# Заштита Београда
# од великих вода Дунава и Саве

## Хидрауличке анализе

Проф. др Миодраг Јовановић
Проф. др Марко Иветић
Доц. др Никола Росић

Грађевински факултет
Универзитета у Београду

Мај, 2017.

## Садржај

1. Увод - циљ хидрауличких прорачуна
2. Рачунски модел
3. Варијанте прорачуна
4. Резултати прорачуна
5. Анализа утицаја таласа услед ветра
6. Утицај леда са становшта заштите од великих вода
7. Критеријуми за избор меродавних кота заштите
8. Предлог степена заштите
9. Закључци

# 1. Увод

Циљ хидрауличких хидрауличких прорачуна је да се, **на основу ажуриране хидролошке анализе**, дефинише просторни распоред кота нивоа на територији београдског хидрочвора, при разним комбинацијама екстремно великих вода Дунава и Саве.

На тај начин би се:

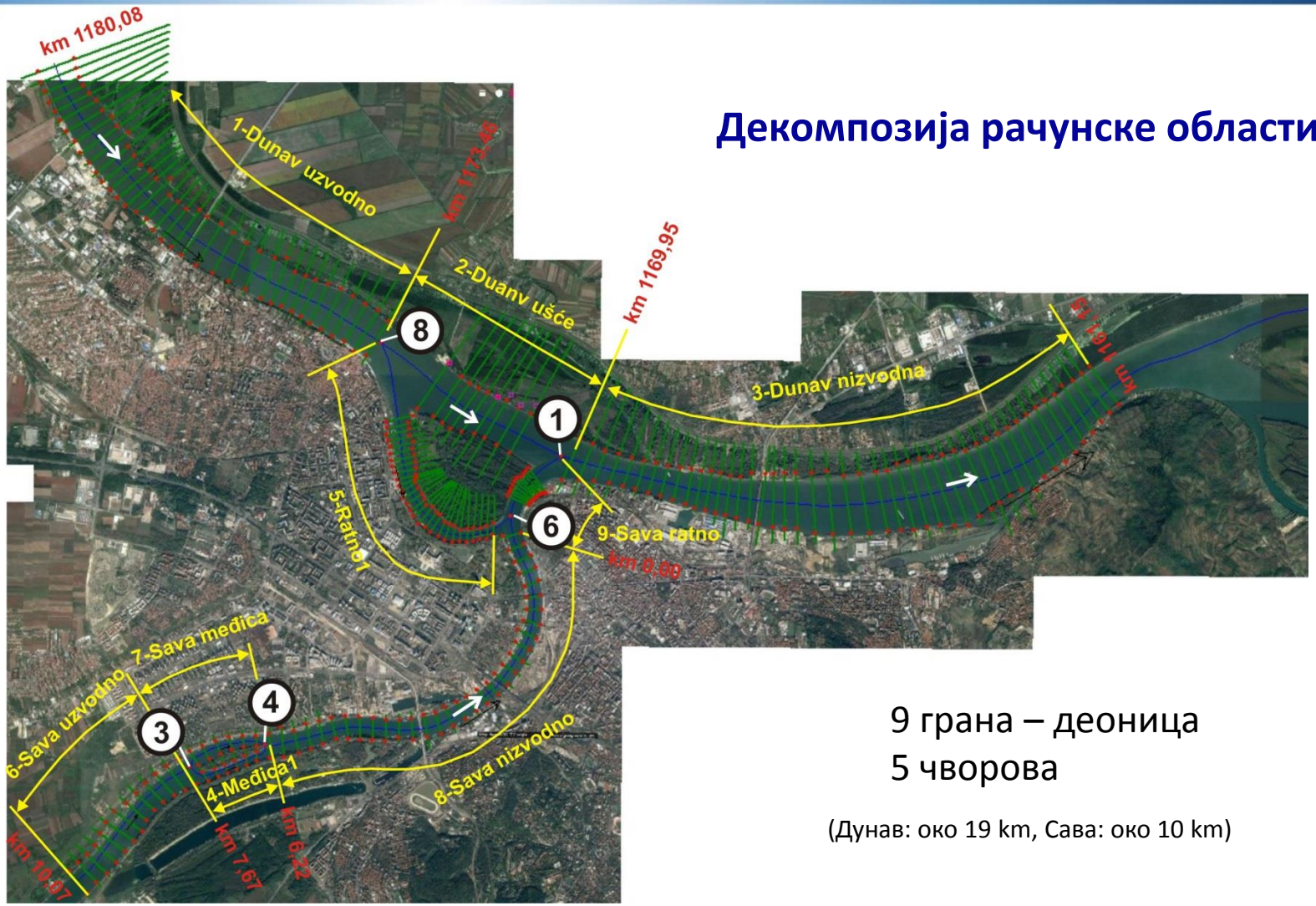
(1) стекла могућност провере постојећег одбрамбеног система;
(2) одредиле коте заштите на локацијама где је постојећи систем недовољан;
(3) дала основа за израду пројектне документације за реконструкцију постојеће одбрамбене линије, укључујући и систем мобилне заштите.

# 2. Рачунски модел

- течење устаљено, у мирном режиму;
- нумерички модел линијског (1D) течења, софтвер HEC-RAS©;
- рачунска мрежа: прстенаста, са гранама (деоницама) и чворовима;
- закони одржања масе и енергије (једначине конитунитета и Бернулија);
- чворови: рачун по гранама, деонице: рачун по профилима;
- гранични услови: улазни профили – протоци, излазни профил: коте нивоа;
- рачунски поступак: итеративан (биланс протока/нивоа у чворовима)

# Заштита Београда од великих вода Дунава и Саве

## Хидрауличке анализе




## Декомпозија рачунске области

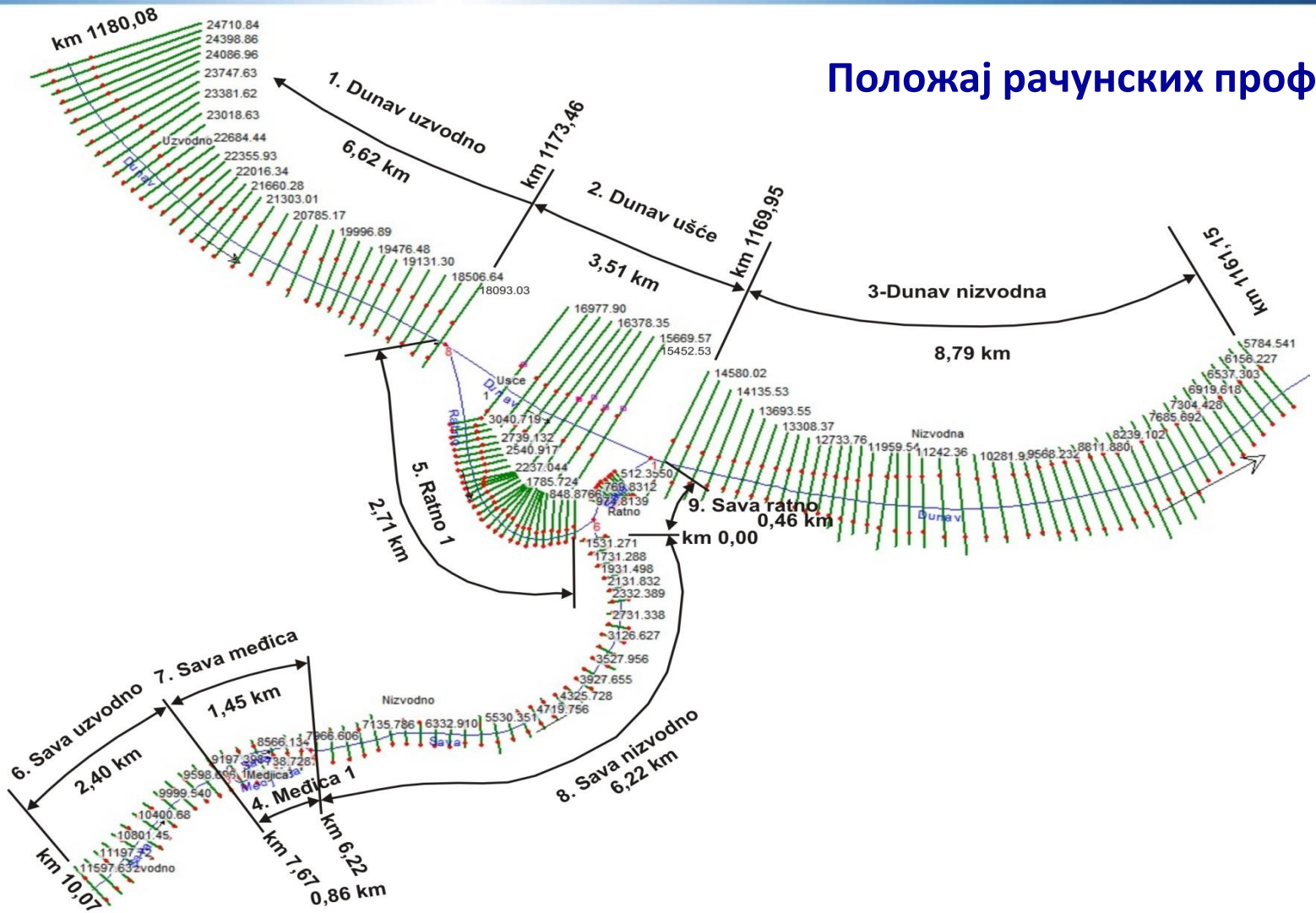
9 грана – деоница
5 чворова

(Дунав: око 19 km, Сава: око 10 km)

# Заштита Београда од великих вода Дунава и Саве

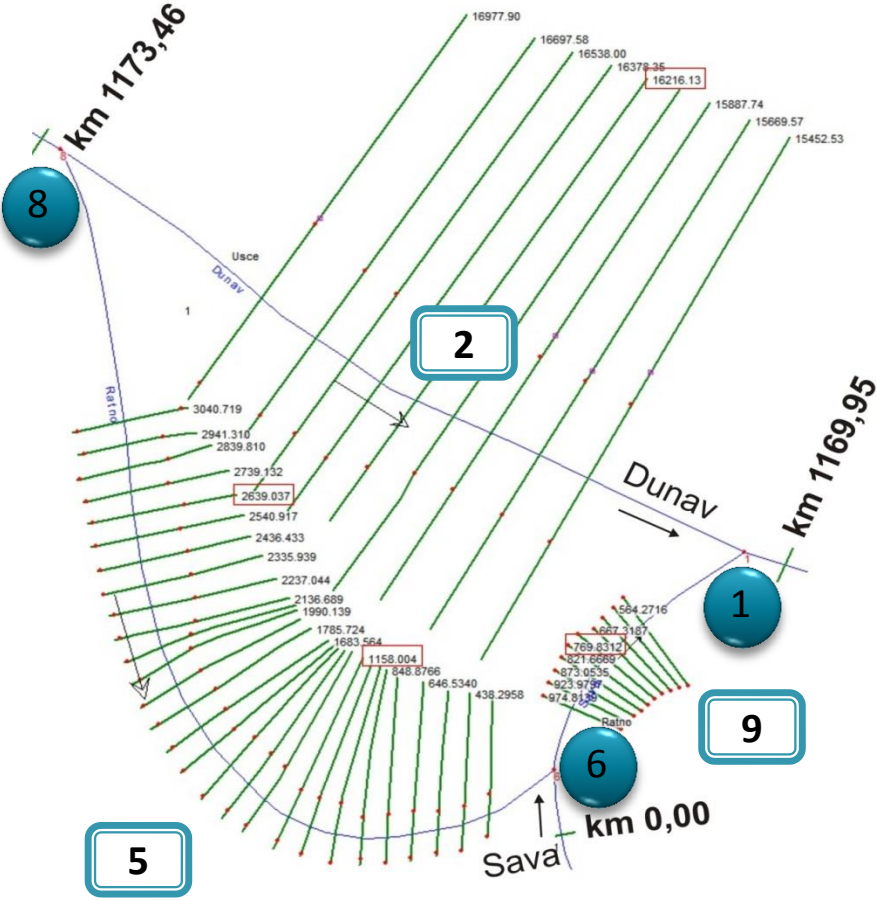
## Хидрауличке анализе

### Положај рачунских профила

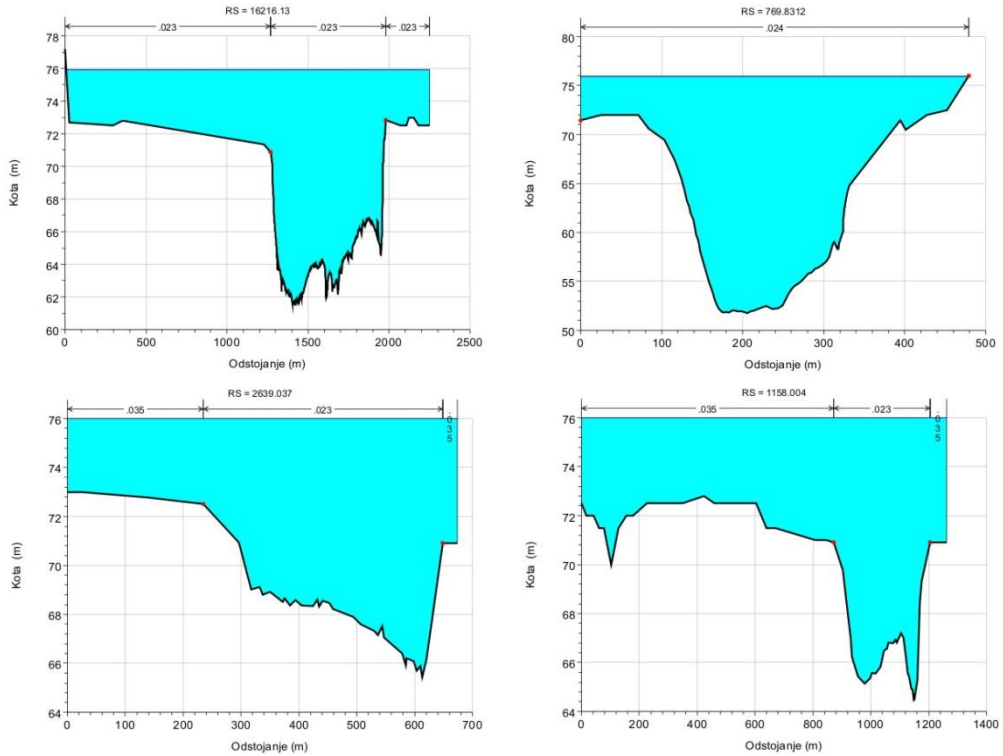


# Заштита Београда од великих вода Дунава и Саве

## Хидрауличке анализе

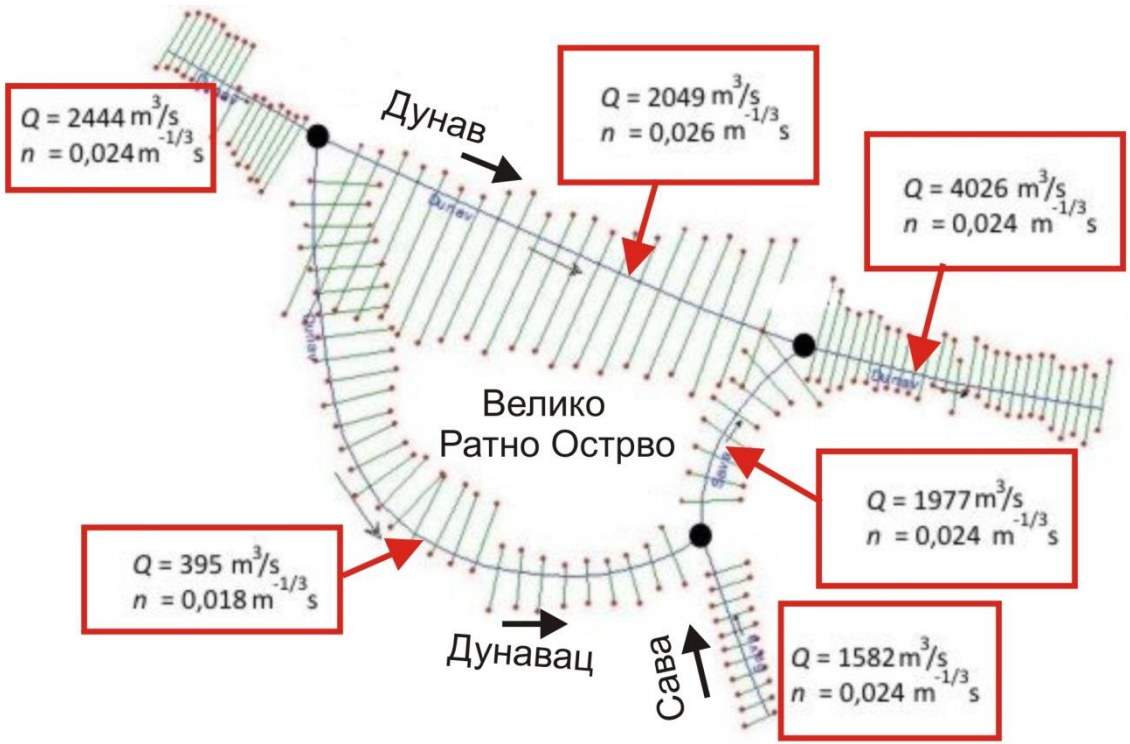



Пример: деонице 2, 5, 9 и чворови 8, 6, 1



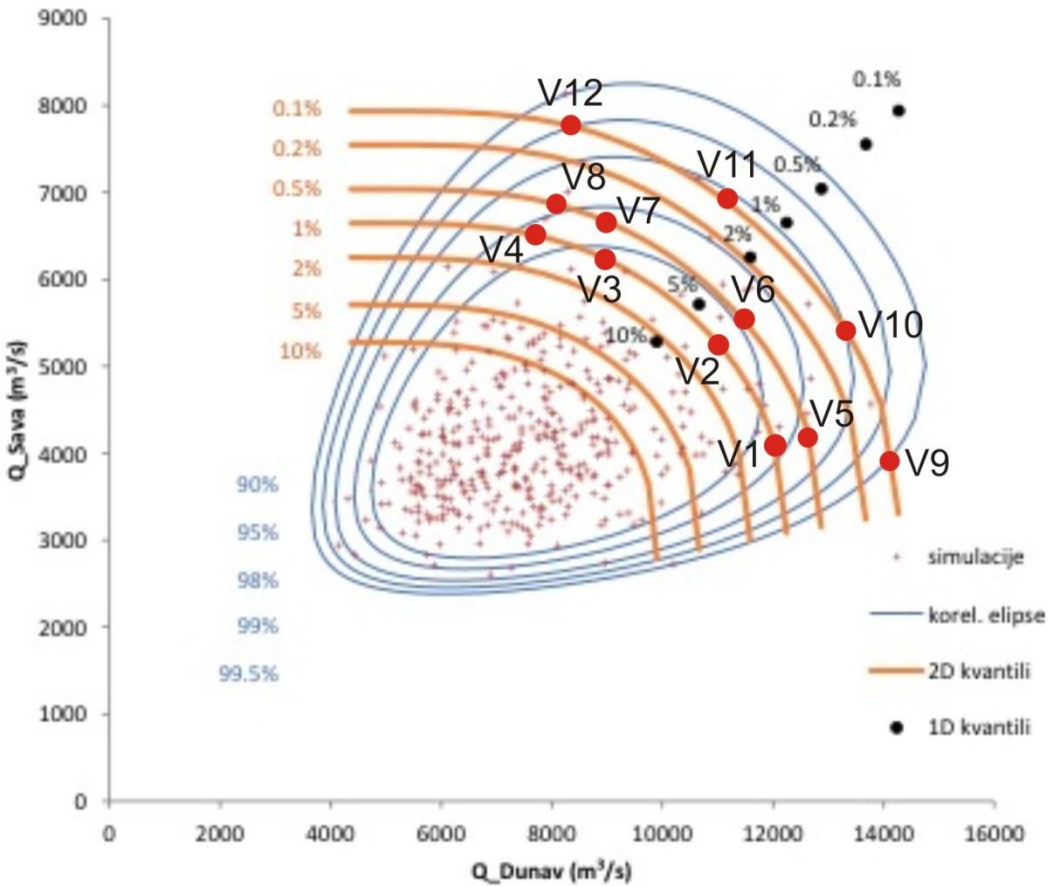
## Калибрација модела

... оптимизација распореда вредности Манинговог коеф. хидрауличких отпора, док се не постигне сагласност рачунских и измерених кота нивоа




(мерење 28.12.2004.)

# 3. Рачунске варијанте



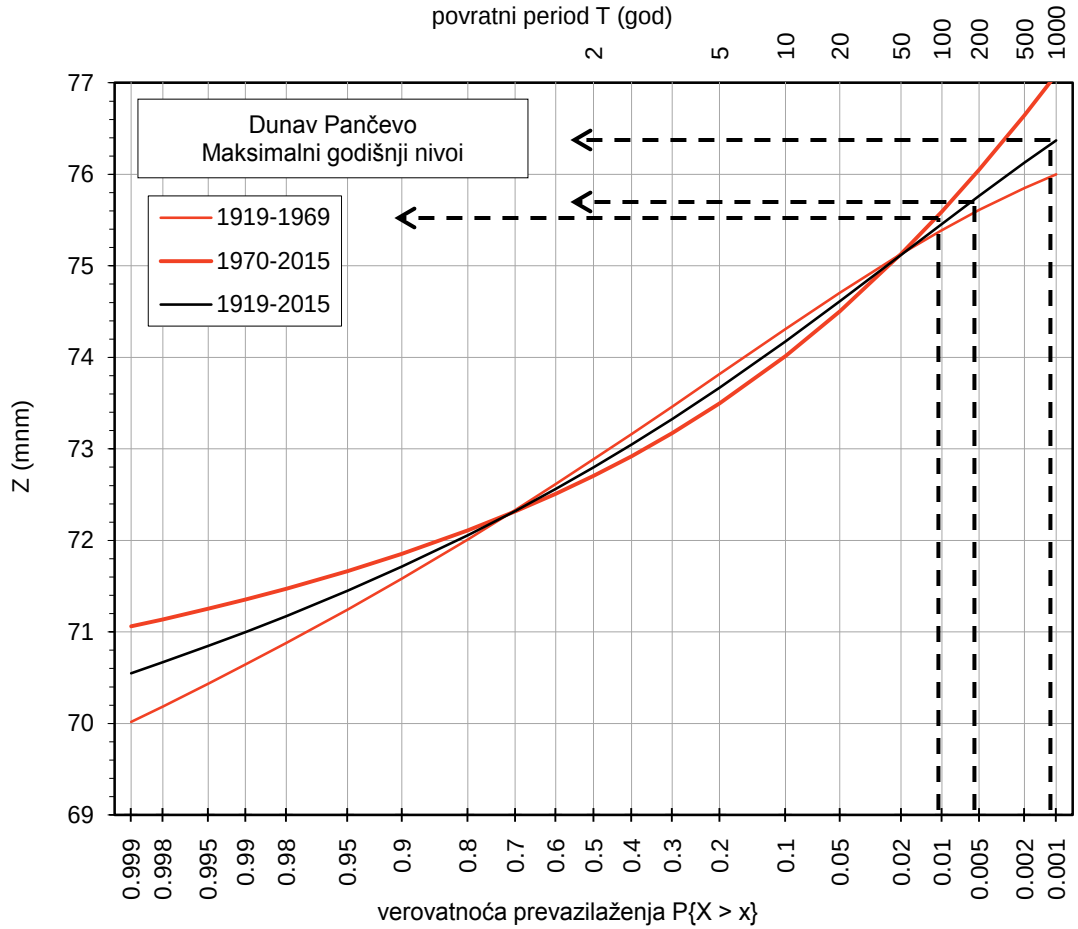

## Узводни гранични услови: протоци Дунава и Саве

Вероватноће коинциденције вликих вода Дунава и Саве: P=1%, 0,5% и 0,1% (T=100, 200, 1000 год.)

НАПОМЕНА 1: макс. годишњи проток је вршни проток највећег поплавног таласа у једној години

НАПОМЕНА 2: коинциденција макс. год. протока у једној (било којој) години, не значи коинциденцију у једном тренутку!!!

## Низводни гранични услов: кота нивоа



## Рачунске варијанте

**Основна премиса**: при наиласку великих поплавних таласа,
ХЕ Ђердап 1 „обара“ ниво до природног режима у профилу „Панчево“ !!!

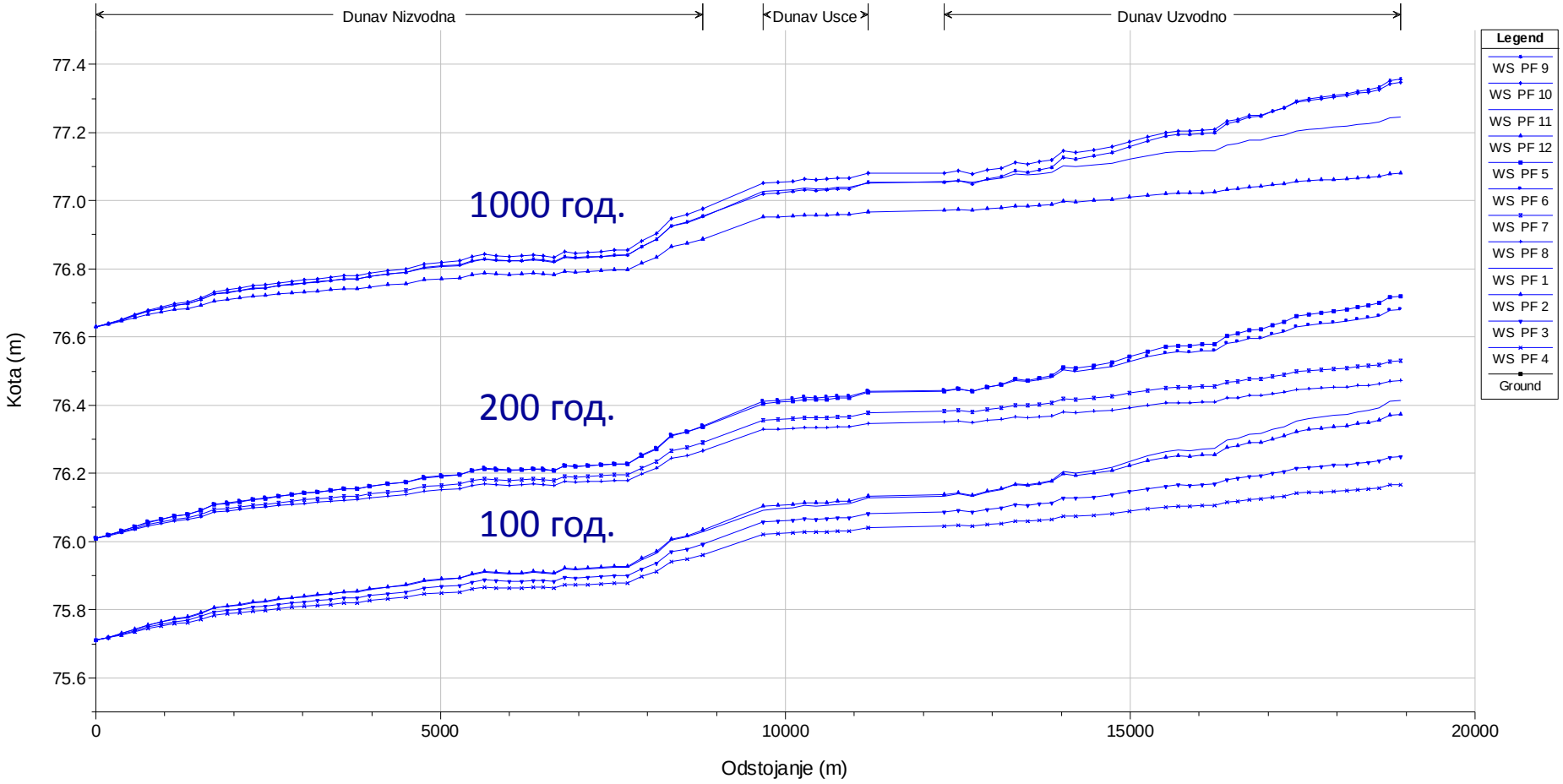
| | | **P=1%; T=100 год.** $Z_{niz}$=75,71 mnm | | | | **P=0,5%; T=200 год.** $Z_{niz}$=76,01 mnm | | | | **P=0,1%; T=1000 год.** $Z_{niz}$=76,63 mnm | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Рачунска деоница | Стационажа | **V1** | **V2** | **V3** | **V4** | **V5** | **V6** | **V7** | **V8** | **V9** | **V10** | **V11** | **V12** |
| 1 Дунав узводно | km 1180,08 | 12000 | 11000 | 9000 | 7800 | 12500 | 11500 | 9000 | 8100 | 14200 | 13300 | 11200 | 8300 |
| 6 Сава узводно | km 10,07 | 4150 | 5250 | 6200 | 6500 | 4450 | 5500 | 6650 | 6850 | 3900 | 5400 | 6850 | 7800 |
| 3 Дунав низводна | km 1161,15 | 16150 | 16250 | 15200 | 14300 | 16950 | 17000 | 15650 | 14950 | 18100 | 18700 | 18050 | 16100 |

# 4. Резултати прорачуна

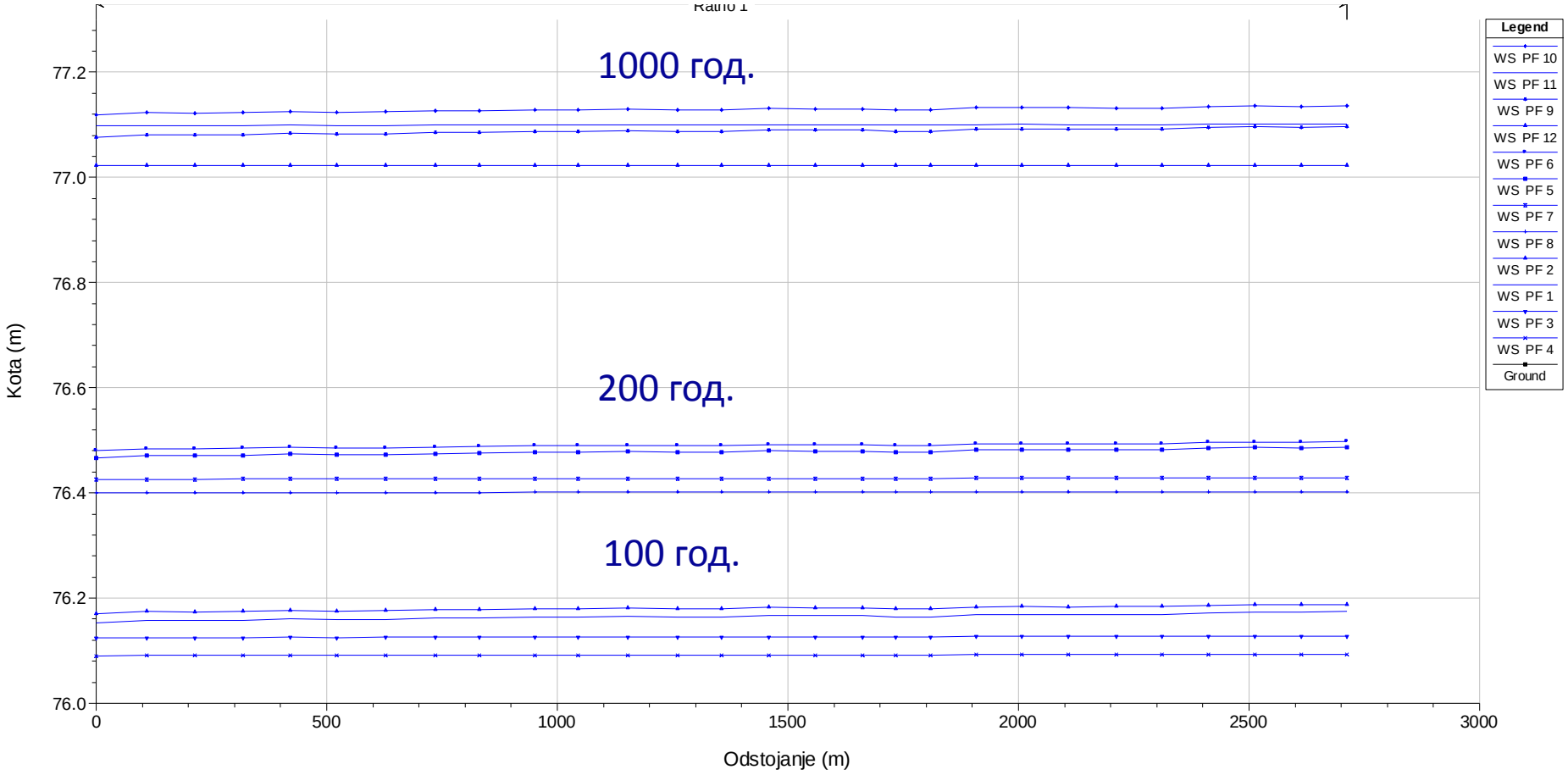
## Распоред протока по рачунским деоницама

| | | P=1%; T=100 год. $Z_{niz}$=75,71 mnm | | | | P=0,5%; T=200 год. $Z_{niz}$=76,01 mnm | | | | P=0,1%; T=1000 год. $Z_{niz}$=76,63 mnm | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Рачунска деоница | Стационажа km | **V1** | **V2** | **V3** | **V4** | **V5** | **V6** | **V7** | **V8** | **V9** | **V10** | **V11** | **V12** |
| 1 Дунав узводно | 1173,46-1180,08 | 12000 | 11000 | 9000 | 7800 | 12500 | 11500 | 9000 | 8100 | 14200 | 13300 | 11200 | 8300 |
| 2 Дунав ушће | 1169,95-1173,46 | 10227 | 9392 | 8273 | 7166 | 10640 | 9808 | 8271 | 7440 | 12032 | 11312 | 10289 | 8120 |
| 3 Дунав низводна | 1161,15-1169,95 | 16150 | 16250 | 15200 | 14300 | 16950 | 17000 | 15650 | 14950 | 18100 | 18700 | 18050 | 16100 |
| 4 Међица1 | 6,22-7,67 | 2075 | 2624 | 3099 | 3249 | 2225 | 2749 | 3324 | 3424 | 1950 | 2700 | 3424 | 3899 |
| 5 Ратно 1 | 1170,75-1173,46 | 1773 | 1608 | 727 | 634 | 1860 | 1692 | 729 | 660 | 2168 | 1988 | 911 | 180 |
| 6 Сава узводно | 7,67-10,07 | 4150 | 5250 | 6200 | 6500 | 4450 | 5500 | 6650 | 6850 | 3900 | 5400 | 6850 | 7800 |
| 7 Сава међица | 6,22-7,67 | 2075 | 2626 | 3101 | 3251 | 2225 | 2751 | 3326 | 3426 | 1950 | 2700 | 3426 | 3901 |
| 8 Сава низводно | 0,00-6,22 | 4150 | 5250 | 6200 | 6500 | 4450 | 5500 | 6650 | 6850 | 3900 | 5400 | 6850 | 7800 |
| 9 Сава ратно | 0,46-0,00 | 5923 | 6858 | 6927 | 7134 | 6310 | 7192 | 7379 | 7510 | 6068 | 7388 | 7761 | 7980 |

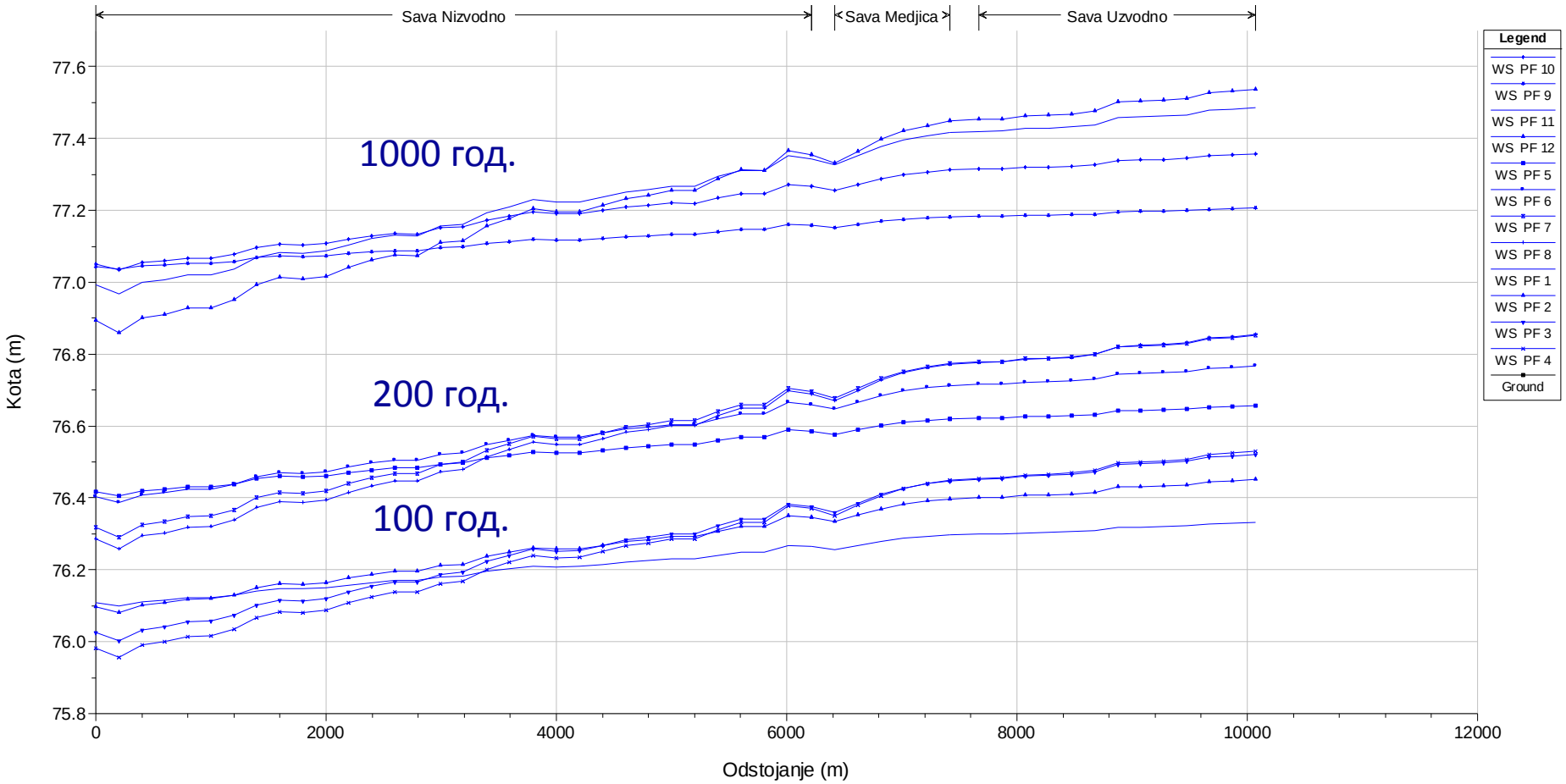
## **Линије нивоа:** Дунав (km 1161,15 – km 1180,08)



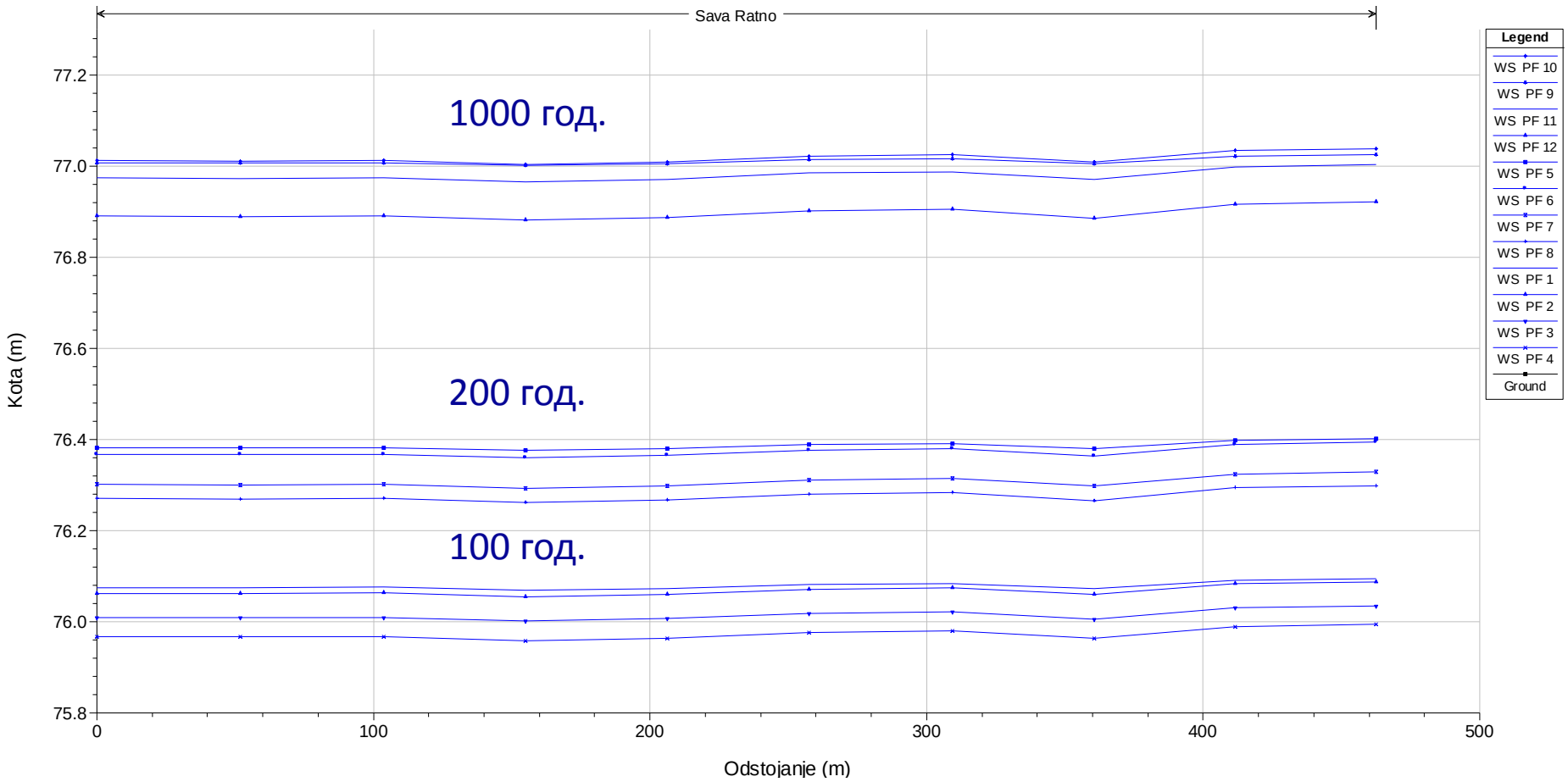
## Дунавски рукавац (km 1170,75 – km 1173,46)



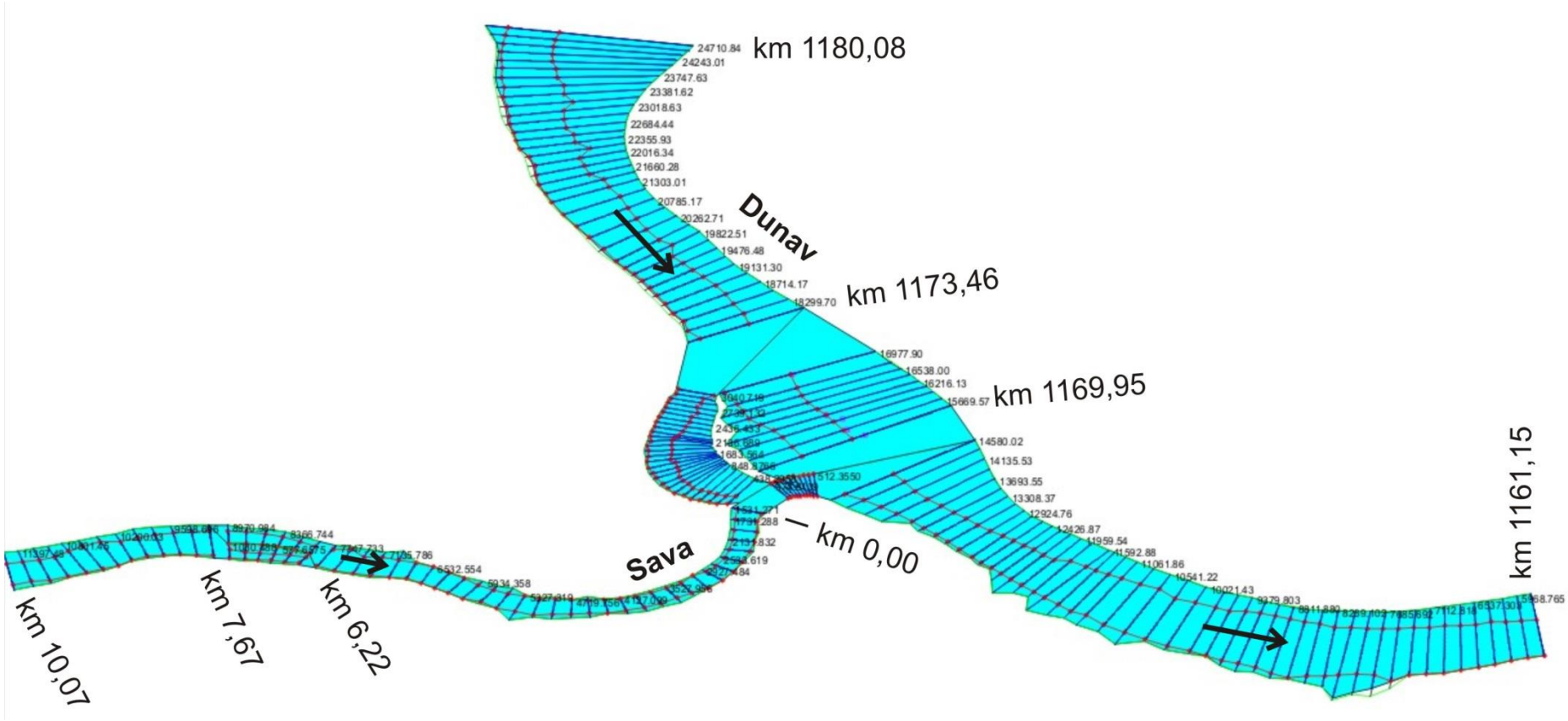
## Сава узводно од ушћа Дунавског рукавца (km 0,00 – km 10,07)



## Сава низводно од ушћа Дунавског рукавца (km 0,462 – km 0,00)



**Плавно подручје**: P=0,1%, T=1000 год., V10



## Максималне коте нивоа

| Повратни период | Дунав (km 1180,08) | | | Сава (km 10,07) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Опсег максималних вредности (V1-V12) | Висинска разлика (m) | Апсолутна макс. кота (mnm) | Опсег максималних вредности (V1-V12) | Висинска разлика (m) | Апсолутна макс. кота (mnm) |
| **100** | 76,17-76,41 | 0,24 | **76,41** | 76,33-76,53 | 0,20 | **76,53** |
| **200** | 76,47-76,72 | 0,25 | **76,72** | 76,55-76,85 | 0,19 | **76,85** |
| **1000** | 77,08-77,36 | 0,28 | **77,36** | 77,21-77,54 | 0,33 | **77,54** |

## Степен заштите?

Критеријум за избор треба да узме у обзир:

- резултате хидролошко-хидрауличке анализе;
- локалне услове на терену;
- трошкове надградње постојећих насипа и мобилне опреме.

## Конкретне коте дуж одбрамбене линије

пример: десна обала Дунава и лева обала Саве

| Карактеристични профил | Стационажа km | T=100 год. | T=200 год. | T=1000 год. |
|---|---|---|---|---|
| Дунав-Земун, Гардош | 1174,0 | 76,17 | 76,47 | 77,11 |
| Дунав-ушће Саве | 1170,0 | 76,04 | 76,35 | 76,98 |
| Дунавац-Лидо | 3,0 | 76,20 | 76,51 | 77,15 |
| Дунавац-хотел “Југославија” | 2,3 | 76,19 | 76,51 | 77,15 |
| Дунавац-палата “Србија” | 1,2 | 76,19 | 76,50 | 77,14 |
| Сава-ушће Дунавца | 0,0 | 76,11 | 76,43 | 77,06 |
| Сава-Бранков мост | 1,0 | 76,13 | 76,44 | 77,08 |
| Сава-мост Газела | 2,5 | 76,20 | 76,51 | 77,23 |
| Сава-мост на Ади | 4,0 | 76,26 | 76,57 | 77,23 |
| Сава-топлана Нови Београд | 5,0 | 76,31 | 76,61 | 77,28 |
| Сава-блок 45 | 7,5 | 76,46 | 76,78 | 77,46 |
| Сава-водозахват на Ади Циг. | 10,7 | 76,54 | 76,86 | 77,55 |

Хвала на пажњи !

Проф. Миодраг Јовановић, mjovanov@grf.bg.ac.rs
Проф. Марко Иветић, mivetic@grf.bg.ac.rs
Доц. Никола Росић, nik.rosic@gmail.com