



СРПСКА АКАДЕМИЈА
НАУКА И УМЕТНОСТИ

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ



НАУЧНИ СКУП
ХИДРОЕНЕРГЕТИКА РЕГИОНА ЈУГОИСТОЧНЕ ЕВРОПЕ

**ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ КАО ДЕО ИНТЕГРАЛНИХ РЕЧНИХ СИСТЕМА СКЛАДНО
УКЛОПЉЕНИХ У ЕКОЛОШКО, СОЦИЈАЛНО И УРБАНО ОКРУЖЕЊЕ**

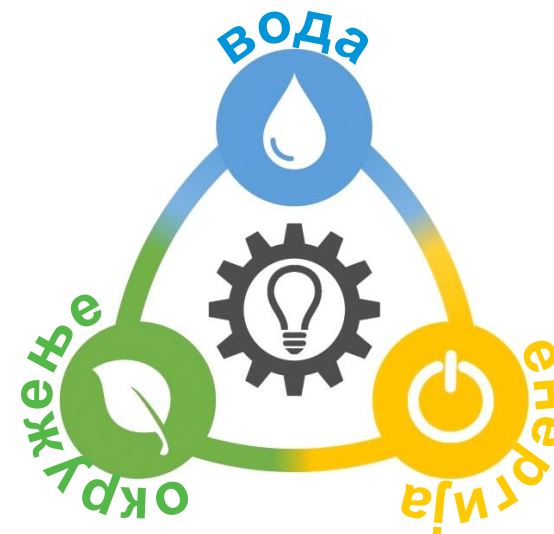
Тина Дашић

Грађевински факултет, Универзитет у Београду

Београд, 12-13. октобар 2023.

ХИДРОЕЛЕКТРАНЕ КАО ДЕО ИНТЕГРАЛНИХ РЕЧНИХ СИСТЕМА СКЛАДНО УКЛОПЉЕНИХ У ЕКОЛОШКО, СОЦИЈАЛНО И УРБАНО ОКРУЖЕЊЕ

- Реална оцена стања водних ресурса
- Хидроенергетика у интегралном систему коришћења, заштите и уређења вода Србије
- Планирани развој интегралних система у области вода
- Складно уклапање ХЕ у социјално, урбано, еколошко и друго окружење





РАСПОЛОЖИВЕ КОЛИЧИНЕ ВОДЕ

Србија – земља сиромашна домицилним (властитим) водама

Домицилне воде (без КиМ) – $405 \text{ m}^3/\text{s}$, односно $12,77 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{god}$
 $1870 \text{ m}^3/\text{stan god}$

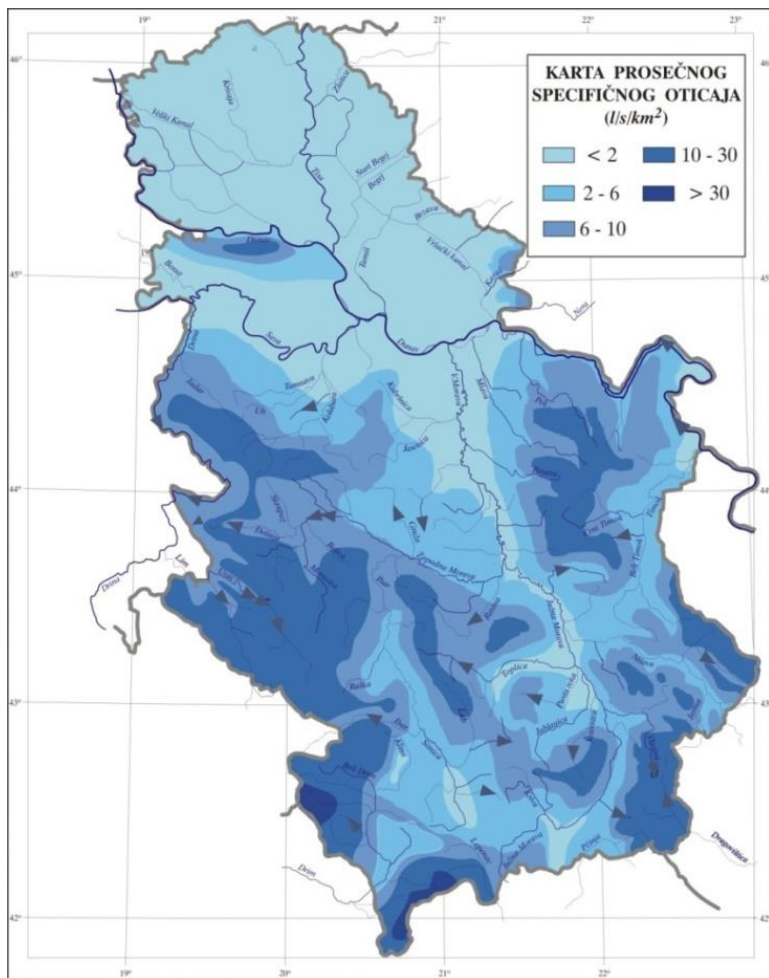
Мађарска, Холандија око $600 \text{ m}^3/\text{stan god}$
Финска, Шведска око $20\,000 \text{ m}^3/\text{stan god}$

Хрватска, БиХ, Грчка, Словенија, Аустрија $5000\text{-}10000 \text{ m}^3/\text{stan god}$

Доња граница домицилних вода којима се може обезбедити дугорочно задовољење потреба једне земље је око $2000 - 2500 \text{ m}^3/\text{stan god}$

ВЕЛИКА НЕРАВНОМЕРНОСТ ПО ПРОСТОРУ У ВРЕМЕНУ

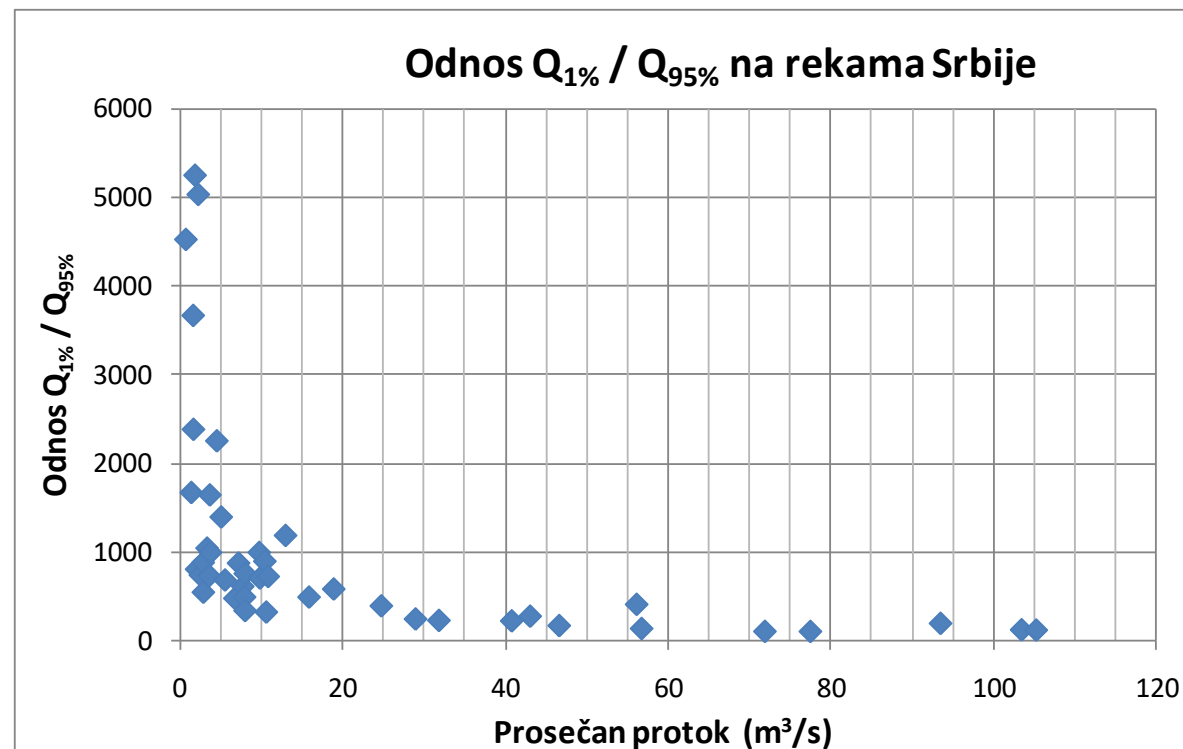
ПРОСТОРНА НЕРАВНОМЕРНОСТ



- Модули просечних годишњих отицаја - веома неравномерни
- Просечан специфични отицај износи око 5,7 L/s·km² уз изражену просторну и временску неравномерност
- Домицилне воде најоскудније тамо где су најпотребније: у зони великих потрошачких центара и тамо где се налазе најповољнији земљишни ресурси које треба наводњавати

ВРЕМЕНСКА НЕРАВНОМЕРНОСТ

- Просечан вишегодишњи проток домицилних вода износи око $405 \text{ m}^3/\text{s}$, али се у маловодним периодима спушта на **мање од $50 \text{ m}^3/\text{s}$** ($220 \text{ m}^3/\text{stan god}$).
- Реке одликује бујични режим – код мањих река $50 \div 60\%$ годишње количине воде протекне у бујичним таласима
- Однос између великих вода ($Q_{1\%}$) и малих вода ($Q_{95\%}$) преко 1:2000





ТРАНЗИТНЕ ВОДЕ

Србија мора рачунати са коришћењем транзитних вода са свим опасностима које носи таква стратегија!

Укупан водни ресурс (са транзитним водама) 5500 m³/s

Неизвесна будућност тог ресурса и по количини и по квалитету

Проблеми:

- у маловодном периоду протоци су мањи од 1300 m³/s
- повећање великих вода
- мале воде се смањују



ПОДЗЕМНЕ ВОДЕ

Подземне воде су врло оскудне и носе судбину површинских вода

Највећи део подземних вода је из алувијалних издани (преко 50%) које се прихрањују из река, па се у маловодним периодима и њихови искористиви капацитети јако смањују

Војводина - за снабдевање насеља користи се вода из основног водоносног слоја ('рударење за водом')

- изузетно споро се обнавља
- због прекомерне експлоатације дошло је до великих обарања нивоа подземних вода, на неким местима и преко 50÷60 m
- то се одражава на погоршавање квалитета те воде



ВОДА ПРИСУТНА НА СЛИВУ \neq ВОДА ИСКОРИСТИВА КАО РЕСУРС

Наведени неповољни показатељи постају још неповољнији када се разматрају кроз призму две категорије воде:

- вода присутна на сливу $V = \langle L, Q, K \rangle$ - геофизичка категорија
- вода као водни ресурс $VR = \langle \langle V, US \rangle \rangle$

$$US = \langle \langle GU, HU, EU, SU, KU, ZU, MU, \dots \rangle \rangle$$

GU - геотехнички услови;
HU - хидрографјевински услови,
EU - економски услови,
SU - услови везани за социјално и урбано окружење,
KU - услови везани за културолошко окружење,
ZU - услови заштите екосистема,
MU - услови из међународних обавеза, ...

- Потребе за водом $V = \langle L_z, Q_z, K_z \rangle$

$$V \xrightarrow{US} VR \xrightarrow{VS,U} V_z$$

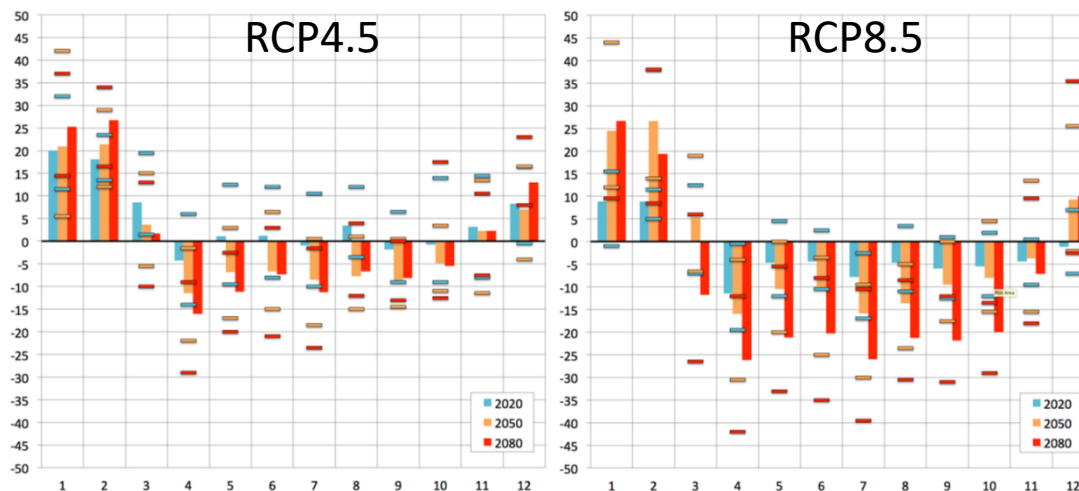
$$VR < V$$

УТИЦАЈ КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА НА ВОДНЕ РЕСУРСЕ

Средњи годишњи протоци – промене различите по простору (сливовима)

Промене средњих месечних протока:

- у маловодном периоду (јун – октобар) додатно се смањују
- у зимском периоду (децембар – март) се повећавају

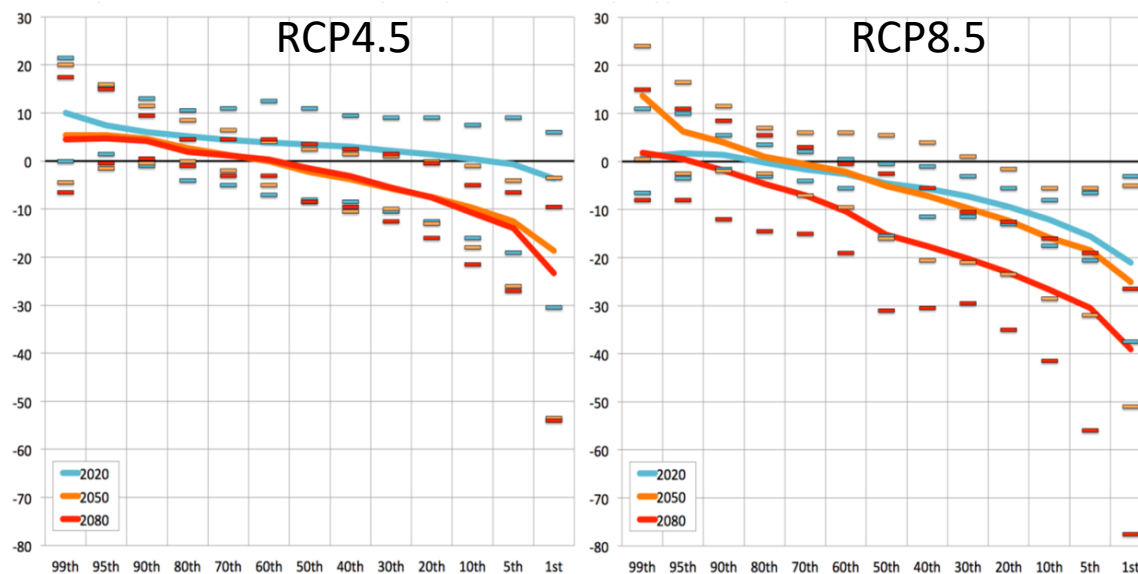


(В. Ђурђевић и сарадници, 2019)

УТИЦАЈ КЛИМАТСКИХ ПРОМЕНА НА ВОДНЕ РЕСУРСЕ

Промене дневних протока:

- максималне вредности дневних протока се повећавају
- веома изражено смањење дневних протока



(В. Ђурђевић и сарадници, 2019)

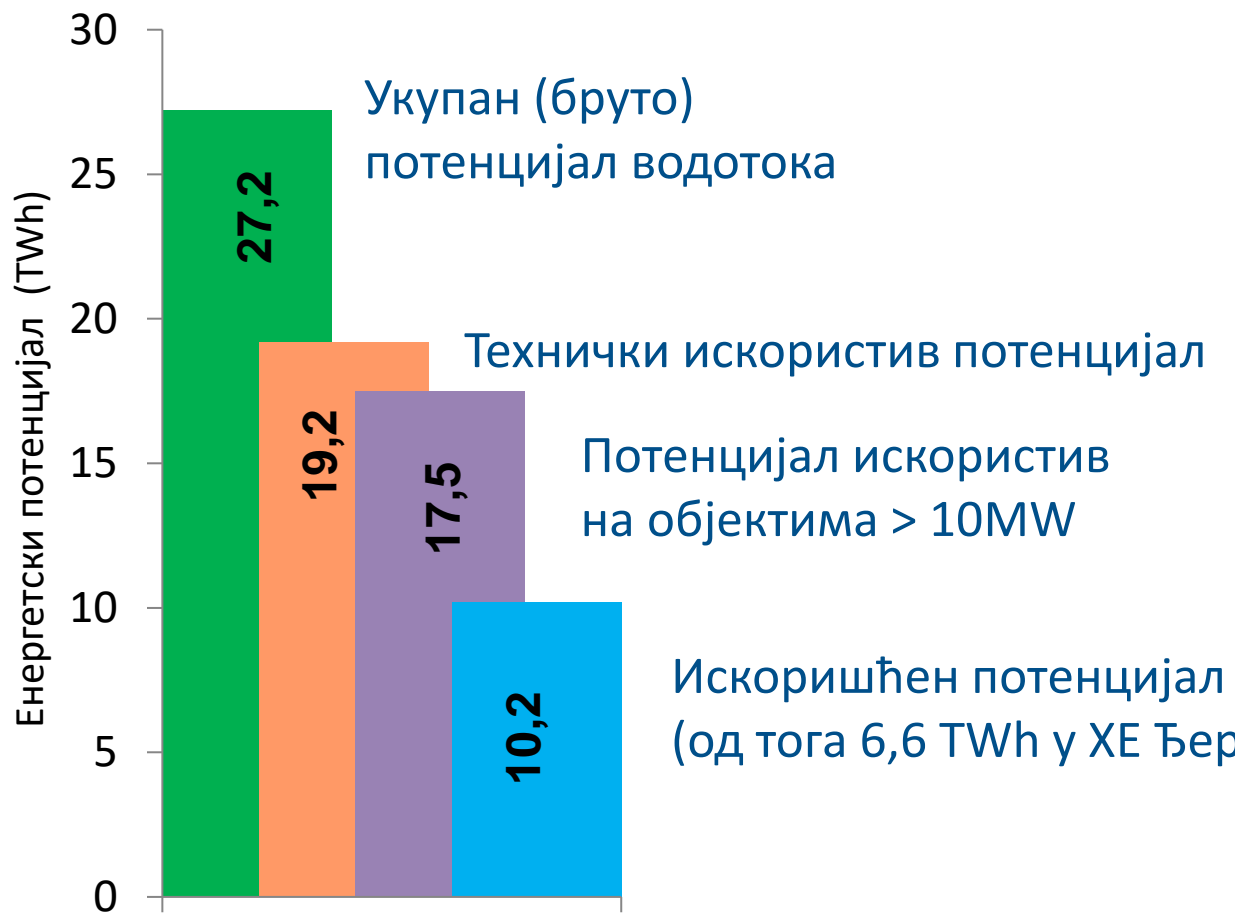


ХИДРОЕНЕРГЕТИКА У СТРАТЕШКИМ ПЛАНСКИМ ДОКУМЕНТИМА У ОБЛАСТИ ВОДА

- СРБИЈА – јединствен водопривредни (хидротехнички) простор
 - Стратегија развоја хидротехничке инфраструктуре у ППРС – изнуђена реалном ситуацијом у области водних ресурса
 - Две класе система:
 - Регионални системи за воду највишег квалитета
 - Интегрални речни системи за коришћење, уређење и заштиту вода
- Планирано 11 речних система (на нивоу сливова) у оквиру којих се развијају подсистеми:
- корисника вода (**хидроенергетика**, наводњавање, пловидба,...),
 - заштите вода (постројења за прешишћавање и управљање малим водама) и
 - заштите од вода (заштита од поплава (активне и пасивне), одводњавање,...)
- Све хидроелектране се налазе у класи речних система, и један су од важних корисника



ХИДРОЕНЕРГЕТСКИ ПОТЕНЦИЈАЛ



Искористићени су најрационалнији делови потенцијала великих река (Дунав, Дрина), као и велике концентрације потенцијала неких средњих и мањих река (Увац – у целости, Власина, Височица, део Западне Мораве).

Преостало за коришћење **7,3 TWh** (сви у категорији економски искористивог потенцијала)



ПОВОЉНО ВРЕМЕ ЗА ИСКОРИШЋЕЊЕ ХИДРОПОТЕНЦИЈАЛА

Промене које утичу на планирања у области хидроенергетике

- У циљу борбе против климатских промена највећа тежина је дата изградњи обновљивих извора енергије, а хидроелектране су најпоузданији такав извор
- Ограничење, па и забрана коришћења фосилних горива → укидање стабилних, предвидивих и поузданих извора енергије
- У систем улазе све веће снаге интермитентних енергетских извора (ветар и сунце) – непредвидиви у погледу расположивости и са брзом и учесталом променом расположивости
- ХЕ обезбеђују вршну снагу, ротирајућу резерву и резерву у приправности
- Усавршавање опреме за ХЕ – могуће економично коришћење потенцијала на малим падовима, високи коефицијенти искористивости примарне енергије
- Због изградње велике снаге електрана из тзв. обновљивих извора енергије који имају веома изражену случајну компоненту расположивости (ветрогенератори, соларне електране) расте 'глад' за хидроелектранама свих степена регулације, а посебно за реверзибилним хидроелектранама



МОГУЋНОСТИ ЗА ИСКОРИШЋЕЊЕ ПРЕОСТАЛОГ ХИДРОЕНЕРГЕТСКОГ ПОТЕНЦИЈАЛА

Концепција коришћења хидроенергетског потенцијала - у оквиру интегралних система:

- Каскадни системи у оквиру корита за велику воду са типизираним опремом
- Акумулационе ХЕ у оквиру интегралних система

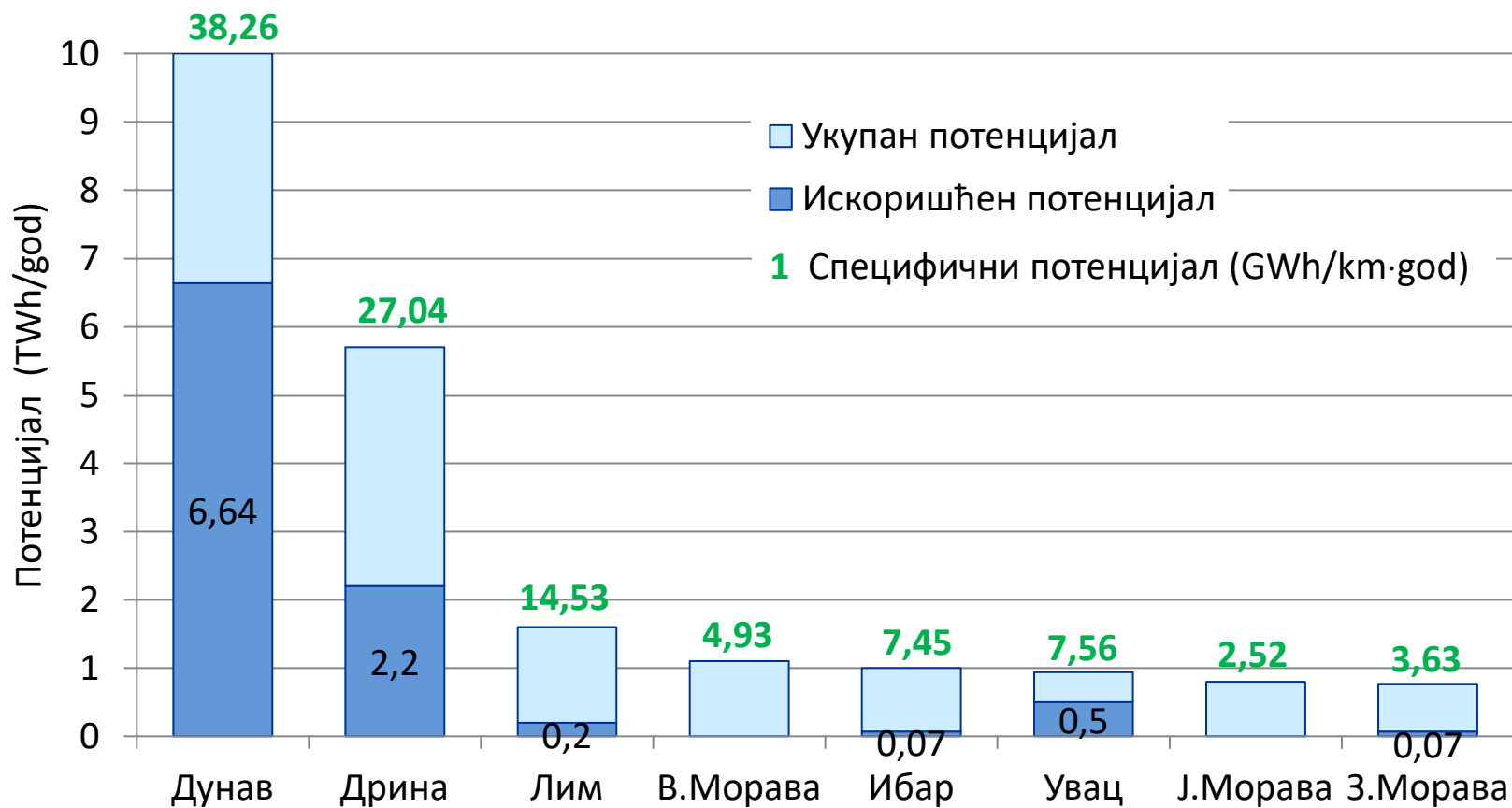
Ограничења:

- Неки од најзначајнијих потенцијала налазе се на граничним водотоцима (Дрина, Дунав)
- Заузеће простора од стране других корисника
- Потреба претходног уређења сливова (загађење, ерозија, нанос)



МОГУЋНОСТИ ЗА ИСКОРИШЋЕЊЕ ПРЕОСТАЛОГ ХИДРОЕНЕРГЕТСКОГ ПОТЕНЦИЈАЛА

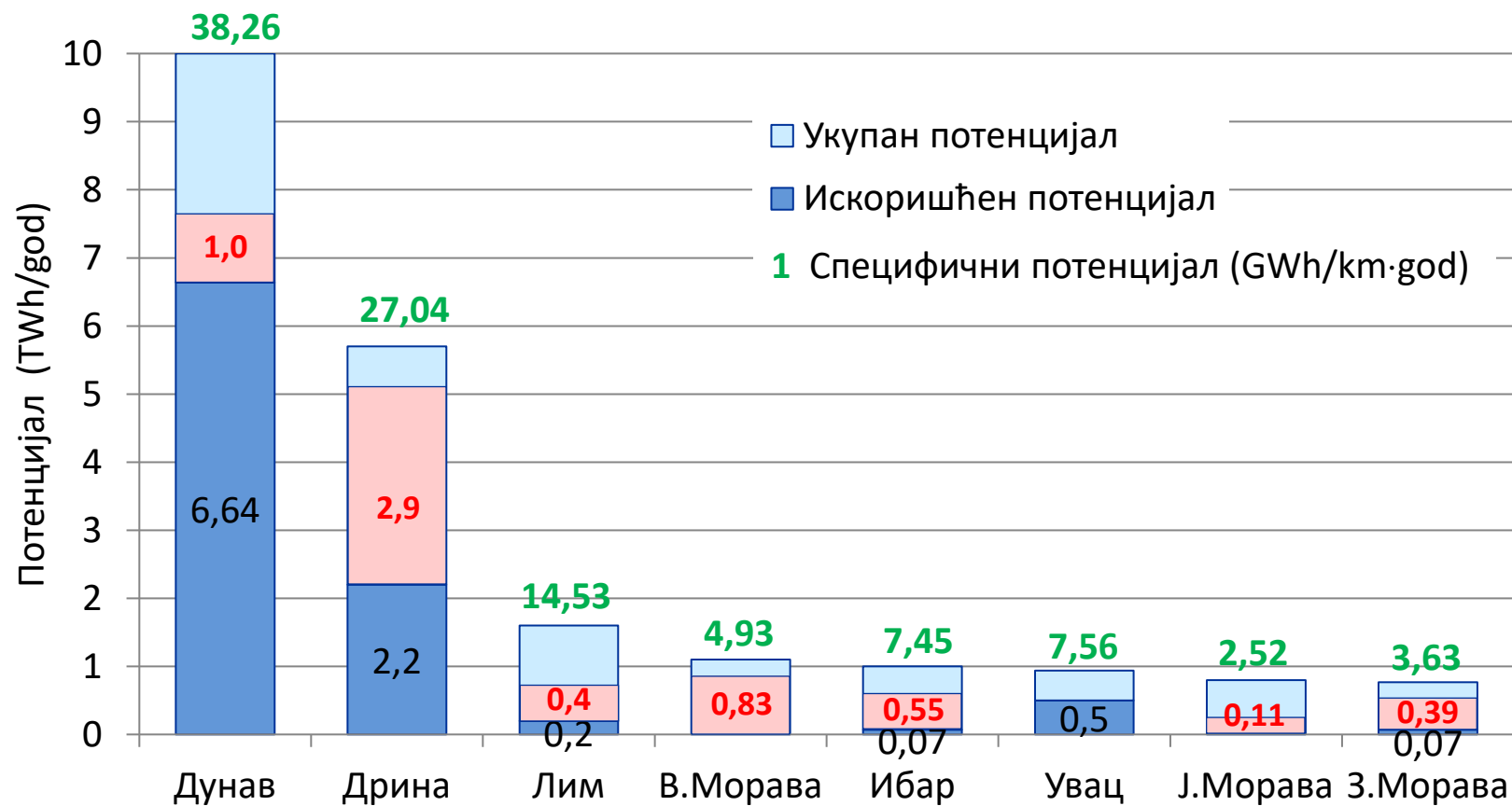
Укупан потенцијал и део који је искоришћен





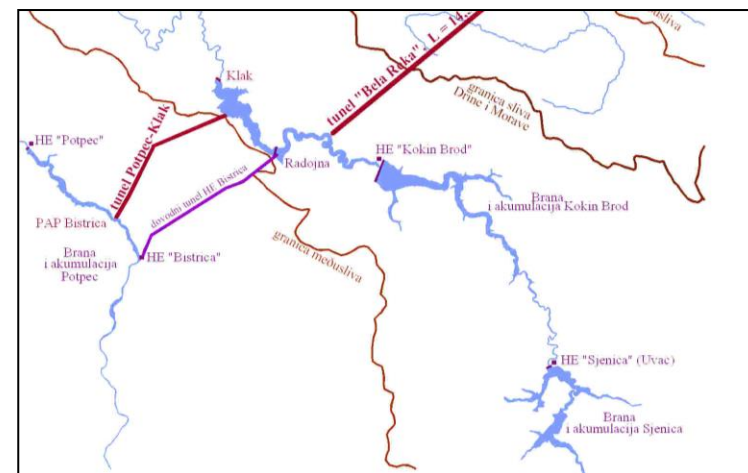
МОГУЋНОСТИ ЗА ИСКОРИШЋЕЊЕ ПРЕОСТАЛОГ ХИДРОЕНЕРГЕТСКОГ ПОТЕНЦИЈАЛА

Потенцијал који је планиран за коришћење



Систем Лима са Дрином

- **Средњи ток реке Дрине (између ХЕ Б.Башта и ХЕ Зворник)**
 - могуће искористити око 1,5 TWh/god
 - због просторних ограничења велике акумулације нису више могуће \Rightarrow каскада од 3 или 4 степенице
 - узети у обзир потребе других водoprивредних корисника
- **Доњи ток реке Дрине (низводно од ХЕ Зворник)**
 - могуће искористити око 1,4 TWh/god
 - каскада од 4 ниске степенице (10-12 m)
 - неопходно претходно уређење сливова и контрола извора загађења
- **Лим** - око 0,4 TWh/god (каскадне ХЕ у зони Бродарева)
 $RHE\ Bistrice - N_{inst} = 650\ MW, V_k = 80 \cdot 10^6\ m^3$



Западноморавки систем

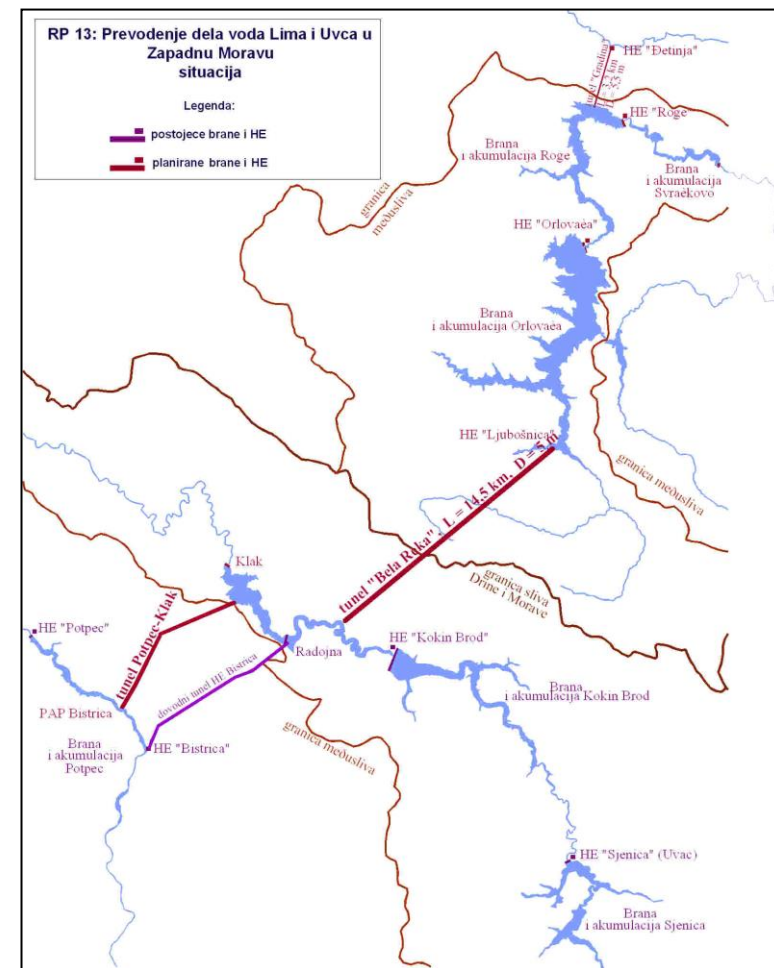
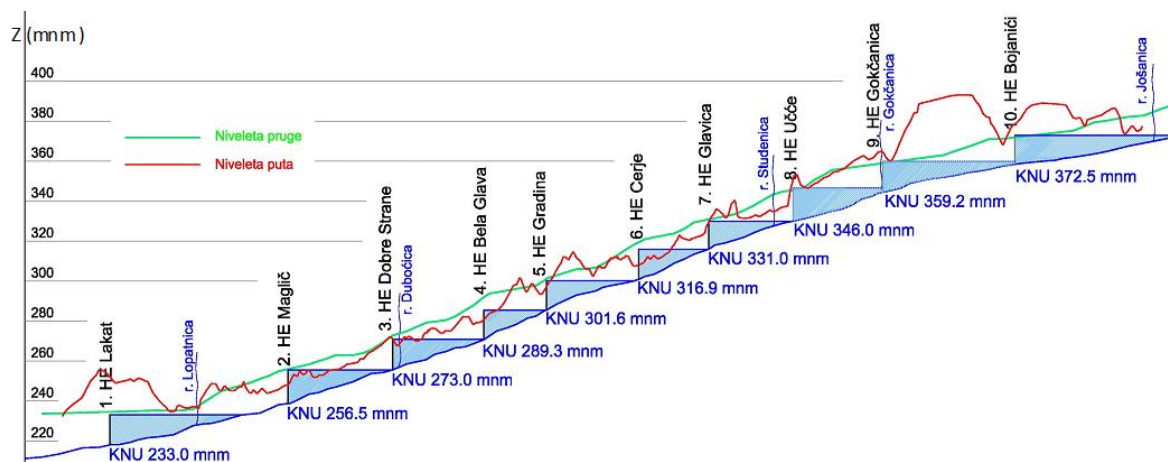
Систем на Рзаву - вишенаменска акумулација Орловача –
стратешка резерва воде (око $700 \cdot 10^6 \text{ m}^3$)

Пребацивање великих вода из слива реке Увац

Каскада ХЕ на Ибру (падови 12-16 m) – око 460 GWh/god

Вишенаменска акумулација Рибарићи – стратешка резерва воде →
увођење тих вода у Јошаницу → Рашка → Ибар (око 50 GWh/god)

Западна Морава – низ ниских степеница (око 300 GWh/god)



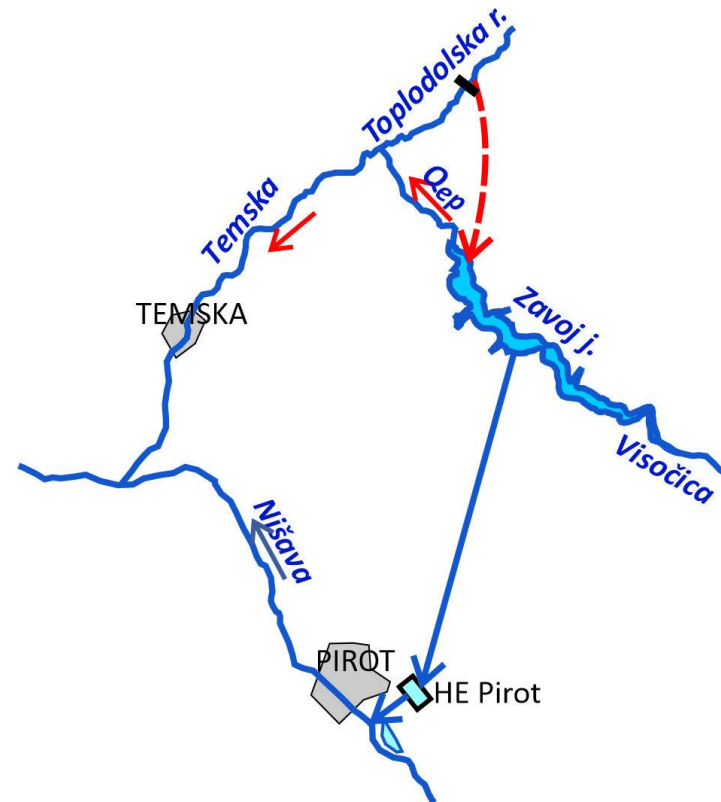
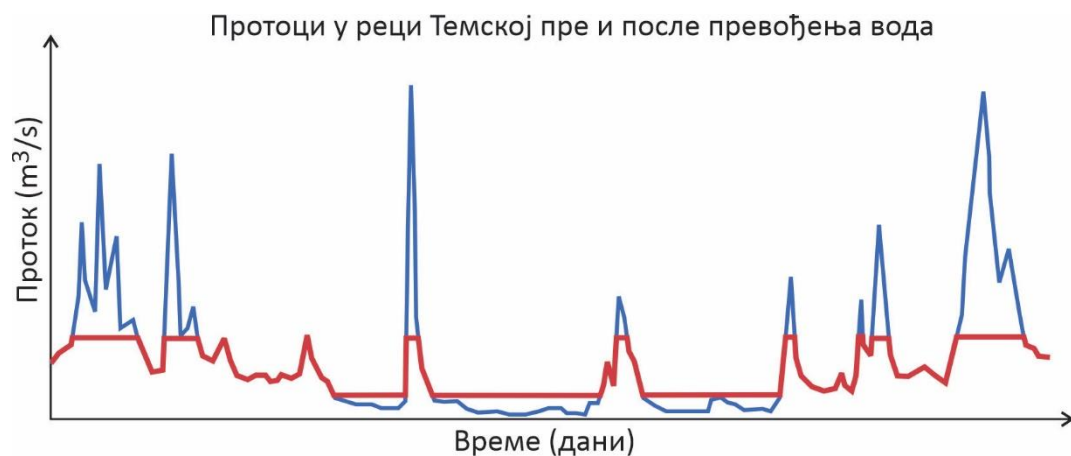
Јужноморавки систем

Нишава и њене притоке - коришћење око 107 GWh/god

- каскадни системи

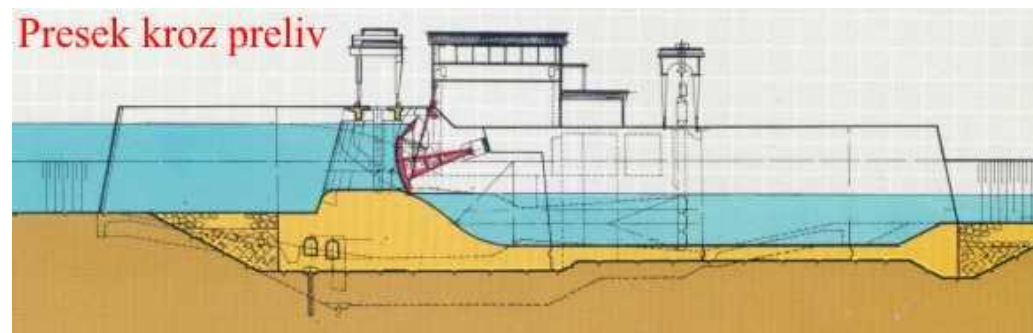
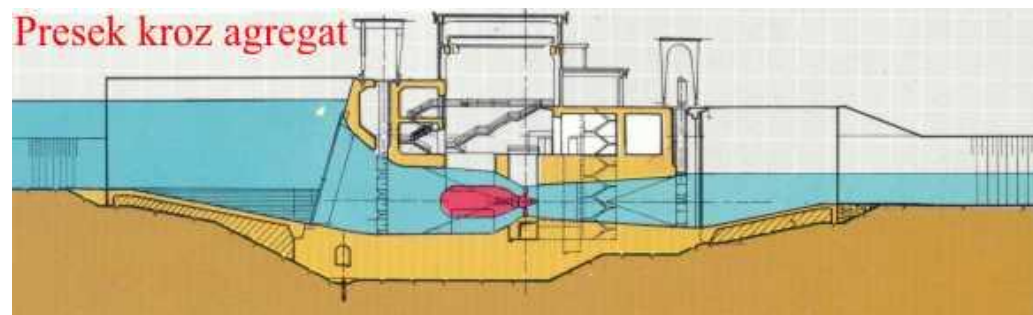
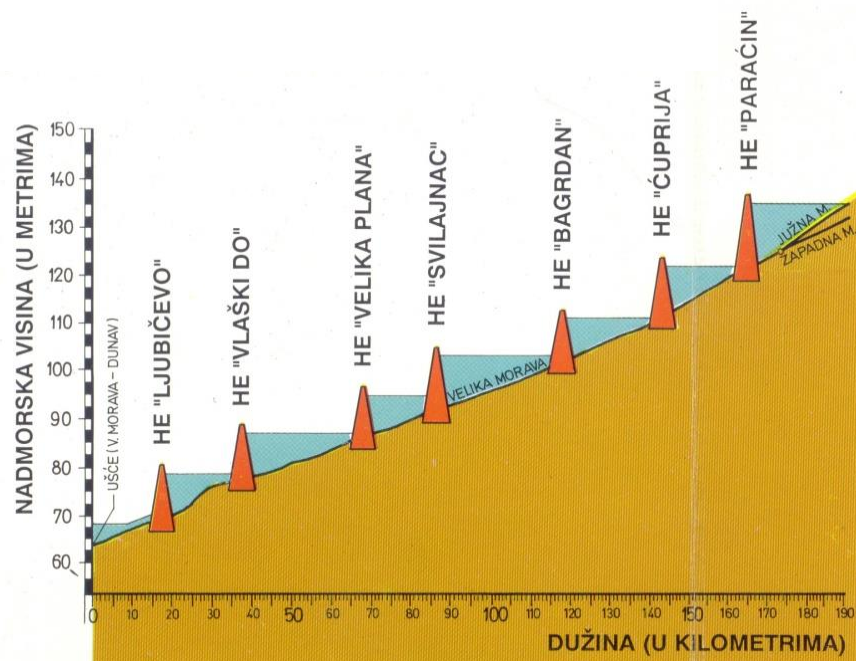
- у оквиру вишенаменских акумулација: Одоровци на реци Јерми, Свође на Власини

Коришћење акумулације Завој за регулисање протока



Систем Велике Мораве

Велика Морава – формирање пловног пута и каскада ХЕ којом би се користио потенцијал од око 830 GWh/god





УКЛАПАЊЕ ХИДРОЕЛЕКТРАНА У ОКРУЖЕЊЕ

- Извештај Међународне агенције за обновљиве изворе енергије (IRENA) из 2023. године:
Да би се постигла нулта емисија ГСБ 2050. године и задржала промена температуре на 1,5 °C неопходно је удвостручити инсталисане капацитете хидроелектрана (1360 GW → 3000 GW)
- Иако веома значајни ови системи се често оспоравају углавном због недовољне информисаности
- Констатација са 12th ICOLD European club симпозијума под насловом: Улога брана и акумулација у успешној енергетској транзицији, одржан у септембру 2023:
Један од највећих изазова за изградњу брана и формирање акумулација у наредном периоду биће да јавност прихвати те објекте
- Неопходно реално сагледати све утицаје

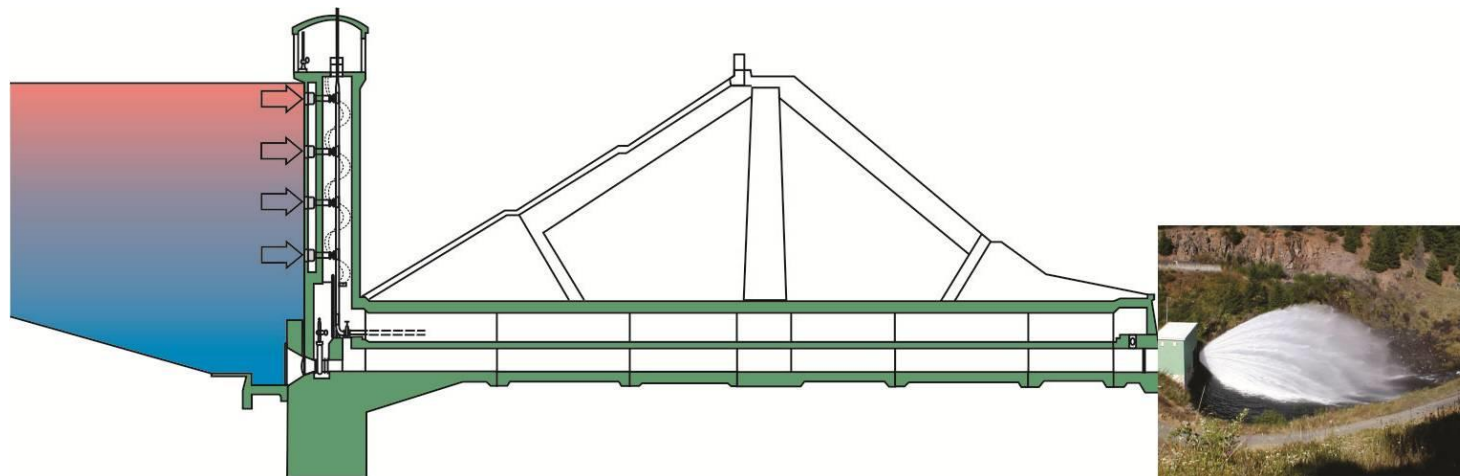
Побољшавање режима малих вода

Екосистеми угрожени синергетским деловањем малих вода, високих температура, малом концентрацијом раствореног кисеоника

Управљање количином и квалитетом → важне чеоне акумулације

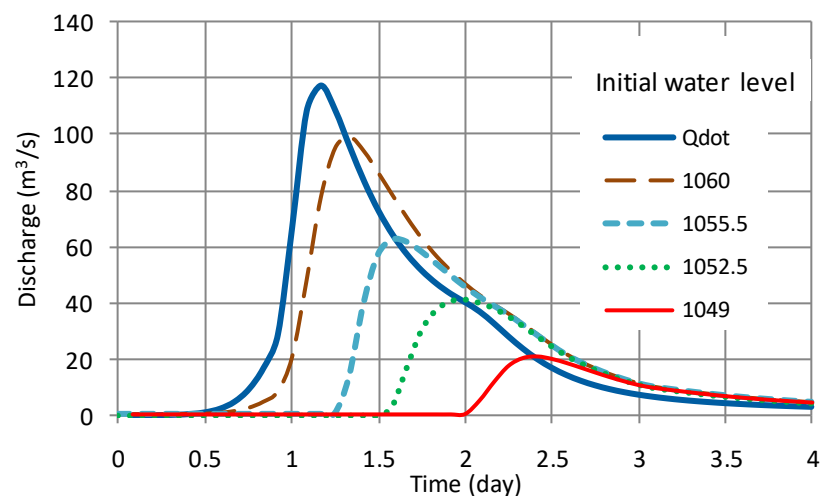
Селективни захвати ⇒ управљање температурним режимом

Конични затварачи ⇒ обогаћивање раствореним кисеоником



Заштита од полавних таласа

- Поплаве – све чешће и све разорније
- Потребна комбинација пасивних и активних мера заштите
- Користити спрегнуте управљачко-хидролошке моделе који користе метеоролошке прогнозе (сада веома поуздане за 2-3 дана унапред) \Rightarrow претпражњење акумулације



Центар Париза (Rue de Lion), 1910. године пре изградње акумулација на Сени

Управљање режимима подземних вода

Највећи број будућих ХЕ реализује се у оквиру корита за велику воду

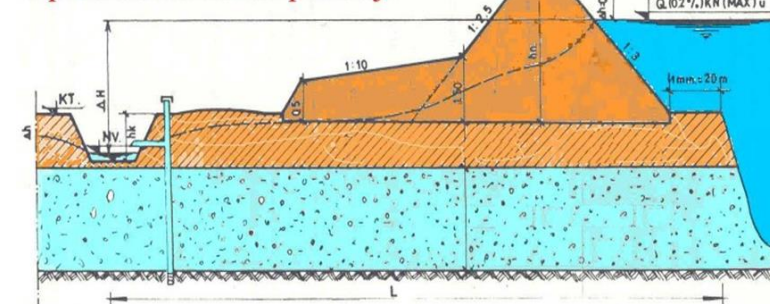
Заједничка активност са одбраном од поплава

Заштита приобаља у условима трајних успора → режими подземних вода у ниском приобаљу морају се контролисати дренажним системима



Парк са језером којим се контролишу нивои подземних вода у зони Кладова

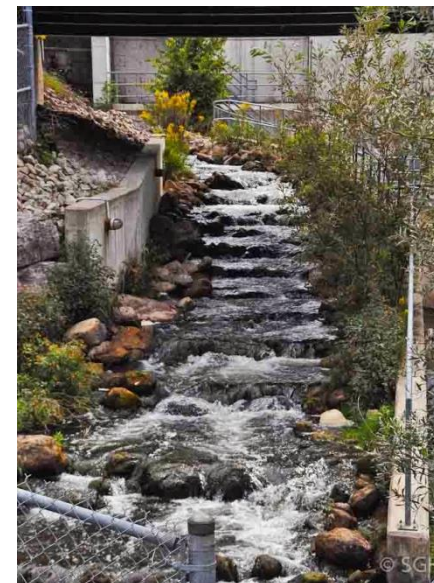
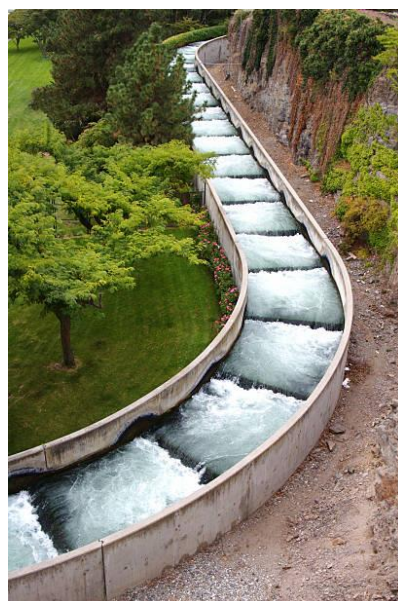
Типски заштитни систем приобаља



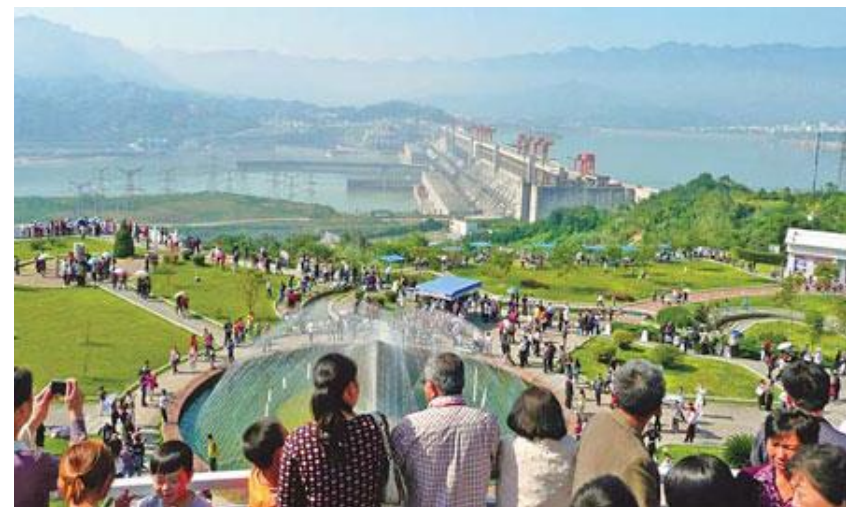
Сребрно језеро - део система за контролу нивоа подземних вода у зони успора од ХЕ Ђердап

Објекти за пропуштање риба

Објекти који омогућавају лонгитудиналну миграцију риба:
рибље стазе, рибље преводнице и преноснице



Хидротехнички објекти као туристичка атракција



Пратити социолошка дешавања → прилагодити пројекте

Утицај на климу → ограничен на уску зону око акумулације



ВАЖНЕ ЧИЊЕНИЦЕ

- Хидроелектране – најпоузданији обновљиви извор електричне енергије – све неопходнији у ЕЕС
- Компатибилност хидроенергетских и водопривредних решења – омогућава економичнију реализацију система
- Неопходна едукација јавности о неопходности изградње ХЕ и могућем складном уклапању у окружење



ХВАЛА НА ПАЖЊИ!