskopanog materijala. Obračun po m <sup>3</sup> .				
	- mašinski 80%	m <sup>3</sup>	998,10	9,00 KM	8.982,89 KM
	- ručno 20%	m <sup>3</sup>	249,52	12,00 KM	2.994,29 KM
2	Planiranje dna rova. Sve površine grubo i fino isplanirati sa tačnošću +/-2cm. U cijenu ulazi i popunjavanje i nabijanje, odnosno skidanje zemlje i izvoz na gradilišnu deponiju. Obračun po m <sup>2</sup> .	m <sup>2</sup>	863,63	1,00 KM	863,63 KM
3	Nabavka, transport i ugradnja pijeska ispod, sa strane i iznad cijevi. Ispod cijevi pijesak ugraditi u sloju d=10 cm, sa strane i d=30 cm iznad tjemena cijevi sa mehaničkim nabijanjem. Za prečnike cijevi < 200 mm, materijal za posteljicu ne smije sadržati dijelove koji su veći od 8 mm (jednozni kameni materijal krupnoće 4 mm-8mm). Obračun po m <sup>3</sup> ugrađenog pijeska.	m <sup>3</sup>	466,12	35,00 KM	16.314,34 KM
4	Zatrpavanje materijalom iz iskopa kao završnog sloja rova debljine 40 cm sa potrebnim nabijanjem. Ispitivanje zbijenosti vrši se metodom Proktora s najmanje 5 mjerenja modula stišljivosti na istom potezu. ( E=40 N/mm). Obračun po m <sup>3</sup> .	m <sup>3</sup>	758,52	5,00 KM	3.792,62 KM
5	Odvoz viška materijala iz iskopa u rastresitom stanju na deponiju zemljanog materijala. Materijal transportovati na udaljenost do 5,0 km na mjesto koje odredi investitor. Razlika zapremine iskopa i zatrpavanja pomnožena sa 1.2 ( koeficijent rastresitosti) Obračun po m <sup>3</sup> .				
	Ukupno odvoz viška materijala:	m <sup>3</sup>	586,95	4,00 KM	2.347,82 KM

Prilog 54 *Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Zemljani radovi-dio II*

6	Mašinski iskop (90%) i ručni iskop (10%) zemlje III i IV kategorije u širokom ofkopu za vodovodne šahtove. Dubina iskopa > 2m, planiranje dna ručno. Obračun po m3. 14 kom * 66,50 m3	m <sup>3</sup>	931,00	8,00 KM	7.448,00 KM
7	Planiranje dna iskopane jame za vodovodne šahtove sa tačnošću +/- 2cm. U cijenu ulazi i popunjavanje i nabijanje, odnosno skidanje zemlje i izvoz na gradilišnu deponiju. Obračun po m2. 14 kom * 6,0 m2	m <sup>2</sup>	84,00	1,00 KM	84,00 KM
8	Nabavka, transport, razastiranje i planiranje tamponskog materijala od šljunka ispod temeljne ploče vodovodnih šahtova u sloju od 20 cm sa potrebnim nabijanjem. Obračun po m3. 14 kom * 1,20 m3	m <sup>3</sup>	16,80	30,00 KM	504,00 KM
9	Zatrpavanje vodovodnih šahtova zemljom iz iskopa. Obračun po m3. 14 kom * 55,00 m3	m <sup>3</sup>	770,00	5,00 KM	3.850,00 KM
10	Odvoz viška materijala iz iskopa vodovodnih šahtova u rastresitom stanju na deponiju zemljanog materijala. Materijal transportovati na udaljenost do 5,0 km na mjesto koje odredi investitor. Razlika zapremine iskopa i zatrpavanja pomnožena sa 1.2 (koeficijent rastresitosti) Obračun po m3.				
	Ukupno odvoz viška materijala:	m <sup>3</sup>	184,80	4,00 KM	739,20 KM
Napomena: Zemljani radovi za izvođenje objekta pumpne stanice ulaze u predmjer i predračun arhitektonske faze koji u sklopu ovog rada neće biti prikazan zbog nepromjenljivosti u zavisnosti od metoda proračuna ET. Isto se odnosi na pristupni put i plato ispred objekta, koji se nalazi u predmjeru faze niskogradnja.					
<b>UKUPNO ZEMLJANI RADOVI:</b>					<b>47.920,78 KM</b>

Prilog 55 *Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Betonski radovi*

III BETONSKI RADOVI					
Broj	VRSTA RADA I OPIS AKTIVNOSTI	Jedinica mjere	Količina	Jedinična cijena	Ukupno (KM)
1	Betoniranje oslonaca za oslanjanje lijevano-željeznih fazonskih komada i armature betonom MB20. Dimenzije oslonca 20x20x30 cm. Obračun po komadu.(1 za pumpnu stanicu, ostalo za sahtove)	kom.	1,00	30,00 KM	30,00 KM
2	Betoniranje oslonaca za oslanjanje lijevano-željeznih fazonskih komada i armature betonom MB20. Dimenzije oslonca 20x20x25 cm. Obračun po komadu.	kom.	21,00	20,00 KM	420,00 KM
3	Betoniranje oslonaca za oslanjanje lijevano-željeznih fazonskih komada i armature betonom MB20. Dimenzije oslonca 20x20x20 cm. Obračun po komadu.	kom.	14,00	17,00 KM	238,00 KM
4	Betoniranje oslonaca za oslanjanje lijevano-željeznih fazonskih komada i armature betonom MB20. Dimenzije oslonca 30x30x25 cm. Obračun po komadu.	kom.	7,00	40,00 KM	280,00 KM
5	Betoniranje oslonaca za oslanjanje lijevano-željeznih fazonskih komada i armature betonom MB20. Dimenzije oslonca 15x15x30 cm. Obračun po komadu.(PUMPNA S)	kom.	1,00	30,00 KM	30,00 KM
6	Betoniranje oslonaca za oslanjanje lijevano-željeznih fazonskih komada i armature betonom MB20. Dimenzije oslonca 15x15x35 cm. Obračun po komadu.(PUMPNA S)	kom.	1,00	30,00 KM	30,00 KM
7	Nabavka materijala i betoniranje podložnog betona debljine 5 cm ispod temeljne ploče vodovodnih šahtova. Klasa betona C12/15. Obračun po m <sup>3</sup> . 14 kom * 0,30 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	4,20	140,00 KM	588,00 KM
8	Nabavka materijala i betoniranje temeljne ploče vodovodnih šahtova debljine 20 cm u potrebnoj oplati. Klasa betona C25/30. Obračun po m <sup>3</sup> . 14 kom * 1,01 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	14,14	210,00 KM	2.969,40 KM
9	Nabavka materijala i betoniranje zidova vodovodnih šahtova debljine 20 cm u potrebnoj oplati. Klasa betona C25/30. Obračun po m <sup>3</sup> . 14 kom * 2,52 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	35,28	240,00 KM	8.467,20 KM
10	Nabavka materijala i betoniranje gornje ploče vodovodnih šahtova debljine 20 cm u potrebnoj oplati. Klasa betona C25/30. Obračun po m <sup>3</sup> . 14 kom * 0,91 m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	12,74	240,00 KM	3.057,60 KM
<b>UKUPNO BETONSKI RADOVI:</b>					<b>16 110,20 KM</b>

Prilog 56 *Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Armirački radovi*

<b>IV ARMIRAČKI RADOVI</b>					
<b>Broj</b>	<b>VRSTA RADA I OPIS AKTIVNOSTI</b>	<b>Jedinica mjere</b>	<b>Količina</b>	<b>Jedinična cijena</b>	<b>Ukupno (KM)</b>
1	Nabavka, transport, savijanje, sečenje i ugradnja armaturnih šipki (kvalitet čelika B500B) i armaturnih mreža (kvalitet čelika B500A) u vodovodne šahtove. Obračun po kg.				
	- armaturne šipke: 14 kom x 121,29 kg	kg	1698,06	2,70	4.584,76 KM
	- armaturne mreže: 14 kom x 275,87 kg	kg	3862,18	2,70	10.427,89 KM
<b>UKUPNO ARMIRAČKI RADOVI:</b>					<b>15.012,65 KM</b>

Prilog 57 Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio I-vodovodna mreža

V-1 MONTAŽNI RADOVI mreža					
Broj	VRSTA RADA I OPIS AKTIVNOSTI	Jedinica mjere	Količina	Je dinična cijena	Ukupno (KM)
1	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov, spajanje i ispitivanje na probni pritisak vodovodnih cijevi od polietilena visoke tvrdoće PEHD PE-100 (SDR 17), nazivnog pritiska 10 bara, prema normi kvaliteta BAS EN 12201-1, BAS EN 12201-2 i BAS ISO 4427-2, dimenzija prema DIN 8074 i BAS ISO 4065, kvaliteta prema DIN 8075, modula elastičnosti i čvrstoće prema BAS EN ISO 527-2. Krajevi cijevi u paletama su zatvoreni plastičnim poklopcima na svakom kraju. Svaka cijev mora da ima na sebi sljedeći opis: -Oznaka proizvođača; Certifikat ISO; Namjena/medij, tj. voda; Tip polietilena; MFI grupa; Nazivni pritisak; SDR; Vanjski dijametar x debljina stijenke; Norma-certifikat DVGW-datum i vrijeme proizvodnje; Proizvodna linija - dužni metar (kod kolutova). Spajanje cijevi zavarivanjem prema uputstvu i uslovima proizvođača. Obračun po metru montirane mreže.				
	PEHD PE-100 PN10 D90	m'	282,00	8,60 KM	2.425,20 KM
	PEHD PE-100 PN10 D110	m'	71,00	12,80 KM	908,80 KM
	PEHD PE-100 PN10 D125	m'	141,00	16,80 KM	2.368,80 KM
	PEHD PE-100 PN10 D160	m'	141,00	27,54 KM	3.883,14 KM
	PEHD PE-100 PN10 D180	m'	141,00	34,84 KM	4.912,44 KM
	PEHD PE-100 PN10 D200	m'	141,00	41,98 KM	5.919,18 KM
	PEHD PE-100 PN10 D225	m'	161,00	54,52 KM	8.777,72 KM
2	Nabavka i montaža raspršivača S022, radnog pritiska 2.5–4 bara, dometa 24 m, protoka 600–800 l/h	kom.	208,00	10,51 KM	2.186,08 KM
3	Nabavka i montaža prenosne HDPE cijevi Ø63 mm (2"), SDR 11, UV otporna, za montažu kišnog krila. (cijena uključuje pripremu i bušenje za montiranje priključnih slavina za prskač)	m'	3250,00	18,00 KM	58.500,00 KM
4	Nabavka i montaža navojnih priključnih slavina 1/2" za spajanje prskača na kišno krilo	kom.	208,00	2,00 KM	416,00 KM
5	Nabavka i montaža pomoćnog razvodnika od HDPE cijevi Ø63 mm, za spajanje hidranta i kišnog krila.	m'	355,29	15,00 KM	5.329,35 KM
6	Nabavka i ugradnja spojne garniture za povezivanje hidranta i pomoćnog razvodnika (hidrantska spojnica + ventil + brz spoj).	kom.	13,00	100,00 KM	1.300,00 KM

Prilog 58 *Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio II-tipski šaht 1*

7	TIPSKI ŠAHT 1 x 2				
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje lijevano-željeznih vodovodnih fazonskih komada i armatura. Fazonski komadi prema BAS EN 545 od nodularnog liva (ductile) GGG40/50 prema DIN 1693. Fazonski komadi s vanjskom i unutrašnjom zaštitom iz epoksidnog praha minimalne debljine nanosa 250 do 300 mikrona za pitku vodu - za podzemnu ugradnju u plavom tonu prema zahtjevu kvaliteta RAL GZ-662 i GSK. Prirubnice i bušenje po EN 1092-2.				
	Brtve i dihtunzi od EPDM gume prema EN 681-1. Vijci, matice i podloške za spajanje armatura i fazonskih komada su od nehrđajućeg čelika klase A2. Vijci prema DIN 931/DIN EN 24014/ISO 4014, matice i podloške prema DIN 934, te iste uračunati uz pojedinačni komad sa prirubicama. Ugradnja prema specifikaciji. Obračun po komadu ugrađene armature ili fazonskog komada.				
	T - komad DN 80/80	kom.	2,00	157,00 KM	314,00 KM
	FF - komad DN 80 , L = 300	kom.	4,00	133,90 KM	535,60 KM
	FF - komad DN 80 , L = 800	kom.	4,00	170,00 KM	680,00 KM
	MDK - komad DN 80	kom.	4,00	159,00 KM	636,00 KM
	Mehanički ventil DN 80	kom.	4,00	152,00 KM	608,00 KM
	Hidrant podzemni DN80 ( h=980 ) NP 10/16 sa uličnom kapom za hidrant	kom.	2,00	526,50 KM	1.053,00 KM
	N90° KOMAD DN 80 NP 10/16	kom.	2,00	140,00 KM	280,00 KM
	VODOMJER PRIRUBNICKI DN 80 sa impulsnim izvodom	kom.	2,00	951,33 KM	1.902,66 KM
	X komad DN 80	kom.	2,00	42,00 KM	84,00 KM
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje plastičnih spojnih komada za PE cijevi. PE fitinzi moraju ispunjavati zahtjeve standarda prema EN 12201-3 i 12201-2 / ISO 4427, DIN 8074 i da odgovaraju u konjukciji sa radnim pritiskom				
	PE tuljak DN 90 sa slobodnom prirubicom	kom.	2,00	35,00 KM	70,00 KM

Prilog 59 *Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio III-tipski šaht 2*

8	TIPSKI ŠAHT 2 x 2				
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje lijevano-željeznih vodovodnih fazonskih komada i armatura. Fazonski komadi prema BAS EN 545 od nodularnog liva (ductile) GGG40/50 prema DIN 1693. Fazonski komadi s vanjskom i unutrašnjom zaštitom iz epoksidnog praha minimalne debljine nanosa 250 do 300 mikrona za pitku vodu - za podzemnu ugradnju u plavom tonu prema zahtjevu kvaliteta RAL GZ-662 i GSK. Prirubnice i bušenje po EN 1092-2.				
	Brtve i dihtunzi od EPDM gume prema EN 681-1. Vijci, matice i podloške za spajanje armatura i fazonskih komada su od nehrđajućeg čelika klase A2. Vijci prema DIN 931/DIN EN 24014/ISO 4014, matice i podloške prema DIN 934, te iste uračunati uz pojedinačni komad sa prirubnicama. Ugradnja prema specifikaciji. Obračun po komadu ugrađene armature ili fazonskog komada.				
	T - komad DN 80/80	kom.	2,00	157,00 KM	314,00 KM
	FF - komad DN 80 , L = 300	kom.	4,00	133,90 KM	535,60 KM
	FF - komad DN 80 , L = 800	kom.	4,00	170,00 KM	680,00 KM
	MDK - komad DN 80	kom.	2,00	159,00 KM	318,00 KM
	Mehanički ventil DN 80	kom.	4,00	152,00 KM	608,00 KM
	Hidrant podzemni DN80 ( h=980 ) NP 10/16 sa uličnom kapom za hidrant	kom.	2,00	526,50 KM	1.053,00 KM
	N90° KOMAD DN 80 NP 10/16	kom.	2,00	140,00 KM	280,00 KM
	VODOMJER PRIRUBNICKI DN 80 sa impulsnim izvodom	kom.	2,00	951,33 KM	1.902,66 KM
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje plastičnih spojnih komada za PE cijevi. PE fitinzi moraju ispunjavati zahtjeve standarda prema EN 12201-3 i 12201-2 / ISO 4427, DIN 8074 i da odgovaraju u konjukciji sa radnim pritiskom				
	PE tuljak DN 90 sa slobodnom prirubnicom	kom.	2,00	35,00 KM	70,00 KM

Prilog 60 *Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio IV-tipski šaht 3*

9	<b>TIPSKI ŠAHT 3</b>				
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje lijevano-željeznih vodovodnih fazonskih komada i armatura. Fazonski komadi prema BAS EN 545 od nodularnog liva (ductile) GGG40/50 prema DIN 1693. Fazonski komadi s vanjskom i unutrašnjom zaštitom iz epoksidnog praha minimalne debljine nanosa 250 do 300 mikrona za pitku vodu - za podzemnu ugradnju u plavom tonu prema zahtjevu kvaliteta RAL GZ-662 i GSK. Prirubnice i bušenje po EN 1092-2.				
	Brtve i dihtunzi od EPDM gume prema EN 681-1. Vijci, matice i podloške za spajanje armatura i fazonskih komada su od nehrđajućeg čelika klase A2. Vijci prema DIN 931/DIN EN 24014/ISO 4014, matice i podloške prema DIN 934, te iste uračunati uz pojedinačni komad sa prirubicama. Ugradnja prema specifikaciji. Obračun po komadu ugrađene armature ili fazonskog komada.				
	T - komad DN 80/80	kom.	1,00	157,00 KM	157,00 KM
	FF - komad DN 80 , L = 300	kom.	2,00	133,90 KM	267,80 KM
	FF - komad DN 80 , L = 800	kom.	2,00	170,00 KM	340,00 KM
	FF - komad DN 100 , L = 800	kom.	1,00	200,00 KM	200,00 KM
	MDK - komad DN 80	kom.	1,00	159,00 KM	159,00 KM
	FFR KOMAD DN 100 / 80	kom.	1,00	92,00 KM	92,00 KM
	Mehanički ventil DN 80	kom.	2,00	152,00 KM	304,00 KM
	Hidrant podzemni DN80 ( h=980 ) NP 10/16 sa uličnom kapom za hidrant	kom.	1,00	526,50 KM	526,50 KM
	N90° KOMAD DN 80 NP 10/16	kom.	1,00	140,00 KM	140,00 KM
	VODOMJER PRIRUBNICKI DN 80 sa impulsnim izvodom	kom.	1,00	951,33 KM	951,33 KM
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje plastičnih spojnih komada za PE cijevi. PE fitinzi moraju ispunjavati zahtjeve standarda prema EN 12201-3 i 12201-2 / ISO 4427, DIN 8074 i da odgovaraju u konjukciji sa radnim pritiskom				
	PE tuljak DN 90 sa slobodnom prirubicom	kom.	2,00	35,00 KM	70,00 KM

Prilog 61 *Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio V-tipski šaht 4*

10	<b>TIPSKI ŠAHT 4</b>				
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje lijevano-željeznih vodovodnih fazonskih komada i armatura. Fazonski komadi prema BAS EN 545 od nodularnog liva (ductile) GGG40/50 prema DIN 1693. Fazonski komadi s vanjskom i unutrašnjom zaštitom iz epoksidnog praha minimalne debljine nanosa 250 do 300 mikrona za pitku vodu - za podzemnu ugradnju u plavom tonu prema zahtjevu kvaliteta RAL GZ-662 i GSK. Prirubnice i bušenje po EN 1092-2.				
	Brtve i dihtunzi od EPDM gume prema EN 681-1. Vijci, matice i podloške za spajanje armatura i fazonskih komada su od nehrđajućeg čelika klase A2. Vijci prema DIN 931/DIN EN 24014/ISO 4014, matice i podloške prema DIN 934, te iste uračunati uz pojedinačni komad sa prirubicama. Ugradnja prema specifikaciji. Obračun po komadu ugrađene armature ili fazonskog komada.				
	T - komad DN 125/80	kom.	1,00	230,00 KM	230,00 KM
	FF - komad DN 80 , L = 300	kom.	2,00	133,90 KM	267,80 KM
	FF - komad DN 80 , L = 800	kom.	1,00	170,00 KM	170,00 KM
	FF - komad DN 125 , L = 800	kom.	1,00	261,00 KM	261,00 KM
	MDK - komad DN 125	kom.	1,00	227,00 KM	227,00 KM
	FFR KOMAD DN 125 / 80	kom.	1,00	99,00 KM	99,00 KM
	Mehanički ventil DN 80	kom.	2,00	152,00 KM	304,00 KM
	Hidrant podzemni DN80 ( h=980 ) NP 10/16 sa uličnom kapom za hidrant	kom.	1,00	526,50 KM	526,50 KM
	N90° KOMAD DN 80 NP 10/16	kom.	1,00	140,00 KM	140,00 KM
	VODOMJER PRIRUBNICKI DN 80 sa impulsnim izvodom	kom.	1,00	951,33 KM	951,33 KM
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje plastičnih spojnih komada za PE cijevi. PE fitinzi moraju ispunjavati zahtjeve standarda prema EN 12201-3 i 12201-2 / ISO 4427, DIN 8074 i da odgovaraju u konjukciji sa radnim pritiskom				
	PE tuljak DN 90 sa slobodnom prirubicom	kom.	1,00	35,00 KM	35,00 KM
	PE tuljak DN 125 sa slobodnom prirubicom	kom.	1,00	45,00 KM	45,00 KM

Prilog 62 *Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio VI-tipski šaht 5*

11	<b>TIPSKI ŠAHT 5</b>				
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje lijevano-željeznih vodovodnih fazonskih komada i armatura. Fazonski komadi prema BAS EN 545 od nodularnog liva (ductile) GGG40/50 prema DIN 1693. Fazonski komadi s vanjskom i unutrašnjom zaštitom iz epoksidnog praha minimalne debljine nanosa 250 do 300 mikrona za pitku vodu - za podzemnu ugradnju u plavom tonu prema zahtjevu kvaliteta RAL GZ-662 i GSK. Prirubnice i bušenje po EN 1092-2.				
	Brtve i dihtunzi od EPDM gume prema EN 681-1. Vijci, matice i podloške za spajanje armatura i fazonskih komada su od nehrđajućeg čelika klase A2. Vijci prema DIN 931/DIN EN 24014/ISO 4014, matice i podloške prema DIN 934, te iste uračunati uz pojedinačni komad sa prirubicama. Ugradnja prema specifikaciji. Obračun po komadu ugrađene armature ili fazonskog komada.				
	T - komad DN 125/80	kom.	1,00	230,00 KM	230,00 KM
	FF - komad DN 80 , L = 300	kom.	2,00	133,90 KM	267,80 KM
	FF - komad DN 125 , L = 800	kom.	2,00	261,00 KM	522,00 KM
	MDK - komad DN 125	kom.	1,00	227,00 KM	227,00 KM
	Mehanički ventil DN 80	kom.	2,00	152,00 KM	304,00 KM
	Hidrantski podzemni DN80 ( h=980 ) NP 10/16 sa uličnom kapom za hidrant	kom.	1,00	526,50 KM	526,50 KM
	N90° KOMAD DN 80 NP 10/16	kom.	1,00	140,00 KM	140,00 KM
	VODOMJER PRIRUBNICKI DN 80 sa impulsnim izvodom	kom.	1,00	951,33 KM	951,33 KM
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje plastičnih spojnih komada za PE cijevi. PE fitinzi moraju ispunjavati zahtjeve standarda prema EN 12201-3 i 12201-2 / ISO 4427, DIN 8074 i da odgovaraju u konjukciji sa radnim pritiskom				
	PE tuljak DN 125 sa slobodnom prirubicom	kom.	2,00	45,00 KM	90,00 KM

Prilog 63 *Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio VII-tipski šaht 6*

12	TIPSKI ŠAHT 6				
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje lijevano-željeznih vodovodnih fazonskih komada i armatura. Fazonski komadi prema BAS EN 545 od nodularnog liva (ductile) GGG40/50 prema DIN 1693. Fazonski komadi s vanjskom i unutrašnjom zaštitom iz epoksidnog praha minimalne debljine nanosa 250 do 300 mikrona za pitku vodu - za podzemnu ugradnju u plavom tonu prema zahtjevu kvaliteta RAL GZ-662 i GSK. Prirubnice i bušenje po EN 1092-2.				
	Brtve i dihtunzi od EPDM gume prema EN 681-1. Vijci, matice i podloške za spajanje armatura i fazonskih komada su od nehrđajućeg čelika klase A2. Vijci prema DIN 931/DIN EN 24014/ISO 4014, matice i podloške prema DIN 934, te iste uračunati uz pojedinačni komad sa prirubicama. Ugradnja prema specifikaciji. Obračun po komadu ugrađene armature ili fazonskog komada.				
	T - komad DN 150/80	kom.	1,00	310,00 KM	310,00 KM
	FF - komad DN 80 , L = 300	kom.	2,00	133,90 KM	267,80 KM
	FF - komad DN 150 , L = 800	kom.	1,00	319,00 KM	319,00 KM
	FF - komad DN 125 , L = 800	kom.	1,00	261,00 KM	261,00 KM
	MDK - komad DN 150	kom.	1,00	271,00 KM	271,00 KM
	FFR KOMAD DN 150 / 80	kom.	1,00	138,00 KM	138,00 KM
	Mehanički ventil DN 80	kom.	2,00	152,00 KM	304,00 KM
	Hidrant podzemni DN80 ( h=980 ) NP 10/16 sa uličnom kapom za hidrant	kom.	1,00	526,50 KM	526,50 KM
	N90° KOMAD DN 80 NP 10/16	kom.	1,00	140,00 KM	140,00 KM
	VODOMJER PRIRUBNICKI DN 80 sa impulsnim izvodom	kom.	1,00	951,33 KM	951,33 KM
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje plastičnih spojnih komada za PE cijevi. PE fitinzi moraju ispunjavati zahtjeve standarda prema EN 12201-3 i 12201-2 / ISO 4427, DIN 8074 i da odgovaraju u konjukciji sa radnim pritiskom				
	PE tuljak DN 160 sa slobodnom prirubicom	kom.	1,00	62,00 KM	62,00 KM
	PE tuljak DN 125 sa slobodnom prirubicom	kom.	1,00	45,00 KM	45,00 KM

Prilog 64 *Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio VIII-tipski šaht 7*

13	TIPSKI ŠAHT 7				
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje lijevano-željeznih vodovodnih fazonskih komada i armatura. Fazonski komadi prema BAS EN 545 od nodularnog liva (ductile) GGG40/50 prema DIN 1693. Fazonski komadi s vanjskom i unutrašnjom zaštitom iz epoksidnog praha minimalne debljine nanosa 250 do 300 mikrona za pitku vodu - za podzemnu ugradnju u plavom tonu prema zahtjevu kvaliteta RAL GZ-662 i GSK. Prirubnice i bušenje po EN 1092-2.				
	Brtve i dihtunzi od EPDM gume prema EN 681-1. Vijci, matice i podloške za spajanje armatura i fazonskih komada su od nehrđajućeg čelika klase A2. Vijci prema DIN 931/DIN EN 24014/ISO 4014, matice i podloške prema DIN 934, te iste uračunati uz pojedinačni komad sa prirubicama. Ugradnja prema specifikaciji. Obračun po komadu ugrađene armature ili fazonskog komada.				
	T - komad DN 150/80	kom.	1,00	310,00 KM	310,00 KM
	FF - komad DN 80 , L = 300	kom.	2,00	133,90 KM	267,80 KM
	FF - komad DN 150 , L = 800	kom.	2,00	319,00 KM	638,00 KM
	MDK - komad DN 150	kom.	1,00	271,00 KM	271,00 KM
	Mehanički ventil DN 80	kom.	2,00	152,00 KM	304,00 KM
	Hidrant podzemni DN80 ( h=980 ) NP 10/16 sa uličnom kapom za hidrant	kom.	1,00	526,50 KM	526,50 KM
	N90° KOMAD DN 80 NP 10/16	kom.	1,00	140,00 KM	140,00 KM
	VODOMJER PRIRUBNICKI DN 80 sa impulsnim izvodom	kom.	1,00	951,33 KM	951,33 KM
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje plastičnih spojnih komada za PE cijevi. PE fitinzi moraju ispunjavati zahtjeve standarda prema EN 12201-3 i 12201-2 / ISO 4427, DIN 8074 i da odgovaraju u konjukciji sa radnim pritiskom				
	PE tuljak DN 160 sa slobodnom prirubicom	kom.	1,00	62,00 KM	62,00 KM

Prilog 65 *Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio IX-tipski šaht 8*

14	<b>TIPSKI ŠAHT 8</b>				
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje lijevano-željeznih vodovodnih fazonskih komada i armatura. Fazonski komadi prema BAS EN 545 od nodularnog liva (ductile) GGG40/50 prema DIN 1693. Fazonski komadi s vanjskom i unutrašnjom zaštitom iz epoksidnog praha minimalne debljine nanosa 250 do 300 mikrona za pitku vodu - za podzemnu ugradnju u plavom tonu prema zahtjevu kvaliteta RAL GZ-662 i GSK. Prirubnice i bušenje po EN 1092-2.				
	Brtve i dihtunzi od EPDM gume prema EN 681-1. Vijci, matice i podloške za spajanje armatura i fazonskih komada su od nehrđajućeg čelika klase A2. Vijci prema DIN 931/DIN EN 24014/ISO 4014, matice i podloške prema DIN 934, te iste uračunati uz pojedinačni komad sa prirubicama. Ugradnja prema specifikaciji. Obračun po komadu ugrađene armature ili fazonskog komada.				
	T - komad DN 150/80	kom.	1,00	310,00 KM	310,00 KM
	FF - komad DN 80 , L = 300	kom.	2,00	133,90 KM	267,80 KM
	FF - komad DN 150 , L = 800	kom.	2,00	319,00 KM	638,00 KM
	MDK - komad DN 150	kom.	1,00	271,00 KM	271,00 KM
	Mehanički ventil DN 80	kom.	2,00	152,00 KM	304,00 KM
	Hidrant podzemni DN80 ( h=980 ) NP 10/16 sa uličnom kapom za hidrant	kom.	1,00	526,50 KM	526,50 KM
	N90° KOMAD DN 80 NP 10/16	kom.	1,00	140,00 KM	140,00 KM
	VODOMJER PRIRUBNICKI DN 80 sa impulsnim izvodom	kom.	1,00	951,33 KM	951,33 KM
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje plastičnih spojnih komada za PE cijevi. PE fitinzi moraju ispunjavati zahtjeve standarda prema EN 12201-3 i 12201-2 / ISO 4427, DIN 8074 i da odgovaraju u konjukciji sa radnim pritiskom				
	PE tuljak DN 160 sa slobodnom prirubicom	kom.	1,00	62,00 KM	62,00 KM
	PE tuljak DN 180 sa slobodnom prirubicom	kom.	1,00	75,00 KM	75,00 KM

Prilog 66 *Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio X-tipski šaht 9*

15	<b>TIPSKI ŠAHT 9</b>				
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje lijevano-željeznih vodovodnih fazonskih komada i armatura. Fazonski komadi prema BAS EN 545 od nodularnog liva (ductile) GGG40/50 prema DIN 1693. Fazonski komadi s vanjskom i unutrašnjom zaštitom iz epoksidnog praha minimalne debljine nanosa 250 do 300 mikrona za pitku vodu - za podzemnu ugradnju u plavom tonu prema zahtjevu kvaliteta RAL GZ-662 i GSK. Prirubnice i bušenje po EN 1092-2.				
	Brtve i dihtunzi od EPDM gume prema EN 681-1. Vijci, matice i podloške za spajanje armatura i fazonskih komada su od nehrđajućeg čelika klase A2. Vijci prema DIN 931/DIN EN 24014/ISO 4014, matice i podloške prema DIN 934, te iste uračunati uz pojedinačni komad sa prirubicama. Ugradnja prema specifikaciji. Obračun po komadu ugrađene armature ili fazonskog komada.				
	T - komad DN 150/80	kom.	1,00	310,00 KM	310,00 KM
	FF - komad DN 80 , L = 300	kom.	2,00	133,90 KM	267,80 KM
	FF - komad DN 150 , L = 800	kom.	2,00	319,00 KM	638,00 KM
	MDK - komad DN 150	kom.	1,00	271,00 KM	271,00 KM
	Mehanički ventil DN 80	kom.	2,00	152,00 KM	304,00 KM
	Hidrant podzemni DN80 ( h=980 ) NP 10/16 sa uličnom kapom za hidrant	kom.	1,00	526,50 KM	526,50 KM
	N90° KOMAD DN 80 NP 10/16	kom.	1,00	140,00 KM	140,00 KM
	VODOMJER PRIRUBNICKI DN 80 sa impulsnim izvodom	kom.	1,00	951,33 KM	951,33 KM
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje plastičnih spojnih komada za PE cijevi. PE fitinzi moraju ispunjavati zahtjeve standarda prema EN 12201-3 i 12201-2 / ISO 4427, DIN 8074 i da odgovaraju u konjukciji sa radnim pritiskom				
	PE tuljak DN 180 sa slobodnom prirubicom	kom.	2,00	75,00 KM	150,00 KM

Prilog 67 *Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio XI-tipski šaht 10*

16	TIPSKI ŠAHT 10				
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje lijevano-željeznih vodovodnih fazonskih komada i armatura. Fazonski komadi prema BAS EN 545 od nodularnog liva (ductile) GGG40/50 prema DIN 1693. Fazonski komadi s vanjskom i unutrašnjom zaštitom iz epoksidnog praha minimalne debljine nanosa 250 do 300 mikrona za pitku vodu - za podzemnu ugradnju u plavom tonu prema zahtjevu kvaliteta RAL GZ-662 i GSK. Prirubnice i bušenje po EN 1092-2.				
	Brtve i dihtunzi od EPDM gume prema EN 681-1. Vijci, matice i podloške za spajanje armatura i fazonskih komada su od nehrđajućeg čelika klase A2. Vijci prema DIN 931/DIN EN 24014/ISO 4014, matice i podloške prema DIN 934, te iste uračunati uz pojedinačni komad sa prirubicama. Ugradnja prema specifikaciji. Obračun po komadu ugrađene armature ili fazonskog komada.				
	T - komad DN 200/125	kom.	1,00	498,00 KM	498,00 KM
	FF - komad DN 80 , L = 300	kom.	2,00	133,90 KM	267,80 KM
	FF - komad DN 150 , L = 800	kom.	1,00	319,00 KM	319,00 KM
	FF - komad DN 200 , L = 800	kom.	1,00	474,00 KM	474,00 KM
	MDK - komad DN 200	kom.	1,00	359,00 KM	359,00 KM
	FFR-komad DN 200/150	kom.	1,00	181,00 KM	181,00 KM
	FFR-komad DN 125/80	kom.	1,00	99,00 KM	99,00 KM
	Mehanički ventil DN 80	kom.	2,00	152,00 KM	304,00 KM
	Hidrant podzemni DN80 ( h=980 ) NP 10/16 sa uličnom kapom za hidrant	kom.	1,00	526,50 KM	526,50 KM
	N90° KOMAD DN 80 NP 10/16	kom.	1,00	140,00 KM	140,00 KM
	VODOMJER PRIRUBNICKI DN 80 sa impulsnim izvodom	kom.	1,00	951,33 KM	951,33 KM
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje plastičnih spojnih komada za PE cijevi. PE fitinzi moraju ispunjavati zahtjeve standarda prema EN 12201-3 i 12201-2 / ISO 4427, DIN 8074 i da odgovaraju u konjukciji sa radnim pritiskom				
	PE tuljak DN 180 sa slobodnom prirubicom	kom.	1,00	75,00 KM	75,00 KM
	PE tuljak DN 200 sa slobodnom prirubicom	kom.	1,00	89,00 KM	89,00 KM

Prilog 68 *Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio XII-tipski šaht 11*

17	<b>TIPSKI ŠAHT 11</b>				
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje lijevano-željeznih vodovodnih fazonskih komada i armatura. Fazonski komadi prema BAS EN 545 od nodularnog liva (ductile) GGG40/50 prema DIN 1693. Fazonski komadi s vanjskom i unutrašnjom zaštitom iz epoksidnog praha minimalne debljine nanosa 250 do 300 mikrona za pitku vodu - za podzemnu ugradnju u plavom tonu prema zahtjevu kvaliteta RAL GZ-662 i GSK. Prirubnice i bušenje po EN 1092-2.				
	Brtve i dihtunzi od EPDM gume prema EN 681-1. Vijci, matice i podloške za spajanje armatura i fazonskih komada su od nehrđajućeg čelika klase A2. Vijci prema DIN 931/DIN EN 24014/ISO 4014, matice i podloške prema DIN 934, te iste uračunati uz pojedinačni komad sa prirubicama. Ugradnja prema specifikaciji. Obračun po komadu ugrađene armature ili fazonskog komada.				
	T - komad DN 200/125	kom.	1,00	498,00 KM	498,00 KM
	FF - komad DN 80 , L = 300	kom.	2,00	133,90 KM	267,80 KM
	FF - komad DN 200 , L = 800	kom.	2,00	474,00 KM	948,00 KM
	MDK - komad DN 200	kom.	1,00	359,00 KM	359,00 KM
	FFR-komad DN 125/80	kom.	1,00	99,00 KM	99,00 KM
	Mehanički ventil DN 80	kom.	2,00	152,00 KM	304,00 KM
	Hidrantski podzemni DN80 ( h=980 ) NP 10/16 sa uličnom kapom za hidrant	kom.	1,00	526,50 KM	526,50 KM
	N90° KOMAD DN 80 NP 10/16	kom.	1,00	140,00 KM	140,00 KM
	VODOMJER PRIRUBNICKI DN 80 sa impulsnim izvodom	kom.	1,00	951,33 KM	951,33 KM
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje plastičnih spojnih komada za PE cijevi. PE fitinzi moraju ispunjavati zahtjeve standarda prema EN 12201-3 i 12201-2 / ISO 4427, DIN 8074 i da odgovaraju u konjukciji sa radnim pritiskom				
	PE tuljak DN 200 sa slobodnom prirubicom	kom.	1,00	89,00 KM	89,00 KM

Prilog 69 *Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio XIII-tipski šaht 19*

18	<b>TIPSKI ŠAHT 19</b>				
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje lijevano-željeznih vodovodnih fazonskih komada i armatura. Fazonski komadi prema BAS EN 545 od nodularnog liva (ductile) GGG40/50 prema DIN 1693. Fazonski komadi s vanjskom i unutrašnjom zaštitom iz epoksidnog praha minimalne debljine nanosa 250 do 300 mikrona za pitku vodu - za podzemnu ugradnju u plavom tonu prema zahtjevu kvaliteta RAL GZ-662 i GSK. Prirubnice i bušenje po EN 1092-2.				
	Brtve i dihtunzi od EPDM gume prema EN 681-1. Vijci, matice i podloške za spajanje armatura i fazonskih komada su od nehrđajućeg čelika klase A2. Vijci prema DIN 931/DIN EN 24014/ISO 4014, matice i podloške prema DIN 934, te iste uračunati uz pojedinačni komad sa prirubnicama. Ugradnja prema specifikaciji. Obračun po komadu ugrađene armature ili fazonskog komada.				
	TT- komad DN 200	kom.	1,00	441,00 KM	441,00 KM
	FF - komad DN 80 , L = 300	kom.	2,00	133,90 KM	267,80 KM
	FF - komad DN 100 , L = 800	kom.	1,00	200,00 KM	200,00 KM
	FF - komad DN 200 , L = 800	kom.	1,00	474,00 KM	474,00 KM
	FF - komad DN 150 , L = 800	kom.	1,00	319,00 KM	319,00 KM
	MDK - komad DN 100	kom.	1,00	166,00 KM	166,00 KM
	MDK - komad DN 80	kom.	1,00	159,00 KM	159,00 KM
	FFR-komad DN 200/100	kom.	1,00	172,00 KM	172,00 KM
	FFR-komad DN 200/80	kom.	1,00	162,00 KM	162,00 KM
	Mehanički ventil DN 80	kom.	2,00	152,00 KM	304,00 KM
	Hidrant podzemni DN80 ( h=980 ) NP 10/16 sa	kom.	1,00	526,50 KM	526,50 KM
	N90° KOMAD DN 80 NP 10/16	kom.	1,00	140,00 KM	140,00 KM
	VODOMJER PRIRUBNICKI DN 80 sa impulsnim izvodom	kom.	1,00	951,33 KM	951,33 KM
	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuštanje u rov i spajanje plastičnih spojnih komada za PE cijevi. PE fitinzi moraju ispunjavati zahtjeve standarda prema				
	PE tuljak DN 110 sa slobodnom prirubnicom	kom.	1,00	40,00 KM	40,00 KM
	PE tuljak DN 180 sa slobodnom prirubnicom	kom.	1,00	75,00 KM	75,00 KM
	PE tuljak DN 200 sa slobodnom prirubnicom	kom.	1,00	95,00 KM	95,00 KM
<b>UKUPNO MONTAŽNI RADOVI mreža i šahtovi:</b>					<b>145.703,53 KM</b>

Prilog 70 Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Montažni radovi-dio XIV-pumpna stanica

V-2 MONTAŽNI RADOVI pumpna stanica					
Broj	VRSTA RADA I OPIS AKTIVNOSTI	Jeđinica mjere	Količina	Jeđinična cijena	Ukupno (KM)
1	Nabavka, transport, raznošenje duž rova, spuđtanje u rov i spajanje lijevano-željeznih vodovodnih fazonskih komada i armatura. Fazonski komadi prema BAS EN 545 od nodularnog liva (ductile) GGG40/50 prema DIN 1693. Fazonski komadi s vanjskom i unutrašnjom zaštitom iz epoksidnog praha minimalne debljine nanosa 250 do 300 mikrona za pitku vodu - za podzemnu ugradnju u plavom tonu prema zahtjevu kvaliteta RAL GZ-662 i GSK. Prirubnice i bušenje po EN 1092-2.				
	Brtve i dihtunzi od EPDM gume prema EN 681-1. Vijci, matice i podloške za spajanje armatura i fazonskih komada su od nehrđajućeg čelika klase A2. Vijci prema DIN 931/DIN EN 24014/ISO 4014, matice i podloške prema DIN 934, te iste uračunati uz pojednični komad sa prirubicama. Ugradnja prema specifikaciji. Obračun po komadu ugrađene armature ili fazonskog komada.				
	FF - komad DN 100 , L = 300,	kom.	3,00	120,00 KM	360,00 KM
	FF - komad DN 125 , L = 1000,	kom.	15,00	336,00 KM	5.040,00 KM
	FF - komad DN 125 , L = 500,	kom.	1,00	189,00 KM	189,00 KM
	FF - komad DN 150 , L = 500,	kom.	1,00	192,00 KM	192,00 KM
	MDK - komad DN 100	kom.	1,00	237,00 KM	237,00 KM
	FFR KOMAD DN 125 / 100	kom.	1,00	150,00 KM	150,00 KM
	FFR KOMAD DN 150 / 100	kom.	1,00	164,00 KM	164,00 KM
	Mehanički ventil DN 100	kom.	1,00	152,00 KM	152,00 KM
	Q komad DN 125	kom.	1,00	171,00 KM	171,00 KM
	Nepovratni ventil sa klapnom DN 100	kom.	1,00	388,88 KM	388,88 KM
	VODOMJER PRIRUBNICKI DN 100 sa impulsnim izvodom	kom.	1,00	1.100,00 KM	1.100,00 KM
2	Izrada spoja između prirubničkog čeličnog komada DN150 (PN10) i PEHD cijevi Ø225 mm (SDR17, PN10), pomoću prirubničkog spoja, uključujući: redukcijsku prirubnicu DN150/DN225, PE stub prirubnicu Ø225, prirubnički prsten (backring), brtvu EPDM, te mašinsko zavarivanje stubne prirubnice na PEHD cijev pomoću aparata za sučeono zavarivanje.	kom.	1,00	219,00 KM	219,00 KM
3	Višestepena potapajuća pumpa za vodoravnu ili uspravnu ugradnju. Pumpa je pogonjena prednapunjenim motorom. Ugrađen je nepovratni ventil sa zaštitom od zaglavlivanja, prikladan za jednostavno vađenje. Pumpa ima priključak DN125. Pumpa je namijenjena na transport medija čiste vode, maksimalne temperature 20° i ima sljedeće karakteristike: Q=40 l/s radno, Q=46 l/s max; Hp=85 m; (karakteristika pumpe priložena u sklopu teksta predmetnog rada). Priključak: DN 125, prema EN 1092 Snaga motora: P=31,0kW Tip kao: UPA 200-130/04GN+UMA 200- 37/21G ili jednako vrijedno.	kom.	1,00	23900,00	23.900,00 KM
4	Pokretna montažna konzola ( nalik metalnom tronožcu) sa lančanom ručnom dizalicom minimalne nosivosti 2-2.5 tone, koja služi za ugradnju i servisiranje potopne bunarske pumpe. Ručna dizaliza mora biti atestirana.	kom.	1,00	3.500,00 KM	3.500,00 KM
<b>UKUPNO MONTAŽNI RADOVI pumpna stanica:</b>					<b>35.762,88 KM</b>

Prilog 71 *Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Bravarski radovi*

<b>VI BRAVARASKI RADOVI</b>					
<b>Broj</b>	<b>VRSTA RADA I OPIS AKTIVNOSTI</b>	<b>Jedinica mjere</b>	<b>Količina</b>	<b>Je dinična cijena</b>	<b>Ukupno (KM)</b>
1	Nabavka, transport i montaža lijevano-željeznih poklopaca sa ramom veličine 600x600 mm, D400. Obračun po komadu ugrađenog poklopca.	kom.	14,00	250,00	3.500,00 KM
<b>UKUPNO BRAVARASKI RADOVI:</b>					<b>3.500,00 KM</b>

Prilog 72 *Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET prema FAO Penman-Monteith metodi) – Ostali radovi*

<b>VII OSTALI RADOVI</b>					
<b>Broj</b>	<b>VRSTA RADA I OPIS AKTIVNOSTI</b>	<b>Jedinica mjere</b>	<b>Količina</b>	<b>Je dinična cijena</b>	<b>Ukupno (KM)</b>
1	Snimanje izvedene dionice vodovoda radi potreba evidentiranja u katastru podzemnih instalacija. Obračun po m'.	m'	1.079,60	1,20 KM	1.295,52 KM
2	Ispiranje i dezinfekcija cjevovoda i pribavljanje atesta o higijenskoj ispravnosti vode od nadležne institucije. Obračun po m'.	m'	1.079,60	2,00 KM	2.159,20 KM
3	Ispitivanje vodovodne mreže na probni pritisak, veći za 3 bara od radnog, odnosno minimalno 10 bara. Po završetku montaže vodovodne mreže sva izlivna mesta zadahovati čepovima. Postaviti hidrauličnu pumpu, napuniti instalaciju vodom, ispustiti vazduh i postići probni pritisak. Mreža mora biti pod pritiskom najmanje 24 časa. Ako pritisak opadne, pronaći mesto kvara, otkloniti i ponovo staviti instalaciju pod ispitni pritisak. Ispitivanje vršiti uz obavezno prisustvo nadzornog organa i ovlaštenog lica i o tome sačiniti poseban zapisnik. Obračun po m1 ispitane instalacije.	m'	1.079,60	1,00 KM	1.079,60 KM
4	Postavljanje PVC trake po cijeloj dužini cjevovoda 20 cm iznad gornje ivice cijevi. Obračun po m'.	m'	1.079,60	0,30 KM	323,88 KM
5	Izrada hidroizolacije zasutih betonskih površina vodovodnih šahtova s polimerima modificiranim bitumenom, u dva hladna premaza. Obračun po m2. 14 kom * 17,48 m2	m <sup>2</sup>	244,72	2,50 KM	611,80 KM
<b>UKUPNO OSTALI RADOVI:</b>					<b>5.470,00 KM</b>

**Prilog 73 Predmjer i predračun radova hidrotehničkog dijela projekta navodnjavanja (ET  
prema FAO Penman-Monteith metodi) – Rekapitulacija**

Napomena: Sve cijene korištene u predmjerima i predračunima odnose se na tržišne vrijednosti važeće u momentu izrade rada (septembar 2025. godine). Prikupljene su na osnovu aktuelnih ponuda izvođača, dobavljača i važećih cjenovnika. S obzirom na to da su cijene građevinskih radova i materijala podložne promjenama, treba naglasiti da predstavljaju okvirnu procjenu u konkretnom vremenskom kontekstu. Autor ne može preuzeti odgovornost za eventualne promjene koje mogu nastupiti u budućnosti.

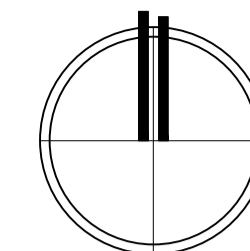
<b>R E K A P I T U L A C I J A</b>				
	I PRIPREMNI RADOVI			<b>4.959,20 KM</b>
	II ZEMLJANI RADOVI			<b>47.920,78 KM</b>
	III BETONSKI RADOVI			<b>16.110,20 KM</b>
	IV ARMIRAČKI RADOVI			<b>15.012,65 KM</b>
	V MONTAŽNI RADOVI			<b>181.466,41 KM</b>
	VI BRAVARSKI RADOVI			<b>3.500,00 KM</b>
	VII OSTALI RADOVI			<b>5.470,00 KM</b>
	UKUPNO bez PDV-a:			<b>274.439,24 KM</b>
	PDV (17%):			<b>46.654,67 KM</b>
	UKUPNO sa PDV-om:			<b>321.093,91 KM</b>

**Napomena:** Detaljan predmjer i predračun dat je samo za FAO Penman–Monteith metodu, kao reprezentativan primjer. Za ostale metode predmjeri i predračuni su izrađeni po istom obrascu, a razlike se ogledaju u količinama, tipu šahtova i elementima sistema, što je kvantifikovano u okviru tehno-ekonomske analize (poglavlje 4.3).

## **PRILOZI**

### **B. Grafički prilozi**





POPIS TIPSkih VODOVODNIH ŠAHTOVA:

- H1- šaht Tip 1 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.13)
- H2- šaht Tip 4 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.16)
- H3- šaht Tip 6 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.18)
- H4- šaht Tip 8 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.20)
- H5- šaht Tip 10 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.22)
- H6- šaht Tip 12 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.24)
- H7- šaht Tip 13 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.25)
- H8- šaht Tip 14 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.26)
- H9- šaht Tip 15 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.27)
- H10- šaht Tip 20 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.32)
- H11- šaht Tip 4 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.16)
- H12- šaht Tip 1 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.13)

LEGENDA:

- VODOVODNE CIJEVI
- KIŠNA LINIJA SA PRSKAČIMA
- VODOVODNI ŠAHT
- ŠEMA ZALIVANJA: POVRŠINA Lp x Lk
- EFEKTIVNA POVRŠINA KOJA SE GUBI (ne navodnjava se)



Podaci o mreži

Ukupna površina njive: približno A=50h (A=49218,14m<sup>2</sup>)  
 Ukupna dužina vodovodne mreže: L=1067,51m (PEHD PN10)  
 Metoda proračuna ET Hargreaves-Samani model  
 Efektivna površina koja se gubi (ne navodnjava se) A=2,3517ha

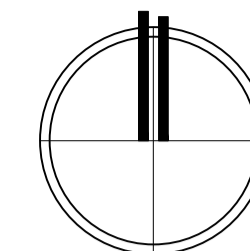
UNIVERZITET U BANJOJ LUCI  
 ARHITEKTONSKO-GRADEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF  
 GRADEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO

ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)  
 TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE

NAZIV PRILOGA:  
 ŠEMA SISTEMA NAVODNJAVANJA SA TEHNIČKIM ELEMENTIMA ( ET DOBUJENA HARGREAVES-SAMANI METODOM)

KANDIDAT:	BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA:	05 MGRH21	RAZMJERA:	1:2500
-----------	--------------	---------------	-----------	-----------	--------

MENTOR:	DOC. DR. ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM:	Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA:	2.
---------	-------------------------	--------	-----------------	-------------------------	----



POPIS TIPSkih VODOVODNIH ŠAHTOVA:

- H1- šaht Tip 1 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.13)
- H2- šaht Tip 4 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.16)
- H3- šaht Tip 6 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.18)
- H4- šaht Tip 8 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.20)
- H5- šaht Tip 10 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.22)
- H6- šaht Tip 12 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.24)
- H7- šaht Tip 13 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.25)
- H8- šaht Tip 17 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.29)
- H9- šaht Tip 1 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.13)

LEGENDA:

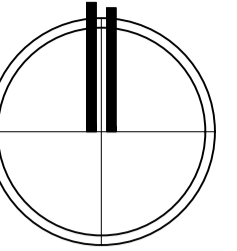
- VODOVODNE CIJEVI
- KIŠNA LINIJA SA PRSKAČIMA
- VODOVODNI ŠAHT
- ŠEMA ZALIVANJA: POVRŠINA Lp x Lk
- EFEKTIVNA POVRŠINA KOJA SE GUBI (ne navodnjava se)



Podaci o mreži

Ukupna površina njive: približno A=50h (A=49218,14m<sup>2</sup>)  
Ukupna dužina vodovodne mreže: L=1030,39m (PEHD PN10)  
Metoda proračuna ET Jensen-Haise model  
Efektivna površina koja se gubi (ne navodnjava se) A=3,031ha

UNIVERZITET U BANJOJ LUCI ARHITEKTONSKO-GRADEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF GRADEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: ŠEMA SISTEMA NAVODNJAVANJA SA TEHNIČKIM ELEMENTIMA (ET DOBIJENA JENSEN-HAISE METODOM)		
KANDIDAT:	BROJ INDEKSA:	RAZMJERA:
BILJANA ČUSO	05 MGRH21	1:2500
MENTOR:	DATUM:	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA:
DOC. DR. ŽANA TOPALOVIĆ	Septembar 2025.	3.



Objekat pumpne  
stanice iznad bunara

POPIS TIPSkih VODOVODNIH ŠAHTOVA:

- H1- šaht Tip 1 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.13)
- H2- šaht Tip 2 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.14)
- H3- šaht Tip 4 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.16)
- H4- šaht Tip 5 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.17)
- H5- šaht Tip 6 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.18)
- H6- šaht Tip 7 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.19)
- H7- šaht Tip 8 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.20)
- H8- šaht Tip 9 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.21)
- H9- šaht Tip 18 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.30)
- H10- šaht Tip 3 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.15)
- H11- šaht Tip 2 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.14)
- H12- šaht Tip 1 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.13)

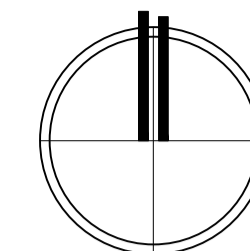
LEGENDA:

- VODOVODNE CIJEVI
- KIŠNA LINIJA SA PRSKAČIMA
- VODOVODNI ŠAHT
- ŠEMA ZALIVANJA: POVRŠINA Lp x Lk
- EFEKTIVNA POVRŠINA KOJA SE GUBI (ne navodnjava se)



Podaci o mreži  
 Ukupna površina njive: približno A=50h (A=49218,14m<sup>2</sup>)  
 Ukupna dužina vodovodne mreže: L=1070,09m (PEHD PN10)  
 Metoda proračuna ET: Linacre metod  
 Efektivna površina koja se gubi (ne navodnjava se) A=3,11 ha

<b>UNIVERZITET U BANJOJ LUCI</b>		
<b>ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF</b>		
<b>GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO</b>		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: ŠEMA SISTEMA NAVODNJAVANJA SA TEHNIČKIM ELEMENTIMA ( ET DOBUJENA LINACRE METODOM)		
KANDIDAT:	BROJ INDEKSA:	RAZMJERA:
BILJANA ČUSO	05 MGRH21	1:2500
MENTOR:	DATUM:	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA:
DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	Septembar 2025.	4.



POPIS TIPSkih VODOVODNIH ŠAHTOVA:

- H1- šaht Tip 1 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.13)
- H2- šaht Tip 2 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.14)
- H3- šaht Tip 4 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.16)
- H4- šaht Tip 5 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.17)
- H5- šaht Tip 5 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.17)
- H6- šaht Tip 6 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.18)
- H7- šaht Tip 8 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.20)
- H8- šaht Tip 9 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.21)
- H9- šaht Tip 9 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.21)
- H10- šaht Tip 10 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.22)
- H11- šaht Tip 11 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.23)
- H12- šaht Tip 12 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.24)
- H13- šaht Tip 17 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.29)
- H14- šaht Tip 2 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.14)
- H15- šaht Tip 2 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.14)
- H16- šaht Tip 1 (Detalj šahta na grafičkom prilogu br.13)

LEGENDA:

- VODOVODNE CIJEVI
- KIŠNA LINIJA SA PRSKAČIMA
- VODOVODNI ŠAHT
- ŠEMA ZALIVANJA: POVRŠINA Lp x Lk
- EFEKTIVNA POVRŠINA KOJA SE GUBI (ne navodnjava se)



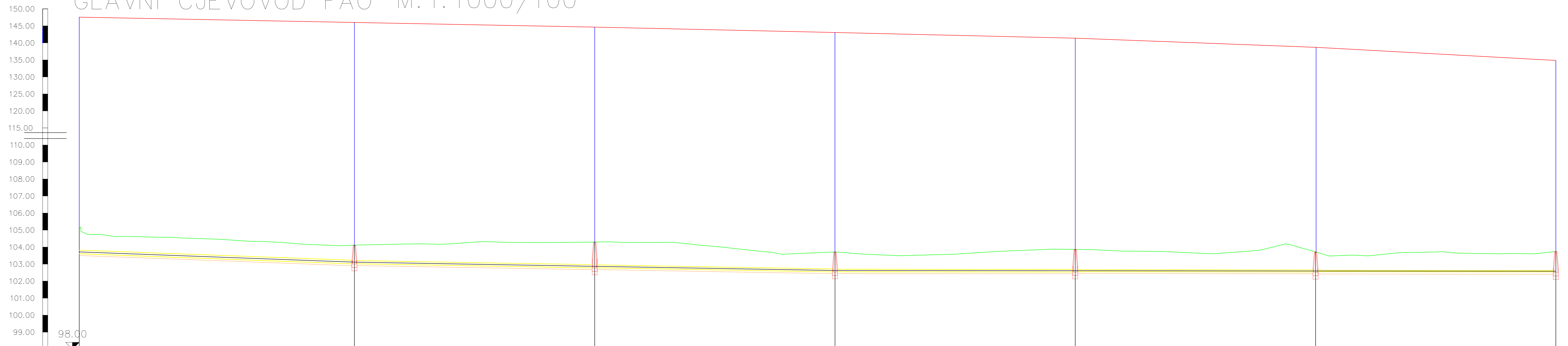
Podaci o mreži

Ukupna površina njive: približno A=50h (A=49218,14m<sup>2</sup>)  
 Ukupna dužina vodovodne mreže: L=1088,14m (PEHD PN10)  
 Metoda proračuna ET McGuinness model  
 Efektivna površina koja se gubi (ne navodnjava se) A=3,125ha

<b>UNIVERZITET U BANJOJ LUCI</b> <b>ARHITEKTONSKO-GRADJEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF</b> <b>GRADJEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO</b>		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: ŠEMA SISTEMA NAVODNJAVANJA SA TEHNIČKIM ELEMENTIMA ( ET DOBIJENA MCGUINNESS METODOM)		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH21	RAZMJERA: 1:2500
MENTOR: DOC. DR. ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 5.



# GLAVNI CJEVOVOD FAO M:1:1000/100



Naziv	PUMPNA STANICA	H11	H9	H7	H5	H3	H1
Visina terena [m n.m.]	105.12	104.12	104.30	103.71	103.86	103.71	103.74
Visina nivelete [m n.m.]	102.72	102.12	102.87	102.62	102.61	102.60	102.58
Dubina nivelete [m]	1.40	1.00	1.43	1.09	1.25	1.12	1.16
Visina dna rova [m n.m.]	103.96	102.96	102.67	102.43	102.45	102.43	102.40
Dubina dna rova [m]	1.61	1.21	1.63	1.28	1.43	1.28	1.34
Duljina dionice [m]		161.70		141.20		141.19	
Pad [%]		0.37	0.17		0.01		
Materijal				PEHD			
Nazivni prečnik ili širina [mm]		225.00	200.00	180.00	160.00	125.00	90.00
Horizontalni kut – Otklon		-0.11°	-0.00°	0.00°	-0.00°	0.01°	
Vertikalni ugao – Otklon		0.11°	0.00°	0.09°	-0.00°	-0.00°	
Visina piezometra (stvarna) [m]	147.56	146.064	144.636	143.046	141.383	138.692	134.849
Stacionaže čvorova	0+000	0+161.70	0+323.40	0+464.60	0+624.60	0+765.79	0+807.19
Dužina/Pad		161.70 m / 0.37%		282.40 m / 0.01%		423.59 m	
Schema čvora							

**UNIVERZITET U BANJOJ LUCI**  
**ARHITEKTONSKO-GRADJEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET - AGGF**  
**GRADJEVINSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO**

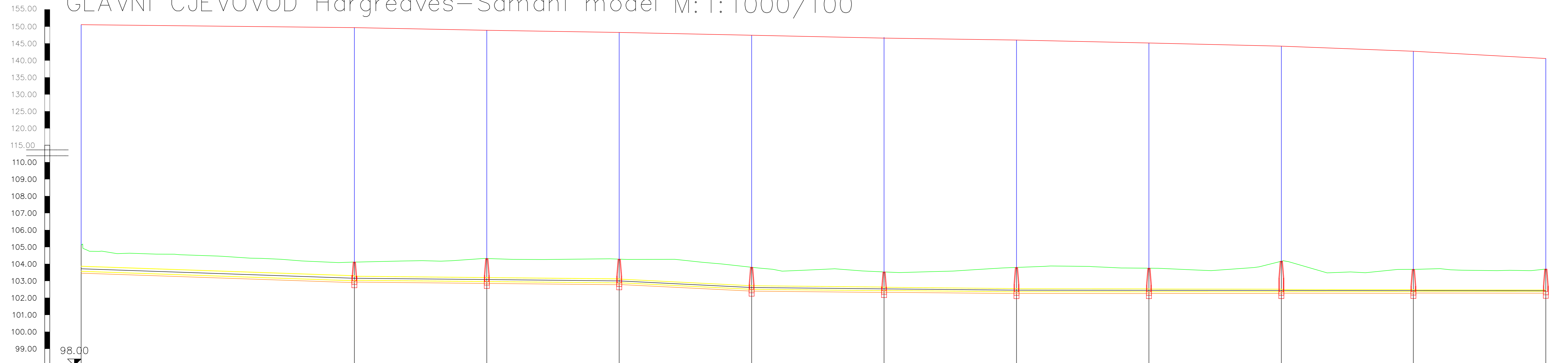
ZAVRŠNI RAD II CIKUSA STUDIJA (MASTER RAD)

TEMA: UTLICA I RAZLIČITIH METODA ZA PROJEKCIJU I VAPOTI TRANSPARACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE

NAZIV PRILOGA: POGUŽNI PROFIL GLAVNOG CJEVOVODA SISTEMA NAVODNJAVANJA (ET DOBIJENA FAO PENMAN-MONTEITH METODOM)

KANDIDAT: BILJANA ČUŠO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH21	RAZMJERA: 1:1000/100
MENTOR: DOC. DR. ZANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 7.

# GLAVNI CJEVOVOD Hargreaves-Samani model M:1:1000/100



Naziv	PUMPA STANICA	H10	H9	H8	H7	H6	H5	H4	H3	H2	H1
Visina terena [m n.m.]	105.12	104.12	104.32	104.28	103.81	103.53	103.80	103.75	104.16	103.68	103.70
Visina nivelete [m n.m.]	103.72	103.16	103.08	103.01	102.61	102.51	102.45	102.41	102.44	102.43	102.41
Dubina nivelete [m]	1.40	0.96	1.24	1.28	1.20	1.00	1.34	1.30	1.72	1.25	1.27
Visina dna rova [m n.m.]	102.44	102.59	102.84	102.79	102.40	102.35	102.29	102.27	102.28	102.27	102.28
Dubina dna rova [m]	1.68	1.21	1.16	1.47	1.51	1.56	1.46	1.49	1.88	1.42	1.42
Duljina dionice [m]		161.28	78.17	78.15	78.16	78.17	78.16	78.17	78.16	78.12	78.17
Pad [%]		0.35	0.10	0.50	0.10	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01
Materijal		PEHD									
Nazivni promjer ili širina [mm]		315.00	250.00	225.00	200.00	180.00	160.00	125.00	90.00		
Horizontalni kut – Otklon		0.14°	-0.01°	0.01°	-0.23°	-0.02°	0.04°	-0.05°	-0.01°	0.02°	-0.05°
Vertikalni kut – Otklon		0.14°	-0.01°	0.01°	-0.23°	-0.02°	0.04°	-0.05°	-0.01°	0.02°	-0.05°
Visina piezometra (stvarna) [m]	150.56	149.687	148.898	148.271	147.436	146.818	146.025	145.142	144.218	142.723	140.588
Stacionaže čvorova	0+00	0+161.28	0+239.45	0+317.60	0+395.76	0+473.91	0+552.06	0+630.21	0+708.36	0+786.51	0+864.66
Duljina/Pad	0.35%	161.28 m	0.10%	156.33 m	0.50%	78.16 m	0.10%	156.33 m	0.01%	312.42 m	
Schema čvora											

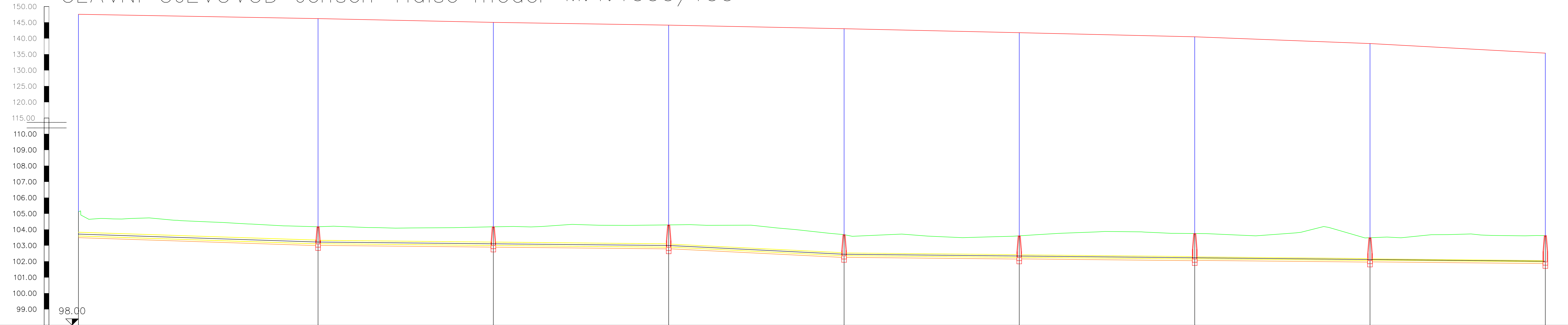
UNIVERZITET U BANJOJ LUCI  
 ARHITEKTONSKO-GRADIVINSKO-GEODETSKI FAKULTET - AGGF  
 GRADEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO

ZAVRŠNI RAD II. CIKLAUSA STUDIJA (MASTER RAD)  
 TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PROJEKCIJU I VADOTRANSPIKCIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE

NAZIV PRILOGA: POČIJNI PROFIL GLAVNOG CJEVOVODA SISTEMA NAVODNJAVANJA (I. DOBLJENA HARGREAVES-SAMANI METODOM)

KANDIDAT: BILJANA ČUŠO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH21	RAZMJERA: 1:1000/100
MENTOR: DOC. DR. ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 8.

# GLAVNI CJEVOVOD Jensen-Haise model M:1:1000/100



Naziv	PUMPA STANICA	H8	H7	H6	H5	H4	H3	H2	H1
Visina terena [m n.m.]	105.12	104.18	104.17	104.29	103.68	103.60	103.75	103.49	103.62
Visina nivelete [m n.m.]	103.72	103.22	103.11	103.00	102.45	102.34	102.23	102.12	102.01
Dubina nivelete [m]	1.40	0.96	1.06	1.29	1.23	1.27	1.52	1.37	1.61
Visina dna rova [m n.m.]	102.48	102.74	102.94	102.74	102.25	102.15	102.05	101.98	101.86
Dubina dna rova [m]	1.63	1.18	1.28	1.51	1.43	1.46	1.70	1.53	1.75
Duljina dionice [m]	150.34	110.00	110.00	110.03	110.00	110.10	110.05	110.00	
Pad [%]	0.33		0.10		0.50		0.10		
Materijal	PEHD								
Nazivni promjer ili širina [mm]	250.00	225.00	200.00	180.00	160.00	125.00	90.00		
Horizontalni kut – Otklon		-0.17°	-0.00°	-0.23°	0.23°	-0.00°	-0.00°	-0.00°	
Vertikalni kut – Otklon		0.17°	-0.00°	-0.23°	0.23°	-0.00°	-0.00°	-0.00°	
Visina piezometra (stvarna) [m]	147.56	146.201	145.025	144.155	143.037	141.794	140.492	138.387	135.38
Stacionaže čvorova	0+000	0+150.34	0+260.34	0+370.34	0+480.34	0+590.34	0+700.34	0+810.34	0+920.34
Duljina/Pad	150.34 m / 0.33%	150.34 m / 0.10%		219.96 m / 0.50%	110.03 m / 0.10%				439.95 m
Schema čvora									

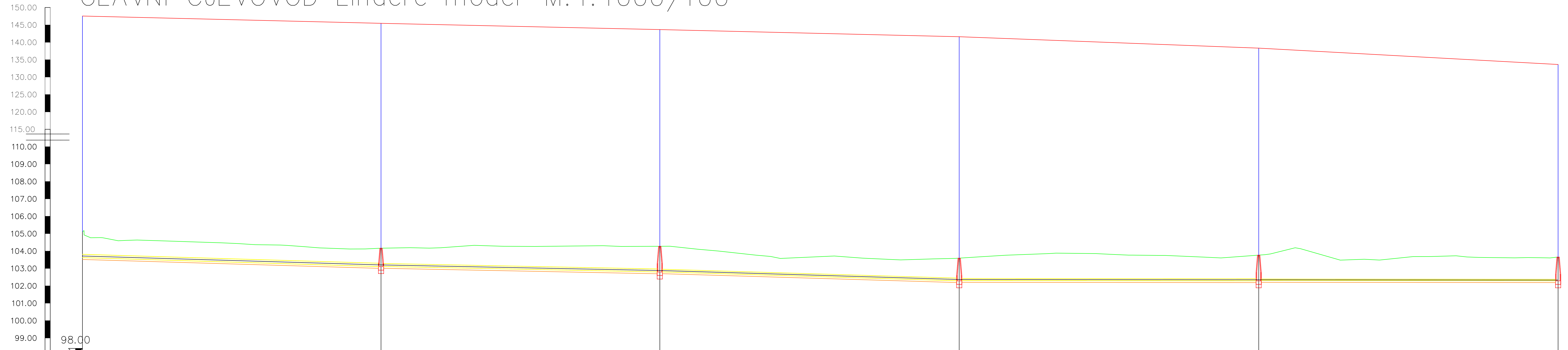
UNIVERZITET U BANJOJ LUCI  
 ARHITEKTONSKO-GRADIVINSKO-GEODETSKI FAKULTET - AGGF  
 GRADEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO

ZAVRŠNI RAD II. CIKUSA STUDIJA (MASTER RAD)  
 TEMA: UČITAJ RAZLIČITIH METODA ZA PROJEKCIJU I VAPOTI TRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE

NAZIV PRILOGA: POUDNI PROFIL GLAVNOG CJEVOVODA SISTEMA NAVODNJAVANJA (ET DOBUENA JENSEN-HAISE METODOM)

KANDIDAT: BILJANA ČUŠO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH21	RAZMJERA: 1:1000/100
MENTOR: DOC. DR. ZANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 9.

# GLAVNI CJEVOVOD Linacre model M:1:1000/100



Naziv	PUMPNA STANICA	H9	H7	H5	H3	H1
Visina terena [m n.m.]	105.12	104.16	104.27	103.59	103.76	103.66
Visina nivelete [m n.m.]	103.72	103.26	102.88	102.37	102.35	102.33
Dubina nivelete [m]	1.40	0.96	1.39	1.23	1.42	1.33
Visina dna rova [m n.m.]	103.52	103.09	102.69	102.15	102.15	102.20
Dubina dna rova [m]	1.60	1.15	1.57	1.41	1.59	1.47
Duljina dionice [m]		171.52	160.12	172.00	172.01	172.00
Pad [%]		0.30	0.20	0.30	0.01	
Materijal		PEHD				
Nazivni promjer ili širina [mm]		200.00	180.00	160.00	125.00	90.00
Horizontalni kut – Otklon			-0.00	0.00	-0.01	
Vertikalni kut – Otklon		0.06	-0.06	0.17	-0.00	
Visina piezometra (stvarna) [m]	147.56	145.461	143.651	141.616	138.324	133.623
Stacionaže čvorova	98.00	171.52	331.64	503.64	675.65	847.65
Duljina/Pad		171.52 m / 0.30%	160.12 m / 0.20%	172.00 m / 0.30%	172.01 m / 0.01%	172.00 m / 0.01%
Schema čvora						

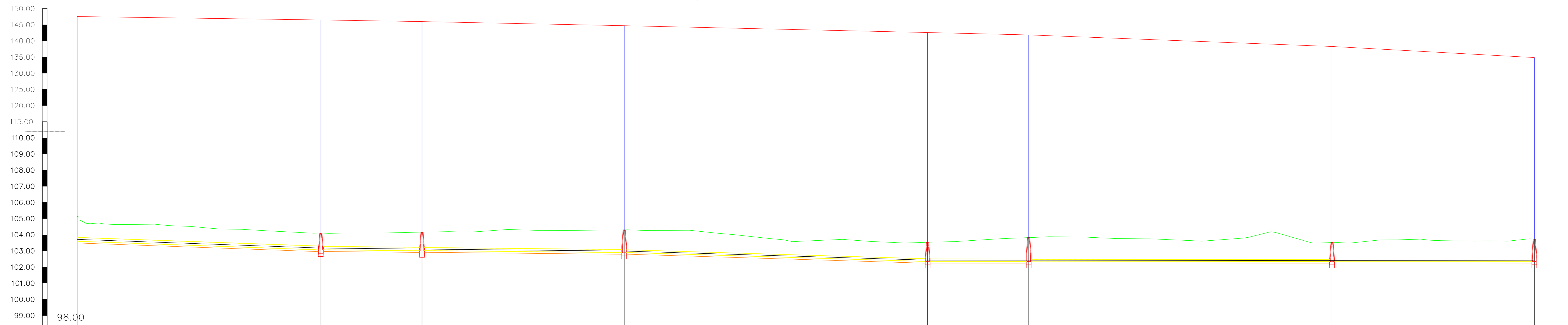
UNIVERZITET U BANJOJ LUCI  
 ARHITEKTONSKO-GRADIVINSKO-GEODETSKI FAKULTET - AGGF  
 GRADEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO

ZAVRŠNI RAD ILI CIKLUS STUDIJA (MASTER RAD)  
 TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PROJEKCIJU I VAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE

NAZIV PRILOGA: POBUĐNI PROFIL GLAVNOG CJEVOVODA SISTEMA NAVODNJAVANJA (ET DORBUENA LINACRE METODOM)

KANDIDAT:	BILJANA ČUŠO	BROJ INDEKSA:	05 MGRH21	RAZMJERA:	1:1000/100
MENTOR:	DOC. DR. ZANA TOPALOVIĆ	DATUM:	Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA:	10.

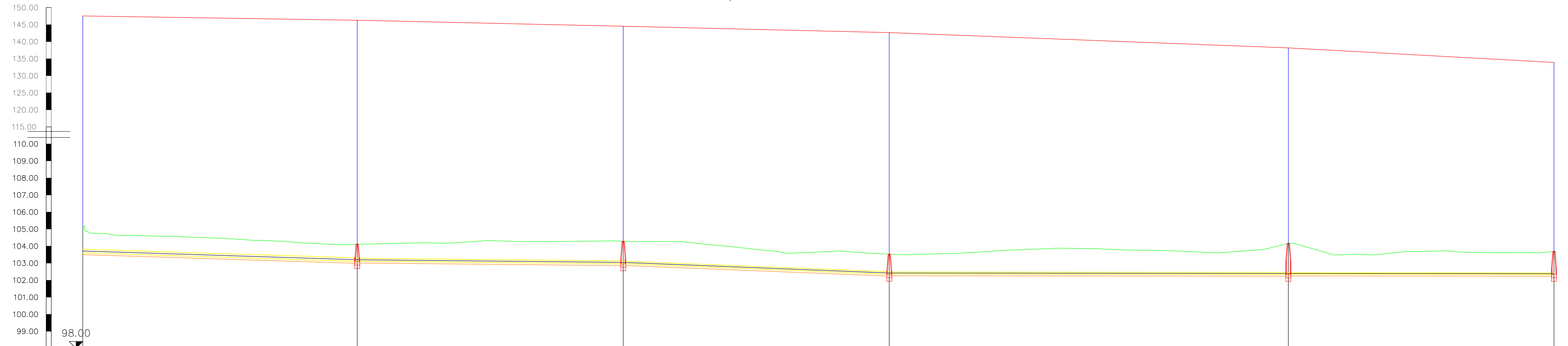
# GLAVNI CJEVOVOD Mc Guinness model M:1:1000/100



Naziv	PUMPNA STANICA	H13	H12	H10	H7	H6	H3	H1
Visina terena [m n.m.]	105.12	104.10	104.16	104.30	103.53	103.82	103.52	103.74
Visina nivelete [m n.m.]	103.72	103.16	103.12	102.89	102.42	102.42	102.40	102.38
Dubina nivelete [m]	1.40	0.92	1.05	1.31	1.11	1.40	1.12	1.35
Visina dna rova [m n.m.]	103.46	102.99	102.97	102.79	102.27	102.26	102.24	102.24
Dubina dna rova [m]	1.62	1.15	1.26	1.51	1.30	1.57	1.28	1.50
Duljina dionice [m]		150.67	62.50	125.00	187.50	62.50	187.50	125.00
Pad [%]		0.36		0.10		0.30		0.01
Materijal	PEHD							
Nazivni promjer ili širina [mm]		250.00	225.00	200.00	180.00	160.00	125.00	90.00
Horizontalni kut – Otklon		-81.25	-0.00	0.00	0.00	-0.00	0.00	
Vertikalni kut – Otklon		0.15	-0.00	-0.11	0.17	-0.00	-0.00	
Visina piezometra (stvarna) [m]	147.56	146.493	145.999	144.729	142.609	141.87	138.281	134.864
Stacionaže čvorova		150.67 m		187.50 m	187.50 m		375.00 m	
Duljina/Pad		150.67 m / 0.36%	62.50 m / 0.10%	125.00 m / 0.30%	187.50 m / 0.01%	62.50 m / 0.30%	187.50 m / 0.01%	125.00 m / 0.01%
Schema čvora								

<b>UNIVERZITET U BANJOLU LUCI</b> <b>ARHITEKTONSKO-GRADJEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET - AGGF</b> <b>GRADEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO</b>		
ZAVRŠNI RAD II. CIKLSA STUDIJIA (MASTER RAD)		
TEMA: LITICA I RAZLIČITIH METODA ZA PROJEKCIJU I VAPROTRANSPARACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: POUZDNI PROFIL GLAVNOG CJEVOVODA (SISTEMA NAVODNJAVANJA (ET DOBIJENA McGuinness METODOM))		
KANDIDAT:	BILJANA ČUŠO	RAZMJERA: 1:1000/100
BROJ INDEKSA:	05 MGRH21	DATUM: 11.09.2025.
MENTOR:	DOC. DR. ZANA TOPALOVIĆ	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 11.

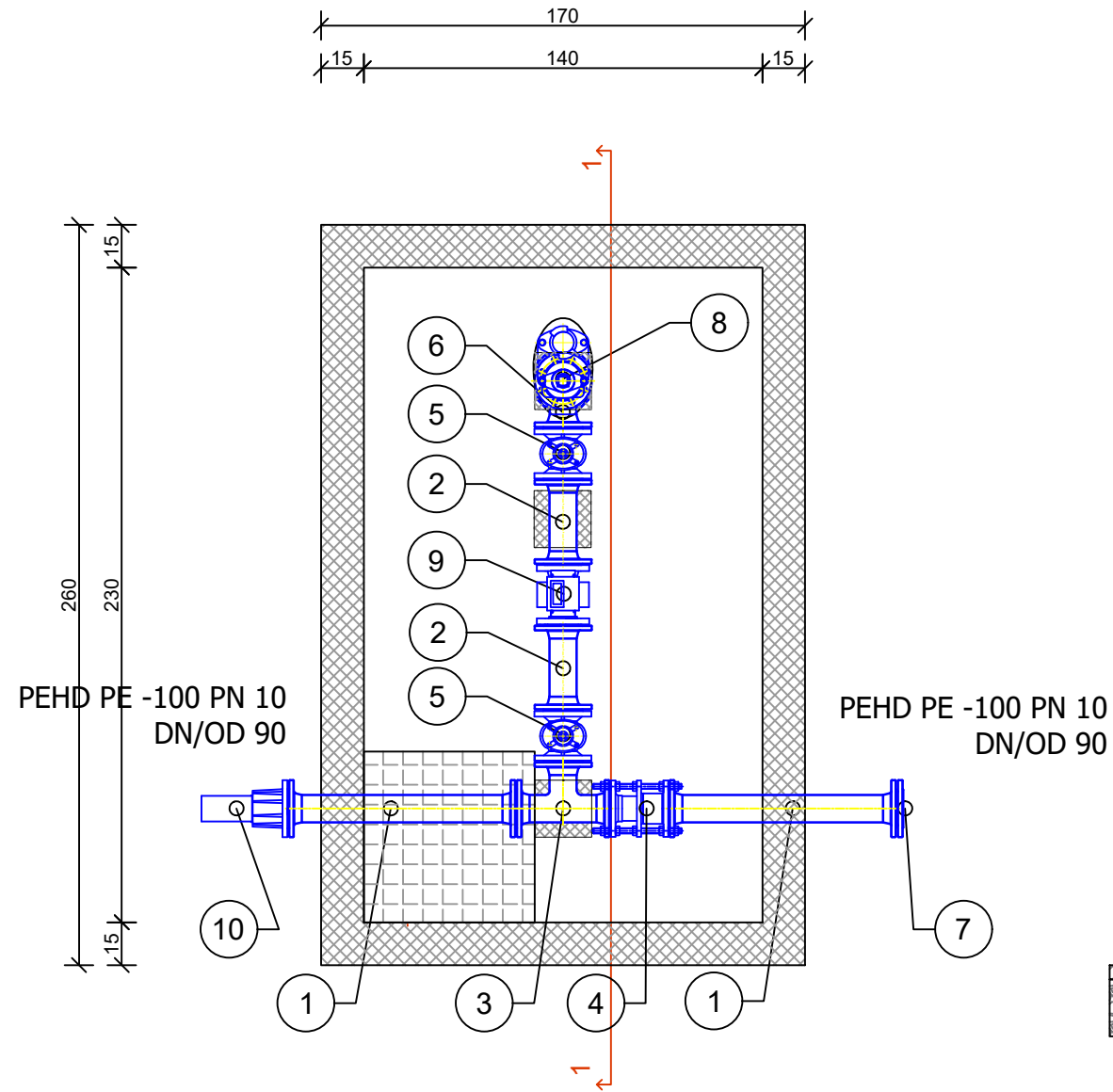
# GLAVNI CJEVOVOD Thorntwaite model M:1:1000/100



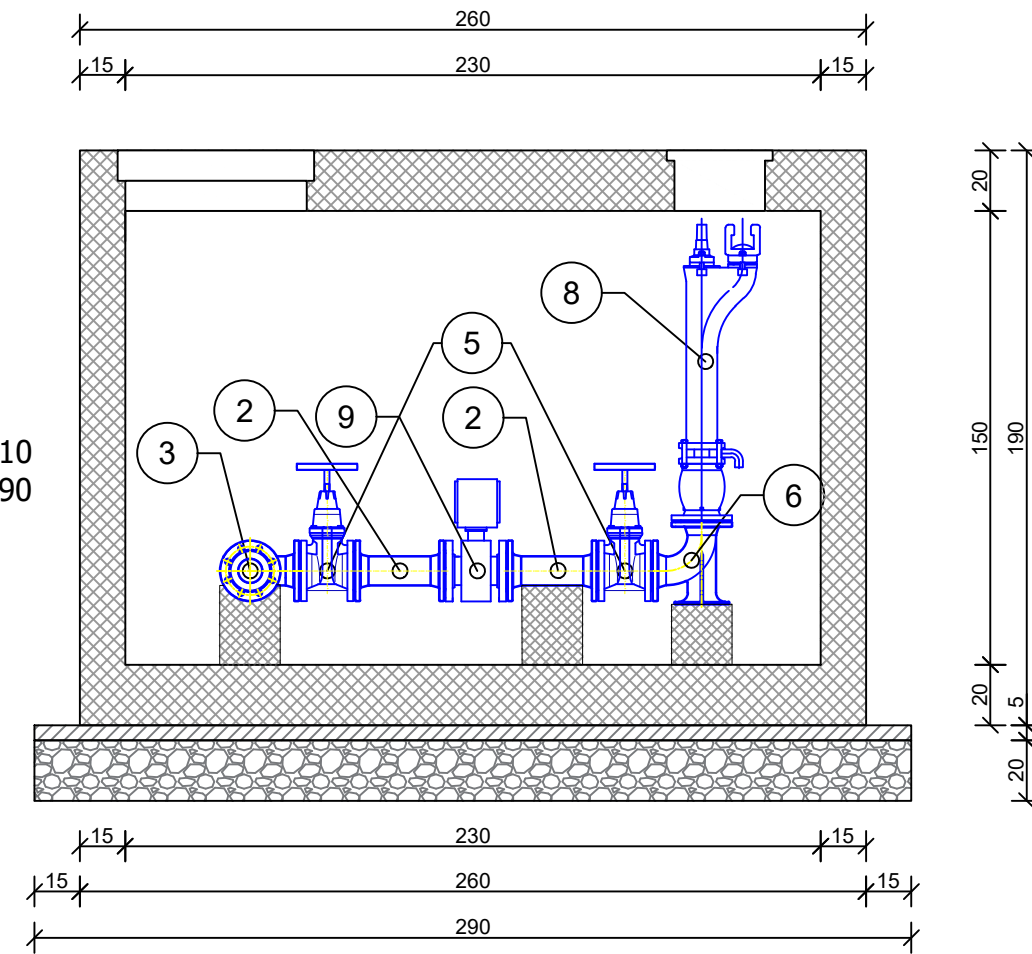
Naziv	PUMPNA STANICA	H10	H8	H6	H3	H1
Visina terena [m n.m.]	105.12	104.12	104.28	103.53	104.16	103.70
Visina nivelete [m n.m.]	103.72	103.20	103.05	102.42	102.40	102.38
Dubina nivelete [m]	1.40	0.91	1.24	1.11	1.76	1.32
Visina dna rova [m n.m.]	103.50	102.99 / 103.00	102.86 / 102.87	102.24 / 102.26	102.24 / 102.25	102.24
Dubina dna rova [m]	1.61	1.12 / 1.10	1.43 / 1.42	1.29 / 1.27	1.93 / 1.91	1.46
Duljina dionice [m]		161.27	156.30	156.30	234.50	156.30
Pad [%]		0.32	0.10	0.40	0.01	
Materijal		PEHD				
Nazivni promjer ili širina [mm]		225.00	180.00	160.00	125.00	90.00
Horizontalni kut – Otklon		-67.45'	0.01'	-0.01'	0.00'	
Vertikalni kut – Otklon		0.13'	-0.17'	0.22'	-0.00'	
Visina piezometra (stvarna) [m]	147.56	146.284	144.517	142.668	138.18	133.908
Stacionaže čvorova	0+00	0+161.27	0+317.57	0+473.87	0+708.37	0+1107.96
Duljina/Pad		0.32% / 161.27 m	0.10% / 156.32 m	0.40% / 156.34 m	0.01% / 234.50 m	0.01% / 390.59 m
Schema čvora						

# Detalj Šahta TIP-1 R=1:25

## OSNOVA



## PRESJEK 1-1



## SPECIFIKACIJA:

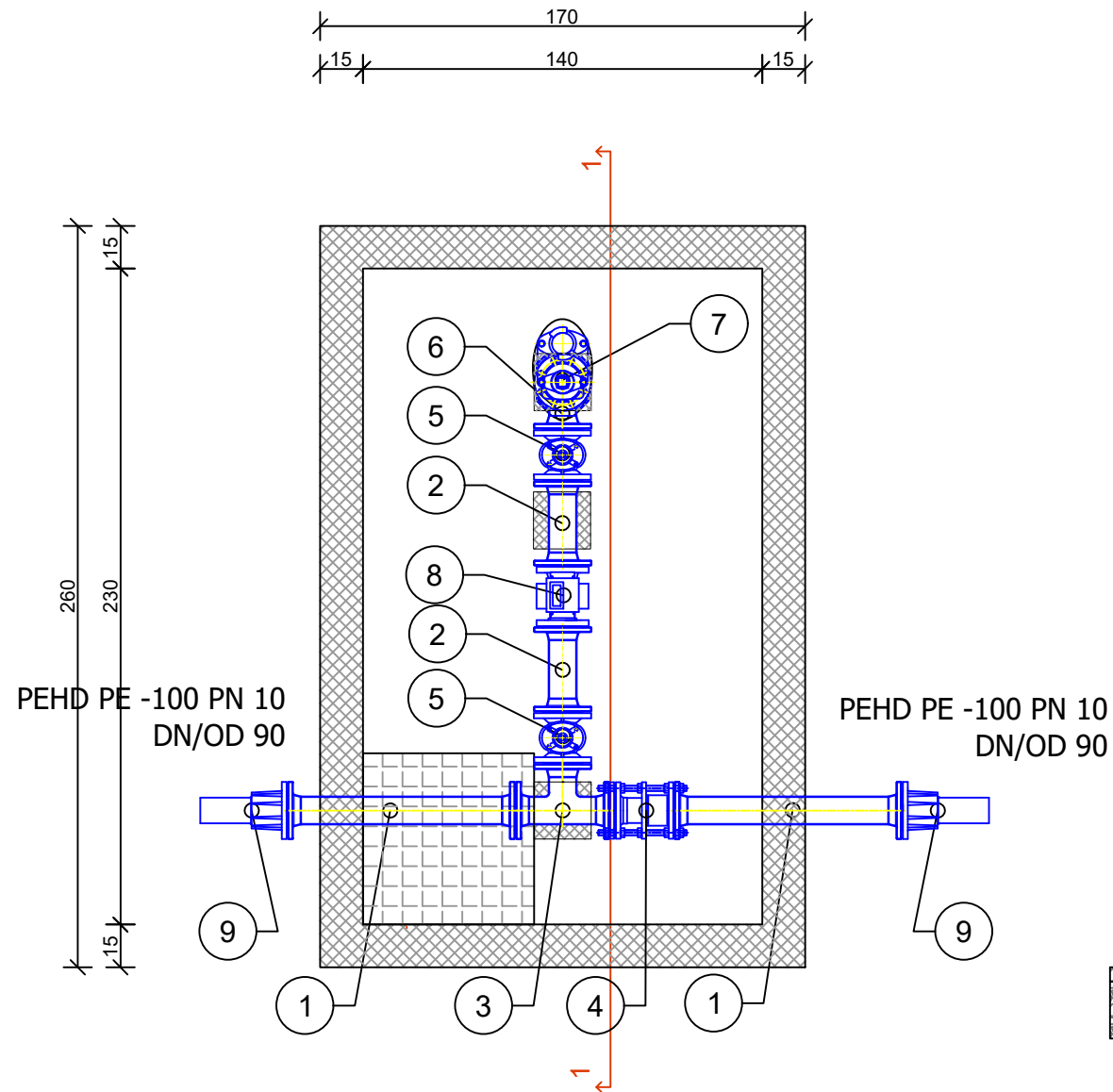
SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\varnothing$ 80 x L=800	2
2	FF - KOMAD $\varnothing$ 80 L=300	2
3	T - KOMAD $\varnothing$ 80 / 80	1
4	MDK - KOMAD $\varnothing$ 80	1
5	EV zasun $\varnothing$ 80	2
6	N90° - KOMAD $\varnothing$ 80	1
7	X - KOMAD $\varnothing$ 80	1
8	HIDRANT PODZEMNI $\varnothing$ 80 Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1
9	Impulsni VODOMJER $\varnothing$ 80	1
10	PE TULJAK DN 90 sa slobodnom priрубnicom	1

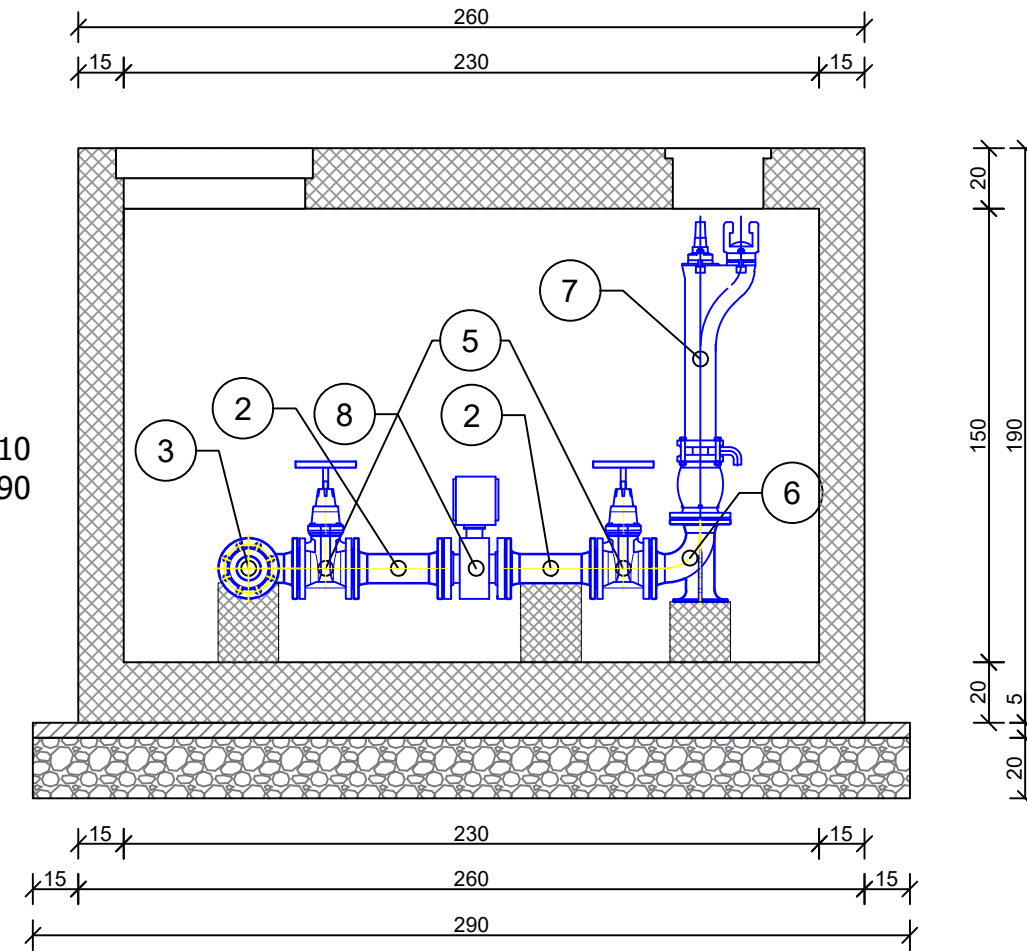
UNIVERZITET U BANJOJ LUCI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-1		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:25
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 13.

# Detalj Šahta TIP-2 R=1:25

## OSNOVA



## PRESJEK 1-1



## SPECIFIKACIJA:

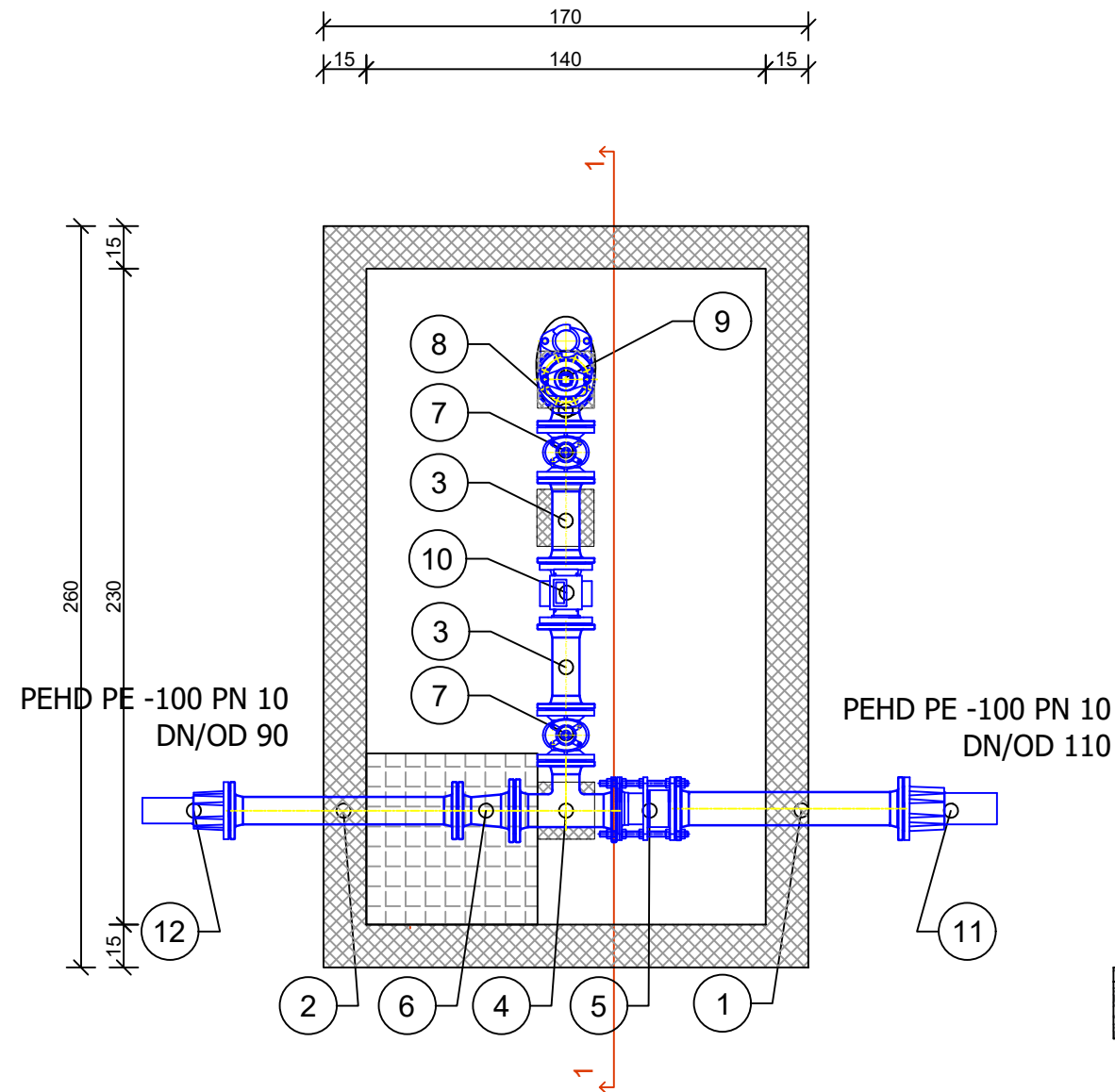
SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\varnothing$ 80 x L=800	2
2	FF - KOMAD $\varnothing$ 80 L=300	2
3	T - KOMAD $\varnothing$ 80 / 80	1
4	MDK - KOMAD $\varnothing$ 80	1
5	EV zasun $\varnothing$ 80	2
6	N90° - KOMAD $\varnothing$ 80	1
7	HIDRANT PODZEMNI $\varnothing$ 80 Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1
8	Impulsni VODOMJER $\varnothing$ 80	1
9	PE TULJAK DN 90 sa slobodnom prirubnicom	1

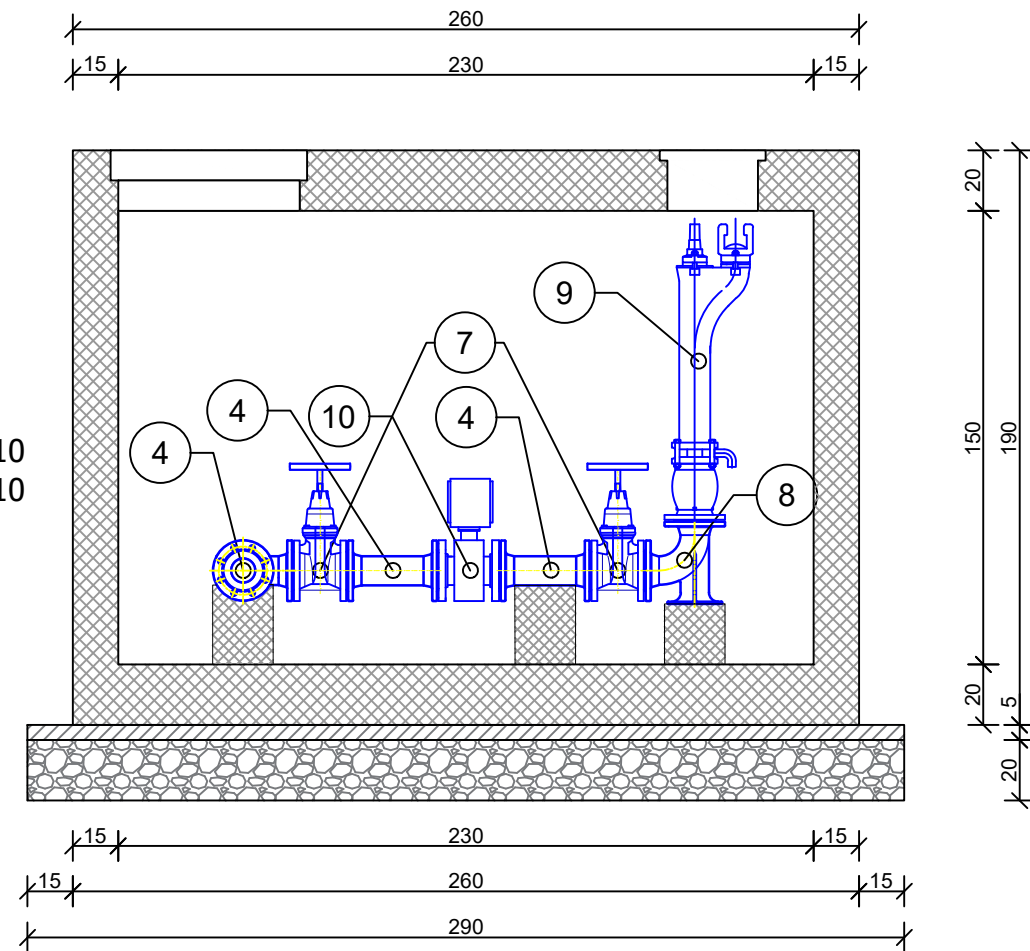
UNIVERZITET U BANJOJ LUCI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-2		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:25
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 14.

# Detalj Šahta TIP-3 R=1:25

## OSNOVA



## PRESJEK 1-1



### SPECIFIKACIJA:

SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

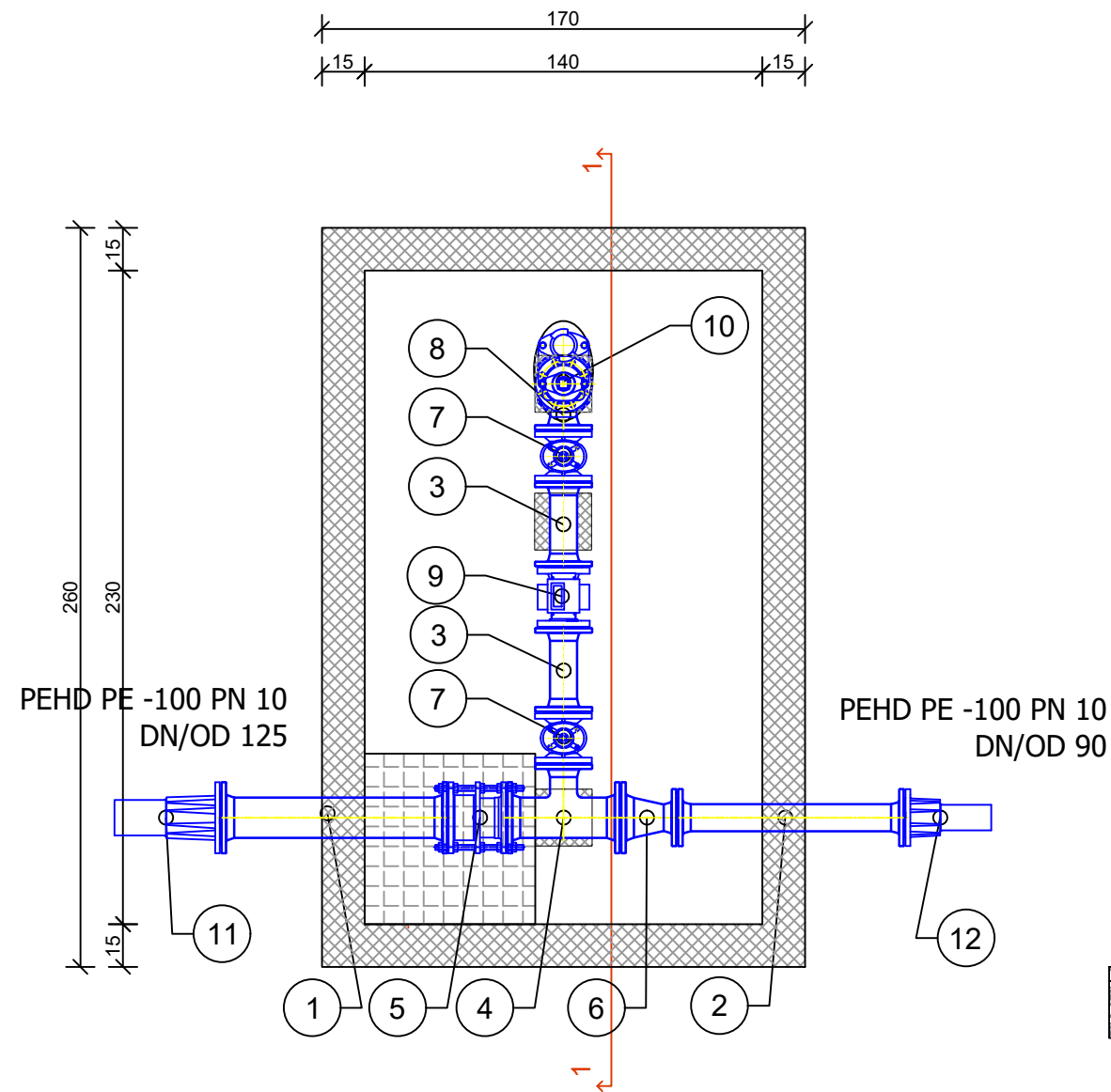
RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\phi$ 100 x L=800	1
2	FF - KOMAD $\phi$ 80 x L=800	2
3	FF - KOMAD $\phi$ 80 L=300	2
4	T - KOMAD $\phi$ 80 / 80	1
5	MDK - KOMAD $\phi$ 80	1
6	FFR - KOMAD $\phi$ 100 / 80	1
7	EV zasun $\phi$ 80	2
8	N90° - KOMAD $\phi$ 80	1
9	HIDRANT PODZEMNI $\phi$ 80 Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1

RB	OPIS	KOM
10	Impulsni VODOMJER $\phi$ 80	1
11	PE TULJAK DN 90 sa slobodnom prirubnicom	1
12	PE TULJAK DN 90 sa slobodnom prirubnicom	1

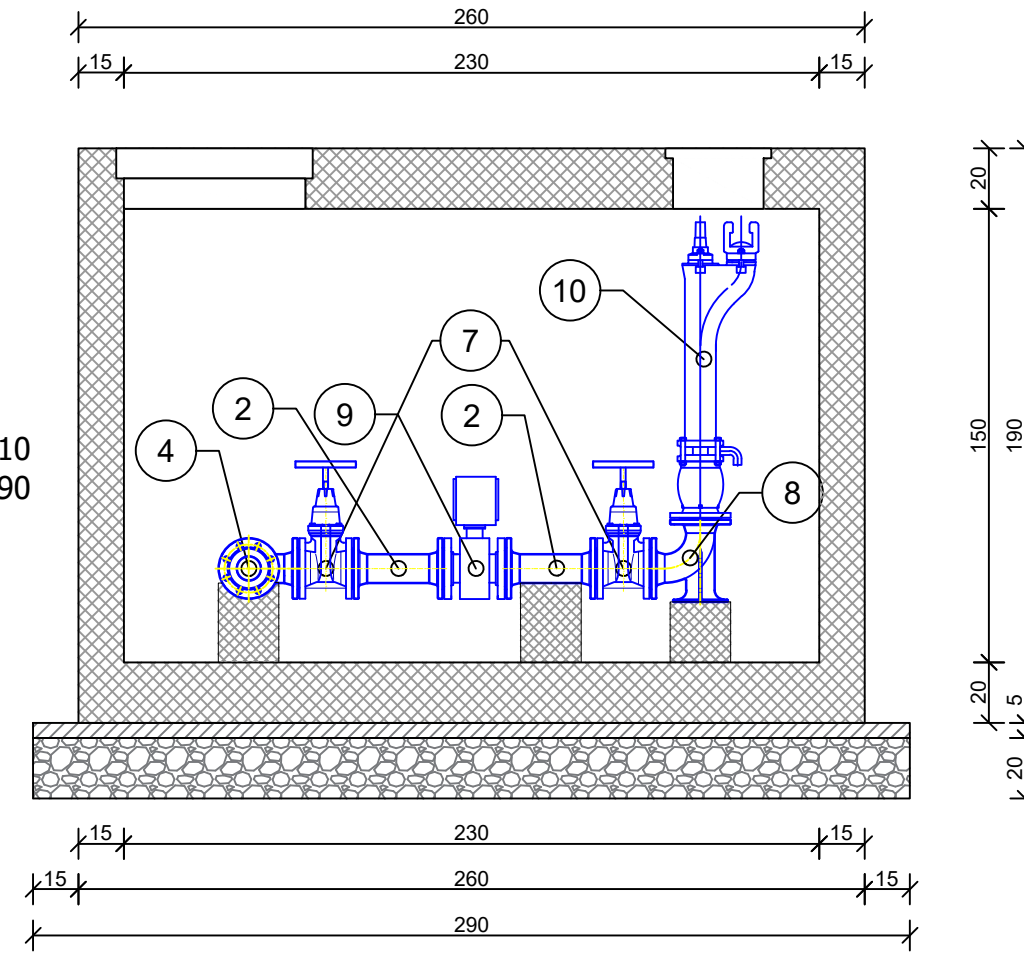
UNIVERZITET U BANJOJ LUCI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-3		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:25
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 15.

# Detalj Šahta TIP-4 R=1:25

## OSNOVA



## PRESJEK 1-1



## SPECIFIKACIJA:

SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

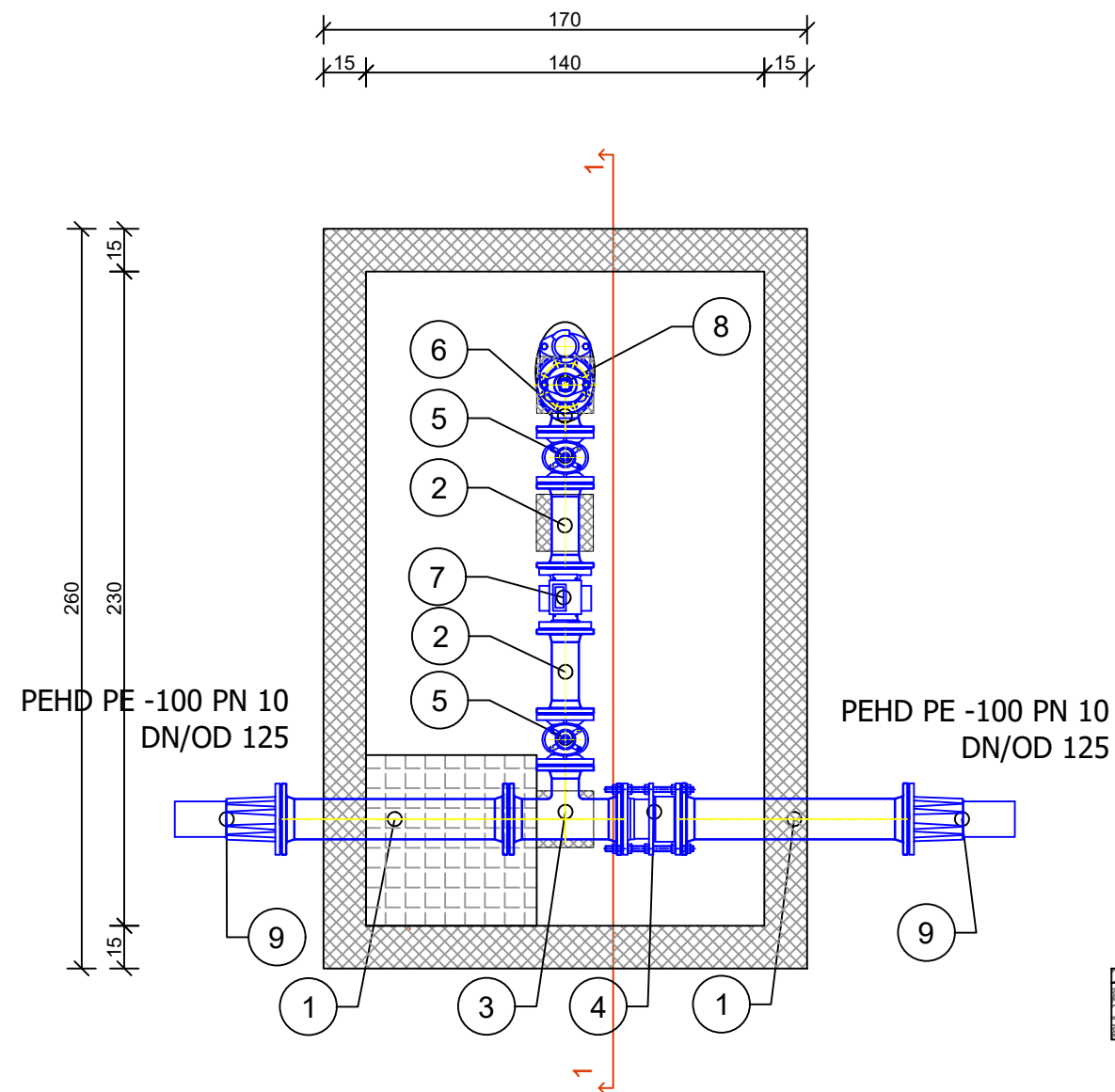
RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\varnothing$ 125 x L=800	1
2	FF - KOMAD $\varnothing$ 80 x L=800	1
3	FF - KOMAD $\varnothing$ 80 x L=300	2
4	T - KOMAD $\varnothing$ 125 / 80	1
5	MDK - KOMAD $\varnothing$ 125	1
6	FFR - KOMAD $\varnothing$ 125 / 80	1
7	EV zasun $\varnothing$ 80	2
8	N90° - KOMAD $\varnothing$ 80	1
9	Impulsni VODOMJER $\varnothing$ 80	1

RB	OPIS	KOM
10	HIDRANT PODZEMNI $\varnothing$ 80 Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1
11	PE TULJAK DN 90 sa slobodnom prirubnicom	1
12	PE TULJAK DN 125 sa slobodnom prirubnicom	1

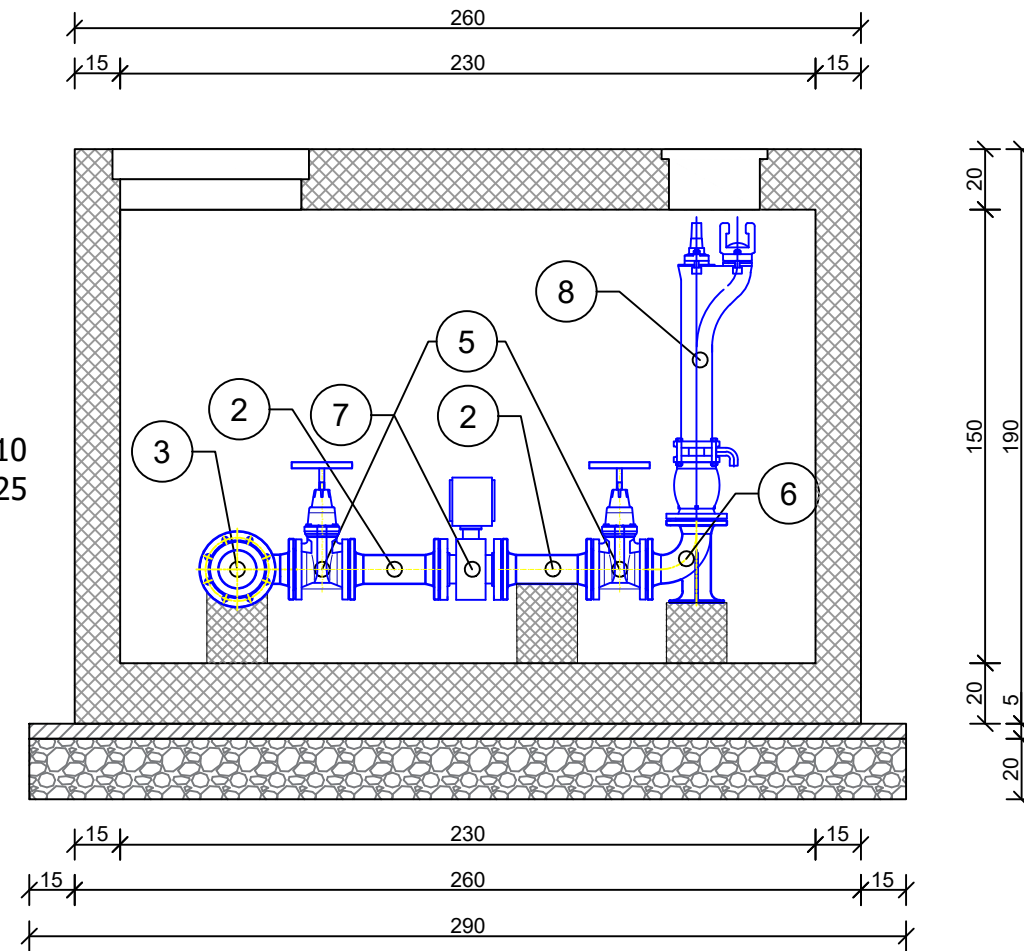
UNIVERZITET U BANJOJ LUCI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-4		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:25
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 16.

# Detalj Šahta TIP-5 R=1:25

## OSNOVA



## PRESJEK 1-1



## SPECIFIKACIJA:

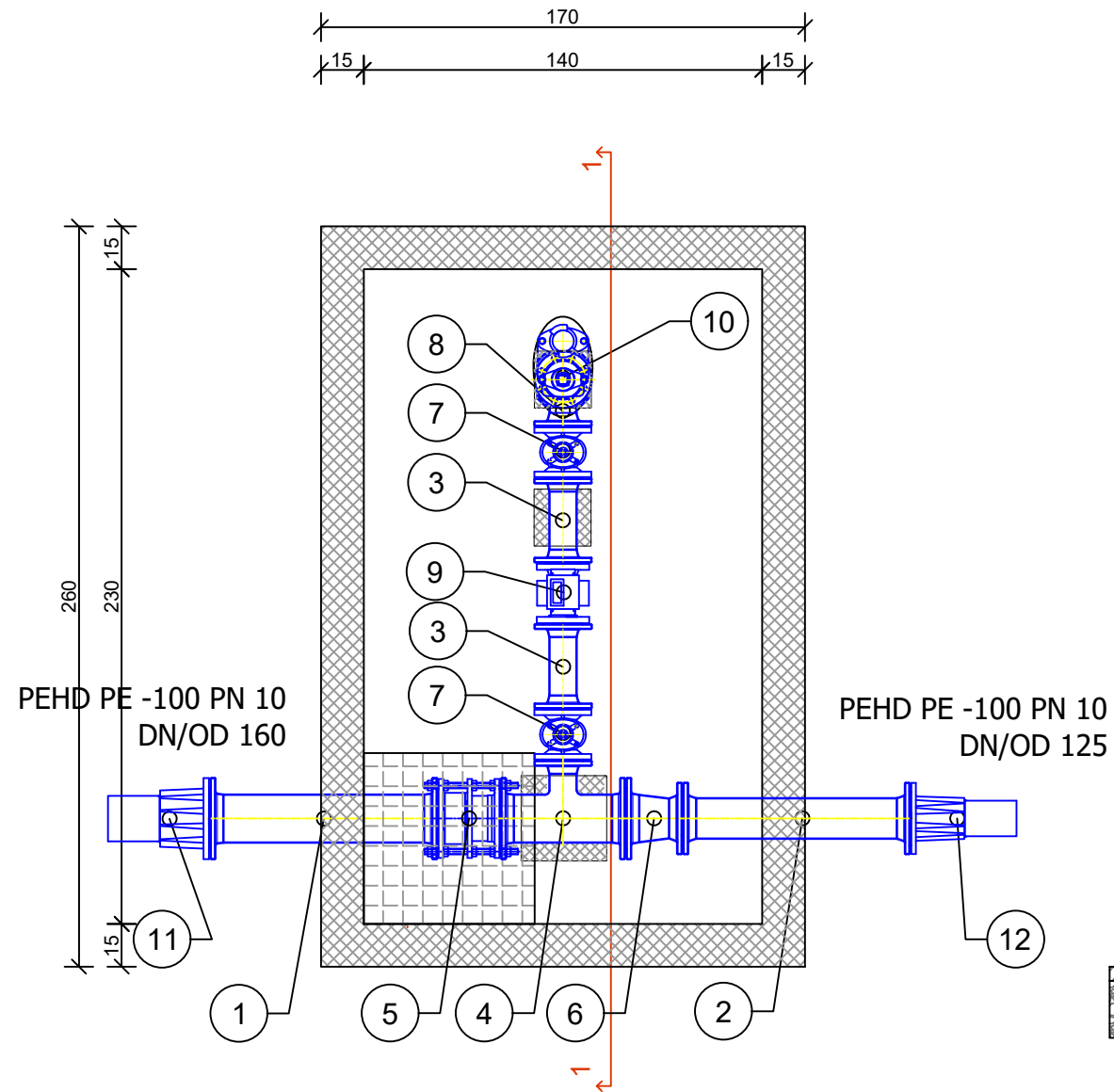
SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\varnothing$ 125 x L=800	2
2	FF - KOMAD $\varnothing$ 80 x L=300	2
3	T - KOMAD $\varnothing$ 125 / 80	1
4	MDK - KOMAD $\varnothing$ 125	1
5	EV zasun $\varnothing$ 80	2
6	N90° - KOMAD $\varnothing$ 80	1
7	Impulsni VODOMJER $\varnothing$ 80	1
8	HIDRANT PODZEMNI $\varnothing$ 80 Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1
9	PE TULJAK DN 125 sa slobodnom prirubnicom	2

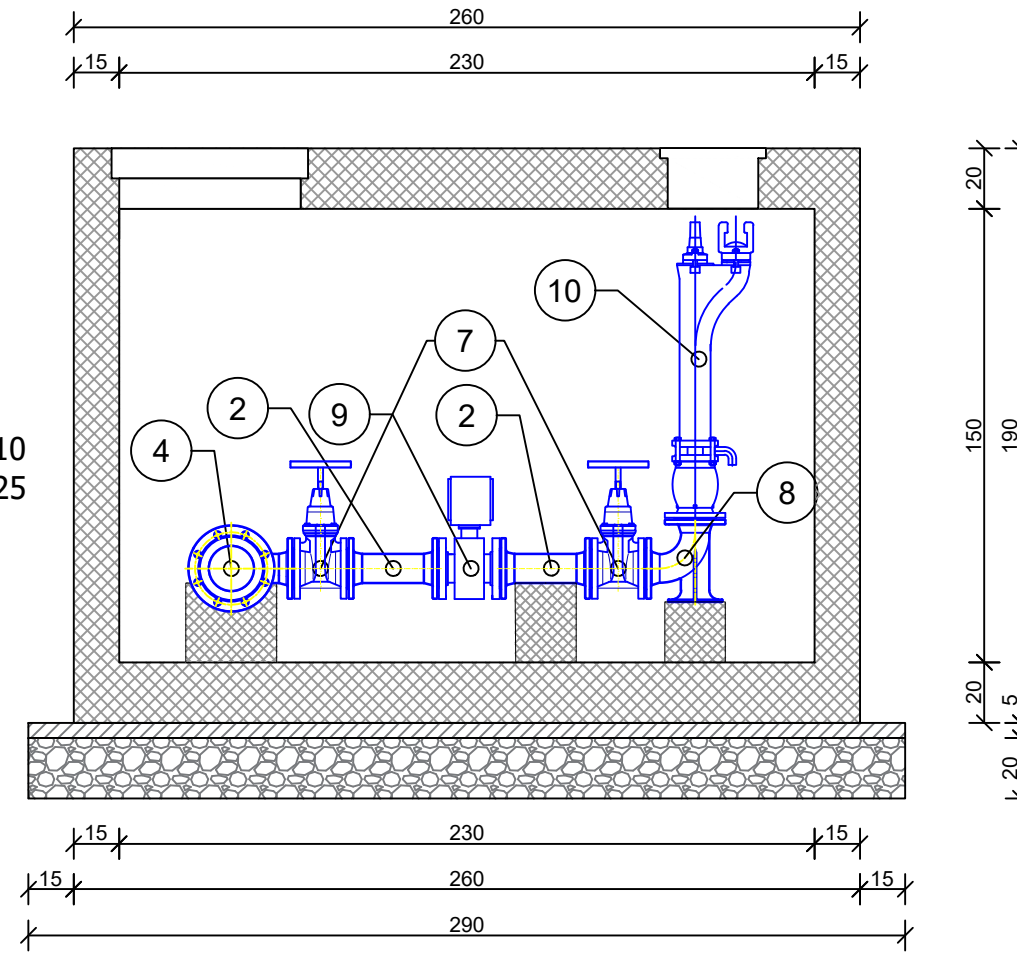
UNIVERZITET U BANJOJ LUCI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-5		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:25
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 17.

# Detalj Šahta TIP-6 R=1:25

## OSNOVA



## PRESJEK 1-1



### SPECIFIKACIJA:

SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

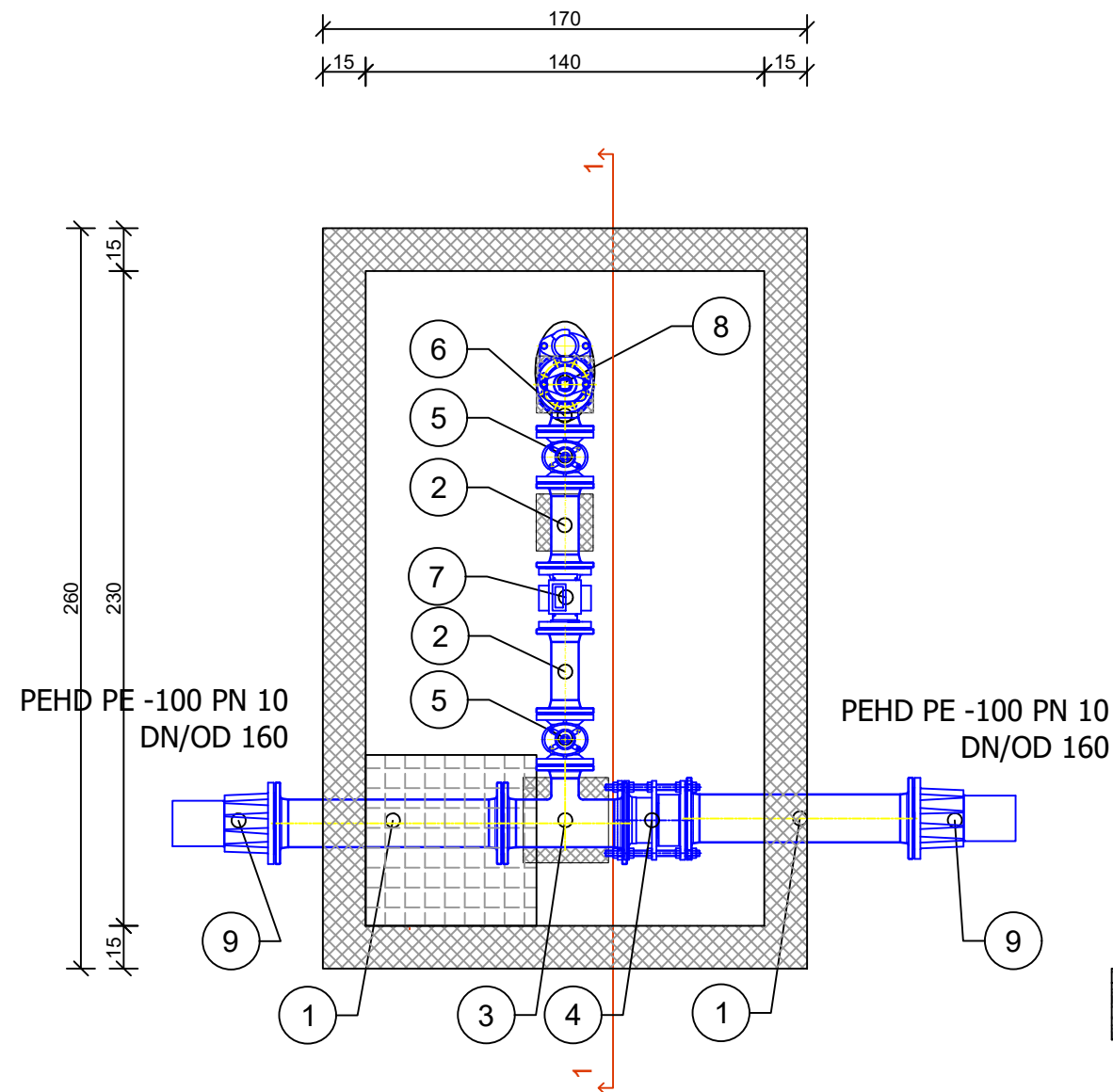
RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\phi$ 150 x L=800	1
2	FF - KOMAD $\phi$ 125 x L=800	1
3	FF - KOMAD $\phi$ 80 x L=300	2
4	T - KOMAD $\phi$ 150 / 80	1
5	MDK - KOMAD $\phi$ 150	1
6	FFR - KOMAD $\phi$ 150 / 80	1
7	EV zasun $\phi$ 80	2
8	N90° - KOMAD $\phi$ 80	1
9	Impulsni VODOMJER $\phi$ 80	1

RB	OPIS	KOM
10	HIDRANT PODZEMNI $\phi$ 80 Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1
11	PE TULJAK DN 160 sa slobodnom priрубnicom	1
12	PE TULJAK DN 125 sa slobodnom priрубnicom	1

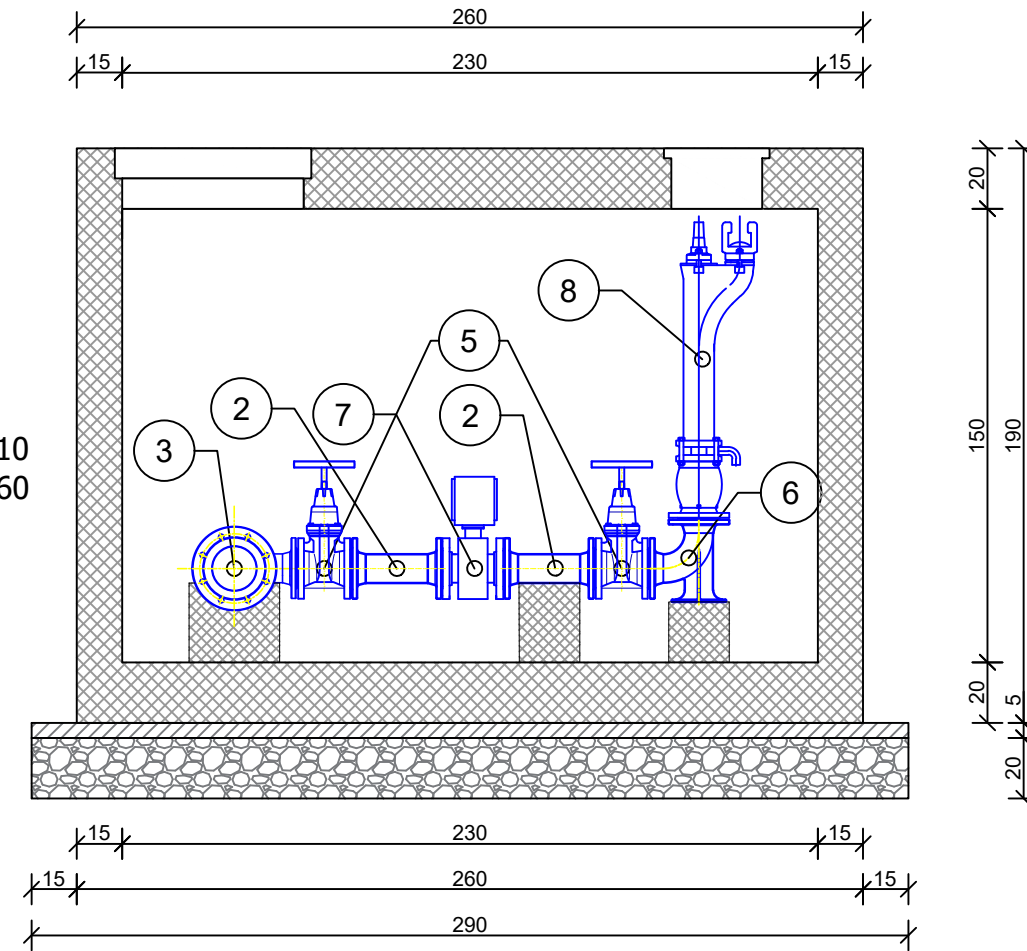
UNIVERZITET U BANJOJ LUCI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-6		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:25
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 18.

# Detalj Šahta TIP-7 R=1:25

## OSNOVA



## PRESJEK 1-1



## SPECIFIKACIJA:

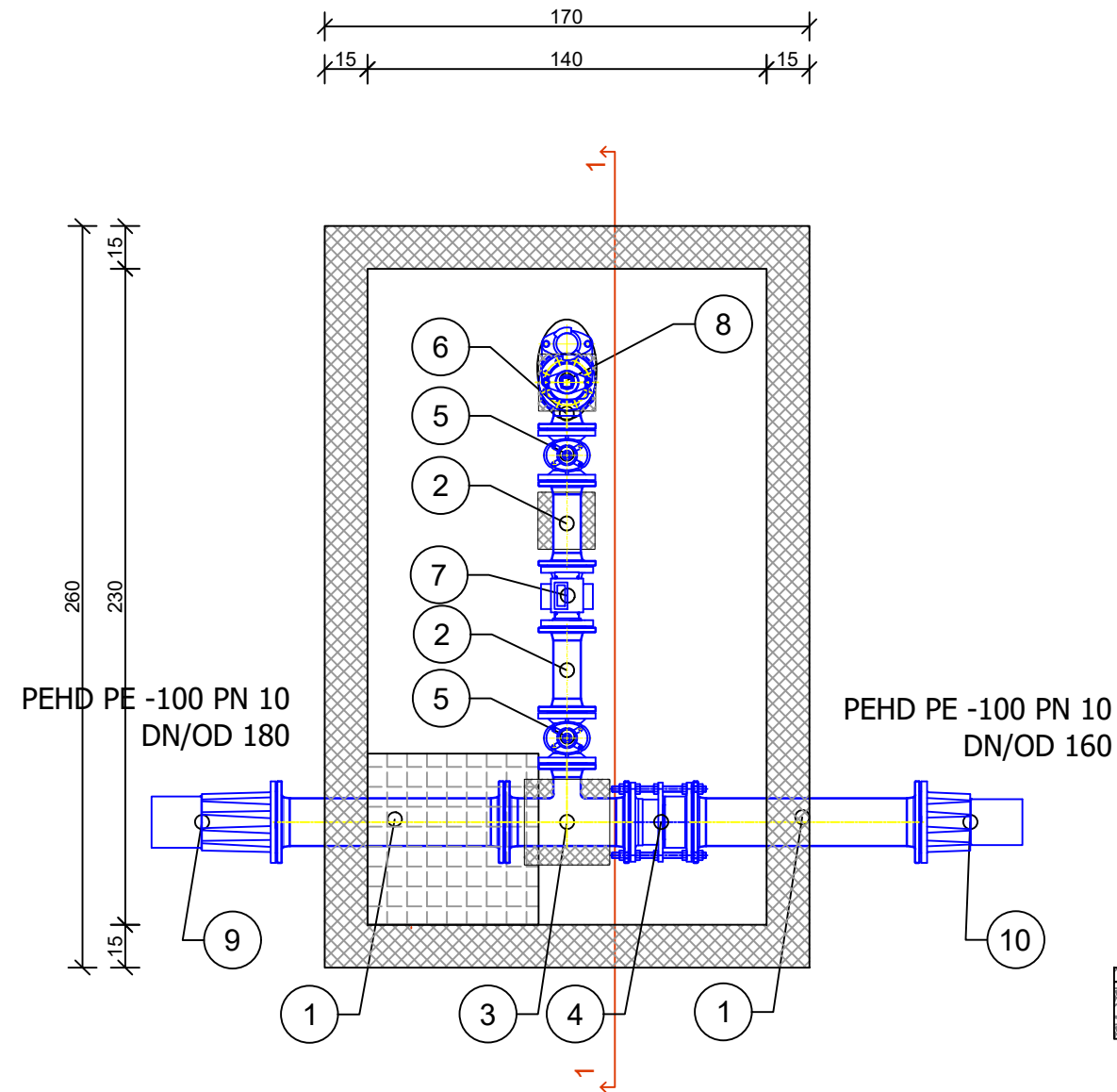
SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\varnothing$ 150 x L=800	2
2	FF - KOMAD $\varnothing$ 80 x L=300	2
3	T - KOMAD $\varnothing$ 150 / 80	1
4	MDK - KOMAD $\varnothing$ 150	1
5	EV zasun $\varnothing$ 80	2
6	N90° - KOMAD $\varnothing$ 80	1
7	Impulsni VODOMJER $\varnothing$ 80	1
8	HIDRANT PODZEMNI $\varnothing$ 80 Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1
9	PE TULJAK DN 160 sa slobodnom priрубnicom	2

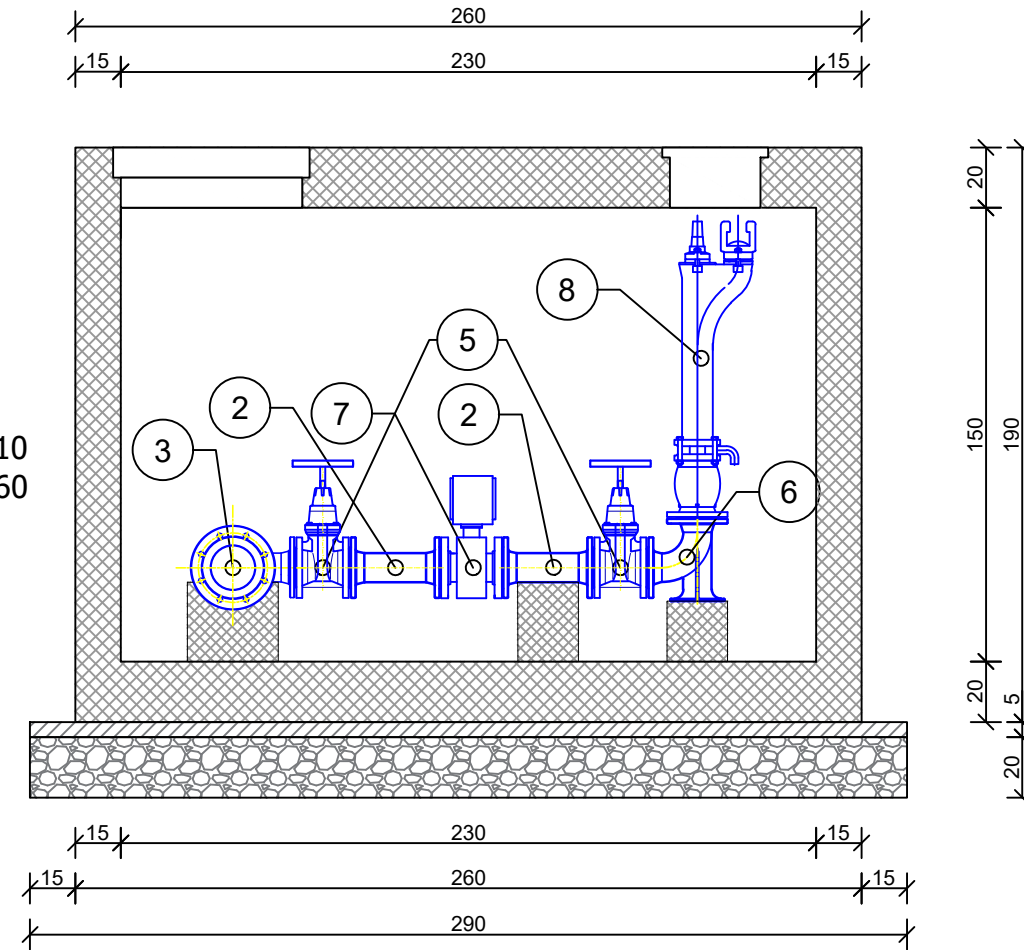
UNIVERZITET U BANJOJ LUCI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-7		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:25
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 19.

# Detalj Šahta TIP-8 R=1:25

## OSNOVA



## PRESJEK 1-1



## SPECIFIKACIJA:

SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

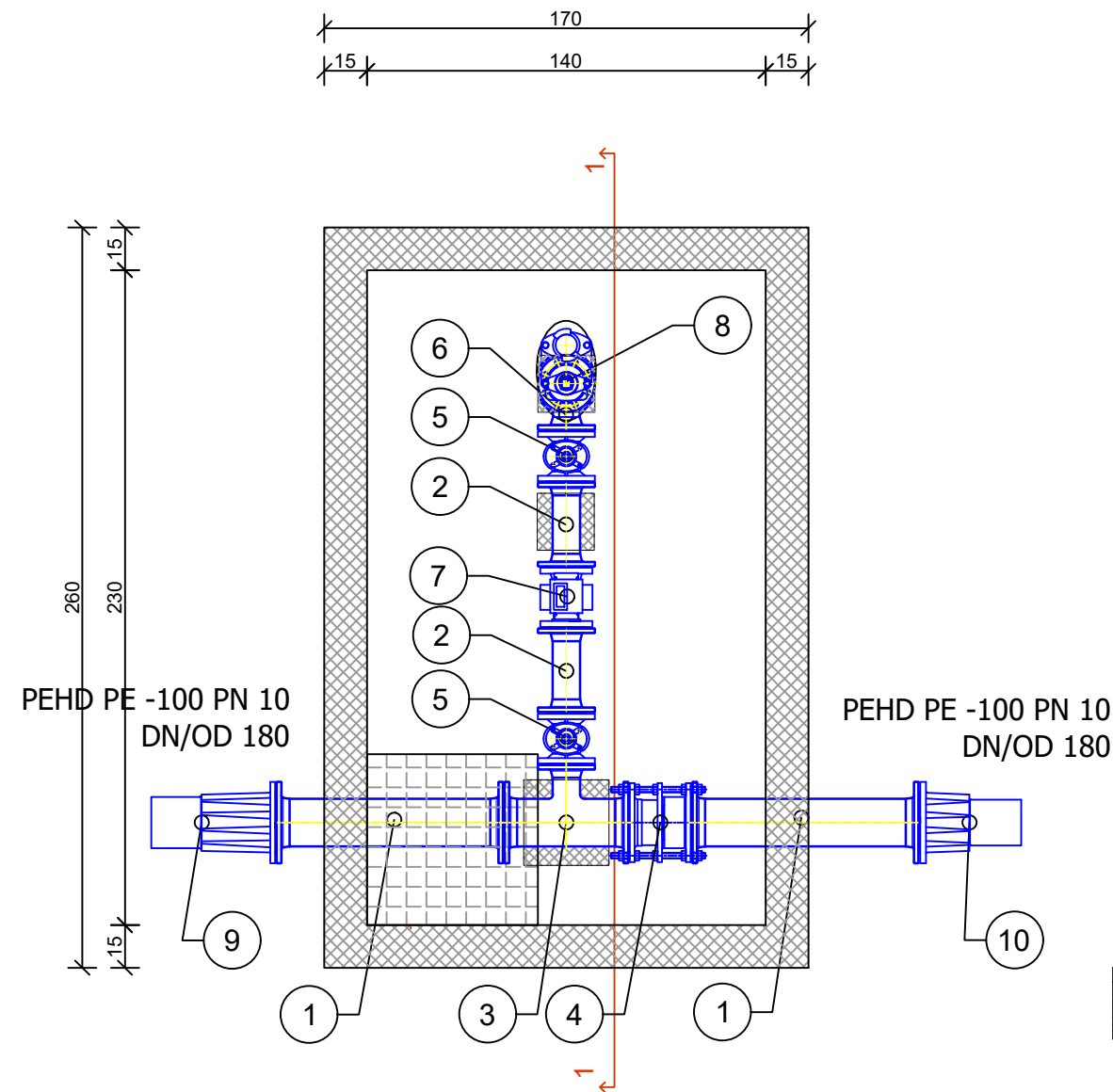
RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\varnothing$ 150 x L=800	2
2	FF - KOMAD $\varnothing$ 80 x L=300	2
3	T - KOMAD $\varnothing$ 150 / 80	1
4	MDK - KOMAD $\varnothing$ 150	1
5	EV zasun $\varnothing$ 80	2
6	N90° - KOMAD $\varnothing$ 80	1
7	Impulsni VODOMJER $\varnothing$ 80	1
8	HIDRANT PODZEMNI $\varnothing$ 80 Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1
9	PE TULJAK DN 180 sa slobodnom prirubnicom	1

RB	OPIS	KOM
10	PE TULJAK DN 160 sa slobodnom prirubnicom	1

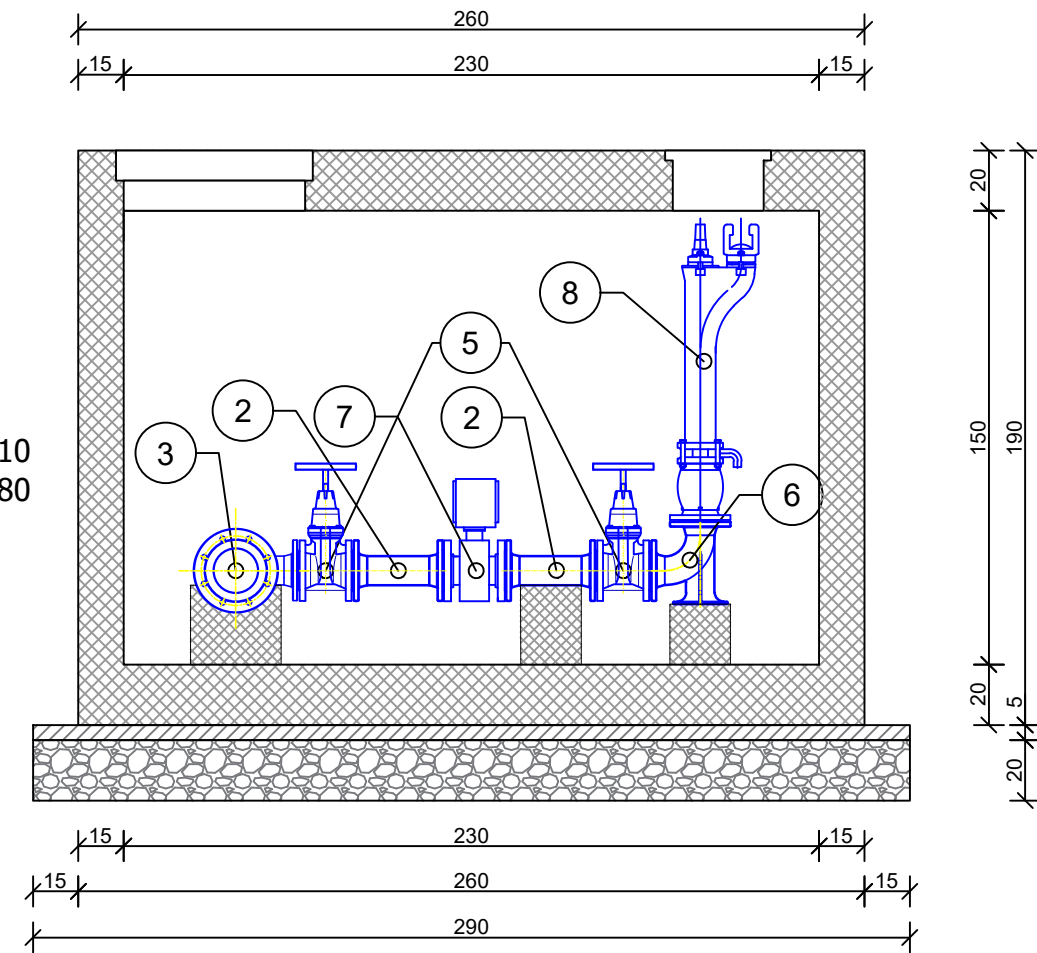
UNIVERZITET U BANJOJ LUCI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-8		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:25
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 20.

# Detalj Šahta TIP-9 R=1:25

## OSNOVA



## PRESJEK 1-1



### SPECIFIKACIJA:

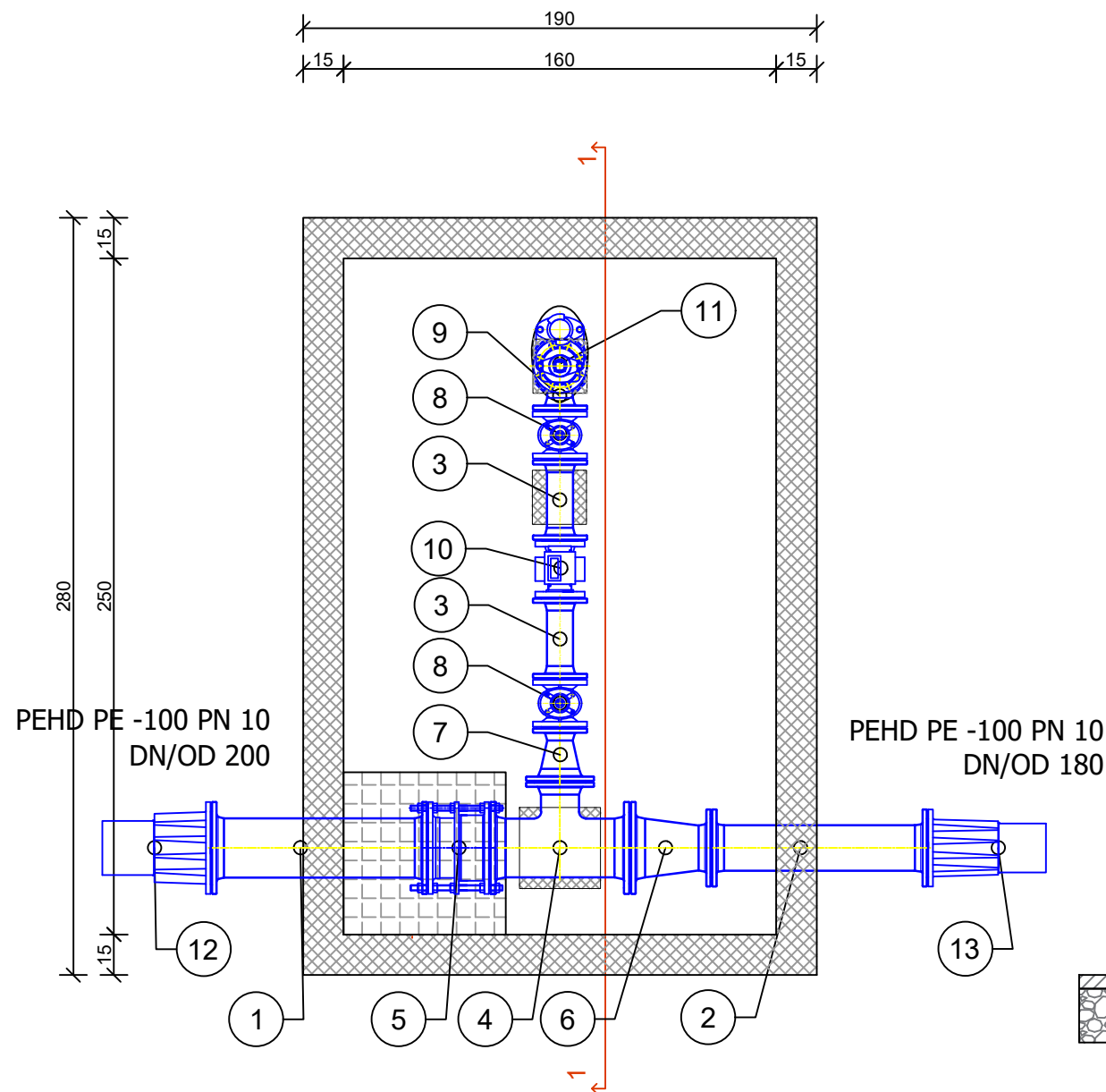
SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\varnothing$ 150 x L=800	2
2	FF - KOMAD $\varnothing$ 80 x L=300	2
3	T - KOMAD $\varnothing$ 150 / 80	1
4	MDK - KOMAD $\varnothing$ 150	1
5	EV zasun $\varnothing$ 80	2
6	N90° - KOMAD $\varnothing$ 80	1
7	Impulsni VODOMJER $\varnothing$ 80	1
8	HIDRANT PODZEMNI $\varnothing$ 80 Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1
9	PE TULJAK DN 180 sa slobodnom prirubnicom	2

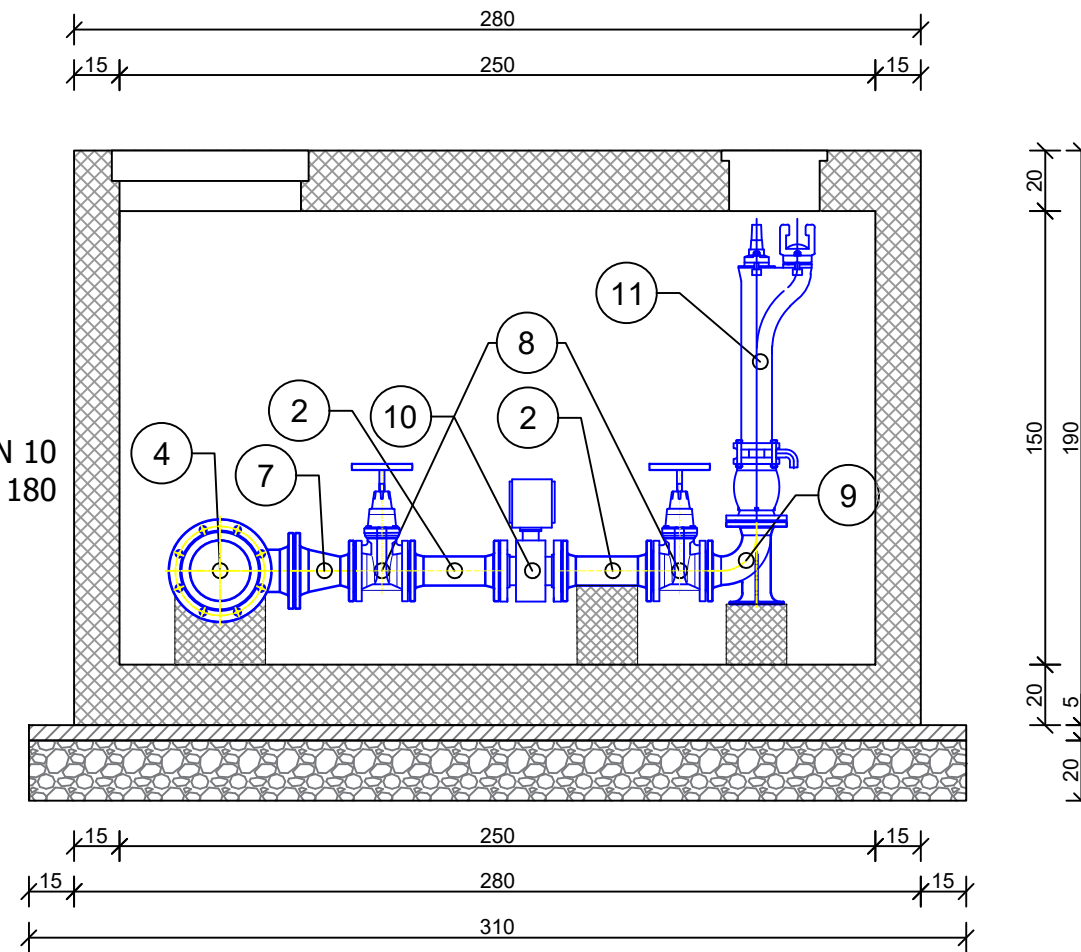
UNIVERZITET U BANJOJ LUCI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-9		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:25
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 21.

# Detalj Šahta TIP-10 R=1:25

## OSNOVA



## PRESJEK 1-1



## SPECIFIKACIJA:

SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

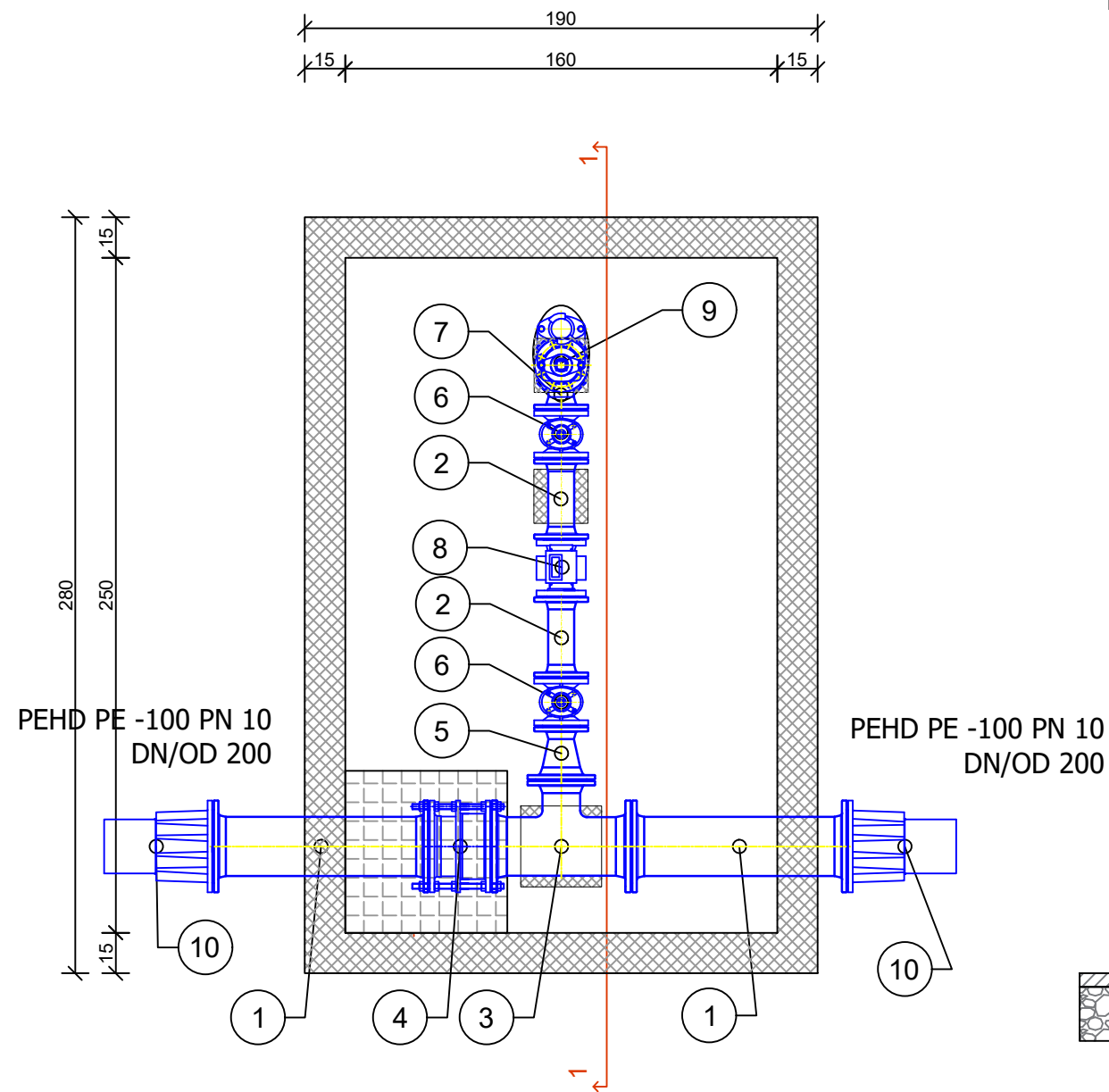
RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\varnothing$ 200 x L=800	1
2	FF - KOMAD $\varnothing$ 150 x L=800	1
3	FF - KOMAD $\varnothing$ 80 x L=300	2
4	T - KOMAD $\varnothing$ 200 / 125	1
5	MDK - KOMAD $\varnothing$ 200	1
6	FFR - KOMAD $\varnothing$ 200 / 150	1
7	FFR - KOMAD $\varnothing$ 125 / 80	1
8	EV zasun $\varnothing$ 80	2
9	N90° - KOMAD $\varnothing$ 80	1

RB	OPIS	KOM
10	Impulsni VODOMJER $\varnothing$ 80	1
11	HIDRANT PODZEMNI $\varnothing$ 80 Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1
12	PE TULJAK DN 200 sa slobodnom prirubnicom	1
13	PE TULJAK DN 180 sa slobodnom prirubnicom	1

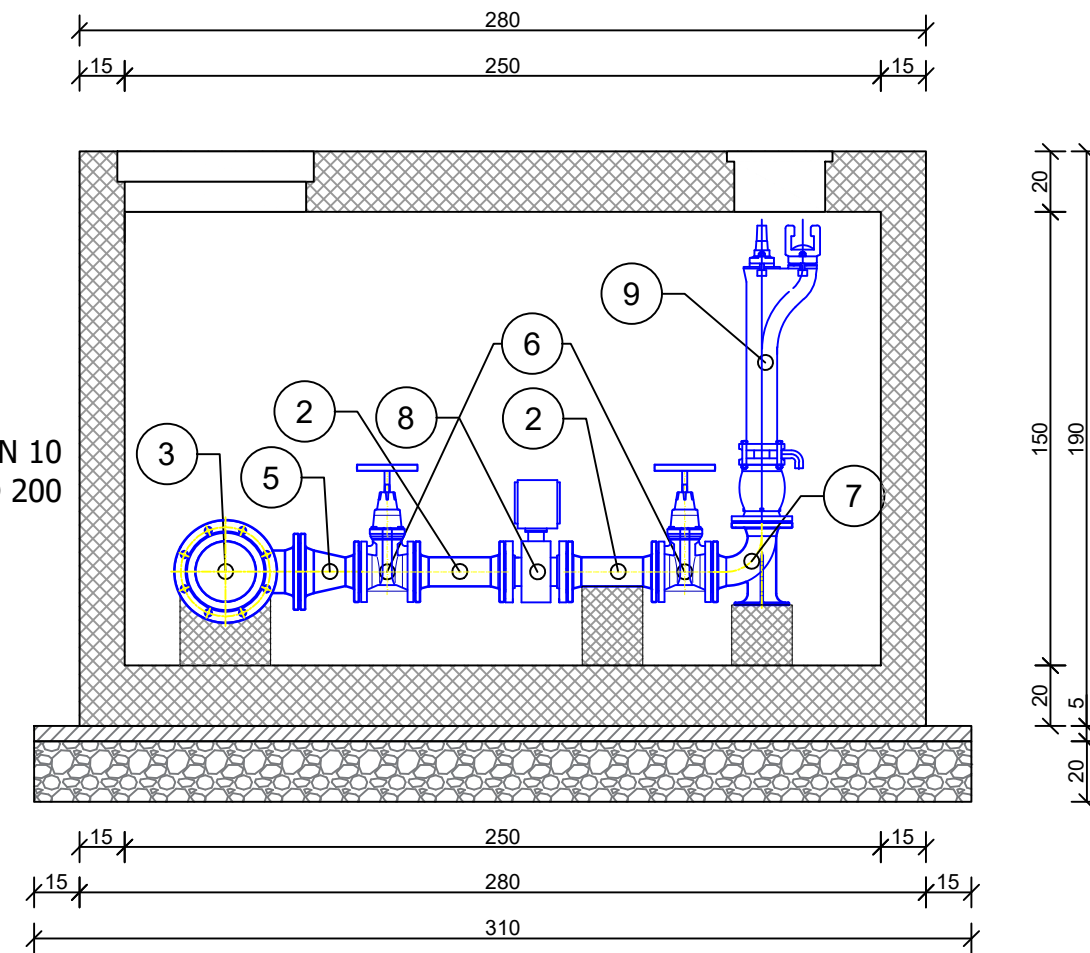
UNIVERZITET U BANJOJ LUCI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-10		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:25
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 22.

# Detalj Šahta TIP-11 R=1:25

## OSNOVA



## PRESJEK 1-1



## SPECIFIKACIJA:

SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

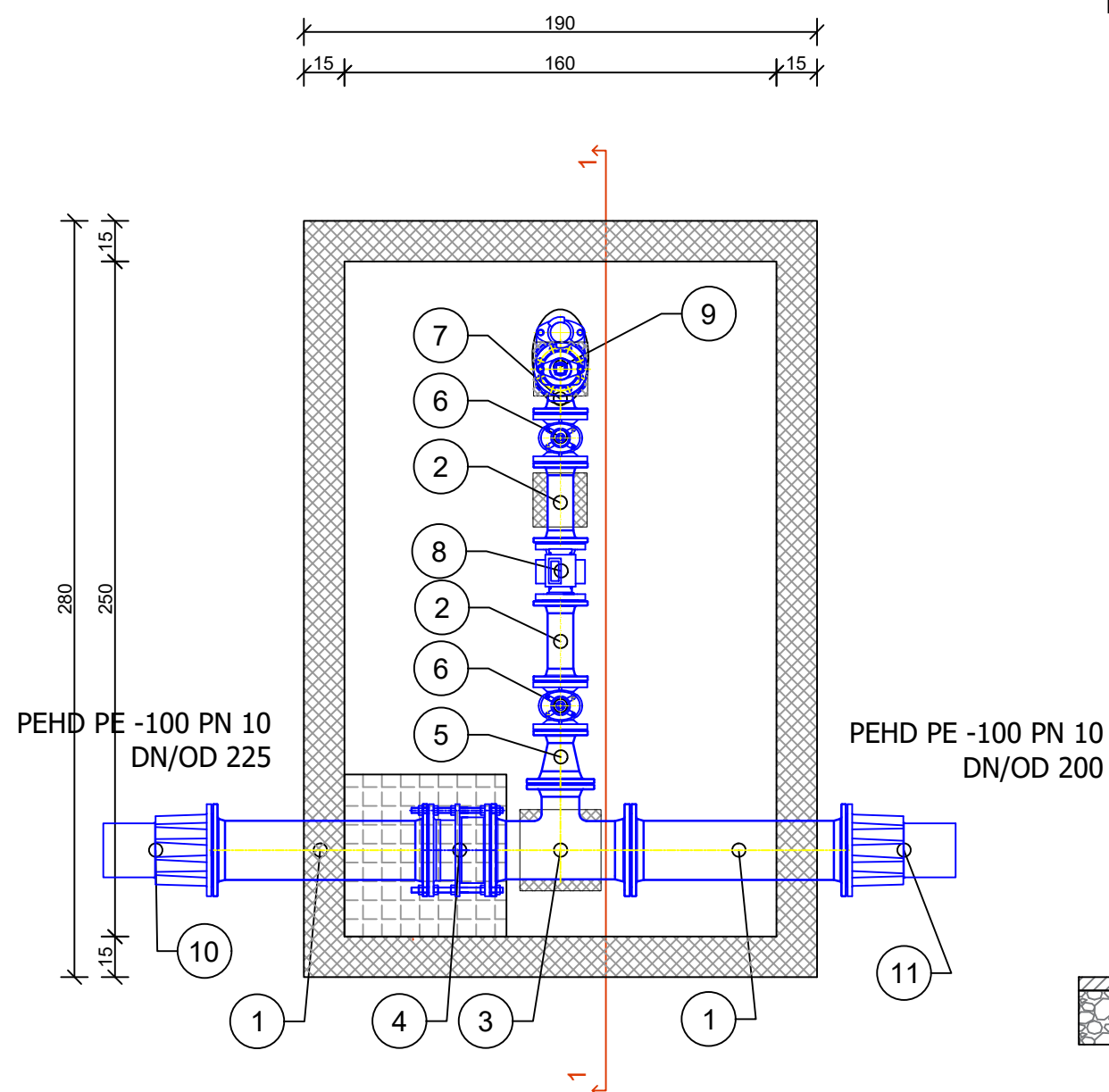
RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\phi$ 200 x L=800	2
2	FF - KOMAD $\phi$ 80 x L=300	2
3	T - KOMAD $\phi$ 200 / 125	1
4	MDK - KOMAD $\phi$ 200	1
5	FFR - KOMAD $\phi$ 125 / 80	1
6	EV zasun $\phi$ 80	2
7	N90° - KOMAD $\phi$ 80	1
8	Impulsni VODOMJER $\phi$ 80	1
9	HIDRANT PODZEMNI $\phi$ 80 Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1

RB	OPIS	KOM
10	PE TULJAK DN 200 sa slobodnom prirubnicom	1

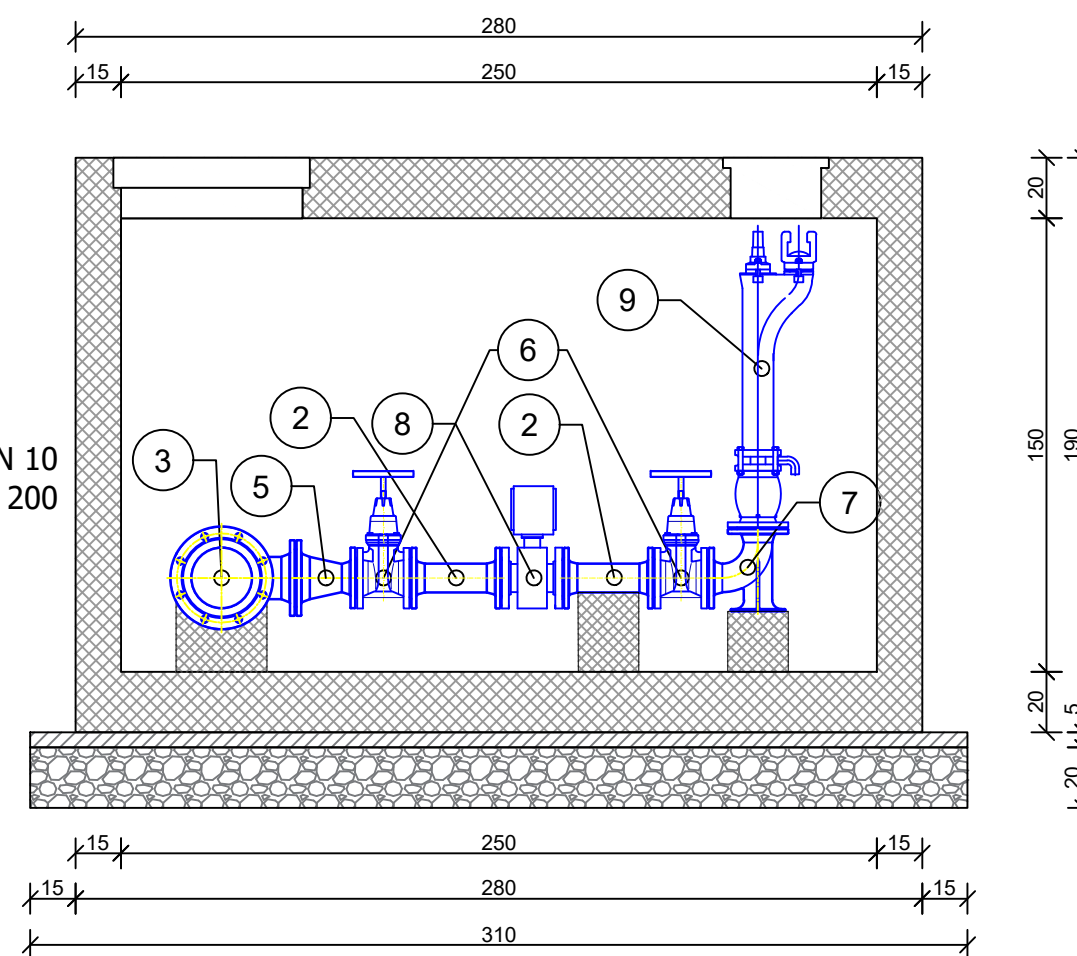
UNIVERZITET U BANJOJ LUCI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-11		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:25
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 23.

# Detalj Šahta TIP-12 R=1:25

## OSNOVA



## PRESJEK 1-1



## SPECIFIKACIJA:

SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

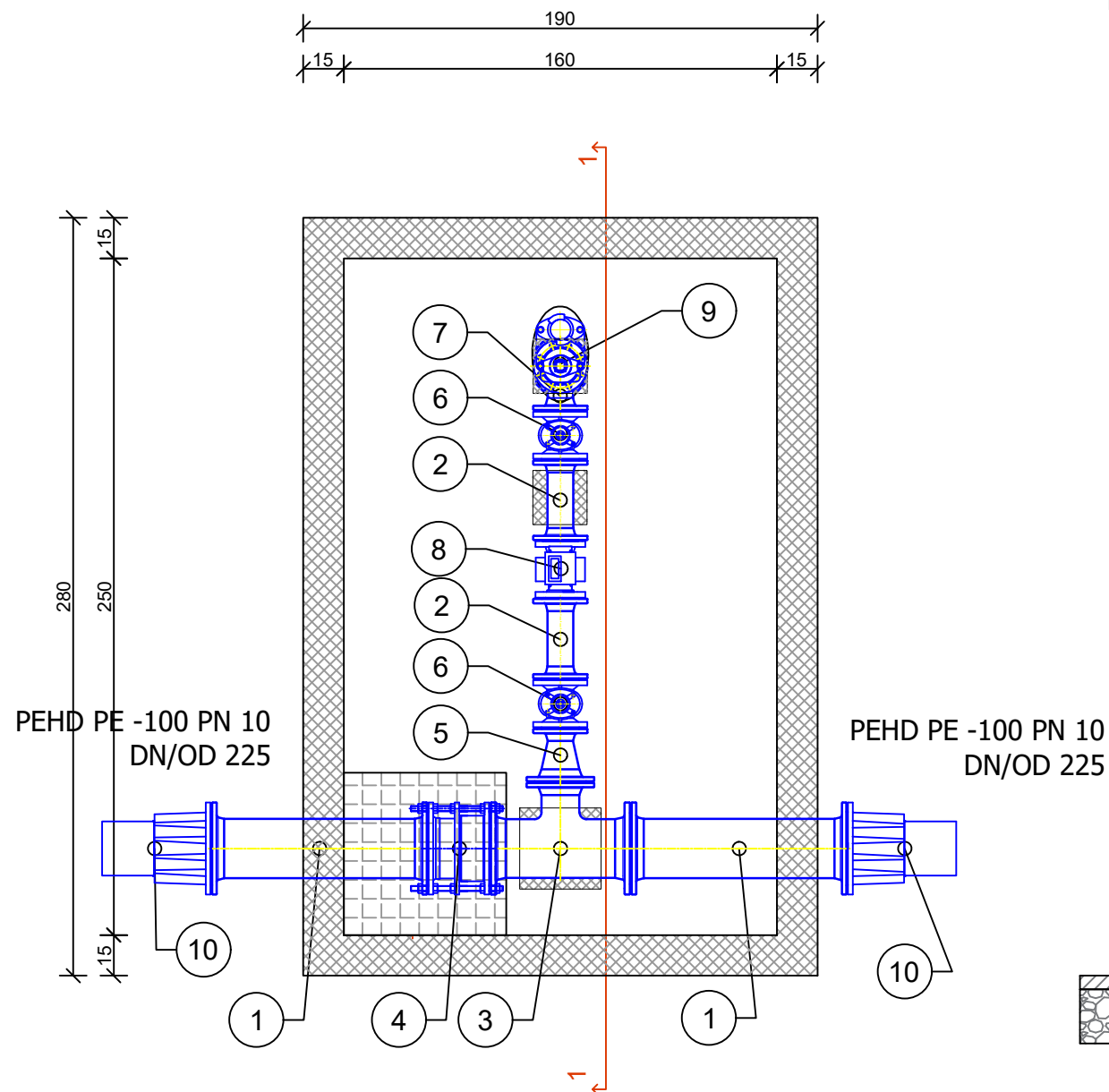
RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\varnothing$ 200 x L=800	2
2	FF - KOMAD $\varnothing$ 80 x L=300	2
3	T - KOMAD $\varnothing$ 200 / 125	1
4	MDK - KOMAD $\varnothing$ 200	1
5	FFR - KOMAD $\varnothing$ 125 / 80	1
6	EV zasun $\varnothing$ 80	2
7	N90° - KOMAD $\varnothing$ 80	1
8	Impulsni VODOMJER $\varnothing$ 80	1
9	HIDRANT PODZEMNI $\varnothing$ 80 Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1

RB	OPIS	KOM
10	PE TULJAK DN 225 sa slobodnom prirubnicom	1
11	PE TULJAK DN 200 sa slobodnom prirubnicom	1

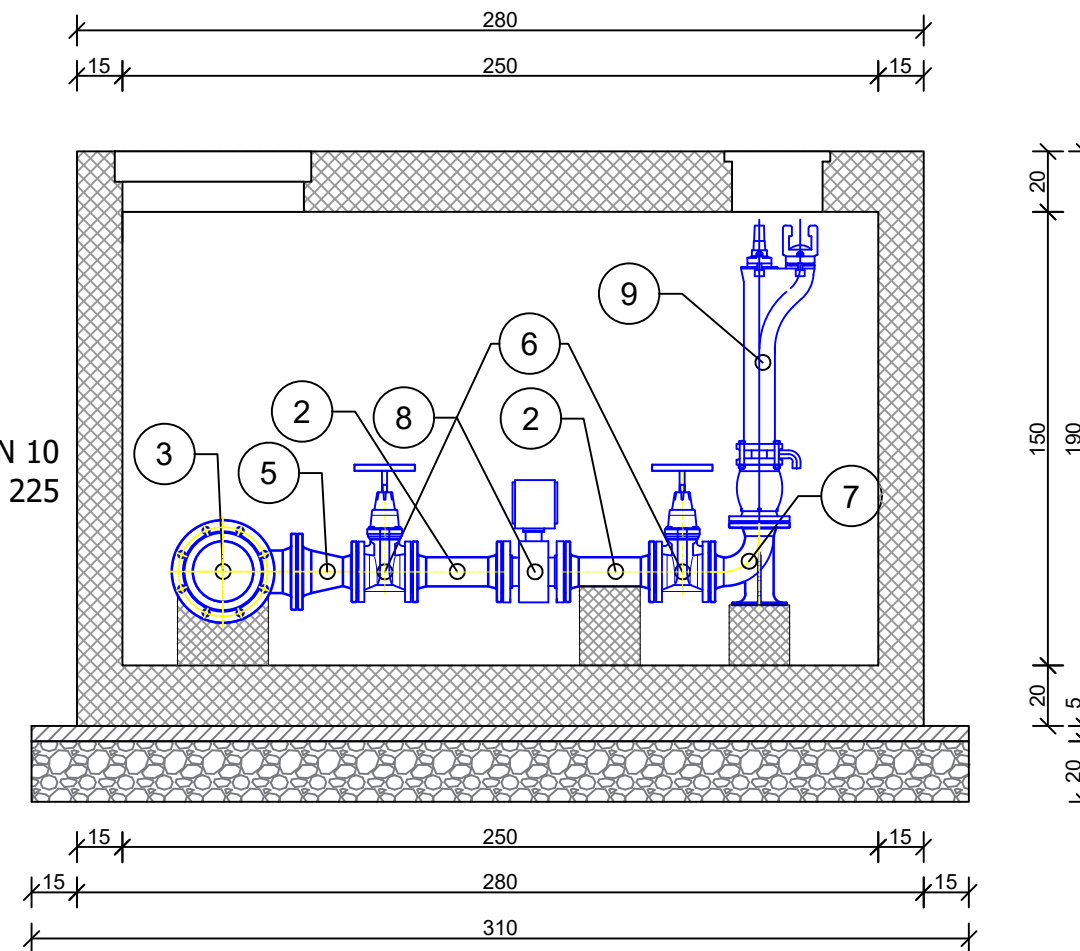
<b>UNIVERZITET U BANJOJ LUCI</b>		
<b>ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF</b>		
<b>GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO</b>		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-12		
KANDIDAT:	BROJ INDEKSA:	RAZMJERA:
BILJANA ČUSO	05 MGRH/21	1:25
MENTOR:	DATUM:	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA:
DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	Septembar 2025.	24.

# Detalj Šahta TIP-13 R=1:25

## OSNOVA



## PRESJEK 1-1



## SPECIFIKACIJA:

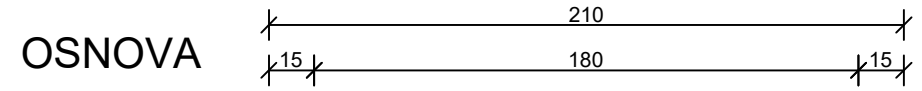
SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\phi$ 200 x L=800	2
2	FF - KOMAD $\phi$ 80 x L=300	2
3	T - KOMAD $\phi$ 200 / 125	1
4	MDK - KOMAD $\phi$ 200	1
5	FFR - KOMAD $\phi$ 125 / 80	1
6	EV zasun $\phi$ 80	2
7	N90° - KOMAD $\phi$ 80	1
8	Impulsni VODOMJER $\phi$ 80	1
9	HIDRANT PODZEMNI $\phi$ 80 Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1

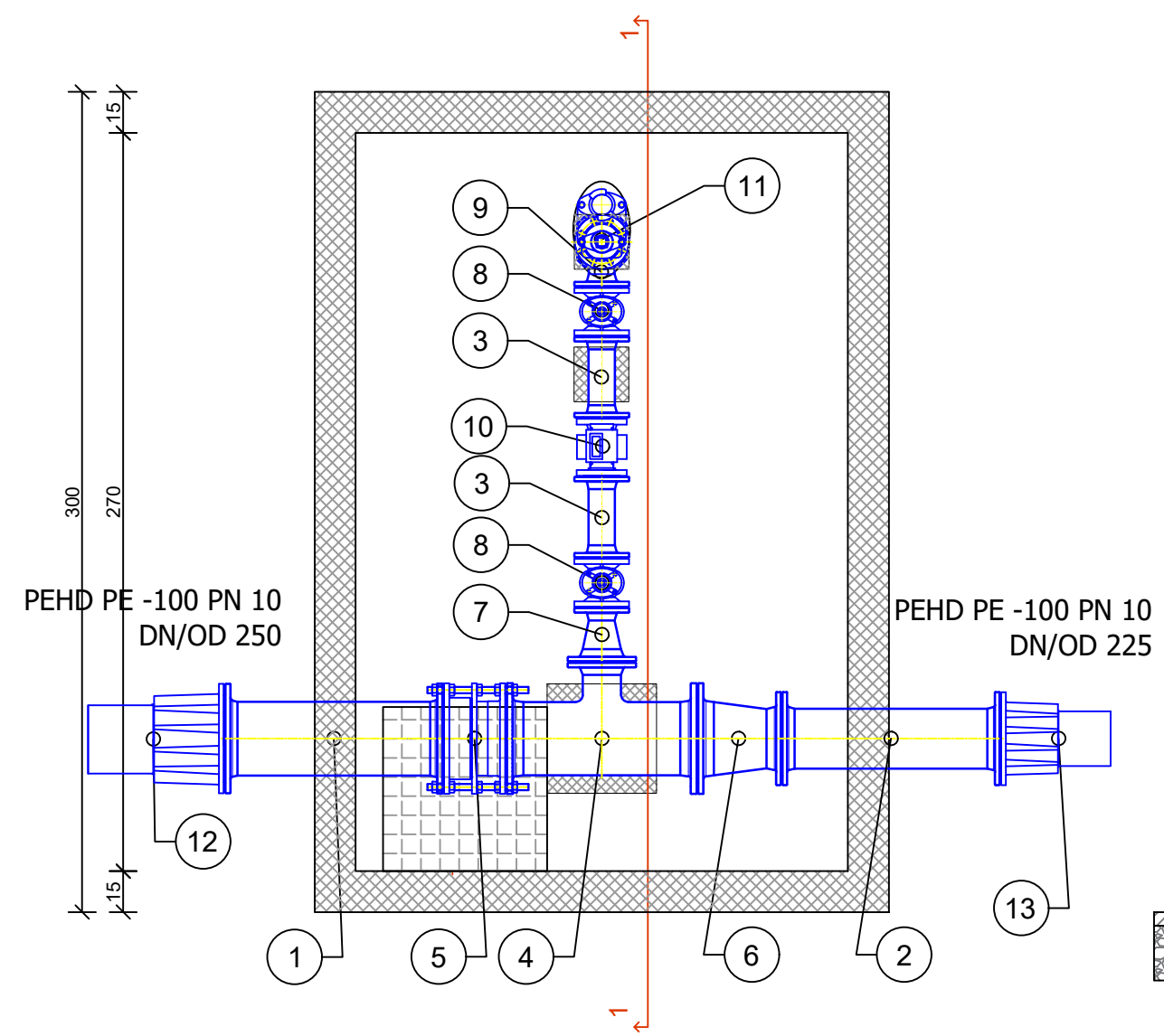
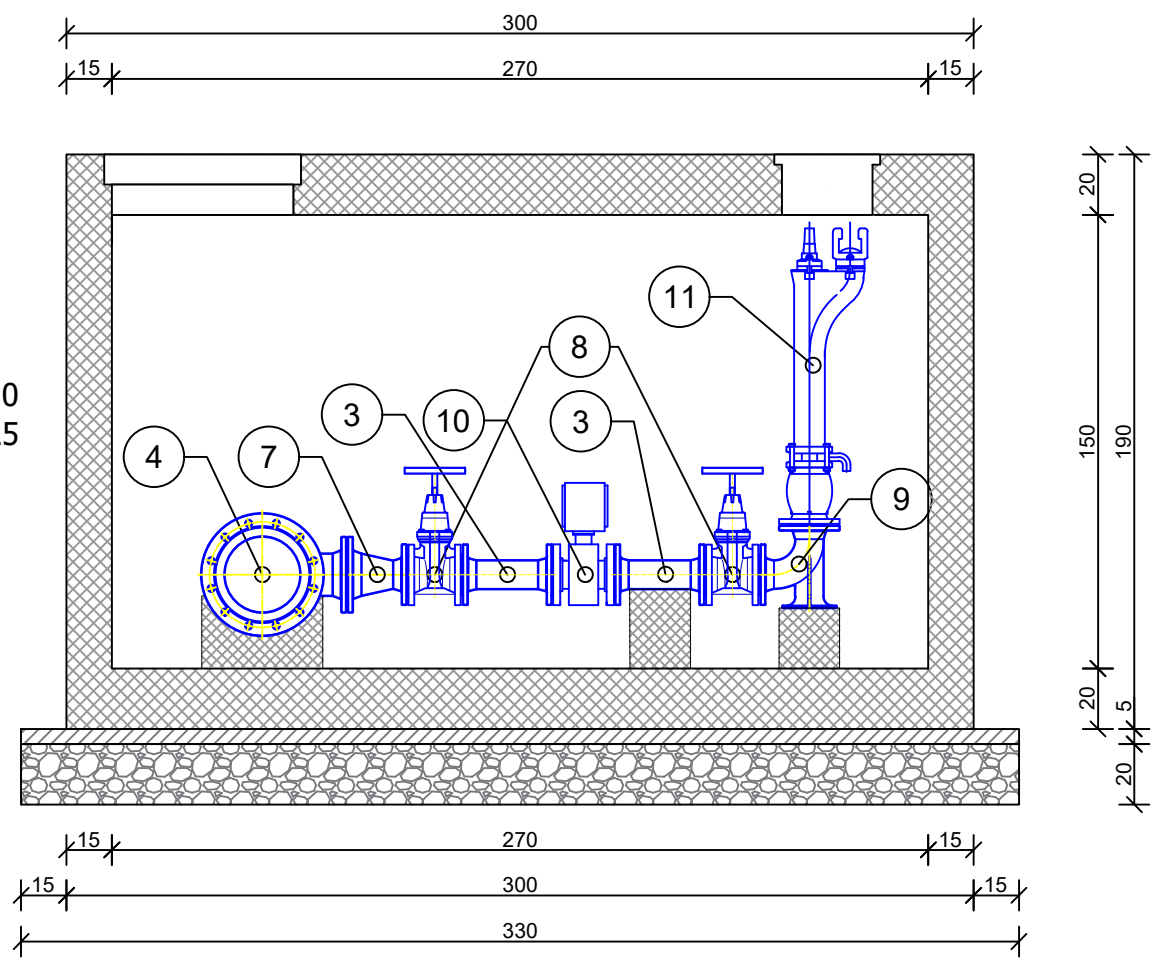
RB	OPIS	KOM
10	PE TULJAK DN 225 sa slobodnom priрубnicom	2

UNIVERZITET U BANJOJ LUCI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-13		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:25
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 25.

# Detalj Šahta TIP-14 R=1:25



# PRESJEK 1-1



## SPECIFIKACIJA:

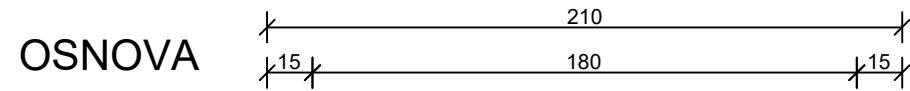
SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\varnothing$ 250 x L=800	1
2	FF - KOMAD $\varnothing$ 200 x L=800	1
3	FF - KOMAD $\varnothing$ 80 x L=300	2
4	T - KOMAD $\varnothing$ 250 / 125	1
5	MDK - KOMAD $\varnothing$ 250	1
6	FFR - KOMAD $\varnothing$ 250 / 125	1
7	FFR - KOMAD $\varnothing$ 125 / 80	1
8	EV zasun $\varnothing$ 80	2
9	N90° - KOMAD $\varnothing$ 80	1
10	Impulsni VODOMJER $\varnothing$ 80	1

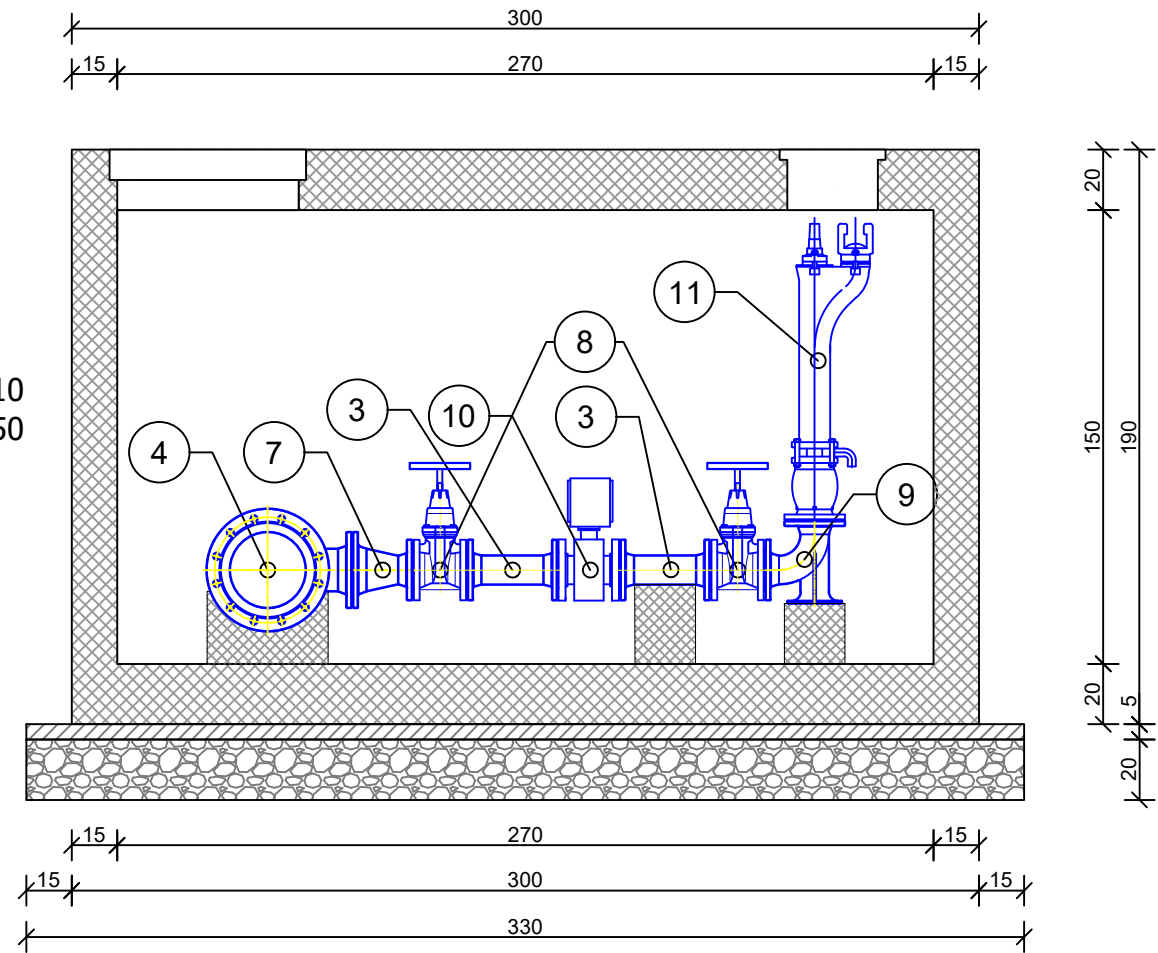
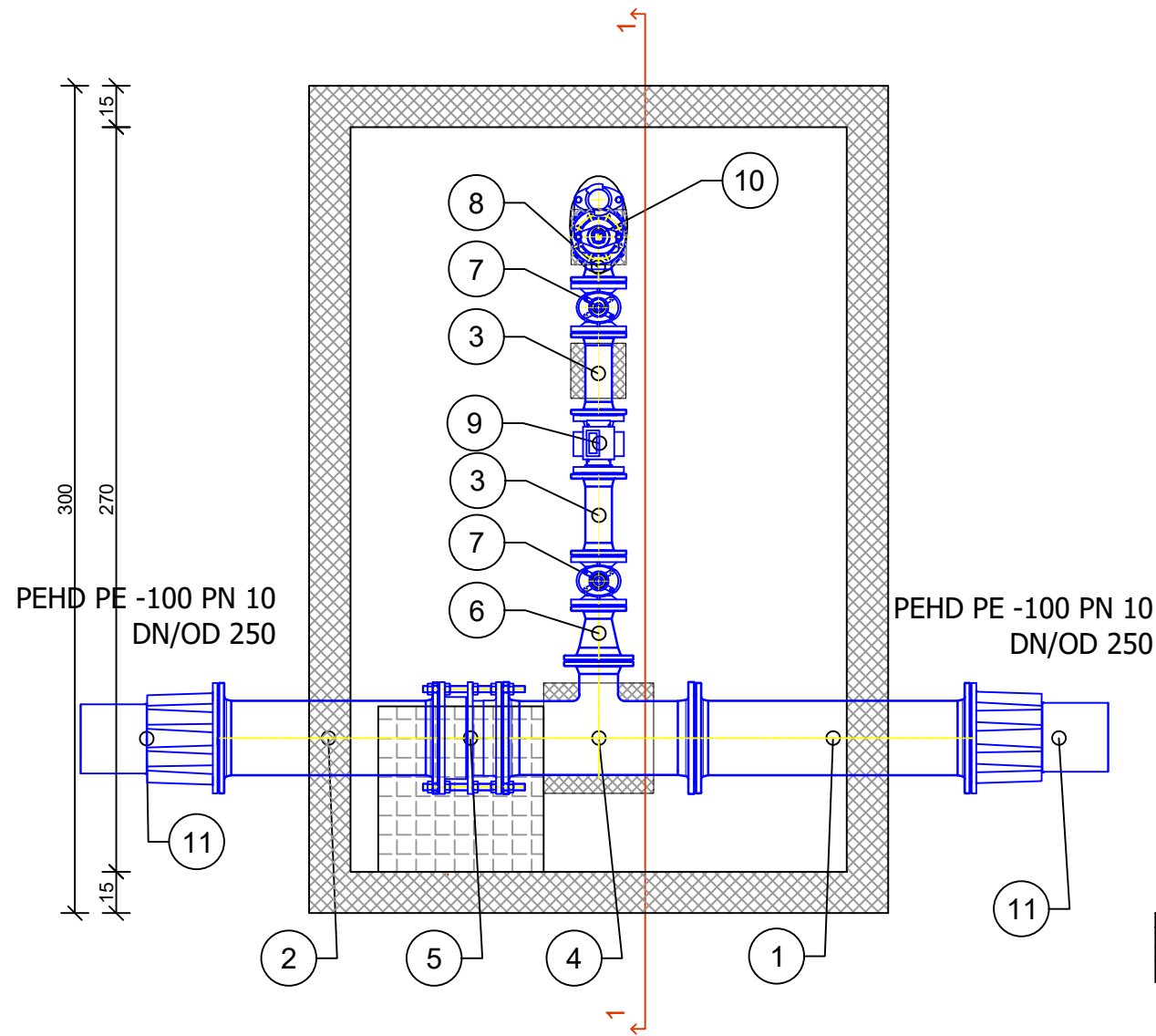
RB	OPIS	KOM
11	HIDRANT PODZEMNI $\varnothing$ 80 Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1
12	PE TULJAK DN 250 sa slobodnom prirubnicom	1
13	PE TULJAK DN 225 sa slobodnom prirubnicom	1

<b>UNIVERZITET U BANJOJ LUCI</b> <b>ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF</b> <b>GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO</b>		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-14		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:25
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 26.

# Detalj Šahta TIP-15 R=1:25



## PRESJEK 1-1



### SPECIFIKACIJA:

SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

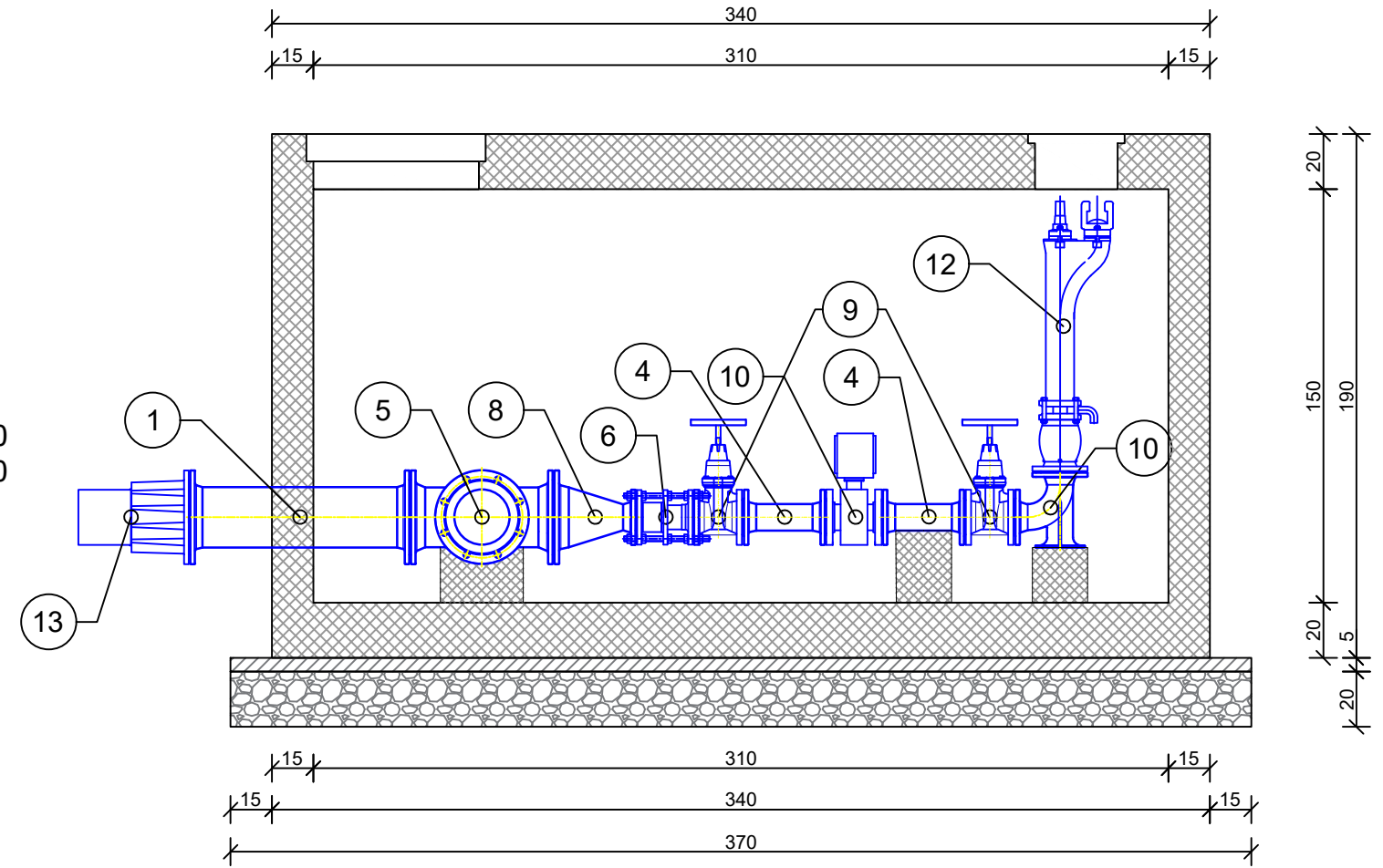
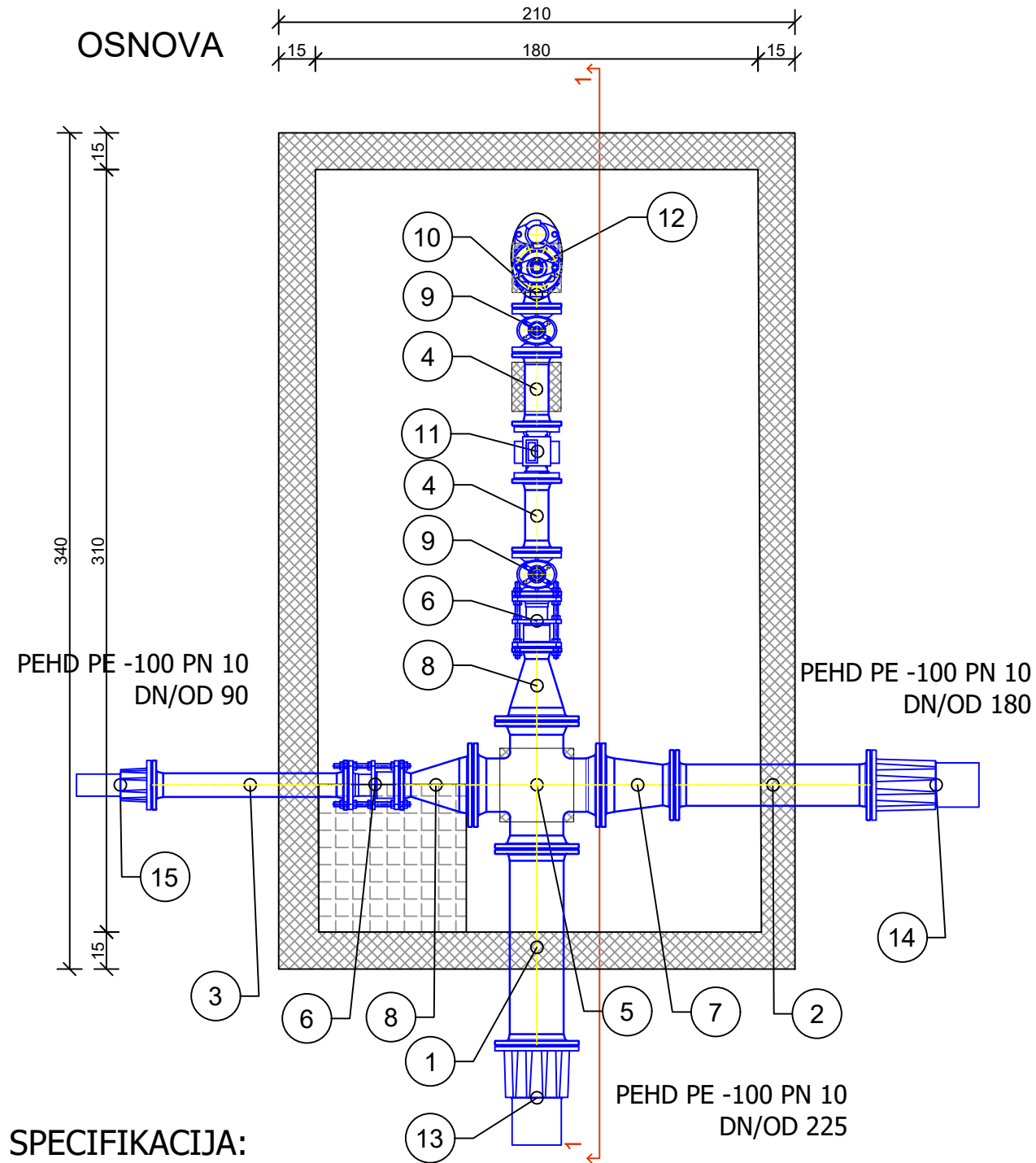
RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\varnothing$ 250 x L=1000	1
2	FF - KOMAD $\varnothing$ 200 x L=800	1
3	FF - KOMAD $\varnothing$ 80 x L=300	2
4	T - KOMAD $\varnothing$ 250 / 125	1
5	MDK - KOMAD $\varnothing$ 250	1
6	FFR - KOMAD $\varnothing$ 125 / 80	1
7	EV zasun $\varnothing$ 80	2
8	N90° - KOMAD $\varnothing$ 80	1
9	Impulsni VODOMJER $\varnothing$ 80	1

RB	OPIS	KOM
10	HIDRANT PODZEMNI $\varnothing$ 80 Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1
11	PE TULJAK DN 250 sa slobodnom priрубnicom	2

UNIVERZITET U BANJOJ LUCI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-15		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:25
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 27.

# Detalj Šahta TIP-16 R=1:25

## PRESJEK 1-1



### SPECIFIKACIJA:

SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

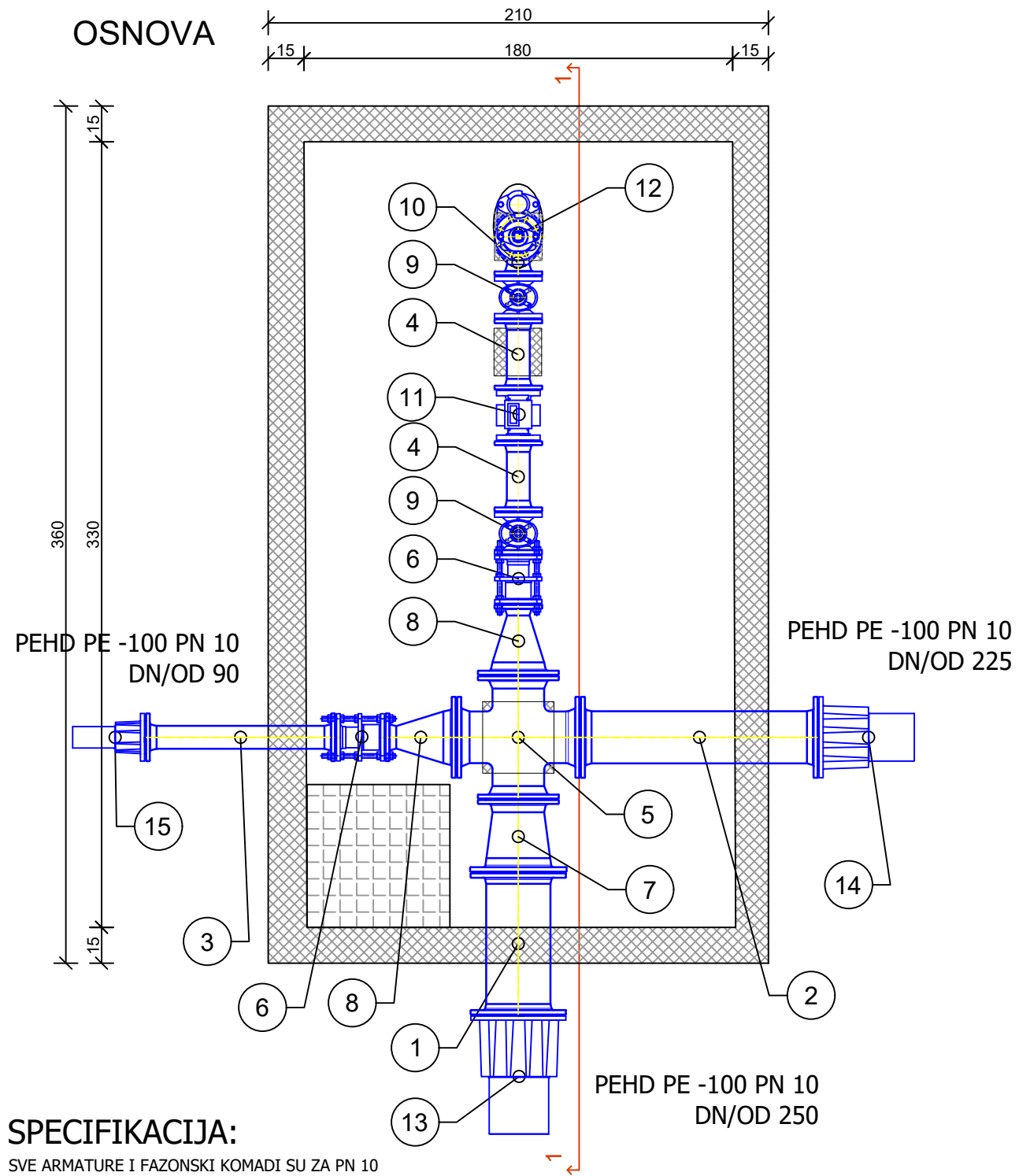
RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\varnothing$ 200 x L=800	1
2	FF - KOMAD $\varnothing$ 150 x L=800	1
3	FF - KOMAD $\varnothing$ 80 x L=800	1
4	FF - KOMAD $\varnothing$ 80 x L=300	2
5	TT - KOMAD $\varnothing$ 200	1
6	MDK - KOMAD $\varnothing$ 80	2
7	FFR - KOMAD $\varnothing$ 200 / 150	1
8	FFR - KOMAD $\varnothing$ 200 / 80	2
9	EV zasun $\varnothing$ 80	2

RB	OPIS	KOM
10	N90° - KOMAD $\varnothing$ 80	1
11	Impulsni VODOMJER $\varnothing$ 80	1
12	HIDRANT PODZEMNI $\varnothing$ 80 Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1
13	PE TULJAK DN 225 sa slobodnom prirubnicom	1
14	PE TULJAK DN 180 sa slobodnom prirubnicom	1
15	PE TULJAK DN 90 sa slobodnom prirubnicom	1

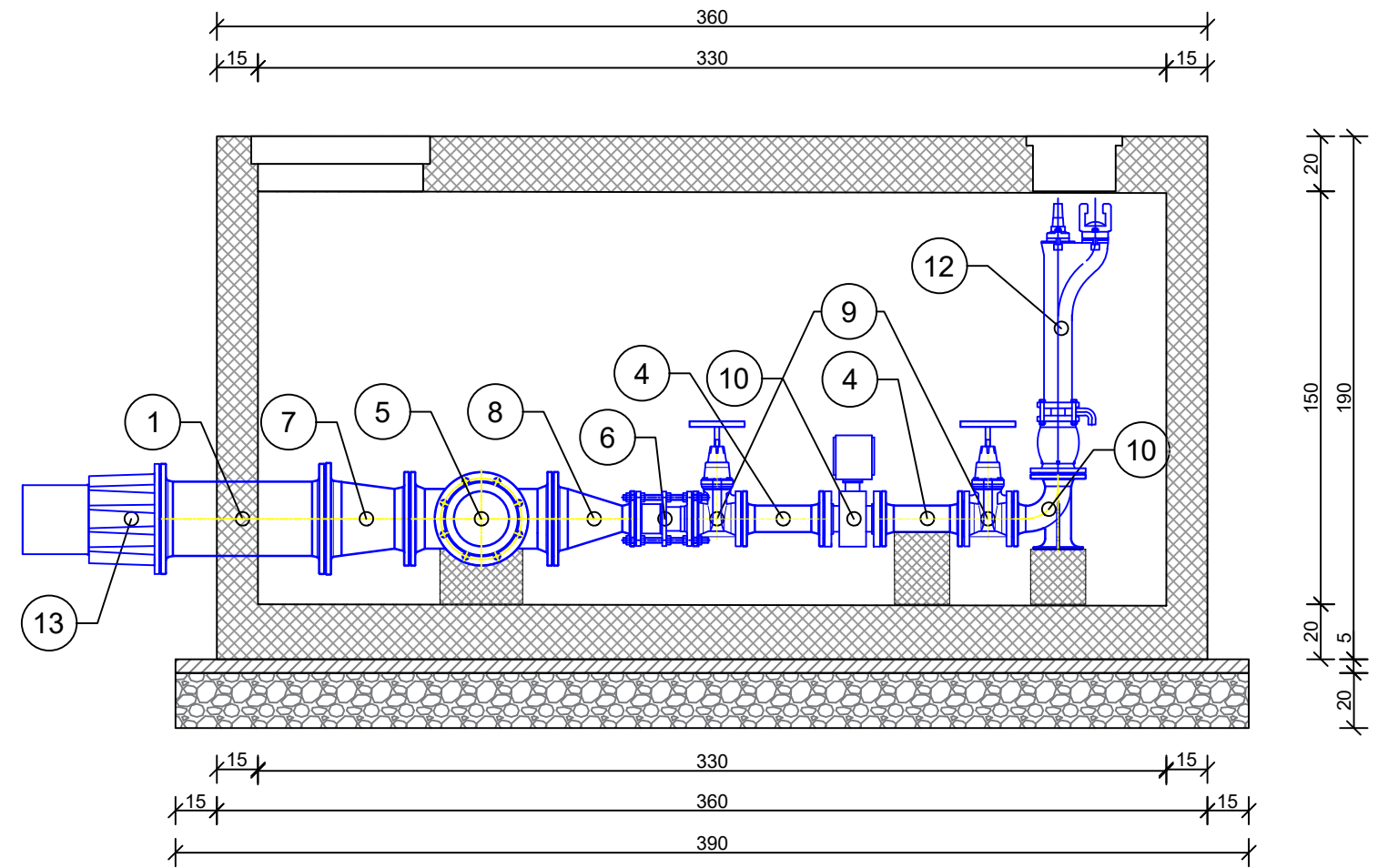
UNIVERZITET U BANJOJ LUCI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-16		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:25
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 28.

# Detalj Šahta TIP-17 R=1:25

OSNOVA



PRESJEK 1-1



## SPECIFIKACIJA:

SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

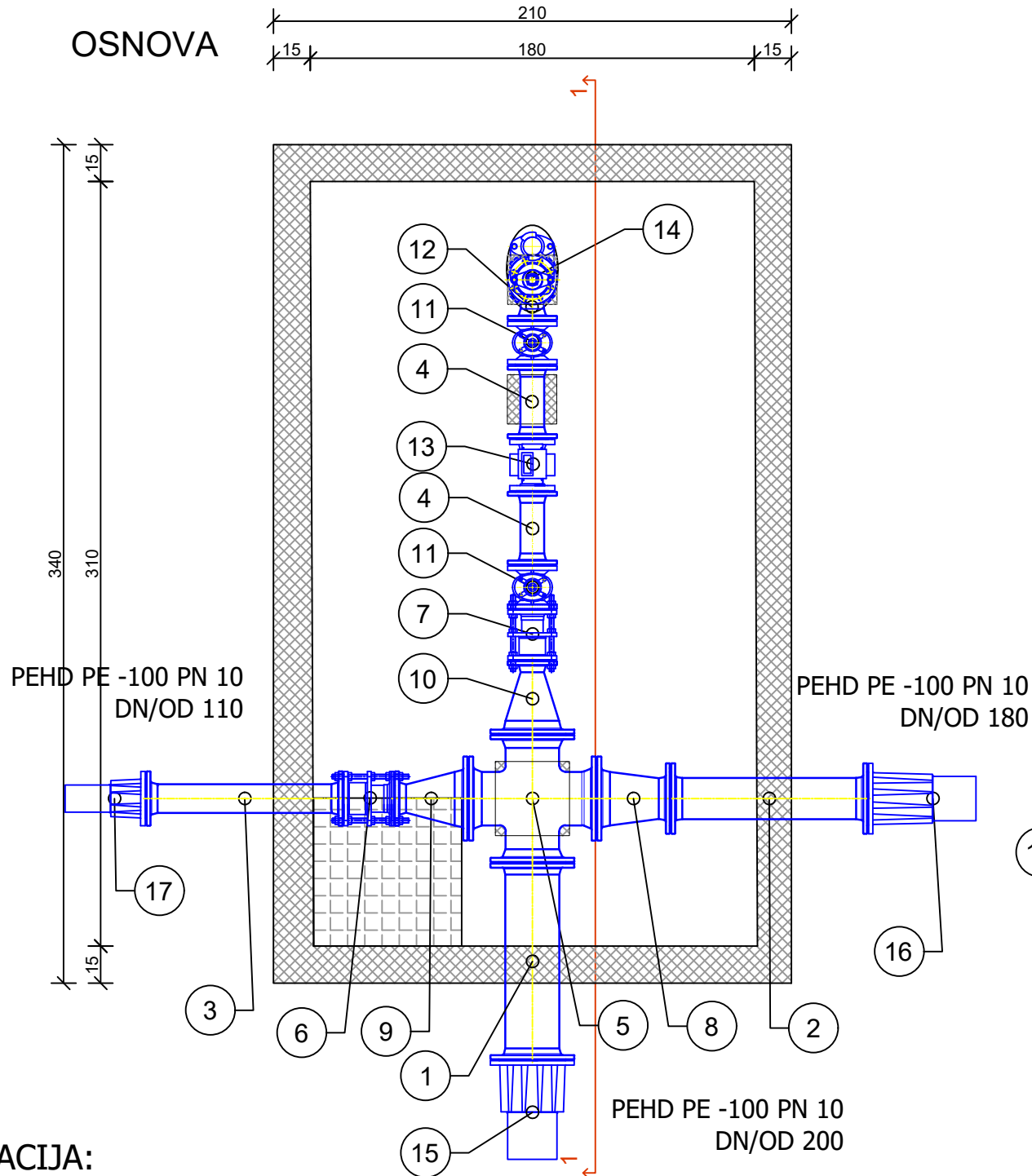
RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\varnothing$ 250 x L=600	1
2	FF - KOMAD $\varnothing$ 200 x L=800	1
3	FF - KOMAD $\varnothing$ 80 x L=800	1
4	FF - KOMAD $\varnothing$ 80 x L=300	2
5	TT - KOMAD $\varnothing$ 200	1
6	MDK - KOMAD $\varnothing$ 80	2
7	FFR - KOMAD $\varnothing$ 250 / 200	1
8	FFR - KOMAD $\varnothing$ 200 / 80	2
9	EV zasun $\varnothing$ 80	2

RB	OPIS	KOM
10	N90° - KOMAD $\varnothing$ 80	1
11	Impulsni VODOMJER $\varnothing$ 80	1
12	HIDRANT PODZEMNI $\varnothing$ 80 Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1
13	PE TULJAK DN 250 sa slobodnom priрубnicom	1
14	PE TULJAK DN 225 sa slobodnom priрубnicom	1
15	PE TULJAK DN 90 sa slobodnom priрубnicom	1

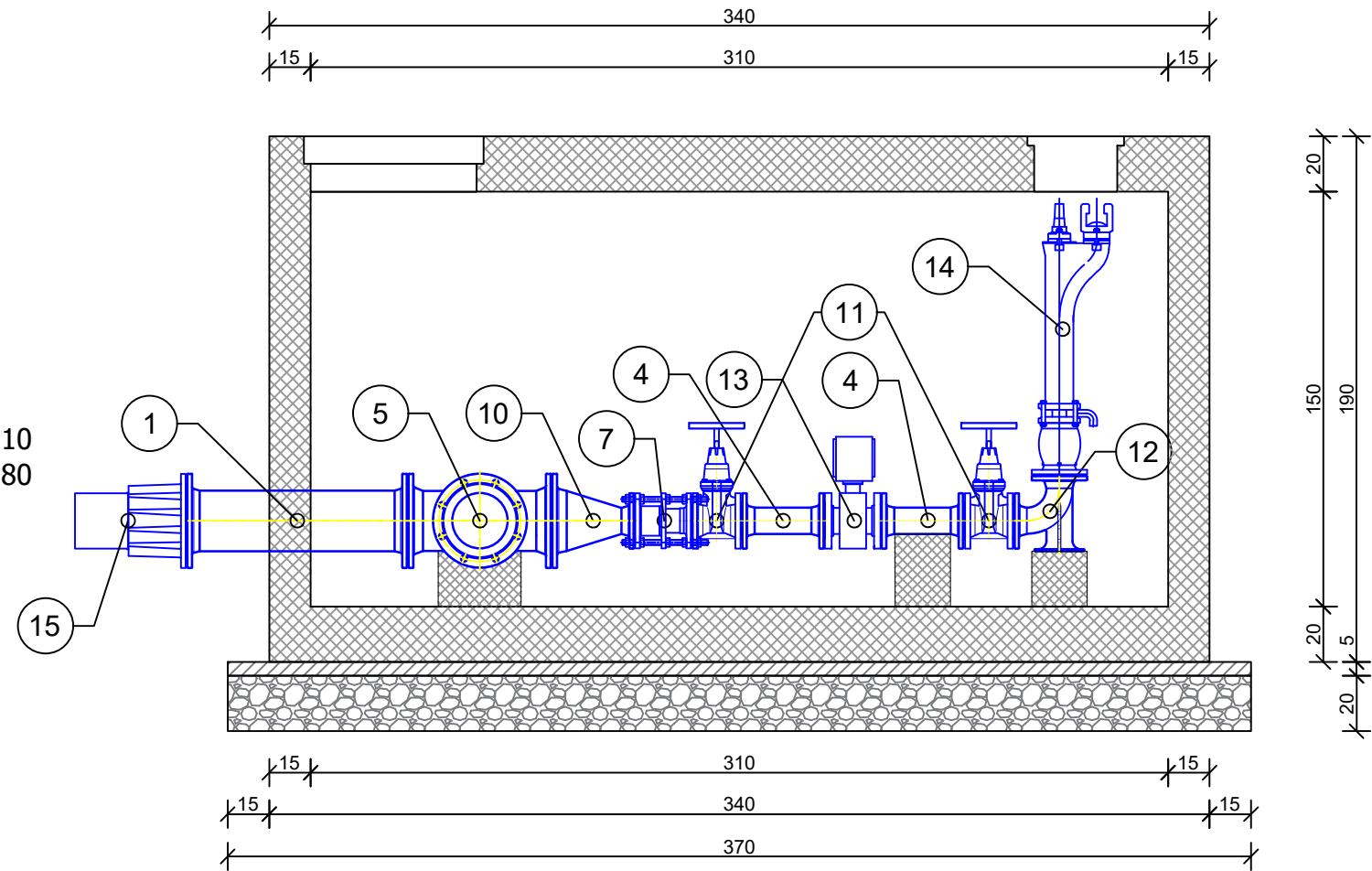
UNIVERZITET U BANJOJ LUCI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-17		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:25
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 29.

# Detalj Šahta TIP-18 R=1:25

OSNOVA



# PRESJEK 1-1



## SPECIFIKACIJA:

SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

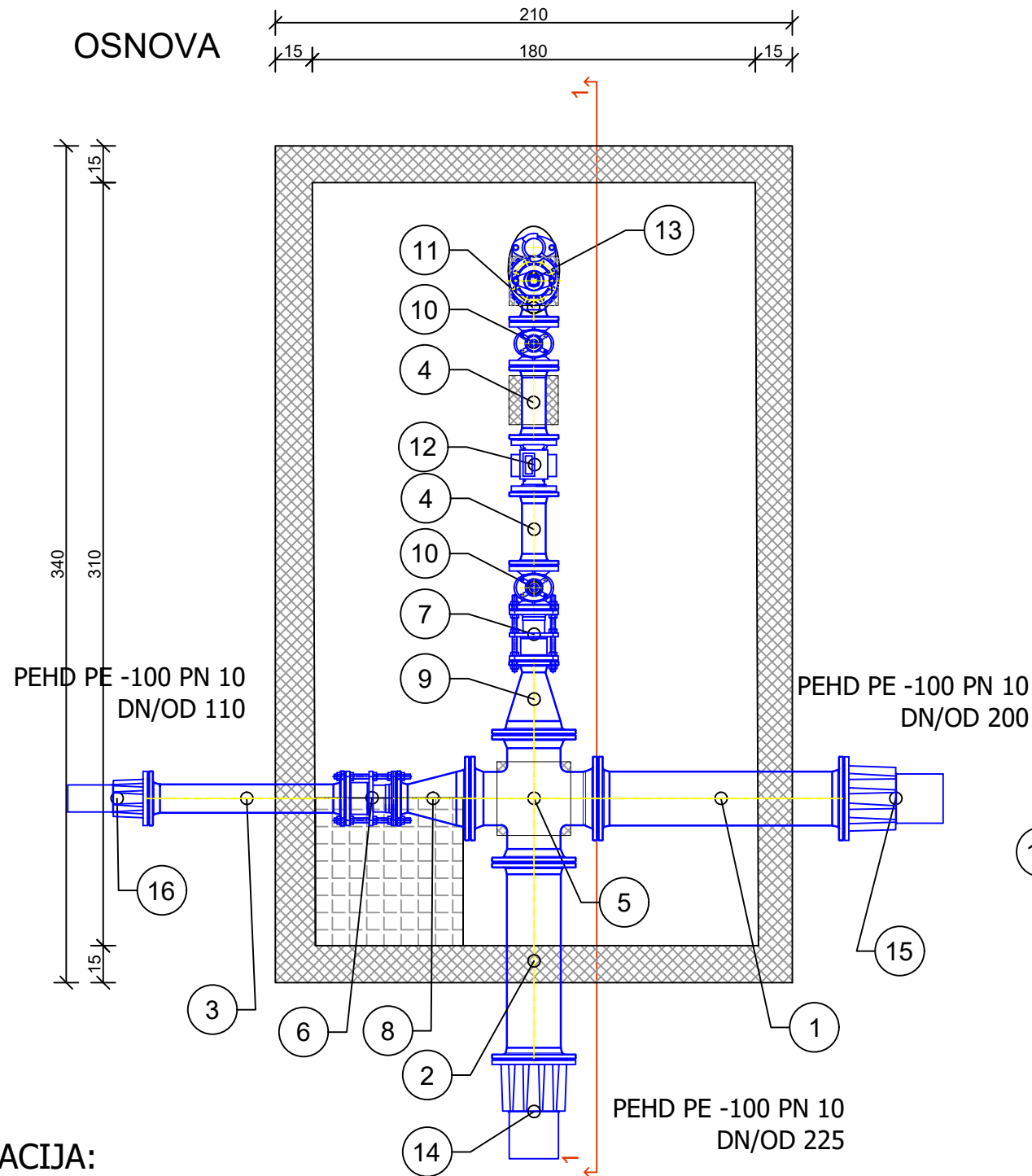
RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\phi$ 200 x L=800	1
2	FF - KOMAD $\phi$ 150 x L=800	1
3	FF - KOMAD $\phi$ 100 x L=800	1
4	FF - KOMAD $\phi$ 80 x L=300	2
5	TT - KOMAD $\phi$ 200	1
6	MDK - KOMAD $\phi$ 100	1
7	MDK - KOMAD $\phi$ 80	1
8	FFR - KOMAD $\phi$ 200 / 150	1
9	FFR - KOMAD $\phi$ 200 / 100	1

RB	OPIS	KOM
10	FFR - KOMAD $\phi$ 200 / 80	1
11	EV zasun $\phi$ 80	2
12	N90° - KOMAD $\phi$ 80	1
13	Impulsni VODOMJER $\phi$ 80	1
14	HIDRANT PODZEMNI $\phi$ 80 Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1
15	PE TULJAK DN 200 sa slobodnom prirubnicom	1
16	PE TULJAK DN 180 sa slobodnom prirubnicom	1
17	PE TULJAK DN 110 sa slobodnom prirubnicom	1

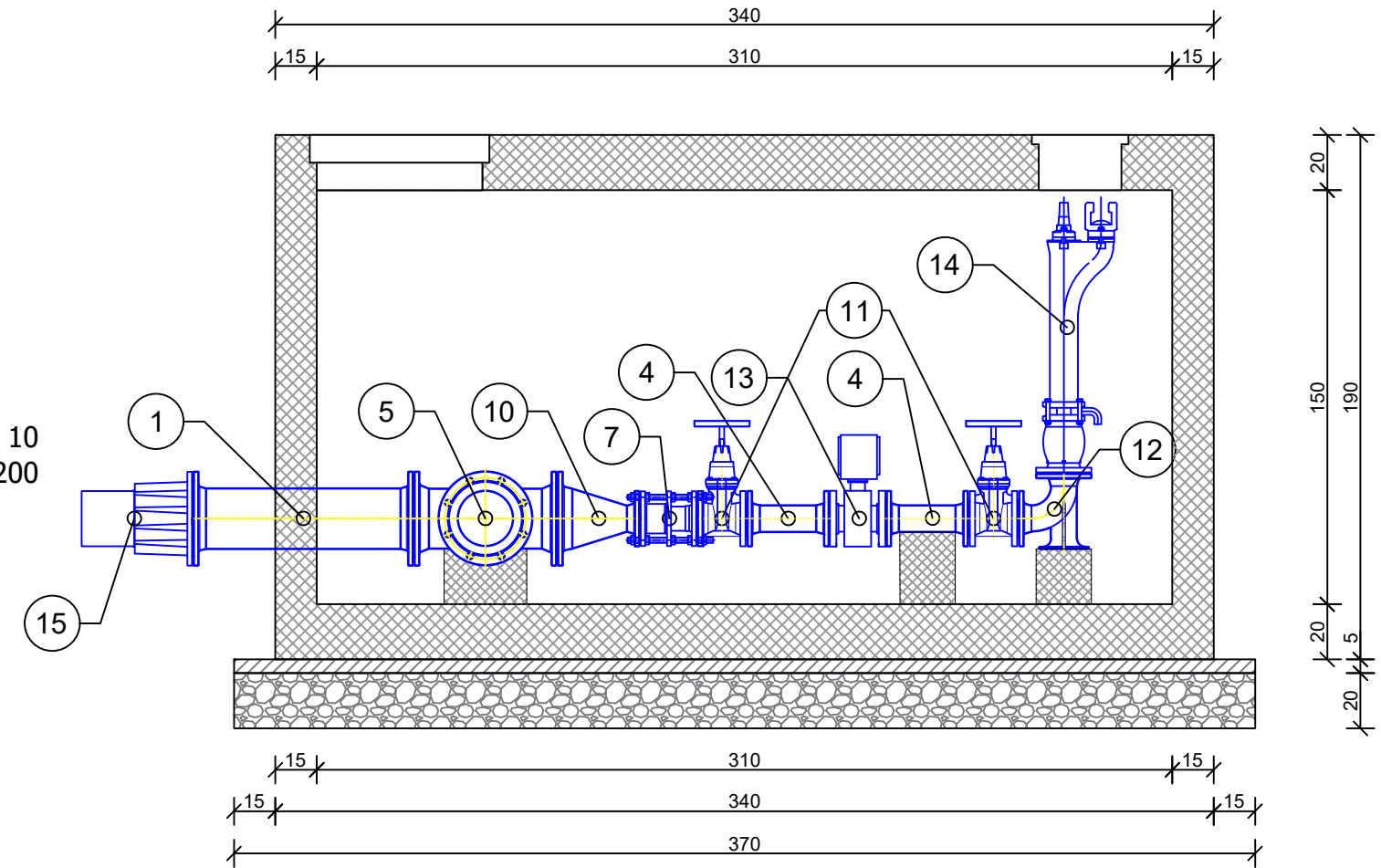
UNIVERZITET U BANJOJ LUCI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-18		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:25
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 30.

# Detalj Šahta TIP-19 R=1:25

OSNOVA



PRESJEK 1-1



## SPECIFIKACIJA:

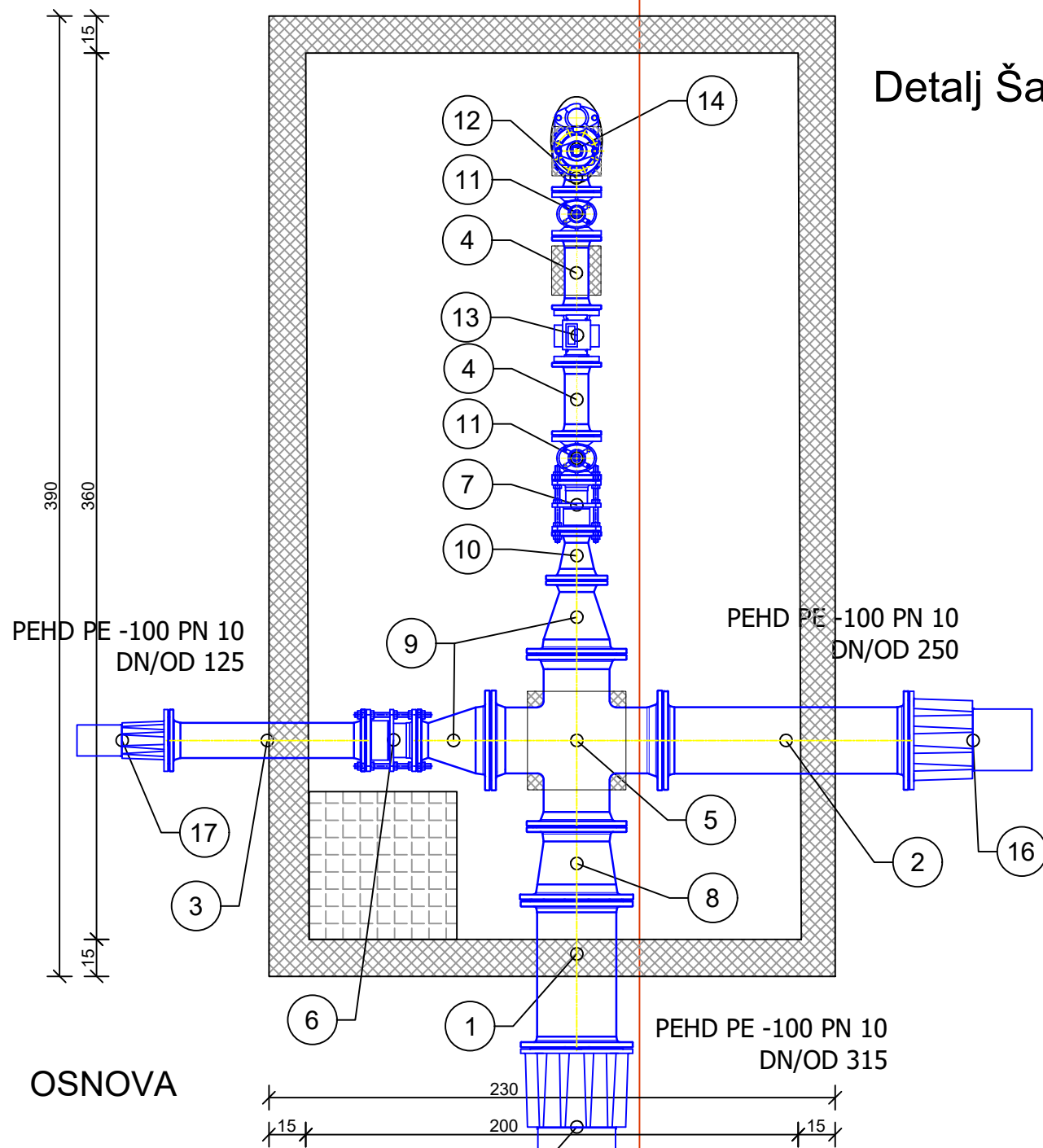
SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\varnothing 200 \times L=800$	1
2	FF - KOMAD $\varnothing 150 \times L=800$	1
3	FF - KOMAD $\varnothing 100 \times L=800$	1
4	FF - KOMAD $\varnothing 80 \times L=300$	2
5	TT - KOMAD $\varnothing 200$	1
6	MDK - KOMAD $\varnothing 100$	1
7	MDK - KOMAD $\varnothing 80$	1
8	FFR - KOMAD $\varnothing 200 / 100$	1
9	FFR - KOMAD $\varnothing 200 / 80$	1

RB	OPIS	KOM
10	EV zasun $\varnothing 80$	2
11	N90° - KOMAD $\varnothing 80$	1
12	Impulsni VODOMJER $\varnothing 80$	1
13	HIDRANT PODZEMNI $\varnothing 80$ Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1
14	PE TULJAK DN 200 sa slobodnom priрубnicom	1
15	PE TULJAK DN 180 sa slobodnom priрубnicom	1
16	PE TULJAK DN 110 sa slobodnom priрубnicom	1

UNIVERZITET U BANJOJ LUCI ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-19		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:25
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 31.

# Detalj Šahta TIP-20 R=1:25



OSNOVA

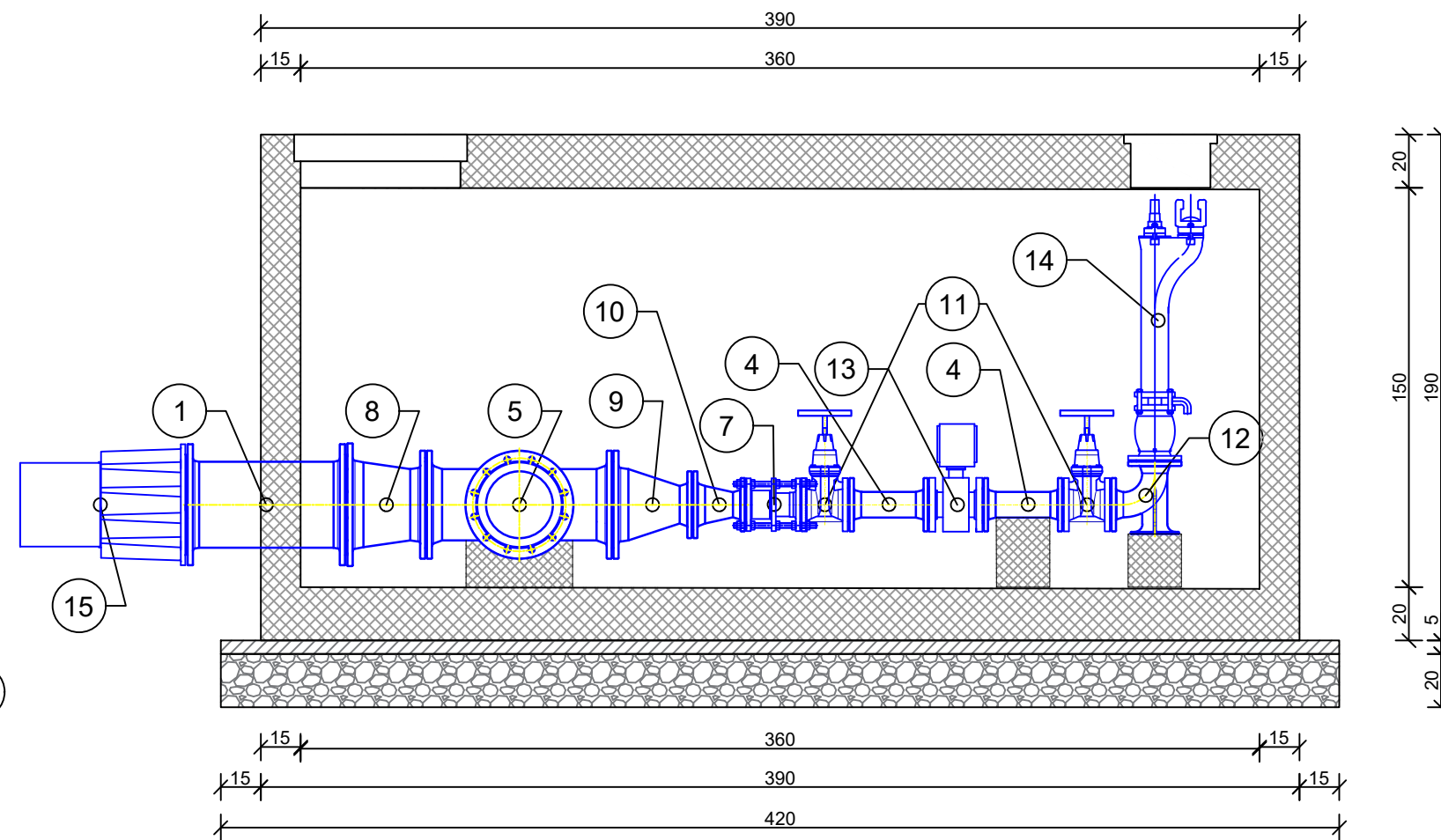
## SPECIFIKACIJA:

SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 10

RB	OPIS	KOM
1	FF - KOMAD $\varnothing$ 300 x L=600	1
2	FF - KOMAD $\varnothing$ 250 x L=800	1
3	FF - KOMAD $\varnothing$ 100 x L=800	1
4	FF - KOMAD $\varnothing$ 80 x L=300	2
5	TT - KOMAD $\varnothing$ 250	1
6	MDK - KOMAD $\varnothing$ 125	1
7	MDK - KOMAD $\varnothing$ 80	1
8	FFR - KOMAD $\varnothing$ 300 / 250	1
9	FFR - KOMAD $\varnothing$ 200 / 125	1

RB	OPIS	KOM
10	FFR - KOMAD $\varnothing$ 125 / 80	1
11	EV zasun $\varnothing$ 80	2
12	N90° - KOMAD $\varnothing$ 80	1
13	Impulsni VODOMJER $\varnothing$ 80	1
14	HIDRANT PODZEMNI $\varnothing$ 80 Rd=1,0 (h=980) sa uličnom kapom za hidrant	1
15	PE TULJAK DN 315 sa slobodnom prirubnicom	1
16	PE TULJAK DN 250 sa slobodnom prirubnicom	1
17	PE TULJAK DN 125 sa slobodnom prirubnicom	1

## PRESJEK 1-1



**UNIVERZITET U BANJOJ LUCI**  
**ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF**  
**GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO**

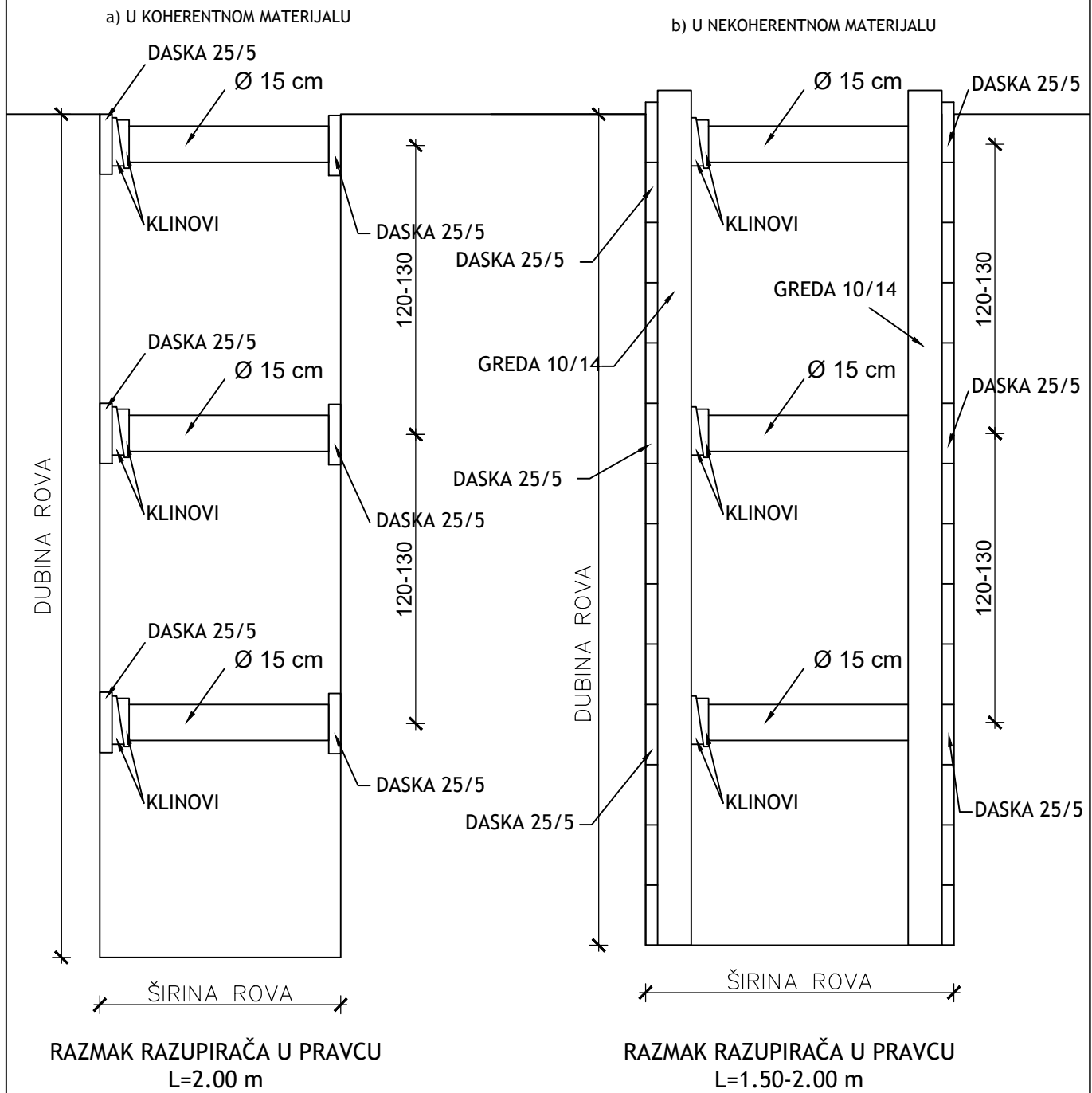
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)

TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE

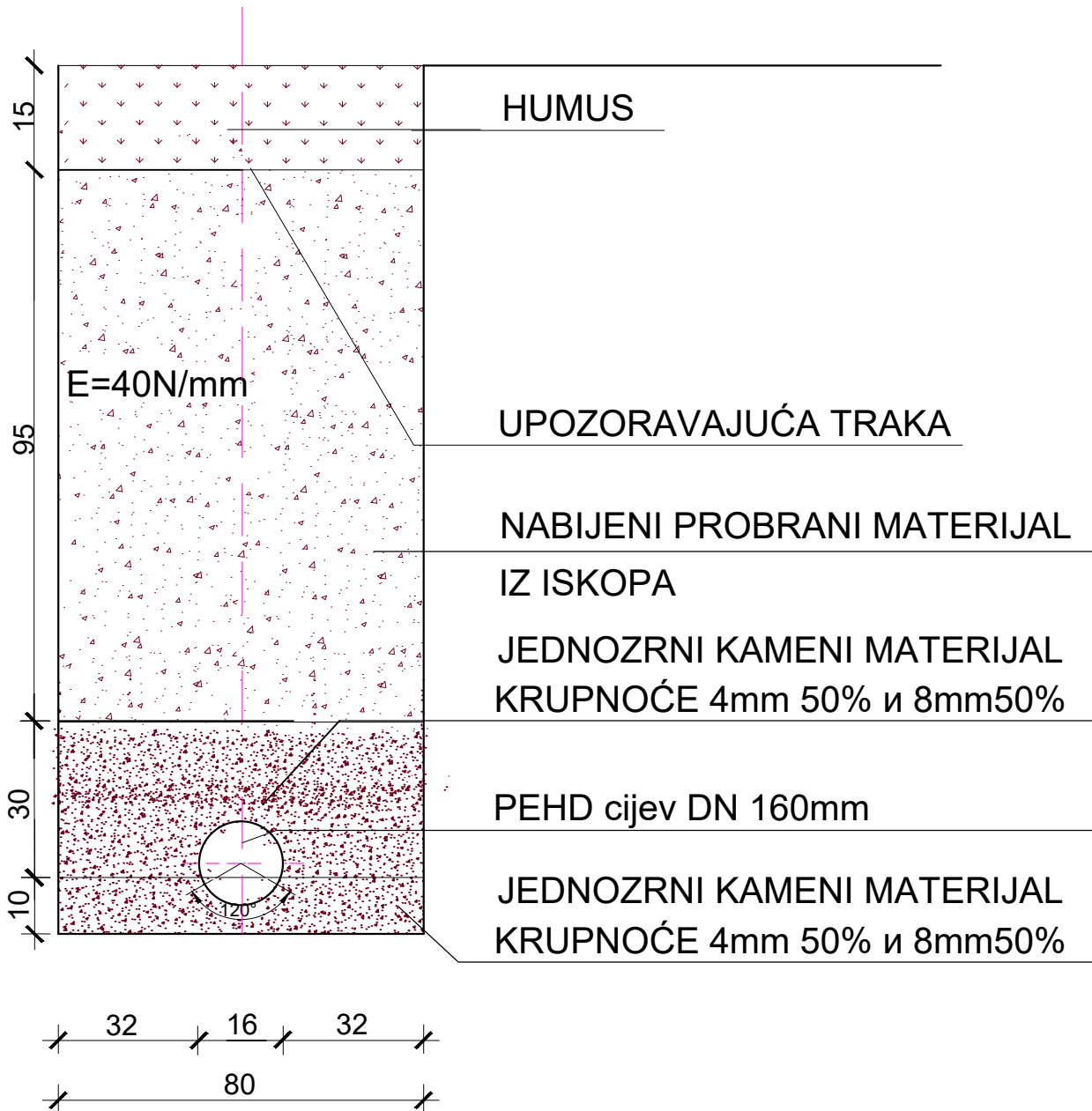
NAZIV PRILOGA: DETALJ ŠAHTA TIP-20

KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:25
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 32.

## NAČIN OSIGURANJA ROVA



<b>UNIVERZITET U BANJOJ LUCI</b>		
<b>ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF</b>		
<b>GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO</b>		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: DETALJ OSIGURANJA ROVA ZA POSTAVLJANJE VODOVODNIH CIJEVI		
KANDIDAT:	BROJ INDEKSA:	RAZMJERA:
BILJANA ČUSO	05 MGRH/21	1:25
MENTOR:	DATUM:	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA:
DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	Septembar 2025.	33.



**UNIVERZITET U BANJOJ LUCI  
ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF  
GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO**

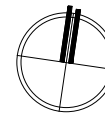
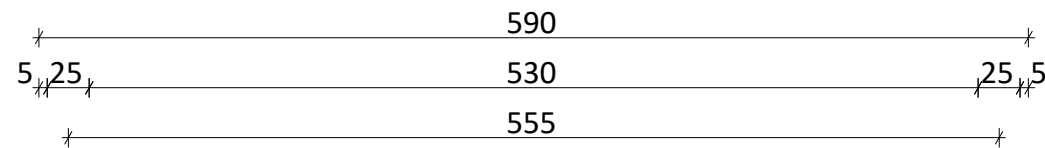
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)

TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE

NAZIV PRILOGA: DETALJ ROVA VODOVODNIH CIJEVI

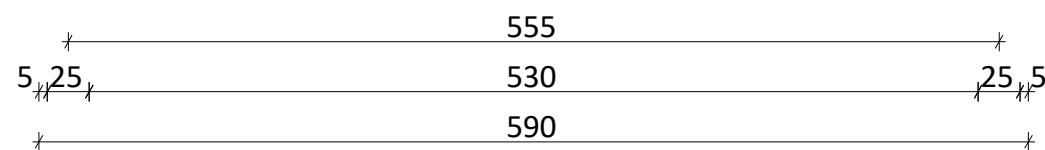
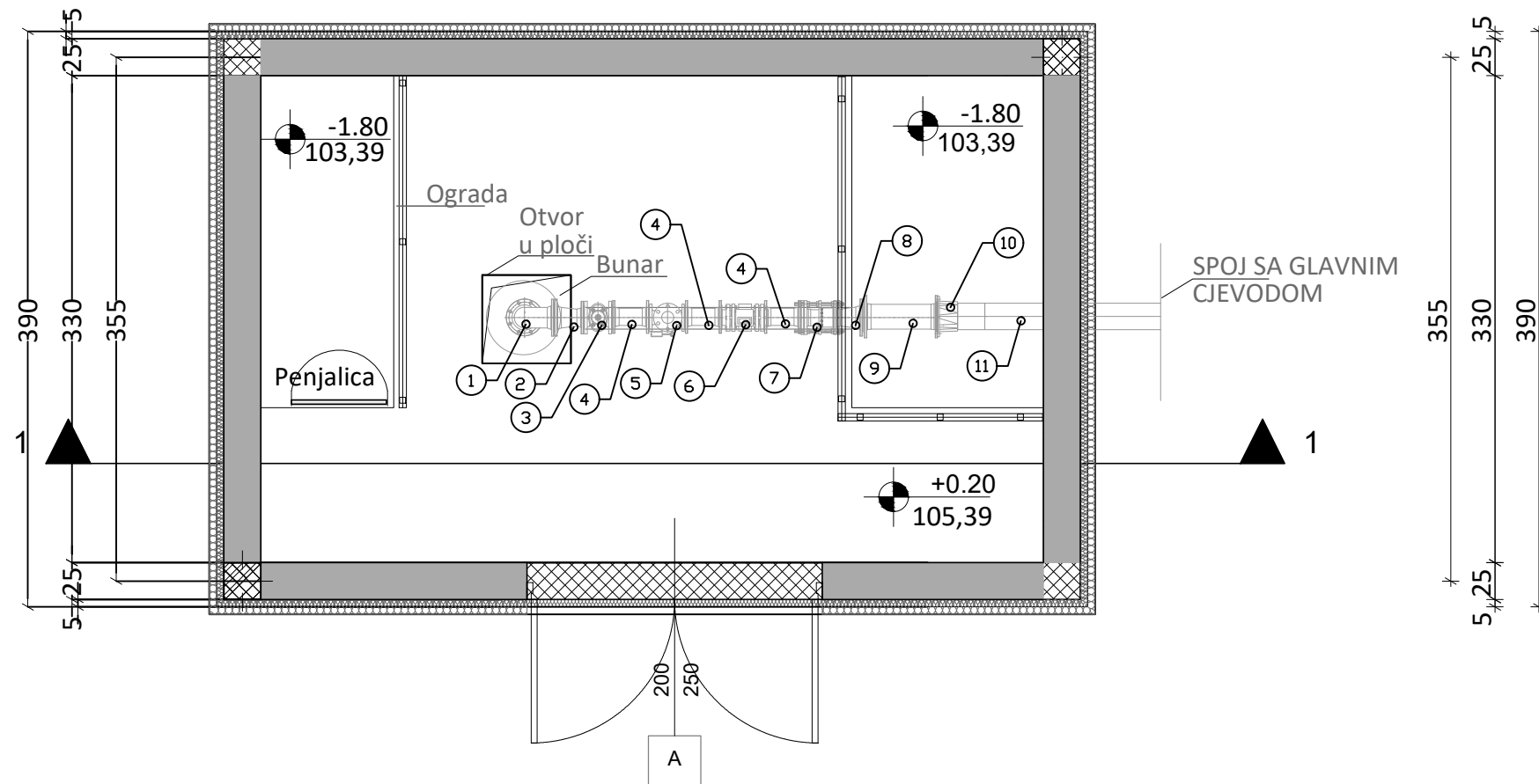
KANDIDAT:	BROJ INDEKSA:	RAZMJERA:
BILJANA ČUSO	05 MGRH/21	1:50
MENTOR:	DATUM:	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA:
DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	Septembar 2025.	34.

POGLED SA SJEVERA ▼

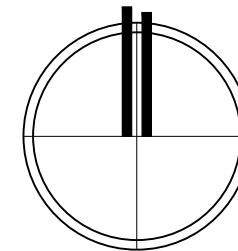


potopna pumpa UPA-200-130/04GN+UMA 200-37/21 G  
usvojena za proračunske metode: THORNTWAITE, FAO i  
LINACRE.

▼ POGLED SA ZAPADA



POGLED SA JUGA ▲



SPECIFIKACIJA:

SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 16

RB	OPIS	KOM
1	Q KOMAD DN 125	1
2	FFR KOMAD DN 125 / 100	1
3	MEHANIČKI VENTIL DN 100	1
4	FF KOMAD DN 100 L=300 mm	3
5	NEPOVRATNI VENTIL DN 100	1
6	IMPULSNI VODOMJER DN 100	1
7	MDK KOMAD DN 100	1
8	FFR KOMAD DN 100 / 150	1
9	FF DN 150 L=500 mm	1
10	PE TULJAK SA PRIRUBNICOM 150 / prečnik glavnog cjevovoda zavisno od metode proračuna	1
11	CIJEV PEHD od glavnog cjevovoda (prečnik promjenljiv u zavisnosti od metode	

UNIVERZITET U BANJOJ LUCI  
ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF  
GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO

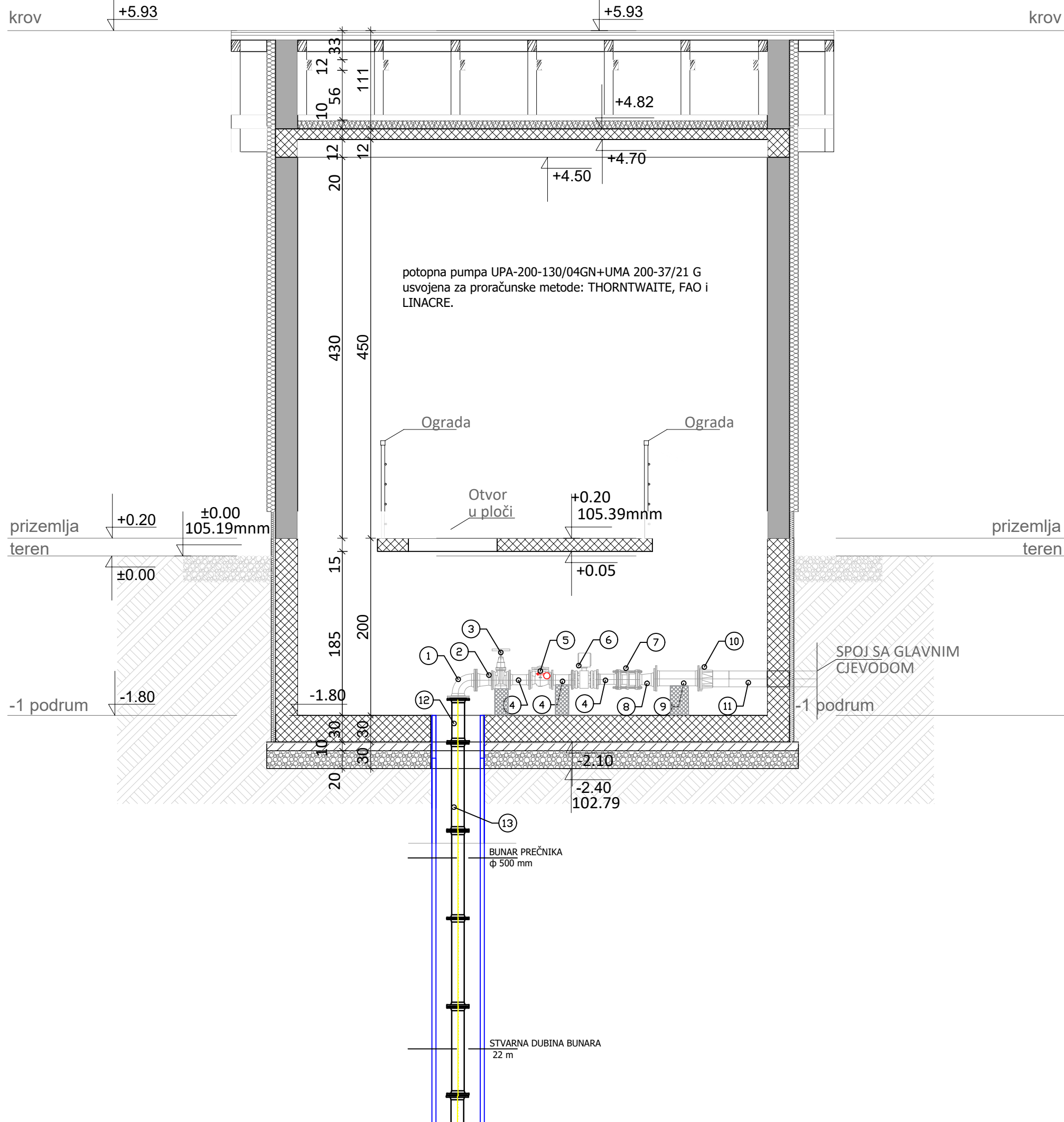
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)

TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE

NAZIV PRILOGA: OSNOVA PUMPNE STANICE - PUMPA DN125

KANDIDAT: BILJANA ČUSO  
BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21  
RAZMJERA: 1:50

MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ  
DATUM: Septembar 2025.  
BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 35.

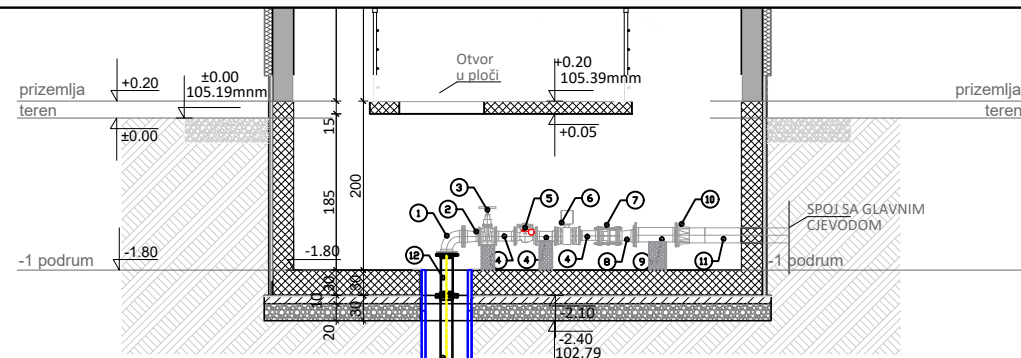


### SPECIFIKACIJA:

SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 16

Rb	OPIS	KOM
1	Q KOMAD DN 125	1
2	FFR KOMAD DN 125 / 100	1
3	MEHANIČKI VENTIL DN 100	1
4	FF KOMAD DN 100 L=300 mm	3
5	NEPOVRATNI VENTIL DN 100	1
6	IMPULSNI VODOMJER DN 100	1
7	MDK KOMAD DN 100	1
8	FFR KOMAD DN 100 / 150	1
9	FF DN 150 L=500 mm	1
10	PE TULJAK SA PRIRUBNICOM 150 / prečnik glavnog cjevovoda zavisno od metode proračuna	1
11	CIJEV PEHD od glavnog cjevovoda (prečnik promjenljiv u zavisnosti od metode	
12	FF KOMAD DN 125 L=500 mm	1
13	FF KOMAD DN 125 L=1000 mm	15

<b>UNIVERZITET U BANJOJ LUCI</b> <b>ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF</b> <b>GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO</b>		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: PRESJEK 1-1 PUMPNE STANICE - PUMPA DN125		
KANDIDAT:	BROJ INDEKSA:	RAZMJERA:
BILJANA ČUSO	05 MGRH/21	1:50
MENTOR:	DATUM:	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA:
DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	Septembar 2025.	36.1



BUNAR PREČNIKA  
Ø 500 mm

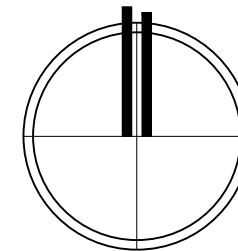
STANJANA DUBINA BUNARA  
22 m

NPV=-10.83 m

Maksimalno sniženje=3.71 m

POTOPNA (BUNARSKA) PUMPA

DUBINA BUNARA 22 m



## SPECIFIKACIJA:

SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 16

RB	OPIS	KOM
1	Q KOMAD DN 125	1
2	FFR KOMAD DN 125 / 100	1
3	MEHANIČKI VENTIL DN 100	1
4	FF KOMAD DN 100 L=300 mm	3
5	NEPOVRATNI VENTIL DN 100	1
6	IMPULSNI VODOMJER DN 100	1
7	MDK KOMAD DN 100	1
8	FFR KOMAD DN 100 / 150	1
9	FF DN 150 L=500 mm	1
10	PE TULJAK SA PRIRUBNICOM 150 / prečnik glavnog cjevovoda zaviso od metode proračuna	1
11	CIJEV PEHD od glavnog cjevovoda (prečnik promjenljiv u zavisnosti od metode	
12	FF KOMAD DN 125 L=500 mm	1
13	FF KOMAD DN 125 L=1000 mm	15

UNIVERZITET U BANJOJ LUCI  
ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF  
GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO

ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)

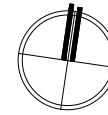
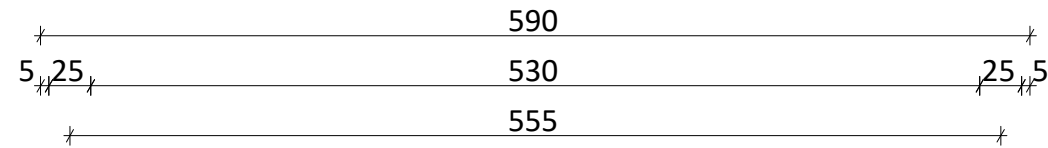
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE

NAZIV PRILOGA: PRESJEK 1-1 PUMPNE STANICE - PUMPA DN125 (sa prikazom bunara)

KANDIDAT: BILJANA ČUSO  
BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21  
RAZMJERA: 1:200

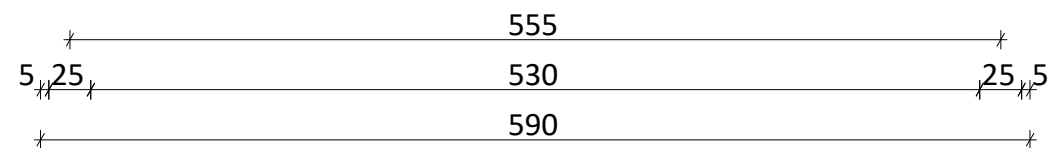
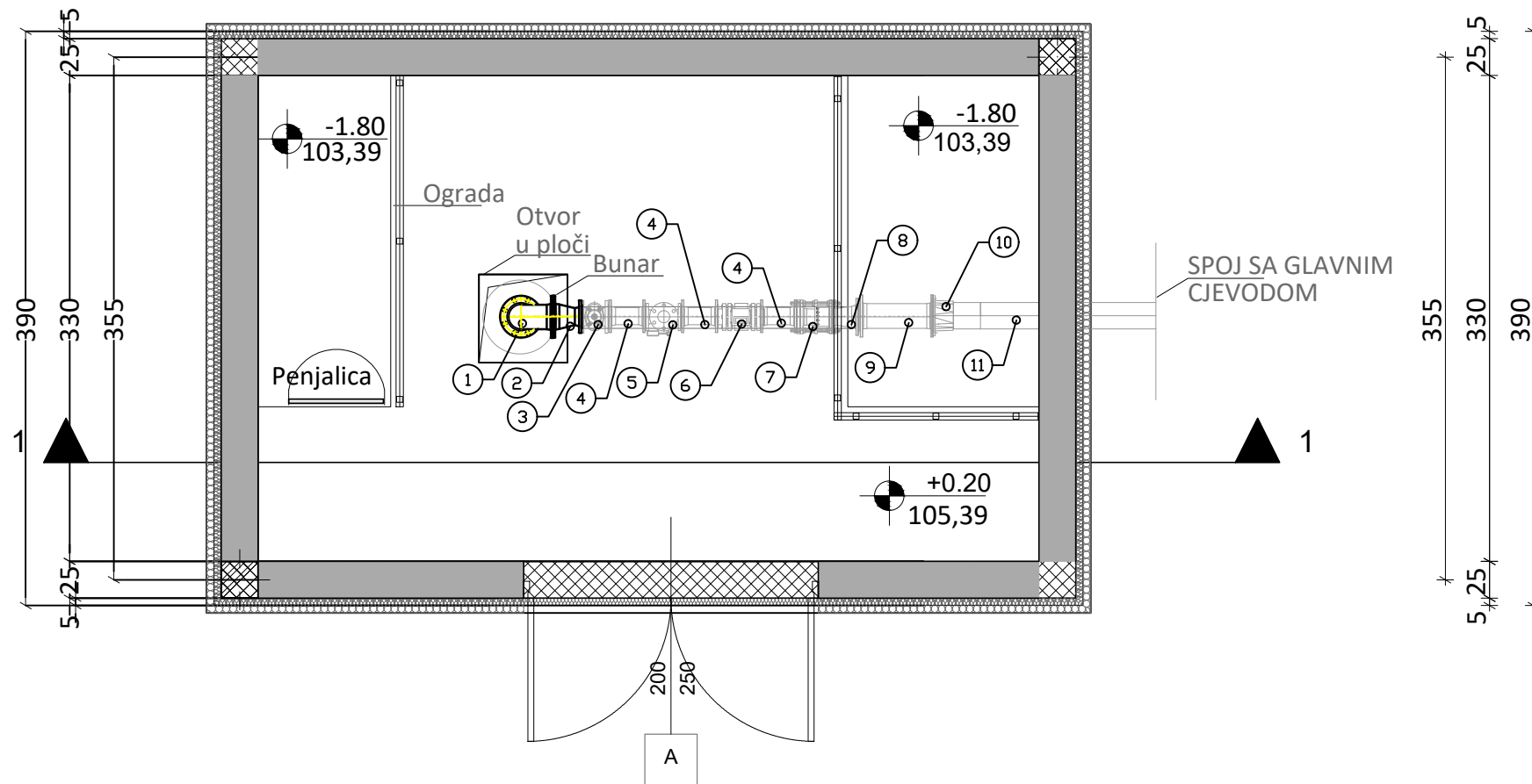
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ  
DATUM: Septembar 2025.  
BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 36.2

POGLED SA SJEVERA ▼

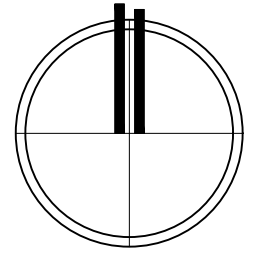


potopna pumpa UPA-300-065/02GB + UMA 200-65/21 G  
usvojena za proračunske metode: MC GUINNESS,  
HARGREAVES-SAMANI i JENSEN-HAISE.

▼ POGLED SA ZAPADA



POGLED SA JUGA ▲



**SPECIFIKACIJA:**

SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 16

RB	OPIS	KOM
1	Q KOMAD DN 150	1
2	FFR KOMAD DN 150 / 100	1
3	MEHANIČKI VENTIL DN 100	1
4	FF KOMAD DN 100 L=300 mm	3
5	NEPOVRATNI VENTIL DN 100	1
6	IMPULSNI VODOMJER DN 100	1
7	MDK KOMAD DN 100	1
8	FFR KOMAD DN 100 / 150	1
9	FF DN 150 L=500 mm	1
10	PE TULJAK SA PRIRUBNICOM 150 / prečnik glavnog cjevovoda zaviso od metode proračuna	1
11	CIJEV PEHD od glavnog cjevovoda (prečnik promjenljiv u zavisnosti od metode	

**UNIVERZITET U BANJOJ LUCI**  
**ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF**  
**GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO**

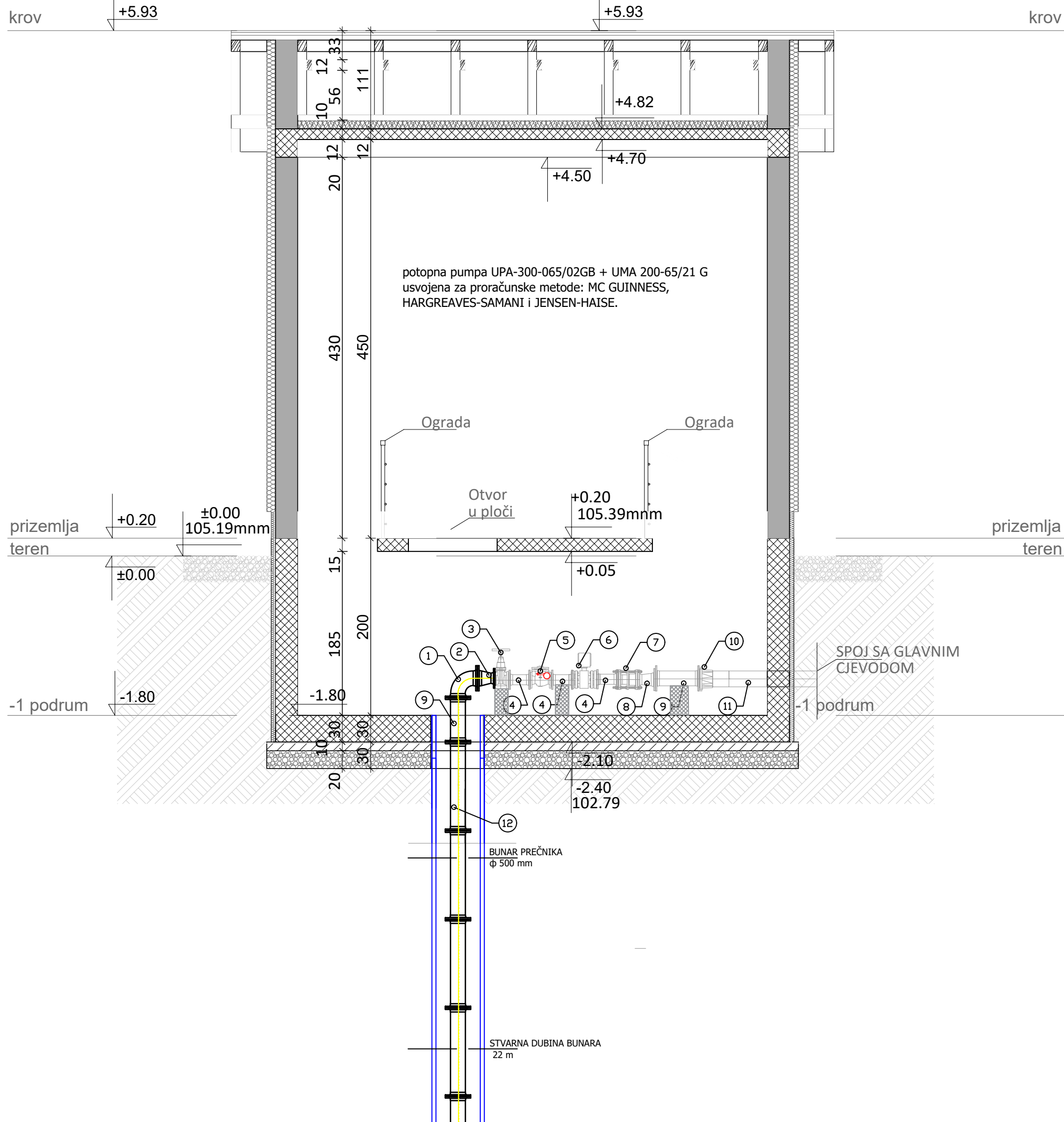
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)

TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE

NAZIV PRILOGA: OSNOVA PUMPNE STANICE - PUMPA DN150

KANDIDAT: BILJANA ČUSO      BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21      RAZMJERA: 1:50

MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ      DATUM: Septembar 2025.      BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 37.

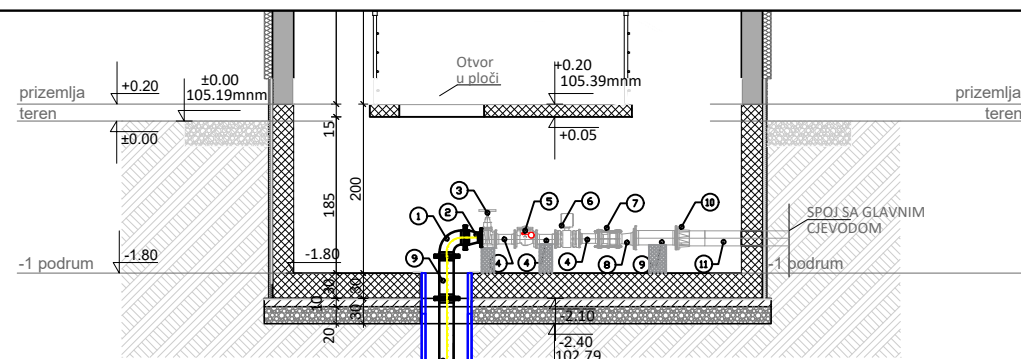


### SPECIFIKACIJA:

SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 16

RB	OPIS	KOM
1	Q KOMAD DN 150	1
2	FFR KOMAD DN 150 / 100	1
3	MEHANIČKI VENTIL DN 100	1
4	FF KOMAD DN 100 L=300 mm	3
5	NEPOVRATNI VENTIL DN 100	1
6	IMPULSNI VODOMJER DN 100	1
7	MDK KOMAD DN 100	1
8	FFR KOMAD DN 100 / 150	1
9	FF DN 150 L=500 mm	2
10	PE TULJAK SA PRIRUBNICOM 150 / prečnik glavnog cjevovoda zavisno od metode proračuna	1
11	CIJEV PEHD od glavnog cjevovoda (prečnik promjenljiv u zavisnosti od metode	
12	FF KOMAD DN 150 L=1000 mm	15

<b>UNIVERZITET U BANJOJ LUCI</b> <b>ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF</b> <b>GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO</b>		
ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)		
TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE		
NAZIV PRILOGA: PRESJEK 1-1 PUMPNE STANICE - PUMPA DN150		
KANDIDAT: BILJANA ČUSO	BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21	RAZMJERA: 1:50
MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ	DATUM: Septembar 2025.	BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 38.1



BUNAR PREČNIKA  
Ø 300 mm

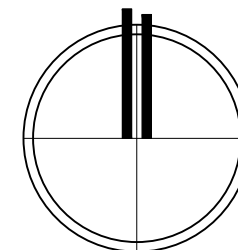
STAVJENA DUBINA BUNARA  
22 m

NPV=-10.83 m

Maksimalno sniženje=3.71 m

POTOPNA (BUNARSKA) PUMPA

DUBINA BUNARA 22 m



## SPECIFIKACIJA:

SVE ARMATURE I FAZONSKI KOMADI SU ZA PN 16

Rb	OPIS	KOM
1	Q KOMAD DN 150	1
2	FFR KOMAD DN 150 / 100	1
3	MEHANIČKI VENTIL DN 100	1
4	FF KOMAD DN 100 L=300 mm	3
5	NEPOVRATNI VENTIL DN 100	1
6	IMPULSNI VODOMJER DN 100	1
7	MDK KOMAD DN 100	1
8	FFR KOMAD DN 100 / 150	1
9	FF DN 150 L=500 mm	2
10	PE TULJAK SA PRIRUBNICOM 150 / prečnik glavnog cjevovoda zavisno od metode proračuna	1
11	CIJEV PEHD od glavnog cjevovoda (prečnik promjenljiv u zavisnosti od metode	
12	FF KOMAD DN 150 L=1000 mm	15

UNIVERZITET U BANJOJ LUCI  
ARHITEKTONSKO-GRAĐEVINSKO-GEODETSKI FAKULTET- AGGF  
GRAĐEVINARSTVO - USMJERENJE HIDROTEHNIČKO

ZAVRŠNI RAD II CIKLUSA STUDIJA (MASTER RAD)

TEMA: UTICAJ RAZLIČITIH METODA ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE NA DIMENZIONISANJE SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE

NAZIV PRILOGA: PRESJEK 1-1 PUMPNE STANICE - PUMPA DN150 (sa prikazom bunara)

KANDIDAT: BILJANA ČUSO  
BROJ INDEKSA: 05 MGRH/21  
RAZMJERA: 1:200

MENTOR: DOC. DR ŽANA TOPALOVIĆ  
DATUM: Septembar 2025.  
BROJ GRAFIČKOG PRILOGA: 38.2

## KRATKA BIOGRAFIJA AUTORA



Biljana (Neđeljko i Novka Vuković) Ćuso rođena je 08.08.1995. u Trebinju. Osnovnu i srednju školu pohađala je u Bileći, gdje je i završila Gimnaziju. 2014. godine. Na Arhitektonsko-Građevinsko-Geodetskom fakultetu, Univerziteta u Banjoj Luci, pohađala je studije prvog ciklusa, studijski program Građevinarstvo, gdje je stekla zvanje diplomiranog inženjera građevinarstva u julu 2020. godine. Diplomirala je sa završnim radom „Analiza uticaja prosjecanja korita na transportnu sposobnost vodotoka za riječni nanos – primjer rijeke Lepenice“. Akademske studije drugog ciklusa, na istom fakultetu, počela je pohađati u oktobru 2021. godine. U periodu od septembra 2020. do juna 2021. radila je u JU „Građevinska škola“ u Banjoj Luci, a od juna 2021. do sada zaposlena je u Institutu za građevinarstvo „IG“ u Banjoj Luci na poziciji stručnog saradnika iz oblasti hidrotehnike.



Na osnovu člana 42. Stav (2) i 61. Zakona o visokom obrazovanju („Službeni glasnik Republike Srpske“, broj 73/10, 104/11 i 84/12) član 54. Statuta Univerziteta u Banjoj Luci i prijedloga Nastavno-naučnog vijeća SP Građevinarstvo Arhitektonsko-građevinsko-geodetskog fakulteta, Nastavno-naučno vijeće Arhitektonsko-građevinsko-geodetskog fakulteta na 7. sjednici održanoj dana 17.02.2025. godine donijelo je odluku (broj: 14/3.156-10/25) o imenovanju Komisije za pregled, ocjenu i odbranu master rada kandidata Biljane Ćuso pod nazivom:

**Uticaj različitih metoda za proračun evapotranspiracije na dimenzionisanje sistema za navodnjavanje**

Imenovana je komisija u sljedećem sastavu:

1. doc. dr Milan Jakšić, docent, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci, predsjednik i član komisije
2. doc. dr Žana Topalović, docent, Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, Univerzitet u Banjoj Luci, mentor i član komisije
3. prof. dr Borislava Blagojević, redovni profesor, Građevinsko – arhitektonski fakultet, Univerzitet u Nišu, član komisije

Komisija je pregledala i analizirala master rad i ustanovila da je kandidatkinja Biljana Ćuso ispunila sve uslove i predala tekst master rada II ciklusa u propisanoj formi, te Nastavno-naučnom vijeću podnosimo sljedeći:

## IZVJEŠTAJ

### O PREGLEDU I OCJENI MASTER RADA

#### BIOGRAFIJA KANDIDATA

Biljana (rođ. Vuković) Ćuso rođena je 08.08.1995. u Trebinju. Osnovnu i srednju školu pohađala je u Bileći, gdje je i završila Gimnaziju. 2014. godine. Na Arhitektonsko-Građevinsko-Geodetskom fakultetu, Univerziteta u Banjoj Luci, pohađala je studije prvog ciklusa, studijski program Građevinarstvo, gdje je stekla zvanje diplomiranog inženjera građevinarstva u julu 2020. godine. Diplomirala je sa završnim radom „Analiza uticaja prosjecanja korita na transportnu sposobnost vodotoka za riječni nanos – primjer rijeke Lepenice“. U periodu od septembra 2020. do juna 2021. radila je u JU „Građevinska škola“ u Banjoj Luci, a od juna 2021. do sada zaposlena je u Institutu za građevinarstvo „IG“ u Banjoj Luci na poziciji stručnog saradnika iz oblasti hidrotehnike.



## PODACI O ZAVRŠENOM RADU

Kandidatkinja Biljana Ćuso je svoj master rad uradila iz oblasti Hidrotehnike, i to Hidrotehničkih melioracija. Rad pod nazivom **Uticaj različitih metoda za proračun evapotranspiracije na dimenzionisanje sistema za navodnjavanje** sadrži 185 strana, 21 sliku, 23 tabele i 113 priloga. U ovom radu analizirane su različite metode za proračun evapotranspiracije i njihov uticaj na dimenzionisanje sistema za navodnjavanje na primjeru lokaliteta u Republici Srpskoj, opština Modriča. Razmatrano je više proračunskih metoda (empirijske i metode daljinskog istraživanja) i njihova primjenjivost, u odnosu na fizički baziranu referentnu FAO Penman-Monteith metodu. Sadržaj rada prikazan je u nastavku.

### 1. UVOD

### 2. METODE ZA PRORAČUN EVAPOTRANSPIRACIJE

#### 2.1 Empirijske metode

- 2.1.1 Thorntwaite metoda
- 2.1.2 Hargreaves-Samani metoda
- 2.1.3 Jensen-Haise metoda
- 2.1.4 Linacre metoda 8
- 2.1.5 McGuinness metoda

#### 2.2 Fizički bazirane metode

- 2.2.1 FAO Penman-Monteith metoda

#### 2.3 Metode daljinskog istraživanja

#### 2.4 Međusobna usporedba metoda

### 3. TEHNIČKA OSNOVA I METODOLOŠKI PRISTUP PROJEKTOVANJU SISTEMA ZA NAVODNJAVANJE

#### 3.1 Opis područja za navodnjavanje

#### 3.2 Raspoloživi podaci

- 3.2.1 Meteorološki i klimatološki podaci
- 3.2.2 Infiltracione karakteristike tla
- 3.2.3 Minimalna norma navodnjavanja

#### 3.3 Sistemi za navodnjavanje – vrste i proračun

#### 3.4 Tehnički opis rada planiranog sistema za navodnjavanje

- 3.4.1 Opis sistema i infrastrukturnih elemenata
- 3.4.2 Specifikacija pumpi
- 3.4.3 Prskači i način navodnjavanja

### 4. REZULTATI I DISKUSIJA

#### 4.1 Evapotranspiracija i potrebe za vodom

- 4.1.1 Evapotranspiracija
- 4.1.2 Potrebe za vodom
- 4.1.3 Hidromodul sistema

#### 4.2 Sistemi za navodnjavanje

- 4.2.1 Rezultati dimenzionisanja sistema navodnjavanja metodom kišenja u zavisnosti od metode proračuna evapotranspiracije
- 4.2.2 Hidraulički proračuni i dodatni rezultati za projektne varijante



4.2.3 Grafički prilozi prikazi sistema navodnjavanja

4.3 Tehno-ekonomska analiza (predmjer i predračun radova)

4.4 Multikriterijumska analiza (MCA)

4.4.1 Kriterijumi i dodijeljene težine

4.4.2 Ponderisana ocjena metode

4.4.3 Zaključak multikriterijumske analize

5. ZAKLJUČAK

LITERATURA

SPISAK SLIKA

SPISAK TABELA

SPISAK PRILOGA

PRILOZI

PRILOZI

KRATKA BIOGRAFIJA AUTORA

**PRIKAZ I ANALIZA MASTER RADA**

Navodnjavanje predstavlja ključni element savremene poljoprivredne proizvodnje, posebno u uslovima sve izraženijih klimatskih promjena i povećanih potreba za efikasnim upravljanjem vodnim resursima.

U radu je postavljen cilj da se analizom i međusobnim poređenjem različitih metoda proračuna evapotranspiracije ispita njihov uticaj na projektovanje sistema za navodnjavanje na konkretnom lokalitetu, kao i da se pronade validna alternativna metoda, koja bi se koristila za proračun evapotranspiracije, u slučaju kada nemamo dovoljno raspoloživih ulaznih podataka za primjenu referentne FAO Penman-Monteith metode. U tu svrhu, odabrano je šest metoda koje obuhvataju i empirijski i fizički bazirane pristupe, uz dodatnu primjenu satelitskih podataka preuzetih preko Climate Engine platforme. Ovakav metodološki pristup omogućava širu komparaciju na osnovu različitih nivoa dostupnosti podataka, složenosti primjene i pouzdanosti rezultata.

Master rad pod nazivom **Uticaj različitih metoda za proračun evapotranspiracije na dimenzionisanje sistema za navodnjavanje** podijeljen je u 12 poglavlja.

U uvodnom dijelu master rada ukazano je na sve veći značaj navodnjavanja u uslovima klimatskih promjena, sa posebnim fokusom na ulogu evapotranspiracije kao ključnog parametra u dimenzionisanju sistema za navodnjavanje. Predmet istraživanja je poređenje više metoda za proračun evapotranspiracije na konkretnom lokalitetu u Republici Srpskoj, uz primjenu multikriterijumske analize kako bi se identifikovala najpogodnija metoda za praktičnu primjenu. Takođe, naglašene su razlike u primijenjenim ulaznim podacima za proračunske metode, sa težnjom da se provjeri kvalitet satelitskih klimatoloških podataka, u poređenju sa zvaničnim podacima sa mjerodavne hidrometeorološke stanice.

U drugom poglavlju predstavljene su metode koje su korišćene za proračun evapotranspiracije. Pristup je sveobuhvatan i uključuje i jednostavne empirijske modele (Thorntwaite, Hargreaves-Samani, Linacre, McGuinness, Jensen-Haise), kao i fizički zasnovan FAO Penman-Monteith model. Izbor metoda je argumentovan dostupnošću potrebnih meteoroloških podataka i širokom rasprostranjenošću njihove primjene u



svijetu. Detaljno su prikazane karakteristike i matematičke formulacije za sve metode. Obradene su i metode daljinskog istraživanja, koje se oslanjaju na satelitske podatke, a dato je i poređenje svih navedenih metoda.

U trećem poglavlju rada detaljno je predstavljen lokalitet istraživanja – područje opštine Modriča, sa odgovarajućim agroklimatskim i hidrotehničkim karakteristikama relevantnim za projektovanje sistema za navodnjavanje. Prikazani su svi raspoloživi ulazni podaci, uključujući meteorološke i klimatološke parametre, infiltracione osobine tla i minimalne norme navodnjavanja. Na osnovu toga, koncipirano je šest varijanti sistema za navodnjavanje, pri čemu je svaka projektovana uz primjenu druge metode za proračun evapotranspiracije, s ciljem ispitivanja njihovog uticaja na krajnje tehničke i ekonomske pokazatelje. Takođe, dat je i dat tehnički opis planiranog sistema, uključujući infrastrukturu, položaj i karakteristike pumpne stanice, izvora vodosnabdijevanja, kao i primijenjena metode za navodnjavanje, čime je formirana kompletna tehnička osnova za dalju analizu.

Četvrto poglavlje sadrži sveobuhvatnu analizu rezultata dobijenih primjenom različitih metoda proračuna evapotranspiracije, uključujući uporedni prikaz sa referentnom FAO Penman–Monteith metodom. Prikazane su vrijednosti evapotranspiracije, potrebe za vodom i hidromoduli za svih šest varijanti projekta, što je omogućilo procjenu konkretnih uticaja svake metode na projektne parametre. Dalje su predstavljeni rezultati dimenzionisanja sistema navodnjavanja, hidraulički proračuni i grafički prikazi koji ilustruju promjene u elementima sistema uslovljene različitim ulaznim podacima. Sprovedena je i tehno-ekonomska analiza kroz predmjer i predračun radova, koja je ukazala na razlike u investicionim troškovima između projektnih varijanti. Na kraju je izvršena multikriterijumska analiza koja je obuhvatila skup tehničkih, ekonomskih i operativnih kriterijuma, na osnovu čega je ocijenjena ukupna primjenjivost svake metode i identifikovana najpogodnija alternativa referentnom modelu.

U zaključku rada, na osnovu sprovedene analize, utvrđeno je da Thornthwaite metoda predstavlja optimalan kompromis između tačnosti i jednostavne primjene u uslovima ograničenih resursa. Takođe je ukazano da empirijske metode, kada su validirane višekriterijumskim pristupom, mogu predstavljati racionalnu alternativu složenim modelima, naročito u sredinama sa ograničenom dostupnošću meteoroloških podataka. Preporučeno je sprovođenje sličnih analiza u drugim klimatski specifičnim područjima (Hercegovina, Posavina, Semberija), radi dodatne provjere primjenjivosti i formiranja osnove za pojednostavljenje projekata navodnjavanja u uslovima nedostatka klimatoloških podataka.

Poglavlja od šest do dvanaest se odnose na literaturu, spisak slika, spisak tabela, spisak priloga, prikaz priloga i kratku biografiju autora. U spisku referenci dato je 29 literaturnih navoda, a koji su knjige, postojeći projekti navodnjavanja na analiziranom području i radovi u časopisima.



## ZAKLJUČAK I PRIJEDLOG

Kandidatkinja Biljana Ćuso je u svom master radu pod nazivom **Uticaj različitih metoda za proračun evapotranspiracije na dimenzionisanje sistema za navodnjavanje** analizirala više modela proračuna evapotranspiracije s ciljem određivanja najpogodnije metode za praktičnu primjenu. Poseban akcenat stavljen je na poređenje naučne preciznosti i praktične izvodljivosti, uz primjenu multikriterijumske analize. Rezultati su pokazali da empirijske metode, posebno Thornthwaite, koja je dobila najveću ocjenu u multikriterijumskoj analizi, mogu predstavljati pouzdanu i efikasnu alternativu složenijim modelima, posebno u uslovima ograničenih resursa i podataka. Rad sadrži sve elemente navedene u prijavi i napisan je u skladu sa obrazloženjem u istoj. Rad je konceptualno i metodološki dobro postavljen i tehnički dobro urađen. Takođe, prošao je provjeru originalnosti uz pomoć zvaničnog softvera za otkrivanje plagijata, sa rezultatom od 0% poklapanja.

Na osnovu prethodno navedenog, Komisija sa zadovoljstvom predlaže Nastavno-naučnom vijeću Arhitektonsko-građevinsko-geodetskog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci da usvoji ovaj izvještaj, te da po predviđenoj proceduri zakaže javnu odbranu rada pošto su se za to stekli svi potrebni uslovi.

U Banjoj Luci,  
29.09.2025.

KOMISIJA:

dr Milan Jakšić, docent,  
Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet,  
Univerzitet u Banjoj Luci, predsjednik i član komisije

dr Žana Topalović, docent,  
Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet,  
Univerzitet u Banjoj Luci, mentor i član komisije

prof. dr Borislava Blagojević, redovni profesor,  
Građevinsko-arhitektonski fakultet,  
Univerzitet u Nišu, član komisije

## UNIVERZITETU U BANJOJ LUCI

### PODACI O AUTORU ODBRANJENOG MASTER/MAGISTARSKOG RADA

**Ime i prezime autora master/magistarskog rada**

Biljana Ćuso

**Datum, mjesto i država rođenja autora**

08.08.1995, Trebinje, Bosna i Hercegovina (Republika Srpska)

**Naziv završenog fakulteta/Akademije autora i godina diplomiranja**

Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet, 2020.

**Datum odbrane završnog/diplomskog rada autora**

24.07.2020.

**Naslov završnog/diplomskog rada autora**

Analiza uticaja prosjecanja korita na transportnu sposobnost vodotoka za riječni nanos -primjer rijeke Lepenice.

**Akademsko zvanje koju je autor stekao odbranom završnog/diplomskog rada**

Diplomirani inženjer građevinarstva

**Akademsko zvanje koje je autor stekao odbranom master/magistarskog rada**

Master inženjer građevinarstva

**Naziv fakulteta/Akademije na kome je master/magistarski rad odbranjen**

Arhitektonsko-građevinsko-geodetski fakultet

**Naslov master/magistarskog rada i datum odbrane**

Uticaj različitih metoda za proračun evapotranspiracije na dimenzionisanje sistema za navodnjavanje.

**Naučna oblast master/magistarskog rada prema CERIF šifarniku**

Građevinarstvo/Hidrotehnika, T220

**Imena mentora i članova komisije za odbranu master/magistarskog rada**

1. doc. dr Milan Jakšić, dipl. građ. inž., predsjednik i član komisije
2. doc. dr Žana Topalović, dipl. građ. inž., mentor i član komisije
3. prof. dr Borislava Blagojević, dipl. građ. inž., član komisije

U Banjoj Luci, dana 24.10.2025.



Dekan

Izjava 1

**IZJAVA O AUTORSTVU**

**Izjavljujem da je  
master/magistarski rad**

Naslov rada Uticaj različitih metoda za proračun evapotranspiracije na dimenzionisanje sistema za navodnjavanje.

Naslov rada na engleskom jeziku Influence of various evapotranspiration calculation methods on the design of irrigation systems.

- rezultat sopstvenog istraživačkog rada,
- da master/magistarski rad, u cjelini ili u dijelovima, nije bio predložen za dobijanje bilo koje diplome prema studijskim programima drugih visokoškolskih ustanova,
- da su rezultati korektno navedeni i
- da nisam kršio/la autorska prava i koristio intelektualnu svojinu drugih lica.

U Banjoj Luci 29. 09. 2025.

Potpis kandidata



## Izjava 2

### Izjava kojom se ovlašćuje \_\_\_\_\_AGGF\_fakultet/ Akademija umjetnosti Univerziteta u Banjoj Luci da master/magistarski rad učini javno dostupnim

Ovlašćujem AGGF fakultet/ Akademiju umjetnosti Univerziteta u Banjoj Luci da moj master/magistarski rad, pod naslovom

Uticaj različitih metoda za proračun evapotranspiracije na dimenzionisanje sistema za navodnjavanje

koji je moje autorsko djelo, učini javno dostupnim.

Master/magistarski rad sa svim priložima predao/la sam u elektronskom formatu, pogodnom za trajno arhiviranje.

Moj master/magistarski rad, pohranjen u **d i g i t a l n i r e p o z i t o r i j** um Univerziteta u Banjoj Luci, mogu da koriste svi koji poštuju odredbe sadržane u odabranom tipu licence Kreativne zajednice (*Creative Commons*), za koju sam se odlučio/la.

1. Autorstvo
2. Autorstvo - nekomercijalno
3. **Autorstvo - nekomercijalno - bez prerade**
4. Autorstvo - nekomercijalno - dijeliti pod istim uslovima
5. Autorstvo - bez prerade
6. Autorstvo - dijeliti pod istim uslovima

(Molimo da zaokružite samo jednu od šest ponuđenih licenci, kratak opis licenci dat je na poledini lista).

U Banjoj Luci 29.09.2025.

Potpis kandidata



Izjava 3

**Izjava o identičnosti štampane i elektronske verzije  
master/magistarskog rada**

Ime i prezime autora Biljana Ćuso

Naslov rada Uticaj različitih metoda za proračun evapotranspiracije na dimenzionisanje sistema za navodnjavanje.

Mentor doc.dr Žana Topalović

Izjavljujem da je štampana verzija mog master/magistarskog rada identična elektronskoj verziji koju sam predao/la za digitalni repozitorijum Univerziteta u Banjoj Luci.

U Banjoj Luci 29.09.2025

Potpis kandidata

