

REV D.O.O. BEOGRAD

**STUDIJA O PROCENI UTICAJA PROJEKTA
IZGRADNJE HE „BRODAREVO 1“ I HE „BRODAREVO 2“
NA ŽIVOTNU SREDINU**

**Sveska 2: Analiza propagacije poplavnog talasa usled rušenja brana
HE „Brodarevo 1“ i HE „Brodarevo 2“ na reci Lim**



Ugovor br. 10120/A5-201

REV D.O.O.
BEOGRAD

STUDIJA O PROCENI UTICAJA PROJEKTA
IZGRADNJE HE „BRODAREVO 1“ I HE „BRODAREVO 2“
NA ŽIVOTNU SREDINU

Sveska 2: Analiza propagacije poplavnog talasa usled rušenja brana
HE „Brodarevo 1“ i HE „Brodarevo 2“ na reci Lim

PRIMERAK:

10120/A5-I-02

Beograd,
April 2012. god.

I SISTEMATIZACIJA DOKUMENTACIJE

U okviru ovog Ugovora urađena je knjiga:

STUDIJA O PROCENI UTICAJA PROJEKTA IZGRADNJE HE „BRODAREVO 1“ I HE „BRODAREVO 2“ NA ŽIVOTNU SREDINU

- Sveska 1:** Analiza uticaja izgradnje hidroenergetskih objekata HE „Brodarevo 1“ i HE „Brodarevo 2“ na reci Lim na životnu sredinu predmetnog područja
- Sveska 2:** Analiza propagacije poplavnog talasa usled rušenja brana HE „Brodarevo 1“ i HE „Brodarevo 2“ na reci Lim

II SADRŽAJ ELABORATA

OPŠTI DEO

- O.I UČESNICI U IZRADI DOKUMENTACIJE
- O.II IZVOD O REGISTRACIJI PRIVREDNOG SUBJEKTA I LICENCA
- O.III REŠENJE O ODREĐIVANJU ODGOVORNOG PROJEKTANTA I VRŠIOCA UNUTRAŠNJE KONTROLE
- O.IV IZJAVA O USAGLAŠENOSTI DELOVA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE
- O.V IZVEŠTAJ O IZVRŠENOJ UNUTRAŠNJOJ KONTROLI
- O.VI SAGLASNOST STRUČNOG SAVETA
- O.VII PROJEKTNII ZADATAK

TEHNIČKI DEO

- 1. UVODTD-06
- 2. OSNOVNI PODACI O BRANAMA I AKUMULACIJAMATD-09
- 3. Raspoloživi ulazni podaciTD-19
- 3.1. Topografske podlogeTD-19
- 3.2. Hidrološke i hidrauličke podlogeTD-19
- 4. SHEMATIZACIJA REČNOG TOKA-POČETNI I GRANIČNI USLOVI ZA MODELTD-22
- 5. KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESECITD-25
- 6. DEFINISANJE HIDRAULIČKIH POSLEDICA ZA STACIONARNE USLOVE TEČENJATD-26
- 7. ODREĐIVANJE HIDRAULIČKIH POSLEDICA IZAZVANIH SEKVENCIJALNIM RUŠENJEM BRANA HE "BRODAREVO 1" I HE "BRODAREVO 2"TD-27
- 7.1. Zone plavljenja i analiza zona plavljenja sa gledišta mogućih posledicaTD-28
- 7.2. Analiza nivoa vode duž tokaTD-31
- 7.3. Analiza promene proticaja duž tokaTD-31
- 7.4. Analiza vremena putovanja čela talasa i pojave maksimalnog nivoa i proticajaTD-32
- 7.5. Analiza brzine propagacije čela talasa i maksimalnih srednjih brzina ima u poprečnim presecimaTD-32
- 8. PRAŽNJENJE AKUMULACIJA HE "BRODAREVO 1" I HE "BRODAREVO 2" ODREĐIVANJE BEZBEDNOG NIVOVA U AKUMULACIJAMATD-33
- 9. OBELEŽAVANJE ZONE PLAVLJENJA NA TERENUTD-34
- 10. INTEGRALNI SISTEM ZA OSMATRANJE, OBAVEŠTAVANJE, PREVENCIJU I AKCIONO DEJSTVO U SLUČAJU VANREDNIH SITUACIJATD-35
- 10.1. UvodTD-35
- 10.2. Sistem za osmatranje, obaveštavanje, prevenciju i akciono dejstvo u slučaju sekvencijalnog rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" na LimuTD-38
- 10.3. Operativni planovi za obaveštavanje i uzbunjivanjeTD-44
- 10.4. Evakuacija stanovništva na području nizvodno od brana na LimuTD-46
- 10.5. Kriterijumi za oglašavanje stanje pripravnostiTD-48
- 11. OPIS OSNOVA PRIMENJENIH HIDRODINAMIČKIH MATEMATIČKIH MODELA NESTACIONARNOG TEČENJA VODE U OTVORENIM TOKOVIMA KAO POSLEDICA RUŠENJA BRANETD-52
- 11.1. UvodTD-52
- 11.2. Model prolom – proračun hidrauličkih posledica usled rušenja branaTD-56

11.2.1.	Osnovne jednačine	TD-56
11.2.2.	Početni uslovi (kote i proticaji pre rušenja brane)	TD-57
11.2.3.	Granični uslovi.....	TD-58
11.2.4.	Rešavanje osnovnih jednačina	TD-58
11.2.5.	Uslov stabilnosti proračuna	TD-59
11.2.6.	Objašnjenje oznaka korišćenih u tekstu	TD-59
11.2.7.	Poreklo programa.....	TD-60
11.3.	Model hec – ras (river analysis system).....	TD-61
11.3.1.	Uvod	TD-61
11.3.2.	Osnovne jednačine	TD-61
11.3.3.	Primena osnovnih jednačina u hec-ras modelu	TD-67
11.3.4.	Diskretizacija osnovnih jednačina u hec-ras modelu	TD-69
11.3.5.	Granični uslovi.....	TD-75
11.3.6.	Rešavanje sistema osnovnih jednačina.....	TD-76
12.	REFERENCE	TD-77
13.	PRILOZI	TD-79

SPISAK PRILOGA

1. Geografska lokacija brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2"
2. Pregledna karta plavne zone usled sekvencijalnog rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" (R 1 : 10.000)
3. Anvelope maksimalnih nivoa
4. Anvelope maksimalnih proticaja
5. Vremena pojave čela talasa
6. Vremena pojave maksimalnih nivoa
7. Vremena pojave maksimalnih proticaja
8. Brzina propagacije čela talasa
9. Srednje maksimalne brzina u poprečnim presecima
10. Hidrogrami u karakterističnim poprečnim presecima - Varijanta 1.
11. Nivogrami u karakterističnim poprečnim presecima - Varijanta 1.
12. Hidrogrami u karakterističnim poprečnim presecima - Varijanta 2.
13. Nivogrami u karakterističnim poprečnim presecima - Varijanta 2.
14. Karakteristični poprečni presek br. 25.50 – Brana HE "Brodarevo 1" (stacionaža 0+000 km) sa rezultatima proračuna
15. Karakteristični poprečni presek br. 43 - Brodarevo (stacionaža 3+710 km) sa rezultatima proračuna
16. Karakteristični poprečni presek br. 75.50 - Brana HE "Brodarevo 2" (stacionaža 14+260 km) sa rezultatima proračuna
17. Karakteristični poprečni presek br. 97 - Kolovrat (stacionaža 23+370 km) sa rezultatima proračuna
18. Karakteristični poprečni presek br. 103 – Prijepolje uzvodno (stacionaža 25+714 km) sa rezultatima proračuna
19. Karakteristični poprečni presek br. 111 - Prijepolje nizvodno (stacionaža 28+019 km) sa rezultatima proračuna
20. Karakteristični poprečni presek br. 118 - HE "Bistrica" (stacionaža 37+644 km) sa rezultatima proračuna
21. Hidrogrami velikih voda; reka Lim, poprečni presek brane HE "Brodarevo 1"
22. Rezultati proračuna na analiziranoj deonici reke Lim - sekvencijalno rušenje brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2"
23. Spisak belega za obeležavanje zone plavljenja na terenu
24. Izgled terenske belege za obeležavanje maksimalne zone plavljenja
25. Informaciona shema Sistema

O.I UČESNICI U IZRADI DOKUMENTACIJE

Projektna dokumentacija:

**STUDIJA O PROCENI UTICAJA PROJEKTA
IZGRADNJE HE „BRODAREVO 1“ I HE „BRODAREVO 2“
NA ŽIVOTNU SREDINU**

**Sveska 2: Analiza propagacije poplavnog talasa usled rušenja brana
HE „Brodarevo 1“ i HE „Brodarevo 2“ na reci Lim**

izrađena je u ENERGOPROJEKT–HIDROINŽENJERING-u, akcionarskom društvu za projektovanje, konsalting i inženjering hidroenergetskih, vodoprivrednih i infrastrukturnih objekata i sistema, Beograd, po ugovoru br. 10120/A5-201, aprila 2012. godine.

ŠEF PROJEKTA:

mr Božidar Mojović, dipl.inž.geol.

**UKOVODILAC KVALITETA NA
PROJEKTU:**

Radmilo Glišić, dipl.inž.građ.

RADNA JEDINICA 201 Hidroenergetski i vodoprivredni sistemi

**ODGOVORNI PROJEKTANT
ZA PROLOM BRANE:**

Zlatan Kovačević, dipl.inž.građ.
Licenca br. 314 E210 07

**VRŠILAC UNUTRAŠNJE KONTROLE
ZA PROLOM BRANE:**

Aleksandar Ostojić, dipl.inž.građ.
Licenca br. 314 J256 10

UKOVODILAC RJ:

Nenad Miloradović, dipl.inž.građ.

ENERGOPROJEKT–HIDROINŽENJERING AD
D I R E K T O R

mr Bratislav Stišović, dipl.inž.građ.

O.II IZVOD O REGISTRACIJI PRIVREDNOG SUBJEKTA I LICENCA



8000016399732

**ИЗВОД О
РЕГИСТРАЦИЈИ
ПРИВРЕДНОГ СУБЈЕКТА**Република Србија
Агенција за привредне регистре**Пословно име привредног субјекта**

Назив

ENERGOPROJEKT-HIDROINŽENJERING

Седиште

место

Београд-Нови Београд

Правна форма

Отворено акционарско друштво

улица и број

Булевар Михаила Пупина 12

Бр.рег.улошка

1-4703-00

Трговински суд

Трговински суд у Београду

Матични број

07023065

ПИБ

100001476

Бројеви рачуна у банкама

180-0188410101000-71
190-2730-42

Пуно пословно име

ENERGOPROJEKT-HIDROINŽENJERING OTVORENO AKCIONARSKO
DRUŠTVO ZA ISTRAŽNE RADOVE, PROJEKTOVANJE, KONSALTING I
INŽENJERING HIDROENERGETSKIH, VODOPRIVREDNIH I
INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA I SISTEMA BEOGRAD, BULEVAR
MIHAILA PUPINA 12

Скраћени назив

ENERGOPROJEKT-HIDROINŽENJERING AD BEOGRAD, BULEVAR MIHAILA
PUPINA 12

Претежна делатност

7112

Инжењерске делатности и техничко саветовање

Датум оснивања

23. новембар 1989

Време трајања привредног субјекта: Неограничено

Подаци о капиталу**Новчани**

износ

Уписани 2.974.682,33 EUR

датум

износ

Уплаћени 2.974.682,33 EUR

датум

26. фебруар

2009

Регистрован за спољнотрговински промет: да

Регистрован за услуге у спољнотрговинском промету: да

ПОДАЦИ О АКЦИОНАРИМА

Подаци о акционару

Назив

Акцијски капитал

Адреса

место и држава

,

улица и број

Подаци о капиталу

Новчани

износ

датум

Уписани 2.974.682,33 EUR

износ

датум

Уплаћени 2.974.682,33 EUR

26. фебруар
2009

СКРАЋЕНО И/ИЛИ ПОСЛОВНО ИМЕ НА СТРАНОМ ЈЕЗИКУ

Скраћено пословно име привредног субјекта:

место

Назив

ENERGOPROJEKT-HIDROINŽENJERING AD
BEOGRAD, BULEVAR MIHAILA PUPINA 12

Београд-Нови Београд

Облик

Отворено акционарско друштво

ПОДАЦИ О ЧЛАНОВИМА УПРАВНОГ ОДБОРА

Подаци о председнику управног одбора

место и држава

Име и презиме

Никола Брека

Адреса

Београд-Нови Београд,
Србија

улица и број

ЈМБГ

2403946710037

Алексиначких рудара 39в/29

Подаци о члановима управног одбора

Подаци о члану

место и држава

Име и презиме

Братислав Стишовић

Адреса

Београд-Вождовац, Србија

улица и број

ЈМБГ	2803958710154	Јубе Шерцера 20
Подаци о члановима управног одбора		
Подаци о члану		место и држава
Име и презиме	Стојан Чолаков	Адреса
		Београд-Звездара, Србија
		улица и број
ЈМБГ	0707957710065	Крижанићева 30
Подаци о члановима управног одбора		
Подаци о члану		место и држава
Име и презиме	Драган Тадић	Адреса
		Београд-Нови Београд, Србија
		улица и број
ЈМБГ	1811961714003	Булевар Зорана Ђинђића 95
Подаци о члановима управног одбора		
Подаци о члану		место и држава
Име и презиме	Драган Јолдић	Адреса
		Београд (град), Србија
		улица и број
ЈМБГ	2202963710142	Жарка Вуковића Пуцара 19

ПОДАЦИ О ЗАСТУПНИЦИМА

Заступник	место и држава
Име и презиме	Београд-Вождовац, Србија
	улица и број
ЈМБГ	Јубе Шерцера 20
Функција у привредном субјекту	
Директор	
Овлашћења у промету	
Овлашћења у унутрашњем промету неограничена	
Овлашћења у спољнотрговинском промету неограничена	

Регистратор, Милан Маглов

Страна 3 од 3



РЕПУБЛИКА СРБИЈА
МИНИСТАРСТВО ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ
И ПРОСТОРНОГ ПЛАНИРАЊА

Сектор за грађевинарство, инвестиције и
грађевинско земљиште
Број: 351-02-01325/2009-07
Датум: 28.10.2010. године
Немањина 22-26

Решавајући по захтеву "ЕНЕРГОПРОЈЕКТ-ХИДРОИНЖЕЊЕРИНГ" отвореног акционарског друштва за истражне радове, пројектовање, консалтинг и инжењеринг хидроенергетских, водопривредних и инфраструктурних објеката и система - Београд, ул. Булевар Михаила Пупина бр. 12, за издавање лиценце за израду техничке документације за објекте за које грађевинску дозволу издаје министарство надлежно за послове грађевинарства, или надлежни орган аутономне покрајине на основу члана 20. Закона о министарствима ("Службени гласник РС", бр. 65/08 и 36/09), члана 126. став 4. и члана 222. став 2. Закона о планирању и изградњи ("Службени гласник РС", бр. 72/09), и члана 192. Закона о општем управном поступку ("Службени лист СРЈ", бр. 33/97 и 31/01), по овлашћењу министра животне средине и просторног планирања број: 031-01-00001/2010-07 од 05.02.2010. године, помоћник министра доноси

Р Е Ш Е Њ Е

1. Утврђује се да "ЕНЕРГОПРОЈЕКТ-ХИДРОИНЖЕЊЕРИНГ" отворено акционарско друштво за истражне радове, пројектовање, консалтинг и инжењеринг хидроенергетских, водопривредних и инфраструктурних објеката и система - Београд, ул. Булевар Михаила Пупина бр. 12, **ИСПУЊАВА УСЛОВЕ** за добијање лиценце за израду техничке документације за објекте за које грађевинску дозволу издаје министарство надлежно за послове грађевинарства, или надлежни орган аутономне покрајине и то:

П010Г1 – пројеката грађевинских конструкција за високе бране и акумулације испуњене водом, јаловином или пепелом за које је прописано техничко осматрање

- П010Г3 – хидротехничких пројеката за високе бране и акумулације испуњене водом, јаловином или пепелом за које је прописано техничко осматрање*
- П050Г1 – пројеката грађевинских конструкција за хидроелектране са припадајућом браном снаге 10 и више MW*
- П050Г3 – хидротехничких пројеката за хидроелектране са припадајућом браном снаге 10 и више MW*
- П050Е1 – пројеката електроенергетских инсталација високог и средњег напона за хидроелектране са припадајућом браном снаге 10 и више MW*
- П050Е4 – пројеката управљања електромоторним погонима – аутоматика, мерења и регулација за хидроелектране са припадајућом браном снаге 10 и више MW*
- П050М2 – пројеката машинских инсталација објеката водоснабдевања и индустријских вода, хидротехнике и хидроенергетике за хидроелектране са припадајућом браном снаге 10 и више MW*
- П051Г1 – пројеката грађевинских конструкција за хидроелектране снаге 10 и више MW*
- П051Е1 – пројеката електроенергетских инсталација високог и средњег напона за хидроелектране снаге 10 и више MW*
- П051Е4 – пројекти управљања електромоторним погонима – аутоматика, мерења и регулација за хидроелектране снаге 10 и више MW*
- П051М2 – пројеката машинских инсталација објеката водоснабдевања и индустријских вода, хидротехнике и хидроенергетике за хидроелектране снаге 10 и више MW*
- П061Е1 – пројеката електроенергетских инсталација високог и средњег напона за далековода напона 110 и више KV*
- П062Е1 – пројеката електроенергетских инсталација високог и средњег напона за трафостанице напона 110 и више KV*
- П071Г3 – хидротехничких пројеката за међурегионалне и регионалне објекте водоснабдевања и канализације*
- П071М2 – пројеката машинских инсталација објеката водоснабдевања и индустријских вода, хидротехнике и хидроенергетике за међурегионалне и регионалне објекте водоснабдевања и канализације*
- П072Г3 – хидротехничких пројеката за постројења за припрему воде за пиће капацитета преко 40 l/s*
- П072М2 – пројеката машинских инсталација објеката водоснабдевања и индустријских вода, хидротехнике и хидроенергетике за постројења за припрему воде за пиће капацитета преко 40 l/s*
- П072Т1 – пројеката технолошких процеса за постројења за припрему воде за пиће капацитета преко 40 l/s*
- П073Г3 – хидротехничких пројеката за постројења за пречишћавање отпадних вода у насељима преко 15.000 становника или капацитета преко 40 l/s*

- П073М2 – пројеката машинских инсталација објеката водоснабдевања и индустријских вода, хидротехнике и хидроенергетике за постројења за пречишћавање отпадних вода у насељима преко 15.000 становника или капацитета преко 40 l/s*
- П073Т1 – пројеката технолошких процеса за постројења за пречишћавање отпадних вода у насељима преко 15.000 становника или капацитета преко 40 l/s*
- П080ГЗ – хидротехничких пројеката за водопривредне објекте за заштиту од великих вода градских подручја и руралних површина већих од 300 ha*
- П160ГЗ – хидротехничких пројеката за хидрограђевинске објекте на пловним путевима*

2. Овим решењем престаје да важи решење број: 351-02-01325/2009-07 од 23.03.2010. године.

О б р а з л о ж е њ е

"ЕНЕРГОПРОЈЕКТ-ХИДРОИНЖЕЊЕРИНГ" отворено акционарско друштво за истражне радове, пројектовање, консалтинг и инжењеринг хидроенергетских, водопривредних и инфраструктурних објеката и система - Београд, ул. Булевар Михаила Пупина бр. 12, поднело је овом министарству 15.10.2010. године захтев број: 351-02-01325/2009-07 за издавање лиценце за израду техничке документације за објекте за које грађевинску дозволу издаје министарство надлежно за послове грађевинарства, или надлежни орган аутономне покрајине.

Уз захтев за издавање лиценце достављена је сва потребна документација прописана чланом 126. Закона о планирању и изградњи ("Службени гласник РС", бр. 72/09) и чланом 4. Правилника о начину, поступку и садржини података за утврђивање испуњености услова за издавање лиценце за израду техничке документације и лиценце за грађење објеката за које одобрење за изградњу издаје министарство, односно аутономна покрајина, као и о условима за одузимање тих лиценци ("Службени гласник РС", бр. 114/04).

На седници стручне комисије образоване од стране министра, одржаној дана 28.10.2010. године утврђено је да подносилац захтева испуњава услове за добијање наведене лиценце, у смислу одредби чл. 126. Закона о планирању и изградњи и чл. 7. и чл. 14. Правилника о начину, поступку и садржини података за утврђивање испуњености услова за издавање лиценце за израду техничке документације и лиценце за грађење објеката за које одобрење за изградњу издаје министарство, односно аутономна покрајина, као и о условима за одузимање тих лиценци.

На основу изнетог, на предлог стручне комисије и члана 192. Закона о општем управном поступку, одлучено је као у диспозитиву решења.

Такса за ово решење наплаћена је у износу од 15.500,00 (петнаестхиљапетстотина) динара.

Упутство о правном средству: Ово решење је коначно у управном поступку и против њега се не може изјавити жалба, али се може покренути управни спор тужбом код Управног суда Србије у року од 30 дана од дана достављања.

Решење доставити: **подносиоцу захтева**, надлежној инспекцији и архиви овог министарства.

ПОМОЋНИК МИНИСТРА

Александра Дамњановић-Петровић, дипл.правник





SERTIFIKAT ODOBRENJA

Ovim se potvrđuje da je sistem menadžmenta kvalitetom preduzeća:

ENERGOPROJEKT-HIDROINŽENJERING Beograd, Srbija

odobren od strane Lloyd's Register Quality Assurance
prema sledećoj specifikaciji:

**BS ISO 9001:2008
SRPS ISO 9001:2008**

Sistem menadžmenta kvalitetom je primenjiv na:

**Inženjering, projektovanje, konsalting i istražni radovi u
projektima vezanim za oblasti energije, vode, infrastrukture
i životne sredine**

Sertifikat
odobrenja br: 6008170

Prva sertifikacija: 23 Decembar 2009

Datum izdavanja sertifikata: 23 Decembar 2009

Datum isteka sertifikata: 22 Decembar 2012

Izdato od: Hellenic Lloyd's S.A. u ime
Lloyd's Register Quality Assurance Limited



001

Ovaj dokument podleže uslovima koji su štampani na poledjini dokumenta
71 Fenchurch Street, London EC3M 4BS United Kingdom. Broj registracije 1879370
Ovo odobrenje je obavljeno u skladu sa LRQA procedurama za ocenjivanje i sertifikaciju i nalazi se pod nadzorom LRQA.
Korišćenje UKAS akreditacionog znaka predstavlja akreditaciju za oblasti koje su obuhvaćene Akreditacionim Sertifikatom Br. 001
Macro Revision 13

**O.III REŠENJE O ODREĐIVANJU ODGOVORNOG PROJEKTANTA
I VRŠIOCA UNUTRAŠNJE KONTROLE**

Saglasno Zakonu o planiranju i izgradnji ("Sl. glasnik Republike Srbije", br. 72/2009 i 34/2006), Zakona o geološkim istraživanjima ("Sl. glasnik Republike Srbije", br. 44/95) i internim standardima preduzeća, donosim

R E Š E N J E

Za izradu projektne dokumentacije

**STUDIJA O PROCENI UTICAJA PROJEKTA
IZGRADNJE HE „BRODAREVO 1“ I HE „BRODAREVO 2“
NA ŽIVOTNU SREDINU**

**Sveska 2: Analiza propagacije poplavnog talasa usled rušenja brana
HE „Brodarevo 1“ i HE „Brodarevo 2“ na reci Lim**

određuju se sledeća stručna lica:

**ODGOVORNI PROJEKTANT
ZA PROLOM BRANE:**

Zlatan Kovačević, dipl.inž.građ.
Licenca br. 314 E210 07

**VRŠILAC UNUTRAŠNJE KONTROLE
ZA PROLOM BRANE:**

Aleksandar Ostojić, dipl.inž.
Licenca br. 314 J256 10

**ENERGOPROJEKT-HIDROINŽENJERING AD
D I R E K T O R**

Datum: April 2012.

mr Bratislav Stišović, dipl.inž.građ.



ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ

ЛИЦЕНЦА

ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу Закона о планирању и изградњи и
Статута Инжењерске коморе Србије

УПРАВНИ ОДБОР ИНЖЕЊЕРСКЕ КОМОРЕ СРБИЈЕ
утврђује да је

Радмило В. Глишић

дипломирани грађевински инжењер
ЈМБ 2710960710023

одговорни пројектант
грађевинских објеката хидроградње

Број лиценце
313 9876 04



У Београду,
22. јула 2004. године

ПРЕДСЕДНИК КОМОРЕ

Милош Лазовић

Проф. др Милош Лазовић
дипл. грађ. инж.



ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ

ЛИЦЕНЦА

ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу Закона о планирању и изградњи и
Статута Инжењерске коморе Србије

УПРАВНИ ОДБОР ИНЖЕЊЕРСКЕ КОМОРЕ СРБИЈЕ
утврђује да је

Александар М. Остојић

дипломирани грађевински инжењер
ЈМБ 2311979303222

одговорни пројектант
хидротехничких објеката и инсталација водовода и канализације

Број лиценце

314 J256 10



ПРЕДСЕДНИК КОМОРЕ

Dragoslav Šumarač

Проф. др Драгослав Шумарац
дипл. грађ. инж.

У Београду,
16. септембра 2010. године



ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ

ЛИЦЕНЦА

ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу Закона о планирању и изградњи и
Статута Инжењерске коморе Србије

УПРАВНИ ОДБОР ИНЖЕЊЕРСКЕ КОМОРЕ СРБИЈЕ
утврђује да је

Златан Р. Ковачевић

дипломирани грађевински инжењер
ЈМБ 1504957710079

одговорни пројектант
хидротехничких објеката и инсталација водовода и канализације

Број лиценце
314 E210 07



У Београду,
11. јануара 2007. године

ПРЕДСЕДНИК КОМОРЕ

Милан Вуковић
дипл. грађ. инж.

O.IV IZJAVA O USAGLAŠENOSTI DELOVA PROJEKTNE DOKUMENTACIJE

IZJAVLJUJEMO da je projektna dokumentacija

**STUDIJA O PROCENI UTICAJA PROJEKTA
IZGRADNJE HE „BRODAREVO 1“ I HE „BRODAREVO 2“
NA ŽIVOTNU SREDINU**

**Sveska 2: Analiza propagacije poplavnog talasa usled rušenja brana
HE „Brodarevo 1“ i HE „Brodarevo 2“ na reci Lim**

urađena u svemu saglasno odredbama Zakona o geološkim istraživanjima (Sl. glasnik Republike Srbije, br. 44/95) i usaglašena između struka sa ostalim delovima projektne dokumentacije izrađenim u okvirima ugovornih obaveza i opšteg projektnog rešenja.

**ODGOVORNI PROJEKTANT
ZA PROLOM BRANE:**

Zlatan Kovačević, dipl.inž.građ.
Licenca br. 314 E210 07

ŠEF PROJEKTA:

Datum: April 2012. god.

mr Božidar Mojović, dipl.inž.geol.

O.V IZVEŠTAJ O IZVRŠENOJ UNUTRAŠNJOJ KONTROLI

U skladu sa Poslovnikom kvaliteta i procedurom HI-QP-09 Preispitivanje projektovanja i razvoja, izvršena je unutrašnja kontrola projektne dokumentacije:

**STUDIJA O PROCENI UTICAJA PROJEKTA
IZGRADNJE HE „BRODAREVO 1“ I HE „BRODAREVO 2“
NA ŽIVOTNU SREDINU**

**Sveska 2: Analiza propagacije poplavnog talasa usled rušenja brana
HE „Brodarevo 1“ i HE „Brodarevo 2“ na reci Lim**

Zaključeno je sledeće:

1. Projektna dokumentacija je izrađena saglasno projektnom zadatku Naručioca.
2. Projektna dokumentacija je izrađena u skladu sa zakonskim odredbama, tehničkim standardima i tehničkim normativima, čija je primena obavezna za ovu vrstu dokumentacije.
3. Unutrašnja kontrola po obimu i kvalitetu prihvata predmetnu projektnu dokumentaciju.

**VRŠILAC UNUTRAŠNJE KONTROLE
ZA PROLOM BRANE:**

Aleksandar Ostojić, dipl.inž.
Licenca br. 314 J256 10

**SLUŽBA QMS
RUKOVODILAC**

Dr Vladimir Beličević dipl.inž.geol.

**ENERGOPROJEKT-HIDROINŽENJERING AD
DIREKTOR**

mr Bratislav Stišović, dipl.inž.građ.

O.VI SAGLASNOST STRUČNOG SAVETA

Na 33. sednici održanoj dana 12.04.2012. godine Stručni savet ENERGOPROJEKT - HIDROINŽENJERING a.d. razmatrao je i usvojio projektnu dokumentaciju:

**STUDIJA O PROCENI UTICAJA PROJEKTA
IZGRADNJE HE „BRODAREVO 1“ I HE „BRODAREVO 2“
NA ŽIVOTNU SREDINU**

**Sveska 2: Analiza propagacije poplavnog talasa usled rušenja brana
HE „Brodarevo 1“ i HE „Brodarevo 2“ na reci Lim**

Na osnovu ove saglasnosti, predmetna projektna dokumentacija se može isporučiti Naručiocu.

**PREDSEDAVAJUĆI
STRUČNOG SAVETA**

dr Vladimir Beličević, dipl.inž.

O.VII PROJEKTNİ ZADATAK

PREDLOG PROJEKTOG ZADATKA

**ZA IZRADU STUDIJE O PROCENI UTICAJA NA ŽIVOTNU SREDINU IZGRADNJE
HE "BRODAREVO 1" I HE "BRODAREVO 2"**

SADRŽAJ

1. Osnovne informacije
2. Polazne pretpostavke
3. Uvod
4. Podaci o području
5. Ciljevi
6. Opseg usluga
 - 6.1 Tehnički deo Studije
 - 6.2 Plan upravljanja životnom sredinom
7. Relevantni zakonski okvir
8. Koordinacija projekta, izveštavanje i dinamika aktivnosti

Aneks : Karta lokacije HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2"

1. OSNOVNE INFORMACIJE

Zemlja korisnik : Republika Srbija

Nosilac projekta : REV d.o.o. Beograd

2. POLAZNE PRETPOSTAVKE

- Izradu Studije će finansirati REV d.o.o. Beograd
- Na osnovu rešenja iz Studije opravdanosti izvršiti procenu uticaja izgradnje hidroelektrana "Brodarevo 1" i "Brodarevo 2" na životnu sredinu;
- Opštine će sarađivati u izradi dokumenta radi obezbeđenja što kvalitetnijih podataka i analiza i elaboriranja najprihvatljivijih rešenja;
- Potrebni podaci o životnoj sredini prikupiće se istraživanjem dostupnih izvora i na terenu u skladu sa stručnim standardima usaglašenim sa Obradivačem;
- Rok izrade Studije je 6 (šest) meseci od momenta uvođenja u posao od strane Nosioca projekta.

3. UVOD

U okviru Strategije razvoja energetike Republike Srbije do 2015. godine velika pažnja je posvećena korišćenju obnovljivih izvora energije zbog toga što postupci dobijanja i korišćenja fosilnih goriva u cilju povećanja standarda i kvalitetnijeg života doprinose značajnoj degradaciji životne sredine, a predstavljaju najšire korišćen izvor energije u velikom broju zemalja pa i u Srbiji (oko 70%). Čitav proces proizvodnje električne energije u termoelektranama kao neobnovljivog izvora energije, koji obuhvata: površinsku eksploatacija lignita (površinski kopovi i jalovišta), energetske preradu uglja u elektranama i odlaganje nusprodukata iz procesa sagorevanja uglja na deponije pepela, ugrožava osnovne resurse: vazduh, vodu, zemljište, kao i ostale parametre životne sredine. Hidroenergija kao jedini do sada korišćeni obnovljivi izvor energije u Republici Srbiji ima neznatne negativne uticaje na životnu sredinu, zbog čega je električna energija proizvedena u hidroelektranama okarakterisana kao „zelena“ (čista) električna energija.

4. PODACI O PODRUČJU

Razmatrana tehnička rešenja brana i akumulacija se nalaze u jugozapadnom delu Srbije, na području opštine Prijepolje, na prostoru srednjeg Polimlja, uglavnom na klisurastim potezima Lima.

Pregradni profil "Junakovine" hidroelektrane "Brodarevo 1" predviđen je na reci Lim, na rastojanju 3,5 km uzvodno od mosta u Brodarevu, na stacionaži km 101+887 toka reke. Pregradno mesto se nalazi u asimetričnoj klisuri. Na levoj obali trasiran je magistralni put Prijepolje - Bijelo Polje, dok je desna obala subvertikalna padina obronaka Junakovice. Na udaljenosti 1,3 km uzvodno od profila je uliv planinske rečice Kruševica, desne pritoke Lima.

Pregradni profil "Lučice" hidroelektrane "Brodarevo 2" predviđen je na reci Lim na stacionaži km 87+366 toka reke. Pregradno mesto se nalazi u široj rečnoj dolini asimetričnog oblika. Desna obala je blagog pada mestimično naseljena u okviru sela Lučice. Na levoj obali prolazi magistralni put Prijepolje - Bijelo Polje.

Karta lokacija data je u Aneksu

5. CILJEVI

U skladu sa zakonima u Republici Srbiji, kao i sa operativnom politikom Banke o proceni uticaja na životnu sredinu za ovakvu vrstu projekta, odnosno sa zahtevanim formatom i sadržajem neophodnim da bi se dobila ekološka dozvola,

- (i) proceniti koliko su lokacije "Junakovine" hidroelektrane "Brodarevo 1" i "Lučice" hidroelektrane "Brodarevo 2" prihvatljive za izgradnju hidroelektrana,
- (ii) proceniti potencijalne pozitivne i negativne uticaje koje bi izgradnja hidroelektrana na datim lokacijama imala na životnu sredinu, i
- (iii) predložiti mere ublažavanja i program monitoringa štetnih uticaja.

6. OPSEG USLUGA

6.1 Tehnički deo Studije

Ovaj deo Studije se sastoji od sledećih aktivnosti:

- Kvalitativan opis životne sredine uključujući informacije i podatke o postojećem stanju za svaki segment koji se odnosi na ljudsko okruženje za planirani sektor u periodu planiranih istraživanja.

U opisu će se dati informacije i podaci o:

- Stanovništvu i gustini naseljenosti okruženja;
- Biološkoj raznovrsnosti odnosno flori i fauni;
- Zemljištu (kvalitetu zemljišta, geološkim i geomorfološkim karakteristikama),

- Vazduhu (kvalitetu vazduha i klimi);
 - Pejzažu i topografiji.
- Analiza potencijalnih i očekivanih promena i uticaja aktivnosti na životnu sredinu, na osnovi podataka prikupljenih periodu planiranih istraživanja, imajući u vidu negativan uticaj koji projekat može imati na životnu sredinu.
- Biće procenjene sledeće direktne, indirektne, kumulativne, stalne i periodične negativne ili pozitivne posledice izgradnje hidroelektrana:
- Promene u karakteristikama kvaliteta površinskih i podzemnih voda;
 - Uticaje na biodiverzitet (floru i faunu);
 - Uticaje na lokalno stanovništvo koje živi na tom području;
 - Vizuelne uticaje na životnu sredinu i pejzaž;
 - Uticaje na magistralne i lokalne saobraćajnice;
 - Uticaje na najbližu zonu stambenih objekata i kapaciteta, kulturno-istorijske spomenike, arheološka nalazišta, itd;
 - Uticaje na zemljište;
 - Kvantitet i kvalitet izgubljenog poljoprivrednog zemljišta.
- Studija treba da bude izrađena u skladu sa već postojećim projektom, treba da ukaže na to da li se radi u svemu prihvatljivom i poželjnom projektu i da preporuči sve konkretne izmene koje bi trebalo da rešavaju ekološka pitanja koja mogu proistići iz postojećeg projekta.

Shodno odredbama Pravilnika o sadržini studije o proceni uticaja na životnu sredinu ("Sl. glasnik RS", br. 69/2005), neophodno je Studiju uraditi sa utvrđenim sadržajem, a koji se, između ostalog odnosi na :

- 1) podatke o nosiocu projekta;
- 2) opis lokacije na kojoj se planira izvođenje projekta;
- 3) opis projekta;
- 4) prikaz glavnih alternativa koje je nosilac projekta razmatrao;
- 5) prikaz stanja životne sredine na lokaciji i bližoj okolini (mikro i makro lokacija);
- 6) opis mogućih značajnih uticaja projekta na životnu sredinu;
- 7) procenu uticaja na životnu sredinu;
- 8) opis mera predviđenih u cilju sprečavanja, smanjenja i, gde je to moguće, otklanjanje svakog značajnijeg štetnog uticaja na životnu sredinu;
- 9) program praćenja uticaja na životnu sredinu;

10) netehnički prikaz podataka navedenih u tač.2) do 9);

11) podatke o tehničkim nedostacima ili nepostojanju odgovarajućih stručnih znanja i veština ili nemogućnosti da se pribave odgovarajući podaci.

6.2 Plan upravljanja životnom sredinom (EMP)

Biće izrađen po usvajanju osnovne studije. U Planu upravljanja životnom sredinom daće se rezime svih mera koje će biti preduzete da bi se ublažile ili uklonile negativne posledice na sve segmente životne sredine, kao i program praćenja uticaja projekta na životnu sredinu, i u redovnim i u vanrednim situacijama.

EMP predstavlja komplementarni element Studije. Da bi se pripremio EMP, Obradivač će:

- a) sprovesti sezonska istraživanja koja zbog kratkoće roka nisu obuhvaćena Studijom;
- b) identifikovati niz odgovora na potencijalno negativne uticaje;
- c) utvrditi zahteve za osiguravanje da ovi odgovori budu preduzeti na delotvoran i blagovremen način;
- d) opisati sredstva za zadovoljavanje tih zahteva.

Konkretnije EMP, uključuje sledeće komponente :

Ublažavanje

EMP identifikuje izvodljive i troškovno-efikasne mere koje mogu smanjiti potencijalno znatne negativne uticaje na životnu sredinu na prihvatljive nivoe. Plan uključuje kompezatorne mere ako mere ublažavanja ne budu izvodljive, troškovno-efikasne ili dovoljne, konkretno :

- (i) identifikuje i sumira sve predviđene značajne negativne uticaje na životnu sredinu (uključujući i one koje se odnose na lokalno stanovništvo ili prinudno raseljavanje);
- (ii) opisuje, uz tehničke detalje, svaku meru ublažavanja, uključujući i vrstu uticaja na koju se odnosi i uslove pod kojima je potrebna (npr. kontinualno ili u slučaju nepredviđenih okolnosti), opis opreme i radne procedure;
- (iii) procenjuje sve potencijalne uticaje na životnu sredinu ovih mera; i
- (iv) obezbeđuje vezu sa ostalim planovima za ublažavanje (npr. za prinudno raseljavanje, lokalnog stanovništva ili kulturnu imovinu) koje zahteva sam projekat.

Monitoring

Monitoring životne sredine tokom realizacije projekta pruža informacije o ključnim ekološkim aspektima projekta, posebno o uticajima projekta na životnu sredinu i delotvornost mera za ublažavanje. Takve informacije omogućuju klijentu Banke i Banci da evaluiraju uspeh mera ublažavanja u okviru nadzora projekta i omogućava preduzimanje korektivnih mera kada je to potrebno. Stoga, EMP identifikuje ciljeve monitoringa i navodi vrstu monitoringa, sa vezama na procenju uticaje u EA izveštaju i mere za ublažavanje opisane u EMP. Konkretno, poglavlje EMP-a o monitoringu daje:

(a) konkretan opis i tehničke detalje mera monitoringa, uključujući i parametre koje treba meriti, metode koje će se primenjivati, lokacije za uzimanje uzoraka, učestalost merenja, granice detekcije (gde je to prikladno) i definiciju pragova koji će signalizirati potrebu za korektivnim radnjama; i

(b) procedure za monitoring i izveštavanje da bi se (i) osiguralo rano otkrivanje stanja koja zahtevaju posebne mere za ublažavanje, i (ii) obezbeđivanje informacija o napretku i rezultatima ublažavanja.

Razvoj kapaciteta i obuka

Da bi se podržala blagovremena i delotvorna implementacija ekoloških komponenti projekta i mera za ublažavanje, EMP se oslanja na EA procenu o postojanju, ulozi i sposobnosti jedinica za životnu sredinu na terenu ili na nivou Agencije odnosno Ministarstva. Konkretno, EMP, daje opis institucionalne organizacije – ko je odgovoran za vršenje mera ublažavanja i monitoringa (npr. za rad, nadzor, sprovođenje monitoring realizacije, sanacione mere, finansiranje, izveštavanje i obuku osoblja).

Dinamika realizacije i procene troškova

Što se tiče sva tri aspekta (ublažavanje, monitoring i izgradnja kapaciteta), EMP obezbeđuje (a) raspored realizacije mera koje treba izvesti u okviru projekta, uz prikaz realizacije po fazama i koordinacije sa planovima za realizaciju ukupnog projekta; i (b) kapital i procenu tekućih troškova i izvora sredstava za realizaciju EMP.

7. RELEVANTNI ZAKONSKI OKVIR

Studija mora biti u saglasnosti sa nacionalnim zakonskim okvirom i evropskim direktivama (ali ne ograničavati se samo na njih) :

- Zakon o zaštiti životne sredine ("Sl. glasnik RS", br. 135/04, i 36/09),

- Zakon o strateškoj proceni uticaja na životnu sredinu (Narodna skupština RS 2004: Sl. glasnik RS 135/2004
- Direktiva 2001/42/EC o proceni uticaja određenih planova i programa na životnu sredinu (European Parliament 2001: Directive 2001/42/EC of the European Parliament and of the Council of 27 June 2001 on the assessment of the effects of certain plans and programmes on the environment
- Zakon o potvrđivanju Konvencije o očuvanju migratornih vrsta divljih životinja. Beograd 5.11.2007: Služb. glasnik RS – Međunar. ugovori 102/2007
- Zakon o potvrđivanju Konvencije o očuvanju evropske divlje flore i faune i prirodnih staništa. Beograd 7.11.2007: Služb. glasnik RS – Međunar. ugovori 102/2007
- Zakon o planiranju i izgradnji ("Sl. glasnik RS", br. 72/09),
- Zakon o vodama ("Sl. glasnik RS", 30/10);
- Zakon o zaštiti vazduha ("Sl. glasnik RS", br. 36/09);
- Zakon o upravljanju otpadom ("Sl. glasnik RS", br. 36/09);
- Zakon o zaštiti od buke u životnoj sredini ("Sl. glasnik RS", br. 36/09);
- Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu ("Sl. glasnik RS", br. 101/05);
- Zakon o zaštiti od požara ("Sl. glasnik SRS", br. 37/88 i "Sl. glasnik RS", br. 53/93, 67/93, 48/94 i 101/05);
- Zakon o kulturnim dobrima ("Sl. glasnik RS", br. 71/94);
- Zakon o eksplozivnim materijama, zapaljivim tečnostima i gasovima ("Sl. glasnik SRS", br. 44/77, 45/84 i 18/89 i "Sl. glasnik RS", br. 53/93, 67/93, 48/94 i 101/05);
- Pravilnik o sadržini studije o proceni uticaja na životnu sredinu ("Sl. glasnik RS" br. 69/05);
- Pravilnik o proglašenju i zaštiti strogo zaštićenih i zaštićenih divljih vrsta biljaka, životinja i gljiva. Beograd: Služb. glasnik RS 5/2010.
- Pravilnik o načinu postupanja sa otpacima koji imaju svojstva opasnih materija ("Sl. glasnik RS", br. 12/95);
- Pravilnik o dozvoljenom nivou buke u životnoj sredini ("Sl. glasnik RS", br. 54/92);
- Pravilnik o graničnim vrednostima, metodama merenja emisije, kriterijumima za uspostavljanje mernih mesta i evidenciji podataka ("Sl. glasnik RS", br. 54/92, 30/99, 19/06);
- Pravilnik o graničnim vrednostima emisije, načinu i rokovima merenja i evidentiranju podataka ("Sl. glasnik RS", br. 30/97 i 35/97);
- Pravilnik o opasnim materijama u vodama ("Službeni glasnik SRS", br. 31/82);
- Pravilnik o načinu i minimalnom broju ispitivanja kvaliteta otpadnih voda ("Sl. glasnik SRS", br. 47/83, 13/84);

- Pravilnik o količini vode koja se smatra kao neznatno mala količina pri upotrebljavanju i odvođenju, odnosno ispuštanju voda ("Sl.glasnik SRS"; br. 67/81);
- Pravilnik o dozvoljenim količinama opasnih i štetnih materija u zemljištu i vodi za navodnjavanje i metodama njihovog ispitivanja ("Sl.glasnik RS"; br. 23/94);
- Pravilnik o metodologiji za procenu opasnosti od hemijskog udesa i od zagađivanja životne sredine, merama pripreme i merama za otklanjanje posledica ("Sl. glasnik RS", br. 60/94);
- Pravilnik o tehničkim normativima za izgradnju objekata visokogradnje u seizmičkim područjima ("Sl.list SFRJ", br. 31/81);
- Pravilnik o tehničkim normativima za temeljenje građevinskih objekata ("Sl.list SFRJ", br. 15/90);
- Pravilnik o merama i normativima zaštite na radu na oruđima za rad ("Sl.list SFRJ", br. 18/91);
- Pravilnikom o postupku pregleda i ispitivanja opreme za rad i ispitivanja uslova radne okoline ("Sl. glasnik RS", br. 94/06 i 108/06.);
- Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu objekata od atmosferskog pražnjenja ("Sl.list SFRJ", br. 11/96);
- Pravilnik o tehničkim normativima za zaštitu od statičkog elektriciteta ("Sl.list SFRJ", br. 62/73);
- Pravilnik o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona ("Sl.list SFRJ", br. 53 i 54/88);
- Pravilnik o tehničkim normativima za spoljnu i unutrašnju hidrantsku mrežu za gašenje požara ("Sl.list SFRJ", br. 30/91).
- Pravilnik o metodologiji za procenu opasnosti od hemijskog udesa i od zagađivanja životne sredine, merama pripreme i merama za otklanjanje posledica ("Sl. glasnik RS", br. 60/94);
- Uredba o utvrđivanju vodoprivredne osnove Republike Srbije ("Sl. glasnik RS", br. 11/02);
- Uredba o klasifikaciji voda ("Sl. glasnik SRS", br. 5/68 i 33/75);
- Uredba o klasifikaciji voda međurepubličkih vodotoka, međudržavnih voda i voda obalnog mora Jugoslavije ("Sl. list SFRJ", br. 6/78);
- Ostali pravilnici, standardi i tehnički normativi koji se odnose na ovu vrstu postrojenja.

8. KOORDINACIJA PROJEKTA, IZVEŠTAVANJE I DINAMIKA AKTIVNOSTI

Obradivač će u cilju kvalitetne izrade Studije angažovati stručni tim, koji će biti sastavljen naročito, od stručnjaka iz sledećih oblasti : zaštite životne sredine, građevinarstva, geologije, hidrologije, tehnologije, biologije, sociologije, pedologije, bezbednosti i zaštite na radu.

Koordinacija projekta

Nosilac projekta koordinira aktivnostima na izradi Studije, kao i krajnji korisnici opština Prijepolje i nadležne institucije Republike Srbije.

Nosilac projekta će obezbediti, bez nadoknade, sve postojeće informacije, podatke, izveštaje i mape i pomagace Obradivaču u pribavljanju drugih relevantnih informacija i materijala od državnih institucija i lokalnih samouprava u meri u kojoj je to moguće. Dužnost Obradivača je da proverí dostupnost, kvalitet i prikladnost informacija. Informacije, podaci, izveštaji i sl. prethodno pomenuti biće stavljeni na raspolaganje Obradivaču na neograničeno vreme tokom trajanja izvršenja ugovora.

Veza sa svim relevantnim vlastima ostvariće se preko Nosioca projekta.

Rezultate Studije revidiraju i usvajaju eksperti Nosioca projekta, Finansijske institucije i resornog Ministarstva u Vladi Republike Srbije. Obaveza je Obradivača da njihove napomene i komentare uvrsti u konačni izveštaj.

Izveštavanje i dinamika aktivnosti

Obradivač će organizovati radni sastanak prilikom početka rada na Studiji, gde će prezentovati planove vođenja Studije.

Tokom rada na Studiji, Obradivač je dužan sarađivati sa Nosiocem projekta i redovno ga obaveštavati o napredovanju radova na Studiji. Takođe, Obradivač je dužan, da u toku izrade, radni materijal za Studiju stavlja na uvid Nosiocu projekta, ukoliko se to od njega zatraži.

Obradivač će pripremati i podnositi izveštaje u skladu sa sledećim:

- 1) Inicijalni izveštaj – 2 nedelje nakon početka
- 2) Kontrolni izveštaj 1. – 10 nedelja nakon početka
- 3) Kontrolni izveštaj 2. – 20 nedelja nakon početka
- 4) Nacrt konačnog izveštaja – 25 nedelja nakon početka

Obradivač je dužan Nosiocu projekta predati 4 (četiri) primerka Studije na srpskom i 4 (četiri) primerka na engleskom jeziku, kao i po 2 (dva) primerka u digitalnom obliku, na srpskom i engleskom jeziku.

TEHNIČKI DEO

SADRŽAJ

1.	UVOD	TD-6
2.	OSNOVNI PODACI O BRANAMA I AKUMULACIJAMA	TD-9
3.	RASPOLOŽIVI ULAZNI PODACI	TD-19
3.1.	TOPOGRAFSKE PODLOGE	TD-19
3.2.	HIDROLOŠKE I HIDRAULIČKE PODLOGE	TD-19
4.	SHEMATIZACIJA REČNOG TOKA-POČETNI I GRANIČNI USLOVI ZA MODEL	TD-22
5.	KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESECI	TD-25
6.	DEFINISANJE HIDRAULIČKIH POSLEDICA ZA STACIONARNE USLOVE TEČENJA	TD-26
7.	ODREĐIVANJE HIDRAULIČKIH POSLEDICA IZAZVANIH SEKVENCIJALNIM RUŠENJEM BRANA HE "BRODAREVO 1" I HE "BRODAREVO 2"	TD-27
7.1.	ZONE PLAVLJENJA I ANALIZA ZONA PLAVLJENJA SA GLEDIŠTA MOGUĆIH POSLEDICA	TD-28
7.2.	ANALIZA NIVOVA VODE DUŽ TOKA	TD-31
7.3.	ANALIZA PROMENE PROTICAJA DUŽ TOKA	TD-31
7.4.	ANALIZA VREMENA PUTOVANJA ČELA TALASA I POJAVE MAKSIMALNOG NIVOVA I PROTICAJA	TD-32
7.5.	ANALIZA BRZINE PROPAGACIJE ČELA TALASA I MAKSIMALNIH SREDNJIH BRZINA U POPREČNIM PRESECIMA	TD-32
8.	PRAŽNENJE AKUMULACIJA HE "BRODAREVO 1" I HE "BRODAREVO 2" I ODREĐIVANJE BEZBEDNOG NIVOVA U AKUMULACIJAMA	TD-33
9.	OBELEŽAVANJE ZONE PLAVLJENJA NA TERENU	TD-34
10.	INTEGRALNI SISTEM ZA OSMATRANJE, OBAVEŠTAVANJE, PREVENCIJU I AKCIONO DEJSTVO U SLUČAJU VANREDNIH SITUACIJA	TD-35
10.1.	UVOD	TD-35
10.2.	SISTEM ZA OSMATRANJE, OBAVEŠTAVANJE, PREVENCIJU I AKCIONO DEJSTVO U SLUČAJU SEKVENCIJALNOG RUŠENJA BRANA HE "BRODAREVO 1" I HE "BRODAREVO 1" NA LIMU	TD-38
10.3.	OPERATIVNI PLANovi ZA OBAVEŠTAVANJE I UZBUNJIVANJE	TD-44
10.4.	EVAKUACIJA STANOVNIŠTVA NA PODRUČJU NIZVODNO OD BRANA NA LIMU	TD-46
10.5.	KRITERIJUMI ZA OGLAŠAVANJE STANJE PRIPRAVNOSTI	TD-48
11.	OPIS OSNOVA PRIMENJENIH HIDRODINAMIČKIH MATEMATIČKIH MODELA NESTACIONARNOG TEČENJA VODE U OTVORENIM TOKOVIMA KAO POSLEDICA RUŠENJA BRANE	TD-52
11.1.	UVOD	TD-52
11.2.	MODEL PROLOM – PRORAČUN HIDRAULIČKIH POSLEDICA USLED RUŠENJA BRANA	TD-56

11.2.1.	OSNOVNE JEDNAČINE	TD-56
11.2.2.	POČETNI USLOVI (KOTE I PROTICAJI PRE RUŠENJA BRANE)	TD-57
11.2.3.	GRANIČNI USLOVI.....	TD-58
11.2.4.	REŠAVANJE OSNOVNIH JEDNAČINA.....	TD-58
11.2.5.	USLOV STABILNOSTI PRORAČUNA	TD-59
11.2.6.	OBJAŠNJENJE OZNAKA KORIŠĆENIH U TEKSTU.....	TD-59
11.2.7.	POREKLO PROGRAMA.....	TD-60
11.3.	MODEL HEC – RAS (RIVER ANALYSIS SYSTEM)	TD-61
11.3.1.	UVOD	TD-61
11.3.2.	OSNOVNE JEDNAČINE	TD-61
11.3.3.	PRIMENA OSNOVNIH JEDNAČINA U HEC-RAS MODELU	TD-67
11.3.4.	DISKRETIZACIJA OSNOVNIH JEDNAČINA U HEC-RAS MODELU	TD-69
11.3.5.	GRANIČNI USLOVI.....	TD-75
11.3.6.	REŠAVANJE SISTEMA OSNOVNIH JEDNAČINA	TD-76
12.	REFERENCE	TD-77
13.	PRILOZI	TD-79

SPISAK PRILOGA

1. Geografska lokacija brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2"
2. Pregledna karta plavne zone usled sekvencijalnog rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" (R 1 : 10.000)
3. Anvelope maksimalnih nivoa
4. Anvelope maksimalnih proticaja
5. Vremena pojave čela talasa
6. Vremena pojave maksimalnih nivoa
7. Vremena pojave maksimalnih proticaja
8. Brzina propagacije čela talasa
9. Srednje maksimalne brzina u poprečnim presecima
10. Hidrogrami u karakterističnim poprečnim presecima - Varijanta 1.
11. Nivogrami u karakterističnim poprečnim presecima - Varijanta 1.
12. Hidrogrami u karakterističnim poprečnim presecima - Varijanta 2.
13. Nivogrami u karakterističnim poprečnim presecima - Varijanta 2.
14. Karakteristični poprečni presek br. 25.50 – Brana HE "Brodarevo 1" (stacionaža 0+000 km) sa rezultatima proračuna
15. Karakteristični poprečni presek br. 43 - Brodarevo (stacionaža 3+710 km) sa rezultatima proračuna
16. Karakteristični poprečni presek br. 75.50 - Brana HE "Brodarevo 2" (stacionaža 14+260 km) sa rezultatima proračuna
17. Karakteristični poprečni presek br. 97 - Kolovrat (stacionaža 23+370 km) sa rezultatima proračuna
18. Karakteristični poprečni presek br. 103 – Prijepolje uzvodno (stacionaža 25+714 km) sa rezultatima proračuna
19. Karakteristični poprečni presek br. 111 - Prijepolje nizvodno (stacionaža 28+019 km) sa rezultatima proračuna

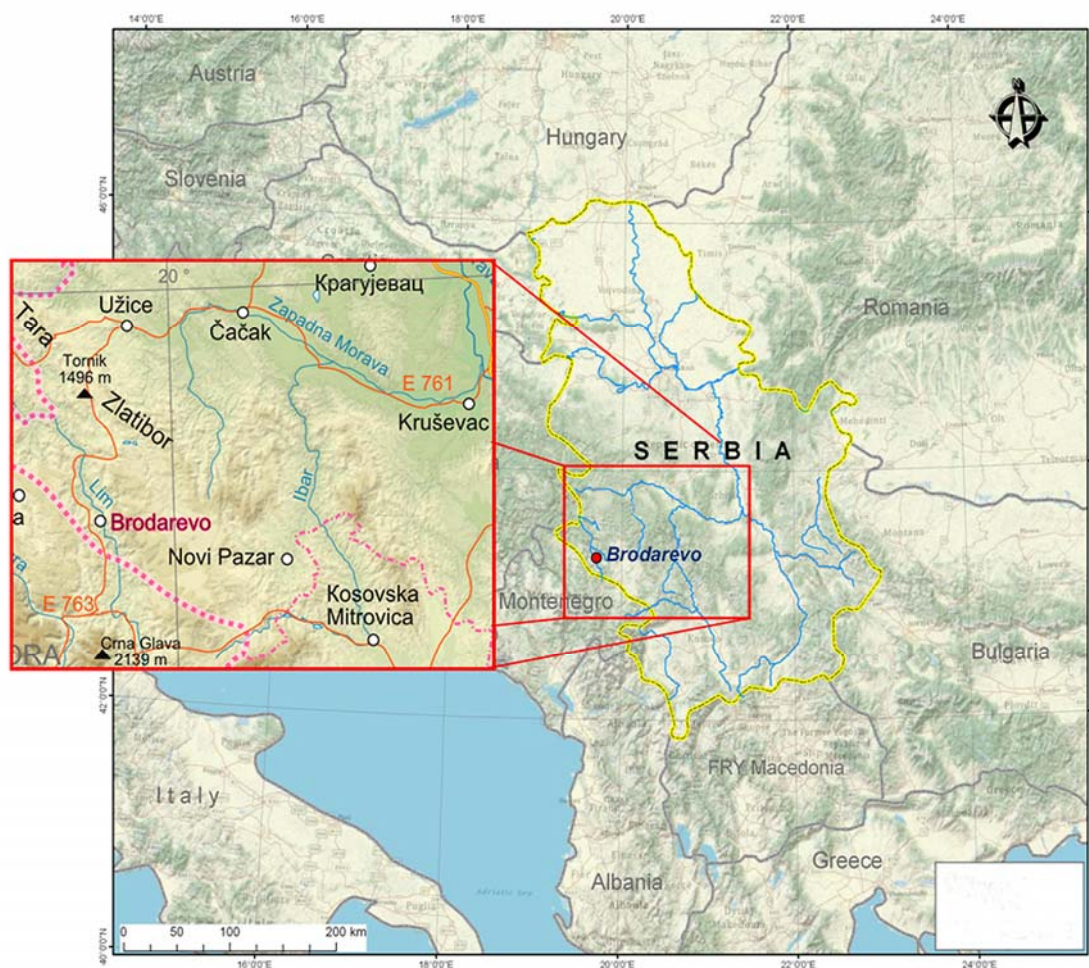
20. Karakteristični poprečni presek br. 118 - HE "Bistrica" (stacionaža 37+644 km) sa rezultatima proračuna
21. Hidrogrami velikih voda; reka Lim, poprečni presek brane HE "Brodarevo 1"
22. Rezultati proračuna na analiziranoj deonici reke Lim - sekvencijalno rušenje brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2"
23. Spisak belega za obeležavanje zone plavljenja na terenu
24. Izgled terenske belege za obeležavanje maksimalne zone plavljenja
25. Informaciona shema Sistema

1. UVOD

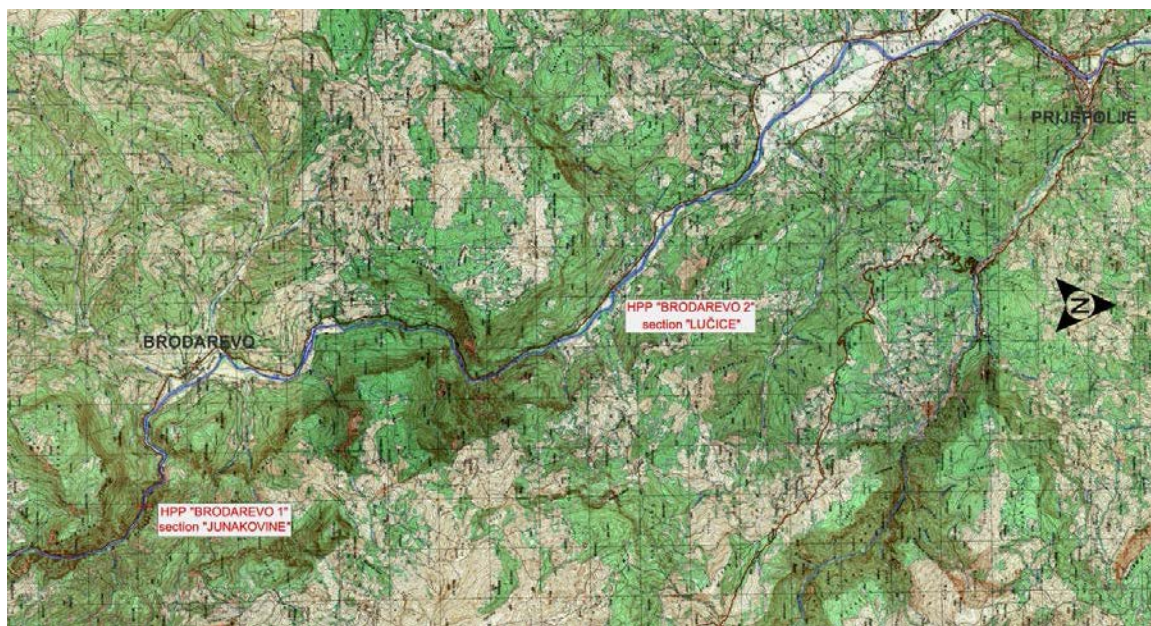
U okviru ove sveske **STUDIJE O PROCENI UTICAJA PROJEKTA IZGRADNJE HIDROENERGETSKIH OBJEKATA BRODAREVO 1 I BRODAREVO 2 NA ŽIVOTNU SREDINU** će se prikazati analize rezultata hidrodinamičkog proračuna propagacije talasa koji može nastati usled iznenadnog i potpunog sekvencijalnog rušenja brana HE "BRODAREVO 1" I "BRODAREVO 2".

Ove analize će poslužiti za preciznije sagledavanja hidrauličkih posledica na deonici reke Lim, od uzvodnog kraja akumulacije HE "Brodarevo 1" do uzvodnog kraja akumulacije, odnosno profila brane HE "Potpeć", koje se mogu pojaviti prilikom eventualnog iznenadnog sekvencijalnog rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2".

Na slikama 1. i 2. prikazana je šira geografska lokacija razmatranog dela toka reke Lim na kom se nalaze projektovani hidroenergetski objekti.



Slika 1. – Šira geografska lokacija zone projekta



Slika 2. – Geografska lokacija brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2"

Radi sagledavanja mogućih hidrauličkih posledica, koje se mogu manifestovati na području nizvodno od razmatranih objekata brana, urađeni su hidrodinamički proračuni propagacije talasa koji može nastati usled sekvencijalnog rušenja brana (rušenja brana u nizu) HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2".

Rezultati hidrodinamičkih proračuna propagacije talasa nastalog rušenjem pomenutih brana su poslužili za analizu dinamike propagacije poplavnog talasa, preko analize hidrograma, nivograma, vremena pojave čela talasa, vremena pojave maksimalnih nivoa i proticaja, kao i brzine čela talasa i srednje maksimalnih brzina u poprečnim presecima, na nizvodnom rečnom potezu.

Obzirom na lokacije projektovanih hidroenergetskih objekata HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", hidrodinamičke analize su vršene od uzvodnog kraja uzvodne akumulacije HE "Brodarevo 1" do poprečnog preseka reke Lim, na kome se nalazi brana HE "Potpeć", odnosno do uzvodnog kraja akumulacije HE "Potpeć".

Osnovni podaci o branama i akumulacijama HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" su prikazani u poglavlju 2. ove sveske, a shematizacija rečnog toka, odnosno izbor scenarija za proračune (kombinacija početni i granični uslovi za proračune) je prikazana u poglavlju 4.

U okviru poglavlja 3. ove sveske je prikazan pregled raspoloživih ulaznih podataka za proračune.

U poglavlju 5. su prikazani izabrani karakteristični poprečni preseki duž toka reke Lim, nizvodno od brane HE "Brodarevo 1", u kojima su detaljnije prikazani rezultati hidrodinamičkih proračuna, dok su u poglavlju 6. i 7. prikazani rezultati i posledične analize rezultata ovih proračuna. Hidraulički proračuni su urađeni za 2 scenarija iznenadnog sekvencijalnog rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2".

U okviru poglavlja 8. je dat prikaz analize pražnjenja akumulacija HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", dok je u poglavlju 9. prikazan način obeležavanja zone plavljenja na terenu.

U poglavlju 10. je dat prikaz sheme integralnog sistema za obaveštavanje i uzbunjivanje stanovništva na ugroženom području.

U okviru poglavlja 11. je dat prikaz osnova primenjenih hidrodinamičkih matematičkih modela, korišćenih za proračune izrazito neustaljenog tečenja vode u otvorenim tokovima, koja mogu nastati kao posledica rušenja brane.

U okviru poglavlja 12. su date neke od najvažnijih referenci korišćenih pri izradi predmetne dokumentacije, dok su u poglavlju 13. dati prilozi.

Ovaj deo Studije, odnosno sadržaj ove sveske, izbor varijanti-scenarija, metodologija i forma prikaza rezultata proračuna, su usklađeni sa projektnim zadatkom i zakonskom regulativom i preporukama koje se odnosi na ovakvu vrstu analiza :

- ***“Uredba o sistemu osmatranja i obaveštavanja”***, Službeni glasnik SRS, januar 1990.god.
- ***“Uputstvo o izradi dokumentacije za određivanje posledica usled iznenadnog rušenja ili preliivanja visokih brana”***, Savezni komitet za poljoprivredu, januar 1975. god.

Pored domaće zakonske regulative i preporuka, za izradu ovakve vrste analiza, kao i velikog iskustva koje “Energoprojekt-Hidroinženjering” ima na izradi slične dokumentacije, u zemlji i inostranstvu, pri izradi predmetne dokumentacije korišćeni su i globalni svetski standardi i preporuke, definisani u okviru sledeće dokumentacije :

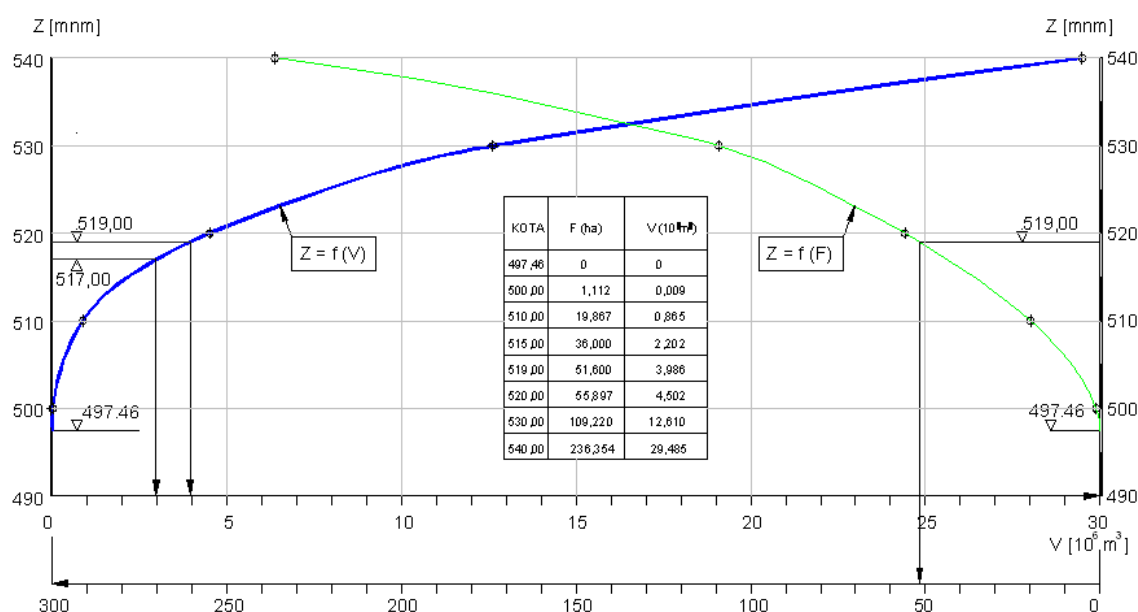
- ***“Étude d'Onde de Repture de baragge - Synthèse et recommandations”***, ***Bulleten 111, Commission Internationale Des Grands Barrages, Paris, France, 1998;***
- ***CADAM Projekt-Concerted Action on Dambreak Modelling***, HR Wallingford (M.W. Morris), 2000;
- ***“Dambreak Modelling Guidelines and Best Practice”***, Morris & Galland, 2000;
- ***The National Dam Safety Program***, FEMA (USA), 2003;
- ***RESCDAM-Development of Rescue Actions Based on Dam-Break Flood Analysis***, FEI-Finland, 2001;
- ***“Bureau of Reclamation's Dam Safety Program”***, Achterberg, D., Nineteenth, Annual USCOLD Lecture Series, 1999;
- ***Federal Guidelines for Dam Safety***, FEMA (USA), 2004;
- ***Guidelines for Failure Impact Assessment of Water Dams***, Quinslend Goverment, 2002;
- ***Engineering Guide to Emergency Planning for UK Reservoirs***, DEFRA (UK), 2006;
- ***Reservoir Safety-Floods and Reservoir safety Integration***, DEFRA (UK), 2002;
- ***IMPACT-Investigation of Extreme Flood Processes and Uncertynity***, HR WALLINGFORD, 2002;
- ***Dam Safety Guidelines***, Washington State (USA) - Department of Ecology, 1992;

2. OSNOVNI PODACI O BRANAMA I AKUMULACIJAMA

2.1. OSNOVNI PODACI O BRANI I AKUMULACIJI HE "BRODAREVO 1"

Na pregradnom profilu "Junakovine" je predviđena izgradnja brane HE "Brodarevo 1", na rastojanju od oko 3,5 km uzvodno od mosta u Brodarevu na reci Lim, na stacionaži 101+887 km toka reke Lim. Pregradno mesto je predviđeno u asimetričnoj klisuri. Na levoj obali reke je trasiran magistralni put Prijepolje-Bijelo Polje, dok je desna obala praktično subvertikalna padavina obronaka Junakovine. Na udaljenosti od oko 1,3 km uzvodno od ovog pregradnog profila se nalazi ušće reke Kruševice, desne pritoke Lima. U tabeli 1. su prikazani osnovni parametri akumulacije i brane HE "Brodarevo 1".

Na slici 3. je prikazana kriva zapremine i površine akumulacije HE "Brodarevo 1", a na slikama 4. i 5. su prikazana osnova i karakteristični preseki brane HE "Brodarevo 1".



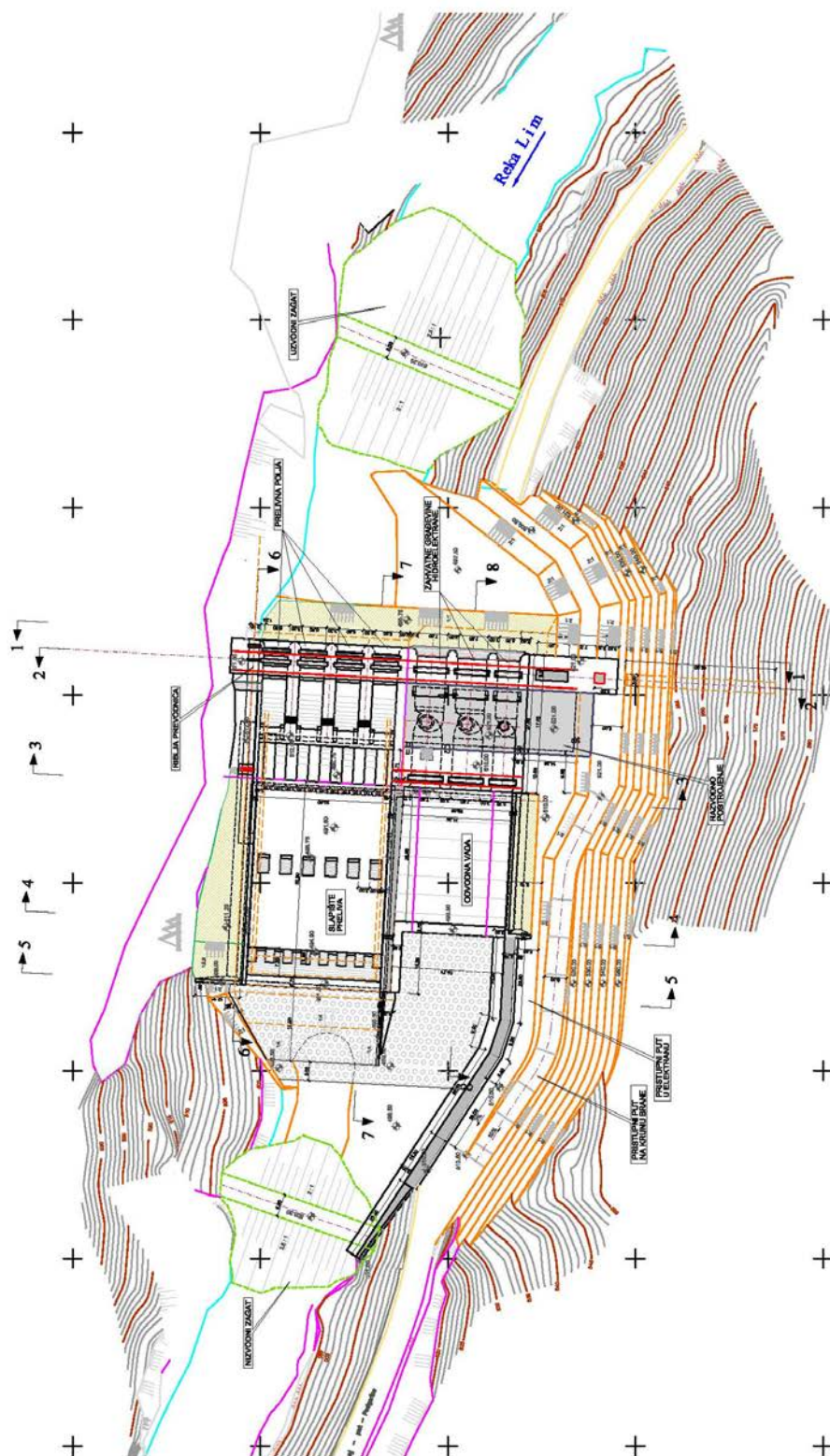
Slika 3. – Kriva zapremine i površine akumulacije HE "Brodarevo 1"

U profilu "Junakovina" je predviđena izgradnja betonske gravitacione brane HE "Brodarevo 1" visine od oko 39 m, koja će formirati akumulaciju ukupne zapremine od oko 4.000.000 m³, sa površinom od oko 52 ha, na koti normalnog (maksimalnog) nivoa od 519,00 mm. Evakuacioni organi ove brane su dimenzionisani da propuste talas prirodnih velikih voda povratnog perioda T=1.000 godina, sa maksimalnim proticajem od 2.150 m³/s.

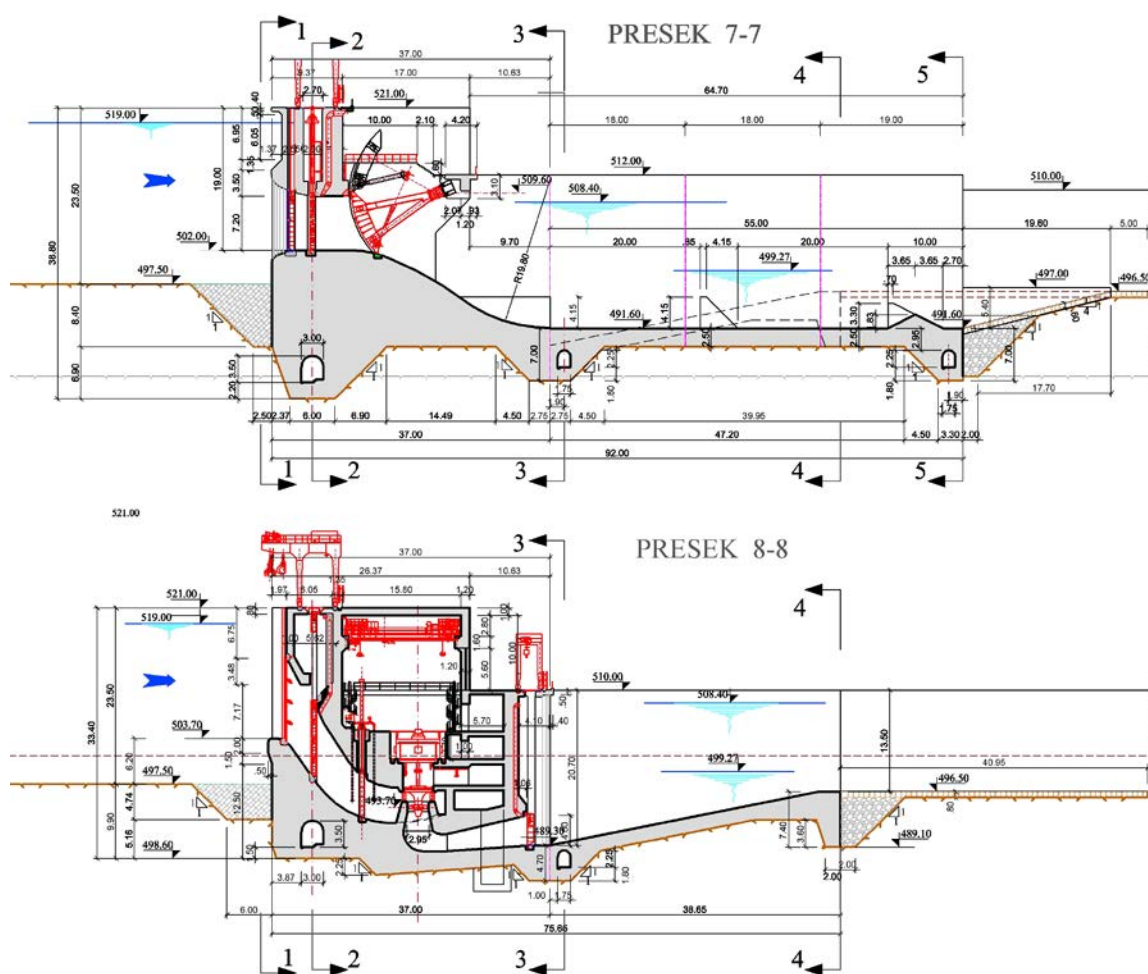
Tabela 1.

Osnovni parametri akumulacije i brane HE „BRODAREVO 1”

Vrsta informacija	Informacija	Vrednost
Generalni podaci	Reka	Lim
	Ime brane/akumulacije	Brodarevo 1
Hidrološki podaci	Površina sliva do brane (km ²)	2.730
	Velika voda Q ₁₀₀₀ (m ³ /s)	2.150
Osnovne karakteristike akumulacije	Kota maksimalnog radnog nivoa (mnm)	519,00
	Površina akumulacije na koti maksimalnog radnog nivoa (ha)	51,60
	Kota normalnog radnog nivoa (mnm)	519,00
	Kota minimalnog radnog nivoa (mnm)	517,00
	Zapremina akumulacije do kote maksimalnog nivoa (hm ³).	3,99
	Namena akumulacije	Hidroenergetsko korišćenje
Osnovne karakteristike brane	Tip brane	Gravitaciona betonska
	Kota krune brane (mnm)	521,00
	Dužina/širina brane u kruni (m)	103,20/9,35
	Visina brane (m)	38,80
Osnovne karakteristike evakuacionih organa	Tip evakuacionih organa	Dva površinska i dva potopljenja prelivna polja
	Maximalni kapacitet preliva (m ³ /s)	2.150
Osnovni podaci o projektovanju i izgradnji brane	Projektant	Energoprojekt
	Izvodjač radova	/
	Godina izgradnje/Pustanje u eksploataciju	/
	Rekonstrukcija brane u odnosu na originalnu konstrukciju	/
	Godina izvedene rekonstrukcije	/



Slika 4. – Osnova brane HE "Brodarevo 1"

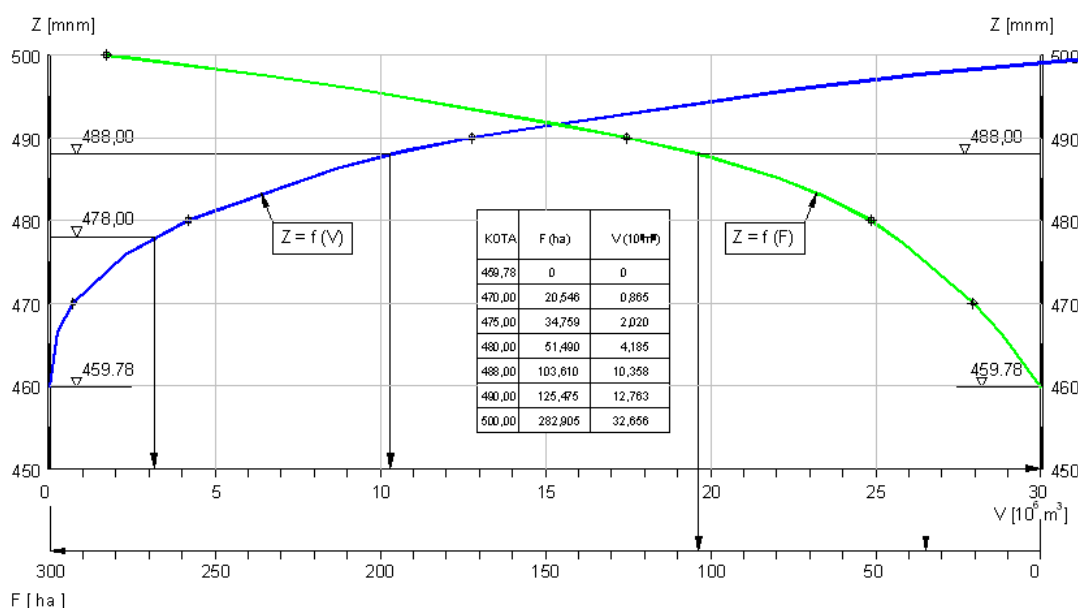


Slika 5. – Poprečni preseki brane HE "Brodarevo 1"

2.2. OSNOVNI PODACI O BRANI I AKUMULACIJI HE "BRODAREVO 2"

Na pregradnom profilu "Lučice" je predviđena izgradnja brane HE "Brodarevo 2", na stacionaži 87+366 km toka reke Lim. Pregradno mesto se nalazi u široj rečnoj dolini asimetričnog oblika. Desna obala je blagog pada, mestimično naseljena u okviru sela Lučice. Na levoj obali se nalazi trasa magistralnog puta Prijepolje-Bijelo Polje. U tabeli 2. su prikazani osnovni parametri akumulacije i brane HE "Brodarevo 2".

Na slici 6. je prikazana kriva zapremine i površine akumulacije HE "Brodarevo 2", a na slikama 7. i 8. su prikazana osnova i karakteristični preseki brane HE "Brodarevo 2".



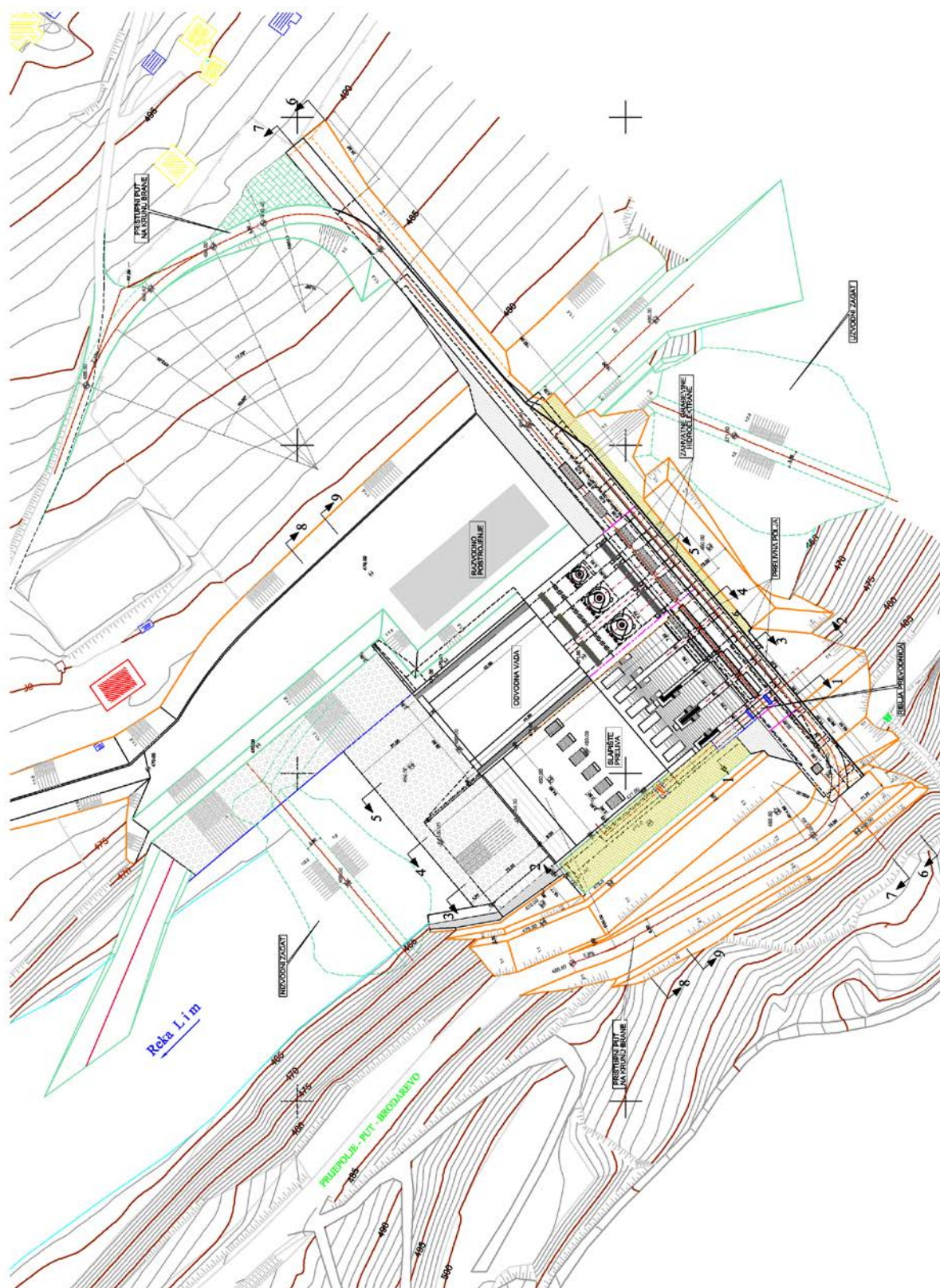
Slika 6. – Kriva zapremine i površine akumulacije HE "Brodarevo 2"

U profilu "Lučice" je predviđena izgradnja betonske gravitacione brane HE "Brodarevo 2" visine od oko 46 m, koja će formirati akumulaciju zapremine od oko 10.360.000 m³, sa površinom od oko 104 ha, na koti normalnog (maksimalnog) nivoa od 488,00 mm. Evakuacioni organi ove brane su dimenzionisani da propuste talas prirodnih velikih voda povratnog perioda T=1.000 godina, sa maksimalnim proticajem od 2.290 m³/s.

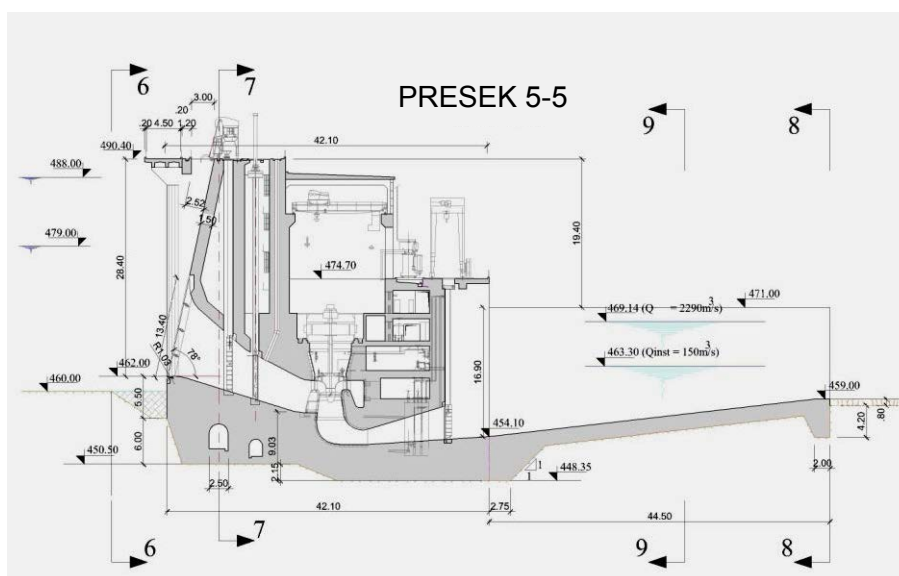
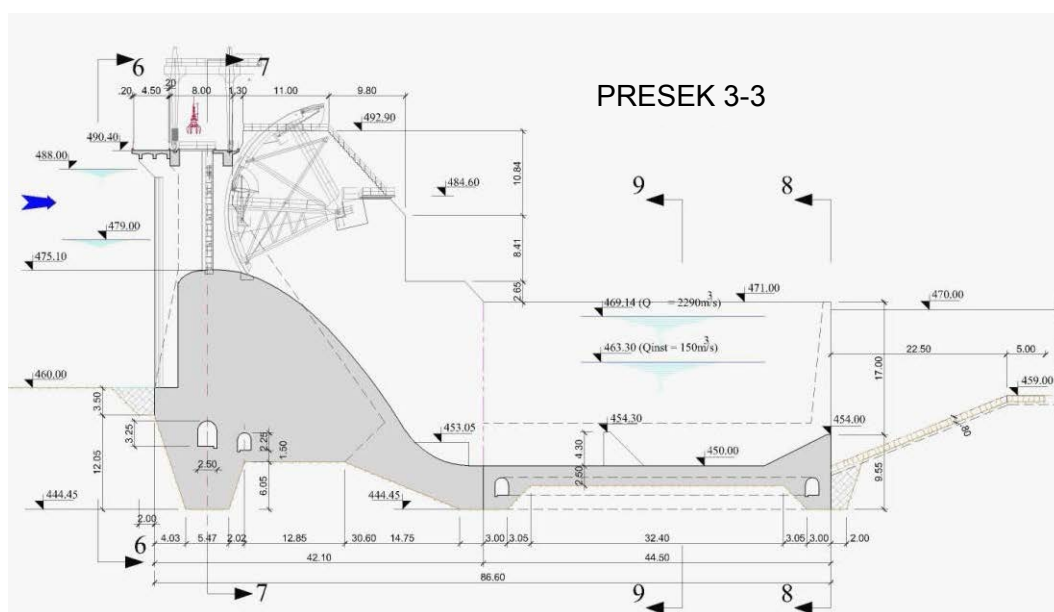
Tabela 2.

Osnovni parametri akumulacije i brane HE "BRODAREVO 2"

Vrsta informacija	Informacija	Vrednost
Generalni podaci	Reka	Lim
	Ime brane/akumulacije	Brodarevo 2
Hidrološki podaci	Površina sliva do brane (km ²)	2.879
	Velika voda Q ₁₀₀₀ (m ³ /s)	2.290
Osnovne karakteristike akumulacije	Kota maksimalnog radnog nivoa (mnm)	488,00
	Površina akumulacije na koti maksimalnog radnog nivoa (ha)	103,61
	Kota normalnog radnog nivoa (mnm)	488,00
	Kota minimalnog radnog nivoa (mnm)	478,00
	Zapremina akumulacije do kote maksimalnog nivoa (hm ³).	10,36
	Namena akumulacije	Hidroenergetsko korišćenje
Osnovne karakteristike brane	Tip brane	Gravitaciona betonska
	Kota krune brane (mnm)	490,00
	Dužina/širina brane u kruni (m)	243,70/8,00
	Visina brane (m)	45,95
Osnovne karakteristike evakuacionih organa	Tip evakuacionih organa	Dva površinska i dva potopljena prelivna polja
	Maximalni kapacitet preliva (m ³ /s)	2.290
Osnovni podaci o projektovanju i izgradnji brane	Projektant	Energoprojekt
	Izvođač radova	/
	Godina izgradnje/Pustanje u eksploataciju	/
	Rekonstrukcija brane u odnosu na originalnu konstrukciju	/
	Godina izvedene rekonstrukcije	/



Slika 7. – Osnova brane HE "Brodarevo 2"



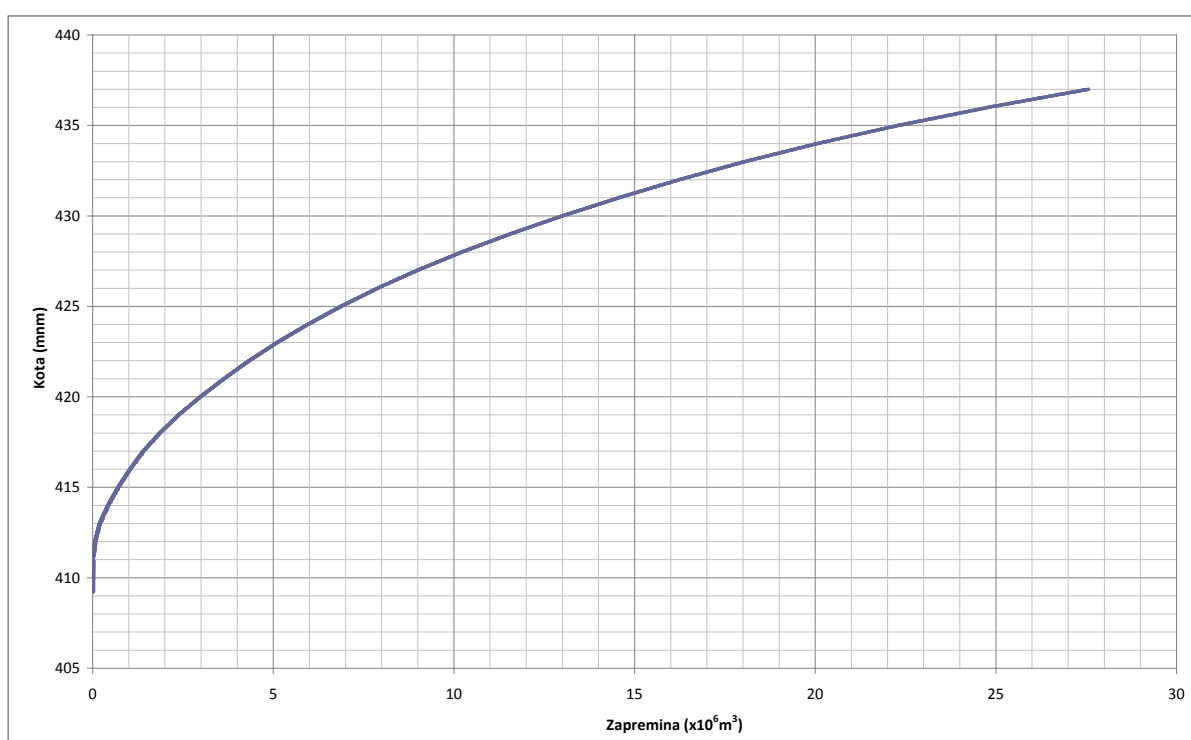
Slika 8. – Poprečni preseki brane HE "Brodarevo 2"

2.3. OSNOVNI PODACI O BRANI I AKUMULACIJI HE "POTPEĆ"

Brana HE Potpeć je izgrađena 1967 godine i nalazi se na stacionaži 53+600 km uzvodno od ušća reke Lim u reku Drinu. Uspor akumulacije se prostire uzvodno oko 24 km do grada Prijepolja. Osnovni parametri brane i akumulacije HE "Potpeć" su preuzeti iz dokumentacije **Generalni projekat dodatnog agregata na HE "Potpeć"-Hidrološke podloge**, Energoprojekt-Hidroinženjering, Beograd, jul 2011. godine. U tabeli 3. su prikazani osnovni parametri akumulacije i brane HE "Potpeć".

Brane HE "Potpeć" je betonska gravitaciona brana visine od oko 46 m, koja u trenutnom stanju formira akumulaciju zapremine od oko 20.000.000 m³ na koti normalnog nivoa od 435.60 mm. Evakuacioni organi ove brane su dimenzionisani da propuste talas prirodnih velikih voda povratnog perioda T=1.000 godina, sa maksimalnim proticajem od 3.000 m³/s.

Na slici 9. je prikazana kriva zapremine akumulacije HE "Potpeć".



Slika 9. – Kriva zapremine akumulacije HE "Potpeć"

Tabela 3.

Osnovni parametri akumulacije i brane HE "POTPEĆ"

Vrsta informacija	Informacija	Vrednost
Generalni podaci	Reka	Lim
	Ime brane/akumulacije	Potpeć
Hidrološki podaci	Površina sliva do brane (km ²)	3.605
	Velika voda Q _{1 000} (m ³ /s)	2.021
Osnovne karakteristike akumulacije	Kota maksimalnog radnog nivoa (mnm)	437,00
	Površina akumulacije na koti maksimalnog radnog nivoa (ha)	260
	Kota normalnog radnog nivoa (mnm)	435,60
	Kota minimalnog radnog nivoa (mnm)	422,10
	Zapremina akumulacije do kote maksimalnog nivoa (hm ³).	27,50
	Namena akumulacije	Hidroenergetsko korišćenje
Osnovne karakteristike brane	Tip brane	Gravitaciona betonska
	Kota krune brane (mnm)	439,00
	Dužina/širina brane u kruni (m)	212,50/6,00
	Visina brane (m)	46,00
Osnovne karakteristike evakuacionih organa	Tip evakuacionih organa	Preliv/dva temeljna ispusta
	Maximalni kapacitet preliva/ temeljnih ispusta (m ³ /s)	3000/2x120
Osnovni podaci o projektovanju i izgradnji brane	Projektant	Energoprojekt
	Izvodjač radova	/
	Godina izgradnje/Pustanje u eksploataciju	/
	Rekonstrukcija brane u odnosu na originalnu konstrukciju	/
	Godina izvedene rekonstrukcije	/

3. RASPOLOŽIVI ULAZNI PODACI

U toku izrade predmetne knjige Studije sakupljen je relativno dobar fond ulaznih podataka koji omogućavaju da hidrodinamički proračuni posledica sekvencijalnog rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" budu urađeni u okviru predviđenih normi i standarda.

3.1. TOPOGRAFSKE PODLOGE

Digitalni model terena za potrebe proračuna generisan je na osnovu podataka dobijenih različitim metodama prikupljanja podataka. Korišćene su metode stereo restitucije, tahimetrije, GPS merenja i merenja ehosonderom.

Kao dominantan izvor podataka korišćeni su kolor avio snimci dobijeni avio snimanjem područja sa digitalnom kamerom UltraCamX (14.430 x 9.420 piksela). Veličina piksela je 40 cm. U zoni gradskog dela Prijepolja DTM je generisan iz snimaka rezolucije 10 cm. Metodom stereo restitucije izvršeneo je prikupljanje detaljnih tačaka i generisanje prelomnih linija na mestima diskontinuiteta površi. Tačnost restitucije je verifikovana GPS merenjima na jasno prepoznatljivim površinama na terenu, kao što je asfaltni put.

U gornjem delu rečnog toka u DTM su uključeni i poprečni profili snimljeni tahimetrijom tokom 2009 i 2010 godine. Profili su snimani na karakterističnim mestima na rastojanjima od 200 do 700 m. Ukupno je snimljeno 44 profila.

Za područje akumulacije Potpeć preuzeti su profili koji su snimani za potrebe procene zasutosti akumulacije 2007 godine. Profili su snimani na karakterističnim mestima na rastojanjima od 200 do 500 m. Ukupan broj snimljenih profila je 56.

Digitalni model terena je izradjen po metodi TIN-a.

3.2. HIDROLOŠKE I HIDRAULIČKE PODLOGE

Sve neophodne hidrološke i hidrauličke podloge za izradu analiza i proračuna prezentovanih u ovoj svesci Studije su najvećim delom preuzete iz dokumentacije : **PRETHODNA STUDIJA OPRAVDANOSTI SA GENERALNIM PROJEKTOM ZA IZGRADNJU HE "BRODAREVO 1" I HE "BRODAREVO 2", KNJIGA 2 - HIDROLOŠKO-METEOROLOŠKE PODLOGE**, "Energoprojekt-Hidroinženjering", Beograd, februar 2011. godine. Ova Studija se generalno sastoji iz:

- Opšteg dela sa karakteristikama sliva i prikazom korišćenih podloga i podataka;
- Opštih klimatskih karakteristika u slivu;
- Hidroloških analiza (male, srednje i velike vode sa proračunom i maksimalne verovatne velike vode) u razmatranim profilima brana;
- Ocene oticajnih karakteristika na slivnom području;
- Proračuni i regionalna ocena karakterističnih velikih voda u slivu reke Lim za potrebe projekta zaštite akumulacije od nanosa;

Osnovne podloge za izradu gornje dokumentacije su bile raspoloživa dokumentacija (detaljno navedena u poglavlju 12.-Literatura), kao i dugoperiodska osmatranja vodostaja i merenja proticaja u slivu reke Lima koja su u nadležnosti Hidrometeoroloških Zavoda Srbije i Crne Gore. Ovi podaci se pre svega odnose na profile pouzdanih i ključnih vodomernih stanica Brodarevo i Prijepolje na reci Lim, sa raspoloživim podacima o dnevnim proticajima u dužem vremenskom periodu.

U okviru ove sveske Studije opravdanosti, ove dve hidrološke stanice su detaljno izučavane i analizirane, jer u potpunosti kontrolišu režim i bilans voda u razmatranoj zoni projekta. Pored njih uzvodno u slivu Lima na teritoriji Crne Gore postoje vodomerne stanice Bijelo Polje, Zaton, Berane, Andrijevića i Plav, sa različitim periodima rada i nivoima pouzdanosti.

Vodometna stanica Brodarevo kontroliše površinu sliva od 2762 km² (podatak HMZ Srbije) i od ušća u reku Drinu je udaljena oko 96,2 km. Locirana je u gradu Brodarevo na teritoriji Republike Srbije, u neposrednoj zoni projekta. Stanica je osnovana 1958. godine, a kvalitetni podaci o proticajima datiraju od 1961. godine. Stanica je opremljena i limnigrafom od 1991. godine, koji je u najvećem delu analiziranog perioda bio u funkciji.

Za kontrolu i dopunu podataka kao i za kvalitetnije i sveobuhvatnije analize korišćena je i nizvodna vodometna stanica Prijepolje, koja kontroliše površinu sliva od 3160 km² i od ušća u reku Drinu je udaljena oko 74,5 km. Ova stanica je locirana u gradu Prijepolje na teritoriji Srbije. Stanica je osnovana je 1924. godine, a kvalitetni podaci o proticajima datiraju od 1925. godine. Stanica je opremljena i limnigrafom 1961. godine, koji je u najvećem delu analiziranog perioda bio u funkciji.

Lokacije ove dve vodomerne stanice i njihov raspoloživ dug i pouzdan period osmatranja su predstavljale osnovni izvor podataka za sve hidrološke i hidrauličke analize u užoj zoni projekta. Takođe treba navesti i ostale najznačajnije raspoložive dokumente u okviru kojih se nalaze relevantni hidrološki i hidraulički parametri na širem regionu :

- *Vodoprivrednu osnovu Crnomorskog sliva SR Crne Gore;*
- *Vodoprivrednu osnovu Crne Gore;*
- *Vodoprivrednu osnovu Srbije;*
- *Idejni projekat HE Brodarevo-uzvodno i*
- *Prethodna studija opravdanosti sa Generalnim projektom za izgradnju HE "Brodarevo1" i HE "Brodarevo 2".*

Generalno se može zaključiti da je hidrološka izučenost sliva Lima u zoni projekta vrlo dobra i pouzdana.

Podaci krivih proticaja sa pomenutih vodomernih stanica nisu mogli biti upotrebljeni za tariranje hidrodinamičkog modela u punoj meri, zbog specifičnosti fenomena talasa koji nastaje rušenjem brane, kao i specifične morfologije razmatrane rečne deonice, što je u funkciji preciznosti topografskih podloga. Talas koji nastaje sekvencijalnim rušenjem brana ima za red veličine veće vrednosti proticaja od maksimalnih opaženih proticaja, pa zbog velike dimenzione razlike podaci krivih proticaja, pogotovu u zonama objekata, nisu u potpunosti merodavni za ovakve vrste proračuna, osim u domenu inicijalnih proticaja i proticaja za prirodne talase do povratnog perioda talasa od $T = 100$ godina.

Zbog razmera ovakvog fenomena, odnosno veličine pojavljenih računskih proticaja, izbor linijskog otpora korita (implementiran u model kroz Manningov koeficijent rapavosti "n"), kao i izbor lokalnih otpora, morao je biti izvršen na osnovu retrospekcije terena, literature, kao i iskustva stečenog prilikom ovakvih vrsta hidrodinamičkih proračuna, a sve u funkciji primenjenog hidrodinamičkog matematičkog modela,

Na osnovu zaključaka iz gore pomenute izrađene dokumentacije je definisan hidrogram velike vode reke Lim povratnog perioda $T=1.000$ godina, koji će biti uveden u hidrodinamički matematički model kao uzvodni granični uslov, na uzvodnom kraju akumulacije HE "Brodarevo 1". Hidrogrami velikih voda u profilu brane HE "Brodarevo 1" su prikazani u prilogu 21. Evakuacioni organi brane HE "Brodarevo 1" su upravo dimenzionisani na ovakvu veliku vodu povratnog perioda $T= 1.000$ godina.

Poslednji računski presek u hidrodinamičkom matematičkom modelu je u poprečnom preseku brane HE "Potpeć". U ovom preseku se uvodi nizvodni granični uslov, koji u slučaju brane, a za usvojene računске sheme, može biti kriva proticaja evakuacionih organa brane HE "Potpeć", nivogram ili hidrogram ispuštanja, uz uvažavanje merodavnih kota akumulacije i same brane, a sa ciljem očuvanja apsolutne sigurnosti objekta brane.

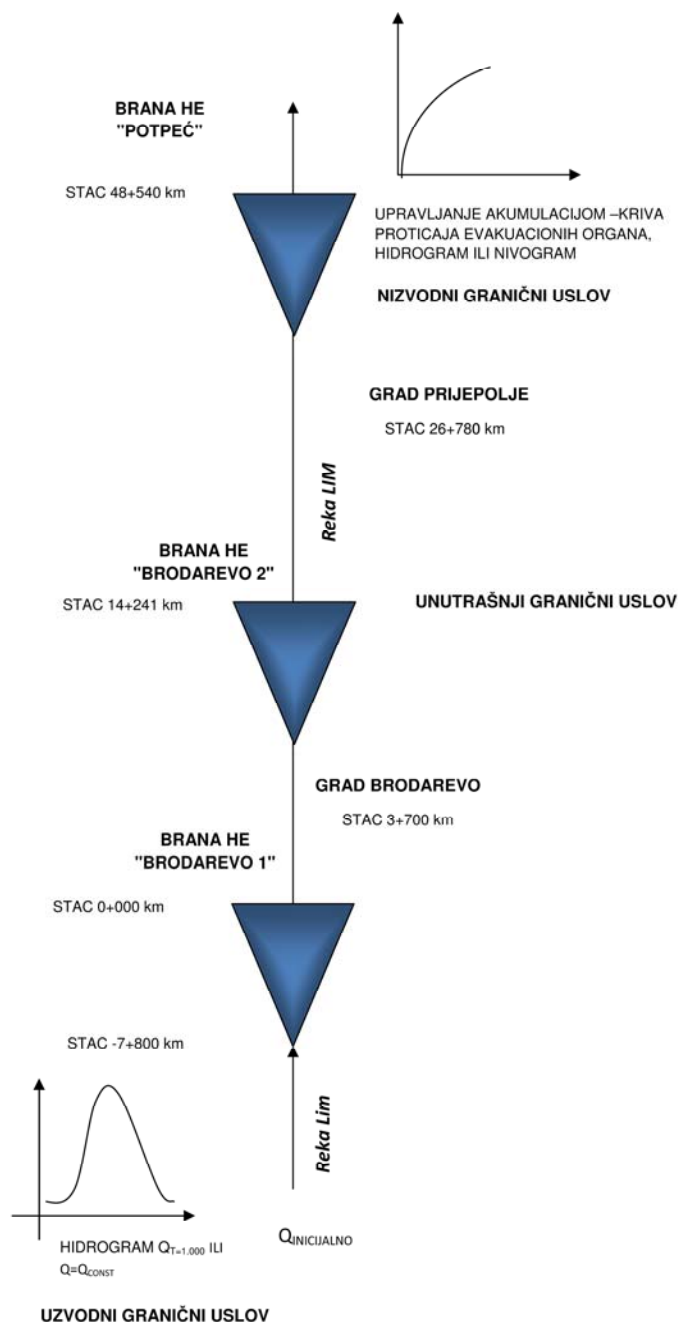
U okviru usvojene računске sheme, unutrašnji granični uslov je brana HE "Brodarevo 2", sa svojim karakteristikama, koja se sekvencijalno ruši sa branom HE "Brodarevo 1".

Usvojene vrednosti linijskog otpora tečenja (implementiranog u model posredstvom Manning-ovog koeficijenta rapavosti "n"), primenjene u okviru modela, gde su korišćeni kompozitni poprečni preseki (domen korišćenja modela PROLOM), prilikom definisanja talasa koji nastaje totalnim i trenutnim sekvencijalnim rušenjem brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", se kreću u granicama od oko $0,045-0,065 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$. Na deonici nizvodno od brane HE "Brodarevo 2", gde se proračuni vrše hidrodinamičkim modelom HEC-RAS, za ovaj model su uglavnom usvojene vrednosti Manning-ovog koeficijenta rapavosti "n" : $0,055 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$, $0,035 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$, i $0,055 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ za levu inundaciju, minor korito i desnu inundaciju respektivno. Pored linijskog otpora tečenja u model su uvedeni i koeficijenti lokalnih otpora, koji se nalaze na svojim gornjim graničnim vrednostima usled izrazite neprizmatičnosti toka.

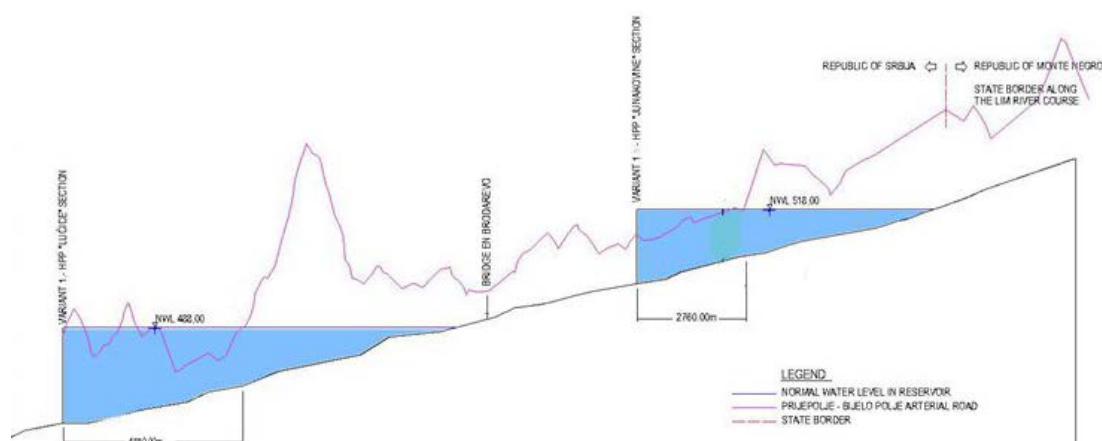
Obzirom na vrstu objekta i namenu predmetnih analiza, može se zaključiti da su raspoloživi podaci relativno dovoljni za pouzdanu procenu karakterističnih proticaja na analiziranoj deonici reke Lim, za usvojene varijante proračuna.

4. SHEMATIZACIJA REČNOG TOKA-POČETNI I GRANIČNI USLOVI ZA MODEL

Analizirani tok reke Lim od uzvodnog kraja uzvodne akumulacije HE "BRODAREVO 1", do poslednjeg računskog preseka u profilu brane HE "Potpeć", u formi računске sheme hidrodinamičkog matematičkog modela, je prikazan na slici 10.



Slika 10. – Računska shema modela za hidrauličke proračune



Slika 11. – Shematski podužni presek duž toka Lima u zoni brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2".

Prilikom definisanja računске sheme proračuna hidrodinamičkim matematičkim modela vodilo se računa o geografskoj lokaciji razmatranih HE objekata, kao i o raspoloživosti pouzdanih ulaznih podataka.

Kada se generalno analiziraju veličine akumulacija HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", kao i najnižvodnije akumulacije HE "Potpeć", jasno je da veličinom svog akumulacionog prostora najnižvodnija akumulacija HE "Potpeć" može da primi celokupnu akumulisanu vodu iz uzvodnih projektovanih akumulacija, što u mnogome definiše osnove računске sheme, odnosno izbora varijanti-scenarija proračuna sekvencijalnog rušenja uzvodnih brana. Pored ovoga treba naglasiti da se brana, odnosno akumulacija HE "Potpeć" praktično nalazi blizu međunarodne granice (na manje od 10 km udaljenosti), pa i ovo ima uticaja na izbor osnove računске sheme, odnosno izbora varijanti-scenarija proračuna sekvencijalnog rušenja uzvodnih brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2". Obe navedene činjenice jasno govore da se akumulacioni prostor brane HE "Potpeć" može iskoristiti kao kompenzacioni bazen u slučaju rušenja uzvodnih brana, pri normalnim eksploatacionim uslovima i normalnim dotocima reke Lim nizvodno od brane HE "Potpeć". Kada se posmatra bilo koja varijanta-scenario pri kojem koincidira pojava talasa velikih voda povratnog perioda $T = 1.000$ godina i totalnog i trenutnog sekvencijalnog rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", jasno je da dominantni uticaj praktično ima zapremine talasa prirodnih velikih voda koji je za dva reda veličine veći od zapremine dela talasa koji se generiše sekvencijalnim rušenjem brane. I ova činjenica je opredelila parametre scenarija proračuna pri najekstremnijim, odnosno najkatastrofalnijim uslovima.

Obzirom na dispoziciju sve tri brane, moguće je izabrati veliki broj scenarija, ali je najinteresantnije posmatrati dva osnovna scenarija, a to su rušenja pri pojavi velikih voda (koincidencija sekvencijalnog rušenja brana i pojave velikih voda retkog perioda pojavljivanja) i sekvencijalnog rušenja brana pri normalnim uslovima tečenja reke Lim na ovom području.

U oba slučaja analizirana je rečna deonica u dužini od oko 60 km i to uzvodnog kraja akumulacije HE "Brodarevo 1" do profila brane HE "Potpeć".

Analizirane su dve varijante proračuna sekvencijalnog rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", čiji su početni i granični uslovi opisani u nastavku teksta.

Prva varijanta proračuna pretpostavlja kombinaciju najnepovoljnijih uslove :

- početni-inicijalni proticaj tokom reke Lim koji odgovara srednjem višegodišnjem proticaju reke Lim na ovoj deonici od $72 \text{ m}^3/\text{s}$;
- dotok talasa povratnog perioda $T = 1.000$ godina u uzvodnu akumulaciju HE "Brodarevo 1";
- početne kote u akumulacijama na kotama normalnih radnih nivoa;
- uzvodna brana HE "Brodarevo 1" se ruši totalno i trenutno u trenutku kada ulazni hidrogram dostigne svoj maksimum na profilu brane;
- Nizvodna brana HE "Brodarevo 2" se ruši totalno i trenutno u trenutku kada ulazni hidrogram nastao rušenjem brane dostigne svoj maksimum na profilu ove brane;
- Evakuacioni organi brane HE "Potpeć" rade maksimalnim kapacitetom u domenu raspona normalnog i maksimalnog nivoa akumulacije;

Druga varijanta proračuna pretpostavlja kombinaciju graničnih, inicijalnih i konturne uslove koji se javljaju u normalnim eksploatacionim uslovima ovih brana, odnosno akumulacija :

- početni-inicijalni proticaj tokom reke Lim koji odgovara srednjem višegodišnjem proticaju reke Lim na ovoj deonici od $72 \text{ m}^3/\text{s}$;
- konstantan dotok u uzvodnu akumulaciju HE "Brodarevo 1" tokom proračuna koji odgovara srednjem višegodišnjem proticaju reke Lim na ovoj deonici od $72 \text{ m}^3/\text{s}$;
- početne kote u akumulacijama koje odgovaraju kotama normalnih radnih nivoa ;
- uzvodna brana HE "Brodarevo 1" se ruši totalno i trenutno u trenutku $t = 0$;
- Nizvodna brana HE "Brodarevo 2" se ruši totalno i trenutno u trenutku kada ulazni hidrogram nastao rušenjem uzvodne brane dostigne svoj maksimum u profilu brane ;
- Evakuacioni organi brane HE "Potpeć" rade konstantnim kapacitetom koji ne remete značajno prirodno stanje toka nizvodno ($Q_{T=5 \text{ godina}}$), ali sa tendencijom da se izvrši prepražnjenje akumulacije, da bi se ceo talas nastao sekvencijalnim rušenjem uzvodnih brana amortizovao u okviru ove akumulacije ;

Prva varijanta proračuna, odnosno rezultati hidrodinamičkih proračuna sekvencijalnog rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" za ovu varijantu-scenario proračuna se mogu smatrati merodavnom za sagledavanje najkatastrofalnijih uticaja na koju se dimenzionišu i projektuju mere i sistem za obaveštavanje i uzbunjivanje stanovništva na ugroženom području.

Druga varijanta proračuna, odnosno rezultati hidrodinamičkih proračuna sekvencijalnog rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" za ovu varijantu-scenario proračuna se mogu smatrati merodavnom za sagledavanje uticaja izgradnje ovih objekata na nizvodne rečne deonice u odnosu na postojeće prirodno stanje, odnosno trenutno stanje stanje izgrađenosti. Ovo sagledavanje uticaja se može valorizovati upoređivanjem hidrauličkih posledica na ovoj deonici, u slučaju kada se izgrade novi objekata, u odnosu na prirodne uslove, odnosno hidrauličke posledice kada se na ovoj rečnoj deonici pojavljuju prirodne velike vode.

5. KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESECI

Na deonici reke Lim nizvodno od brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", za detaljnu analizu hidrauličkih posledica usled rušenja ovih brana i detaljniji prikaz dobijenih rezultata proračuna, izabrano je 7 karakteristična poprečna preseka. Kod izbora karakterističnih poprečnih preseka vodilo se računa o topografskim karakteristikama analizirane rečne deonice, položaju značajnijih objekata, položaju naselja, kao i dinamičkim karakteristikama talasa nastalog rušenjem ovih brana, za obe varijante proračuna.

Brana HE "Brodarevo 1" nalazi se na stacionaži 0+000 km, a nazivi i stacionaže izabranih, karakterističnih preseka dati su u sledećoj tabeli 4.

Tabela 4.

Izabrani karakteristični poprečni preseki duž analizirane rečne deonice

Redni broj poprečnog preseka	Naziv poprečnog preseka	Stacionaža (km)
25.50	Brana HE "Brodarevo 1"	0+000
43.00	Brodarevo	3+710
75.50	Brana HE "Brodarevo 2"	14+240
97.00	Kolovrat	23+370
103.00	Prijepolje-uzvodno	25+714
111.00	Prijepolje-nizvodno	28+019
148.00	HE "Bistrica"	37+664

Položaj izabranih karakterističnih poprečnih preseka, duž analiziranog sektora, su prikazani na situaciji razmere 1 : 10.000, u prilogu 2. Na ovom prilogu se na lokaciji ovih poprečnih preseka date informacije o stacionaži poprečnih preseka, maksimalnim nivoima vode u slučaju rušenja brane za Varijantu 1 proračuna, maksimalnim nivoima vode za stacionarne uslove tečenja pri pojavi prirodne velike vode $Q_{T=1000 \text{ GOD}}$, kao i vreme pojave čela talasa, od trenutka rušenja brane HE "Brodarevo 1", odnosno brane HE "Brodarevo 2", za deonicu nizvodno od ove brane.

U prilogima 14.-20. je dat izgled ovih karakterističnih poprečnih preseka sa svim relevantnim rezultatima proračuna.

U prilogu 10. su prikazani hidrogrami koji se javljaju u ovim izabranim karakterističnim poprečnim presecima, u slučaju rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", za Varijantu 1. proračuna, a u prilogu 12. za varijantu 2 proračuna.

U prilogu 11. su prikazani nivogrami koji se javljaju u ovim izabranim karakterističnim poprečnim presecima, u slučaju rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", za Varijantu 1. proračuna, a u prilogu 13. za varijantu 2 proračuna.

6. DEFINISANJE HIDRAULIČKIH POSLEDICA ZA STACIONARNE USLOVE TEČENJA

Da bi se mogli realnije sagledati efekti i hidrauličke posledice koje se mogu javiti na nizvodnoj rečnoj deonici u slučaju sekvencijalnog rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", za obe varijante proračuna, bilo je potrebno definisati hidrauličke posledice na nizvodnoj rečnoj deonici u slučaju pojave prirodnih velikih voda povratnih perioda pojavljivanja $T=100$ godina i $T=1.000$ godina. Da bi se definisale ove hidrauličke posledice izvršeni su proračuni za stacionarne uslove tečenja za proticaje koji odgovaraju maksimalnim proticajima talasa prirodnih velikih voda sa pomenutim povratnim periodima pojavljivanja.

Maksimalni proticaj talasa velike vode, povratnog perioda pojavljivanja od $T= 1.000$ god, iznosi $2.150 \text{ m}^3/\text{s}$, odnosno $2.290 \text{ m}^3/\text{s}$, a maksimalni proticaj talasa velike vode, povratnog perioda pojavljivanja od $T= 100$ god, iznosi $1.320 \text{ m}^3/\text{s}$, odnosno $1.375 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dobijeni rezultati nivoa za stacionarne uslove tečenja mogu da posluže za poređenja sa nivoima koji se mogu pojaviti prilikom sekvencijalnog rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", za obe varijante proračuna, kao i za poređenje površina zona plavljenja koje se mogu javiti usled ovih pojava.

Na prilogu 2. se mogu precizno sagledati zone plavljenja za sve proračune, a na prilogu 3. se mogu sagledati i odgovarajuće linije nivoa na razmatranoj rečnoj deonici.

Sa priloga 3. se može videti da su nivoi definisani za stacionarne uslove tečenja pri pojavi talasa velikih voda povratnog perioda pojavljivanja $T=1.000$ godina, na deonici od brane HE "Brodarevo 1" do akumulacije HE "Brodarevo 2", viši od nivoa koji se pojavljuju pri sekvencijalnom rušenju brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" za Varijantu 2 proračuna, a da se na srednjem delu ove deonice ovi nivoi ne razlikuju bitno od nivoa koji se pojavljuju pri sekvencijalnom rušenju brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" za Varijantu 1 proračuna.

Na deonici nizvodno od brane HE "Brodarevo 2", nivoi definisani za stacionarne uslove tečenja pri pojavi talasa velikih voda povratnog perioda pojavljivanja $T=1.000$ godina, su već od stacionaže 20+900 km (uzvodno od Kolovrata), viši od nivoa koji se pojavljuju pri sekvencijalnom rušenju brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" za Varijantu 2 proračuna, a da su od stacionaže 31+000 km nivoi za stacionarne uslove tečenja, pri pojavi talasa velikih voda povratnog perioda pojavljivanja $T=100$ godina, viši od nivoa koji se pojavljuju pri sekvencijalnom rušenju brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" za Varijantu 2 proračuna.

U prilogu 22. su prikazani svi relevantni rezultati proračuna za stacionarne uslove tečenja pri pojavi talasa velikih voda povratnog perioda pojavljivanja $T=1.000$ godina, i rezultati proračuna za sekvencijalno rušenje brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" za Varijantu 1 proračuna.

7. ODREĐIVANJE HIDRAULIČKIH POSLEDICA IZAZVANIH SEKVENCIJALNIM RUŠENJEM BRANA HE "BRODAREVO 1" I HE "BRODAREVO 2"

Za usvojene početne i granične uslove, kako je definisano u poglavlju 4., izvršeni su proračuni/simulacije hidrodinamičkim matematičkim modelom duž cele analizirane deonice za slučaj sekvencijalnog rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" za dve varijante proračuna.

Tokom simulacija, u svim računskim poprečnim presecima modela, za obe varijante proračuna su definisane sledeće veličine :

- promene nivoa vode i proticaja;
- maksimalni nivoi;
- vremena pojave čela talasa;
- vremena pojave maksimalnih nivoa;
- vremena pojave maksimalnih proticaja;
- kumulativna brzina propagacije čela talasa;
- srednje maksimalne brzine u poprečnim presecima;

Prilikom hidrodinamičkih proračuna za usvojene početne i granične uslove za Varijantu 1. proračuna se dobijaju rezultati nivoa, proticaja i brzina koji su znatno nepovoljniji nego odgovarajući rezultati za Varijantu 2. proračuna, što je posledica velike zapremine ulaznog talasa i koincidencija sekvencijalno rušenju brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" sa pojavom ovog talasa. Treba još jednom naglasiti da je zapremina ovog talasa povratnog perioda pojavljivanja od $T=1.000$ godina za oko dva reda veličine veća od sumarne zapremine vode u obe akumulacije.

Detaljna grafička i numerička prezentacija rezultata simulacija/proračuna na hidrodinamičkom matematičkom modelu, za obe varijante proračuna, je data u odgovarajućim prilogima predmetnog projekta.

7.1. ZONE PLAVLJENJA I ANALIZA ZONA PLAVLJENJA SA GLEDIŠTA MOGUĆIH POSLEDICA

Hidrodinamičkim proračunima propagacije talasa, za slučaj sekvencijalnog rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" definisane su hidrauličke posledice u dolini nizvodno od ovih brana, na toku reke Lim i one su najizraženije za Varijantu 1. proračuna, pa će se ona detaljnije i komentarisati.

Kako je definisano scenariom rušenja brana u okviru Varijante 1 proračuna, posmatra se koincidencija pojave prirodnog talasa velike vode povratnog perioda pojavljivanja $T=1.000$ godina sa totalnim i trenutnim rušenjem brane HE "Brodarevo 1". Do totalnog i trenutnog rušenja ove brane dolazi kada se na profilu ove brane pojavi proticaj koji približno odgovara maksimalnom proticaju ovog talasa, odnosno maksimalnom kapacitetu evakuacionih organa ove brane. Radi preglednijeg praćenja rezultata proračuna trenutak rušenja brane HE "Brodarevo 1" se definiše kao vreme $t=0$ i svi ostali rezultati se posmatraju u odnosu na ovaj vremenski trenutak. Do rušenja brane HE "Brodarevo 1" dolazi oko 2538 minuta od početka proračuna, i ovaj vremenski trenutak se setuje kao tzv "nulti" vremenski trenutak odnosno $t=0$.

Brana HE "Brodarevo 1" se nalazi u uskoj kanjonskoj deonici, sa profilom brane na oko 3.7 km uzvodno od naselja Brodarevo. Ova brana se ruši pri koti nivoa akumulacije od 519,00 mnm. Neposredno po totalnom i trenutnom rušenju ove brane u zoni ovog poprečnog preseka se javlja nivo od 515,22 mnm. Maksimalni proticaj talasa usled rušenja ove brane se javlja oko 0.90 minuta po rušenju i iznosi oko $4.470 \text{ m}^3/\text{s}$. Srednja maksimalna brzina u poprečnom preseku brane HE "Brodarevo 1" iznosi oko 6.2 m/s. Posle totalnog i trenutnog rušenja brane HE "Brodarevo 1", kako je definisano Varijantom 1 proračuna, širina zone plavljenja neposredno nizvodno od brane iznosi oko 60 m, na dužini od oko 1.000 m nizvodno od brane, jer se ovaj deo toka Lima još uvek nalazi u kanjonskom delu. Na oko 2.5 km nizvodno od brane, rečna dolina se širi u pravcu naselja Brodarevo gde se širina zone plavljenja širi sa oko 100 m na oko 325 m u zoni centra naselja Brodarevo. Na ovoj rečnoj deonici, na prvih 1.5 km nizvodno od brane, magistralni put Prijepolje-Bijelo Polje (Republika Crna Gora), se nalazi unutar plavne zone, na levoj rečnoj obali. Pruga Beograd-Bar (Republika Crna Gora), koja ide desnom rečnom obalom, se nalazi van plavne zone. U zoni naselja Brodarevo, gde se rečna dolina širi, pomenuti magistralni put se nalazi van plavne zone, kao i deo naselja Brodarevo iznad ovog puta. Deo naselja Brodarevo, niže od ovog puta se nalazi unutar plavne zone i obzirom na velike brzine dolaska čela talasa od preko 16 m/s, mogu se očekivati apsolutna oštećenja objekata.

Talas nastao rušenjem brane HE "Brodarevo 1", u slučaju Varijante 1 proračuna, se javlja u zoni drugog izabranog karakterističnog poprečnog preseka, lociranog u zoni naselja Brodarevo, već za oko 2.8 minuta po rušenju brane. Treba ponovo napomenuti da rušenje ove brane, za scenario Varijante 1 proračuna, koincidira sa pojavom maksimalnog proticaja prirodnog talasa velike vode povratnog perioda $T=1.000$ godina, koji neposredno pre rušenja brane HE "Brodarevo 1", dostiže u zoni naselja Brodarevo protok od oko $2.100 \text{ m}^3/\text{s}$. Po rušenju brane HE "Brodarevo 1" u zoni ovog naselja javlja se maksimalni proticaj od oko $2.800 \text{ m}^3/\text{s}$, što doprinosi dodatnom rastu nivo za oko 40 cm u odnosu nivo pri pojavi prirodne velike vode. Radi poređenja, ovaj nivo (497.49 mnm) je za oko 2 m viši nego nivo koji se može javiti pri pojavi velike vode povratnog perioda $T=100$ godine, odnosno za oko 2.2 m u odnosu na nivo koji se dobija prilikom Varijante 2 proračuna. Maksimalni nivo se u ovom karakterističnom preseku javlja za oko 17 minuta po rušenju brane, a maksimalni proticaj za oko 11.4 minuta po rušenju brane.

Na oko 5 km nizvodno od brane HE "Brodarevo 1", unutar plavne zone na njenom desnom obodu, se nalazi selo Grabnje. Po izlasku iz šire rečne deonice u zoni naselja Brodarevo, rečna dolina se ponovo postepeno sužava sa najvećim suženjem na oko 8 km nizvodno od brane HE "Brodarevo 1", praktično na uzvodnom kraju akumulacije HE "Brodarevo 2", gde širina zone plavljenja iznosi oko 70 m.

Dalje, gledano nizvodno talas nastao rušenjem brane HE "Brodarevo 1" ulazi u akumulaciju HE "Brodarevo 2", gde se brana HE "Brodarevo 2" ruši u momentu pojave maksimalnog proticaja ovog talasa, odnosno oko 69 minuta po rušenju uzvodne brane.

Treći izabrani karakteristični poprečni presek je izabran u profilu brane HE "Brodarevo 2". Brana HE "Brodarevo 2" se nalazi na stacionaži 14+240 km. Ova brana se ruši pri koti nivoa akumulacije od 488,00 mnm, kada proticaj talasa nastalog rušenjem brane HE "Brodarevo 1" dostigne svoju maksimalnu vrednost u poprečnom preseku brane HE "Brodarevo 2". Neposredno po totalnom i trenutnom rušenju ove brane, u zoni ovog poprečnog preseka se javlja nivo od 482,10 mnm. Maksimalni proticaj talasa usled rušenja ove brane se javlja oko 70.50 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 1", odnosno 0.74 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 2" i iznosi oko 13.400 m³/s. Srednja maksimalna brzina u poprečnom preseku brane HE "Brodarevo 2" iznosi oko 5.45 m/s.

Na deonici neposredno nizvodno od brane HE "Brodarevo 2", prosečna širina zone plavljenja od talasa nastalog sukcesivnim rušenjem brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", iznosi oko 200 m. Magistralni put Prijepolje-Bijelo Polje se na ovoj rečnoj deonici nalazi unutar plavne zone i ostaje unutar plavne zone sve do oko 1.650 m nizvodno od brane HE "Brodarevo 2". U ovoj zoni dolazi do proširenja rečne deonice, pa je prosečna širina zone plavljenja oko 400 m. Na oko 750 m nizvodno od brane HE "Brodarevo 2" se nalazi most na lokalnom putu koji će u potpunosti biti uništen prilikom dolaska talasa na ovu deonicu. Na oko 1,7 km nizvodno od brane HE "Brodarevo 2" se nalazi železnički most pruge Beograd-Bar. Dek mosta i pruga se nalazi visoko iznad plavne zone, ali mostovski stubovi u samom toku reke Lim će se naći na udaru talasa i obzirom na karakteristike ovog talasa i veliku dolaznu brzinu i njegovo udarno dejstvo, mogla bi se očekivati velika oštećenja mosta, pa čak i rušenje. Na oko 3.5 km nizvodno od brane HE "Brodarevo 2", rečna dolina se sužava u kanjonsku deonicu i širina zone plavljenja je oko 70 m.

Nizvodno od ove kanjonske deonice, u zoni naselja Kolovrat, Velika Župa i Kovačevac, rečna dolina se ponovo širi na prosečnu širinu od preko 400 m. Na ovoj deonici, delovi ovih naselja ispod magistralnog puta Prijepolje-Bijelo Polje se nalaze unutar plavne zone, dok se sam put delimično nalazi unutar levog oboda plavne zone. U nizvodnom pravcu se rečna dolina ponovo sužava na 80 m na oko 7 km nizvodno od brane HE "Brodarevo 2". Na deonici od 8 km-9.5 km nizvodno od brane se pruga Beograd-Bar i lokalni put lociran sa desne strane pruge nalaze unutar plavne zone. Na ovoj deonici se nalazi i most na lokalnom putu koji će obzirom na karakteristike talasa biti teško oštećen, a najverovatnije i potpuno uništen.

Četvrti izabrani karakteristični poprečni presek je izabran u zoni naselja Kolovrat na stacionaži 23+370 km. Čelo talasa se javlja u ovom poprečnom preseku 82.6 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 1", odnosno 12.9 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 2". Maksimalni pojavljeni nivo u ovom karakterističnom poprečnom preseku je 456,39 mnm, što je oko 1,4 m više nego u slučaju pojave prirodne velike vode povratnog perioda pojavljivanja T=1.000 godina. Ovaj nivo se javlja 141,6 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 1", odnosno 71,9 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 2". Maksimalni proticaj talasa usled sekvencijalnog rušenja obe brane se javlja oko 119,6 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 1", odnosno 49.9 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 2" i iznosi oko 3.325 m³/s. Srednja maksimalna brzina u ovom poprečnom preseku iznosi oko 1.7 m/s.

Na oko 10 km nizvodno od brane, rečna dolina se ponovo sužava na oko 100 m, da bi se posle oko 1.500 m nizvodno ponovo proširila prema gradu Prijepolje. U zoni grada Prijepolje širina zone plavljenja iznosi prosečno od 600-800 m, sa najvećim proširenjem u zoni ušća reke Mileševke u Lim na desnoj rečnoj obali, na oko 13 km nizvodno od brane HE "Brodarevo 2". Najveći deo grada Prijepolja će se naći u plavnoj zoni i mogu se očekivati ogromna razaranja objekata. Most na magistralnom putu Prijepolje-Bijelo Polje koji se nalazi na oko 13.5 km nizvodno od brane će se naći unutar plavne zone i može se očekivati njegovo veliko oštećenje, do potpunog uništenja.

Širina zone plavljenja u zoni gradskog stadiona iznosi oko 500 m i veliki delovi grada će se naći unutar plavne zone, uključujući i sam stadion.

U ovoj zoni grada Prijepolja su izabrana dva karakteristična poprečna preseka u kojima su detaljnije prikazani rezultati poračuna.

Peti izabrani karakteristični poprečni presek je izabran u zoni uzvodno od grada Prijepolja na stacionaži 25+714 km. Čelo talasa se javlja u ovom poprečnom preseku 88,1 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 1", odnosno 18,4 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 2". Maksimalni pojavljeni nivo u ovom karakterističnom poprečnom preseku je 451,52 mnm, što je oko 1,1 m više nego u slučaju pojave prirodne velike vode povratnog perioda pojavljivanja $T=1.000$ godina. Ovaj nivo se javlja 150,6 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 1", odnosno 80,9 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 2". Maksimalni proticaj talasa usled sekvencijalnog rušenja obe brane se javlja oko 142,6 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 1", odnosno 72,9 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 2" i iznosi oko $3.138 \text{ m}^3/\text{s}$. Srednja maksimalna brzina u ovom poprečnom preseku iznosi oko $3,7 \text{ m/s}$.

Šesti izabrani karakteristični poprečni presek je izabran u zoni nizvodno od centra grada Prijepolja na stacionaži 28+019 km. Čelo talasa se javlja u ovom poprečnom preseku 98,2 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 1", odnosno 25,5 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 2". Maksimalni pojavljeni nivo u ovom karakterističnom poprečnom preseku je 447,02 mnm, što je oko 0,9 m više nego u slučaju pojave prirodne velike vode povratnog perioda pojavljivanja $T=1.000$ godina. Ovaj nivo se javlja 189,6 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 1", odnosno 119,9 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 2". Maksimalni proticaj talasa usled sekvencijalnog rušenja obe brane se javlja oko 158,7 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 1", odnosno 88,9 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 2" i iznosi oko $3.046 \text{ m}^3/\text{s}$. Srednja maksimalna brzina u ovom poprečnom preseku iznosi oko $1,7 \text{ m/s}$.

Nizvodno od grada Prijepolje, rečna dolina se ponovo sužava, tako na širina zone plavljenja na oko 16 km nizvodno od brane HE "Brodarevo 2" iznosi oko 200-250m. Posle ove deonice reka Lim ponovo ulazi u kanjonsku deonicu, pa se širina zone plavljenja smanjuje na oko 80 m na oko 17.5 km nizvodno od brane HE "Brodarevo 2". Na ovoj kanjonskoj deonici se saobraćajnice nalaze van plavne zone, jer su njihove trase locirane na višim kotama terena. Na oko 20 km nizvodno od brane HE "Brodarevo 2", rečna dolina se ponovo širi, a širina zone plavljenja iznosi oko 200 m. Posle relativno uže rečne deonice na oko 24.5 km nizvodno od brane HE "Brodarevo 2", rečna dolina se ponovo širi, pa je širina zone plavljenja veća od 150 m. U ovoj zoni se nalazi i mašinska zgrada RHE "Bistrica", koja je locirana na višim kotama terena, potpuno van plavne zone. Nizvodno od ovog objekta se nalazi i železnički most na pruzi Beograd-Bar. Stubovi ovog mosta se nalaze u toku reke Lim pa se mogu očekivati značajna oštećenja ovog mosta, do njegovog potpunog uništenja. Nizvodno od ovog mosta reka Lim ulazi u zonu akumulacije HE "Potpeć".

Sedmi izabrani karakteristični poprečni presek je izabran u zoni mašinske zgrade HE "Bistrica", na stacionaži 37+644 km. Čelo talasa se javlja u ovom poprečnom preseku 120,1 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 1", odnosno 50,4 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 2". Maksimalni pojavljeni nivo u ovom karakterističnom poprečnom preseku je 439,63 mnm, što je oko 1 m više nego u slučaju pojave prirodne velike vode povratnog perioda pojavljivanja $T=1.000$ godina. Ovaj nivo se javlja 236,6 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 1", odnosno 166,9 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 2". Maksimalni proticaj talasa usled sekvencijalnog rušenja obe brane se javlja oko 230,6 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 1", odnosno 160,9 minuta po rušenju brane HE "Brodarevo 2" i iznosi oko $2.700 \text{ m}^3/\text{s}$. Srednja maksimalna brzina u ovom poprečnom preseku iznosi oko $1,6 \text{ m/s}$.

Iz gornjeg opisa zone plavljenja može se sagledati morfološki obrazac kojim se smenjuju kanjonske deonice toka reke Lim, gde se javljaju periodična usporjenja toka, veće dubine i uzvodna lokalna proširenja širine plavljenja i deonica na kojima dolazi do proširenja rečne

doline, koje imaju manju dubinu i veće širine zone plavljenja. Ovo smenjivanje deonica se može lako pratiti sa odgovarajućih priloga sve do najnižvodnijeg računskog poprečnog preseka.

Priložena analiza zone plavljenja je prvenstveno podržana sledećim priložima : 2. (zone plavljenja), 3. i 4. (anvelope maksimalnih nivoa i proticaja), 10.-13. (hidrogrami i nivogrami), 5. (vreme pojave čela talasa), 6.-7. (vremena pojave maksimalnih proticaja i nivoa), 8. (brzine propagacije čela talasa), 9. (srednje maksimalne brzine u poprečnim presecima), 14. – 20. (karakteristični presezi), kao i prilog 22. (tabela najznačajnijih rezultata proračuna).

7.2. ANALIZA NIVOA VODE DUŽ TOKA

U prethodnom poglavlju kroz analizu zona plavljenja prikazana je i relativno detaljna analiza nivoa za obe varijante proračuna.

U prilogu 3. prikazan je podužni profil rečnog toka sa ucrtanim anvelopnim linijama nivoa za obe varijante proračuna, kao i za stacionarne uslove tečenja pri proticaju talasa prirodnih velikih voda povratnih perioda pojavljivanja $T=1.000$ godina i $T=100$ godina. Može se uočiti da morfološke i topografske karakteristike rečne doline značajno utiču na formiranje maksimalnih nivoa.

Detaljniji grafički prikaz nivograma talasa nastalog sekvencijalnim rušenjem brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", za obe varijante proračuna je dat u priložima 11., odnosno 13. (nivogrami u karakterističnim presecima). Kroz ove priloge može se detaljnije sagledati proces pojave, rasta i opadanja talasa, kao i njegovo trajanje.

U prilogu 22. (numerički rezultati proračuna u poprečnim presecima), pregledno se mogu sagledati ostvareni nivoi, kao i ostale dobijene vrednosti u analiziranim poprečnim presecima i njihov međusobni odnos.

Zona plavljenja analizirane deonice je prikazana na topografskoj karti u prilogu 2.

7.3. ANALIZA PROMENE PROTICAJA DUŽ TOKA

U poglavlju 7.1. kroz analizu zona plavljenja prikazana je i detaljnija analiza pojavljenih duž toka reke Lim za razmatrane varijante proračuna.

U prilogu 4. dat je podužni profil rečnog toka sa ucrtanim anvelopama maksimalnih proticaja u poprečnim presecima za obe varijante proračuna. Može se uočiti da morfološke i topografske karakteristike rečne doline značajno utiču na formirane maksimalne proticaje, analogno prethodno zaključenom u poglavlju 7.2..

Detaljniji grafički prikaz hidrograma talasa nastalog sekvencijalnog rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", za obe varijante proračuna, i u izabranim karakterističnim poprečnim presecima je dat u priložima 10. i 12..

Kroz ove priloge može se detaljnije sagledati proces pojave, rasta i opadanja talasa, kao i njegovo trajanje.

U prilogu 22. (numerički rezultati proračuna u poprečnim presecima), pregledno se mogu sagledati ostvareni proticaji u analiziranim poprečnim presecima za Varijantu 1 proračuna.

Zona plavljenja analizirane deonice je prikazana na topografskoj karti u prilogu 2.

7.4. ANALIZA VREMENA PUTOVANJA ČELA TALASA I POJAVE MAKSIMALNOG NIVOA I PROTICAJA

Da bi se sagledale dinamičke karakteristike talasa nastalog sekvencijalnim rušenjem brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", za obe varijante proračuna, prilikom propagacije ovog talasa na razmatranoj deonici, analizirano je vreme putovanja čela talasa, odnosno vreme pojave poremećaja i vreme pojave maksimalnog nivoa i proticaja.

Analiza je rađena za obe varijante proračuna, a grafička predstava dobijenih rezultata za Varijante 1 i 2 proračuna, kontinualno duž cele razmatrane rečne deonice (izuzimajući zone akumulacija), prikazana je u prilogima 5. i 6.. Numeričke vrednosti vremena putovanja čela talasa i pojave maksimalnih nivoa i proticaja su prikazane u prilogu 22.

Vreme putovanja čela talasa je relativno glatka monotono rastuća, skoro linerna funkcija stacionaže, koja je povučena po približnoj osovini plavne zone u gornjem delu toka, a po liniji minor korita toka reke Lim u delu nizvodno od brane HE "Brodarevo 2". Čelo talasa, nastalog sekvencijalnim rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" stigne za oko 120 minuta do uzvodnog kraja akumulacije "Potpeć", odnosno za oko 51 minut ako se posmatra momenat rušenja brane HE "Brodarevo 2", za Varijantu 1 proračuna.

Vreme pojave maksimalnog nivoa i proticaja duž toka reke Lim prilikom propagacije talasa nastalog sekvencijalnim rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" je stepenasta funkcija stacionaže sa linearnim trendom što je posledica morfologije nizvodnog toka, o čemu je bilo reči i u prethodnim poglavljima. Ova funkcija logično prati formu anvelopa maksimalnih proticaja i nivoa duž celog toka. Maksimalni proticaji i nivoi se na uzvodnom kraju akumulacije HE "Potpeć", javljaju za 237 minuta i 231 minut, ako se posmatra momenat rušenja brane HE "Brodarevo 1", za Varijantu 1 proračuna. Ako se ova vremena posmatraju od momenta rušenja brane HE "Brodarevo 2", tada su ove vrednosti 167 minuta i 161 minut, respektivno.

7.5. ANALIZA BRZINE PROPAGACIJE ČELA TALASA I MAKSIMALNIH SREDNJIH BRZINA U POPREČNIM PRESECIMA

Za obe ispitivane varijante proračuna određene su srednje kumulativne i deonične brzine propagacije čela talasa duž analiziranog rečnog toka, a u prilogima 8. i 22. je data grafička, odnosno numerička prezentacija dobijenih rezultata.

Za obe ispitivane varijante proračuna određene su srednje maksimalne brzine u poprečnim presecima, koje se javljaju prilikom pojave maksimalnih proticaja u razmatranim poprečnim presecima i prikazane su u prilogima 9. i 22.

Srednja kumulativna brzina propagacije čela talasa je, kao prvi izvod vremena pojave čela talasa, generalno nelinearna funkcija stacionaže toka sa opadajućim trendom (sa povremenim lokalnim varijacijama), sa maksimalnom vrednošću od oko 80 m/s u delu toka neposredno nizvodno od brane HE "Brodarevo 2", i minimalnom vrednošću od oko 7,7 m/s u poprečnom preseku na ulazu u akumulaciju HE "Potpeć".

Deonične brzine propagacije čela talasa nisu kontinualna funkcija stacionaže toka i one su posledica već generalno opisane morfologije rečnog korita reke Lim na razmatranoj deonici. Raspon ovih brzina se kreće od oko 80 m/s do 1,8 m/s.

Prosečne maksimalne brzine u poprečnim presecima, gledano duž cele razmatrane deonice se kreću u rasponu od 10,5 m/s do oko 1 m/s. Ove brzine su posledica već generalno opisane morfologije rečnog korita reke Lim na razmatranoj deonici.

8. PRAŽNJENJE AKUMULACIJA HE "BRODAREVO 1" I HE "BRODAREVO 2" I ODREĐIVANJE BEZBEDNOG NIVOA U AKUMULACIJAMA

Obzirom da se u dolini reke Lim, neposredno nizvodno od objekata brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", nalazi veći broj naseljenih mesta, ne može se govoriti o obezbeđivanju apsolutno bezbednih nivoa u akumulacijama. Ovakvi nivoi bi podrazumevali da u slučaju sekvencijalnog totalnog i trenutnog rušenja ovih brana, pri ovim bezbednim nivoima, ne može doći do pojave posledica većih od posledica koje mogu nastati prilikom pojave prirodnih velikih voda. Za zone neposredno nizvodno od brana, bezbednim nivoima u akumulacijama se mogu smatrati nivoi kada su akumulacije praktično prazne. Da bi se sagledala vremenska dimenzija potpunog pražnjenja akumulacija morale su biti izvršene i odgovarajuće analize.

Analize hitnog i preventivnog pražnjenja akumulacija standardno se vrše za normalni eksploatacioni nivo vode u akumulacijama i srednji višegodišnji dotok u akumulacije. Pri analizi preventivnog pražnjenja akumulacija, pražnjenje se vrši na način da se nizvodno od objekta neće pojaviti posledice veće od onih koje se mogu javiti pri pojavi prirodne velike vode povratnog perioda $T=10$ ili $T=5$ godina.

U slučaju brane HE "Brodarevo 1" dotok vode u akumulaciju odgovara srednjem godišnjem proticaju reke Lim na ovoj deonici od oko $72 \text{ m}^3/\text{s}$. U evakuaciju vode iz akumulacije se uključuju svi raspoloživi evakuacioni organi, ali sa maksimalnim kapacitetom od $Q=775 \text{ m}^3/\text{s}$, što odgovara prirodnoj velikoj vodi povratnog perioda $T=10$ godina. Analize su pokazale da se potpuno pražnjenje ove akumulacije sa kote normalnog nivoa od 519 mnm do kote 502,70 mnm može izvršiti za oko 4,25 h.

U slučaju brane HE "Brodarevo 2" dotok vode u akumulaciju odgovara srednjem godišnjem proticaju reke Lim na ovoj deonici od oko $72 \text{ m}^3/\text{s}$. U evakuaciju vode iz akumulacije se uključuju svi raspoloživi evakuacioni organi, ali sa maksimalnim kapacitetom od $Q=795 \text{ m}^3/\text{s}$, što odgovara prirodnoj velikoj vodi povratnog perioda $T=10$ godina. Analize su pokazale da se potpuno pražnjenje ove akumulacije sa sa kote normalnog nivoa od 488 mnm do kote 463 mnm može izvršiti za oko 7.50 h.

Uzimajući u obzir trajanje pretpražnjenja, može se doneti jasan zaključak da se pretpražnjenja akumulacija mogu biti izvršeno dovoljno brzo i da ovaj tip preventivne akcije, može biti efikasan sa aspekta zaštite bezbednosti objekata i zaštite stanovništva naseljenog nizvodno od ovih brana.

Ako se analizira Prilog 3. – Anvelopa maksimalno pojavljenih nivoa, može se videti da su maksimalni nivoi za Varijantu 2 proračuna već na oko 200 m nizvodno od brane HE "Brodarevo 1" niži od maksimalnih nivoa koji se mogu javiti u slučaju prirodne velike vode povratnog perioda $T=1.000$ godina, a na oko 3 km nizvodno od brane ovi nivoi su niži i od nivoa koji se mogu javiti u slučaju prirodne velike vode povratnog perioda $T=100$ godina.

Sa istog priloga se može videti da su maksimalni nivoi za Varijantu 2 proračuna već na oko 6 km nizvodno od brane HE "Brodarevo 2" niži od maksimalnih nivoa koji se mogu javiti u slučaju prirodne velike vode povratnog perioda $T=1.000$ godina, a na oko 17 km km nizvodno od brane ovi nivoi su niži i od nivoa koji se mogu javiti u slučaju prirodne velike vode povratnog perioda $T=100$ godina.

Na osnovu gore pobrojanih zaključaka može se nedvosmisleno zaključiti da se preventivnim pretpražnjenjem akumulacija može za veoma kratko vreme izvršiti potpuno pražnjenje akumulacija, čime se sa velikom verovatnoćom može obezbediti potpuna bezbednost stanovništva.

9. OBELEŽAVANJE ZONE PLAVLJENJA NA TERENU

Obeležavanje zone plavljenja na terenu vrši se na osnovu maksimalno mogućih nivoa vode koji se mogu pojaviti duž glavnog rečnog toka i pritoka u uslovima trenutnog i totalnog sekvencijalnog rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2". Maksimalni nivoi vode se dobijaju za scenario kao kod Varijante 1 proračuna.

Oznake za obeležavanje maksimalno mogućih nivoa su metalne cevi prečnika 150 mm ispunjene betonom sa crvenom zavojnom linijom širine 5 cm. Na vrhu cevi se crnom bojom vertikalno upisuje broj belege, što je šematski prikazano u prilogu 24.

Pri određivanju položaja belega vodi se računa o naseljenosti doline, položaju saobraćajnica, vidljivosti mesta na kome će se postaviti belega i rastojanju između belega. Preporučeno prosečno rastojanje između belega je 200 - 500 m, s tim što se u nenaseljenim područjima mogu postavljati ređe.

U tabeli 5. data je forma spiska belega. Belege će biti postavljene po obodu plavne zone prikazane na karti u prilogu 2. Predviđena je ugradnja od ukupno 300 belega. U prilogu 23. je dat spisak belega sa njihovim rednim brojem, koordinatama i visinskom kotom.

Tabela 5.

Forma spiska belega za obeležavanje zone plavljenja na terenu

LEVA OBALA				DESNA OBALA			
BR. BELEGE	KOTA BELEGE	X	Y	BR. BELEGE	KOTA BELEGA	X	Y
1	813,00	4799612	6606964	2	813,00	4799310	6607362
3	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	-	-
15	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-

Napomena : Brojevi u ovoj tabelama služe samo kao ilustracija.

Izgled belege za obeležavanje plavne zone na terenu je prikazan u prilogu 24.

10. INTEGRALNI SISTEM ZA OSMATRANJE, OBAVEŠTAVANJE, PREVENCIJU I AKCIONO DEJSTVO U SLUČAJU VANREDNIH SITUACIJA

10.1. UVOD

Rizik koji postoji usled rušenja brana spada u grupu tehnoloških rizika, koji pripadaju grupi velikih rizika (risk majeure-**RM**). U istorijskoj praksi u svetu je zabeležen veliki broj slučajeva incidenata gde je došlo do rušenja brana i pojave katastrofalnih poplavnih talasa na nizvodnoj rečnoj deonici, koji su konsekvntno izazvali značajan broj ljudskih žrtava i ogromne materijalne štete. Da bi se ovo pitanje kompleksnije sagledalo, u vodećim svetskim institucijama, koje se bave problematikom brana, sazrela je potreba za izradom strategije koja bi omogućila da se ovakvi slučajevi izbegnu u potpunosti (**prevencija**), ili ako do njih i dođe da posledice budu što je moguće manje (**kontrola i ublažavanje**).

U okviru projekta **RASCDAM** (Development of Rescue Action based on Dam-Break Flood Analysis, EU, 2001;) napravljen je pregled državnih aranžmana koji se odnose na bezbednost brana, vanredne situacije i akcije spašavanja u slučaju rušenja brana u nizu EU zemalja. Svi ovi aranžmani se mogu sagledati u više nivoa :

- 1.) Zakoni, regulativa i uputstva za izradu dokumentacije koja se odnosi na bezbednost brana i vanredne situacije i akcije spašavanja u slučaju katastrofa, a koje propisuju državni organi ili njihove Institucije;
- 2.) Monitoring (nadzor) i inspekcija brana sa ciljem definisanja stanja bezbednosti brana i prepoznavanja moguće vanredne situacije, što bi pomoglo efikasnijim akcijama prevencije ili ublažavanja posledica katastrofa, odnosno kontrole katastrofe;
- 3.) Preventivne analize mogućih posledica u slučajevima rušenja brana, odnosno bolje upoznavanje sa razmerama rizika usled rušenja brana (hidrauličke analize, definisanje potencijalnih plavnih zona u slučaju katastrofe i dinamičkih parametara pojavljenog talasa i konsekvntno analize stepena ugroženosti ljudskih života i šteta na materijalnim dobrima);
- 4.) Projektovanje i izvođenje sistemi za osmatranje, prevenciju, obaveštavanje, rano upozorenje i uzbunjivanje stanovništva na potencijalno ugroženom području;
- 5.) Izrada operativnih planova za vanredne situacije (**Emergency Action Plan-EAP**), koji se odnose na velike rizike (**RM**), koji se bave mogućim vanrednim situacijama na nivou države. U okviru ovih planova se posebno razrađuju posebni planovi prevencija i operativni planovi intervencija usled unapred definisanog rizika, kao što su slučajevi rušenja brana. Posebni planovi intervencija obuhvataju aktivnosti korisnika brane (Unutrašnji Plan), kao i autorizovanih lica i institucija i generalno stanovništva (Spoljni Plan). Ovi planovi obuhvataju aktivnosti pre rušenja brana, tokom samog rušenja brana i posle prolaska talasa nastalog rušenjem brana. U okviru ovih planova moraju biti integrisani svi aranžmani pobrojani u prethodne 4 tačke.

U gornjem kontekstu treba posmatrati definisanje hidrauličkih posledica i konsekvntno uticaj po stanovništvo i materijalna dobra, koji se može ispoljiti nizvodno od brana u slučaju da dođe do rušenja brane.

Uzroci rušenja brana, odnosno objekata brana i njihovih fundamenata se, u generalnom slučaju, mogu posmatrati kao posledica delovanja hidroloških razloga i razloga izazvanih prekomernim statičkim i dinamičkim opterećenjem objekta. Ovi uzroci su u neposrednoj vezi sa nivoom kvaliteta izvedenih radova, nivoom kvaliteta prethodnih projektantskih analiza,

koje prethode izvođenju objekta, kao i načinom upravljanja, održavanja i osmatranja objekta tokom eksploatacije.

Dodatne analize pojavljenih i registrovanih incidenata na branama, koje su dovele do oštećenja ili rušenja objekata, su pokazale da brojni objekti nisu imali sisteme za oskultacije, odnosno sisteme za osmatranje, prevenciju, obaveštavanje, rano upozorenje i uzbunjivanje stanovništva na potencijalno ugroženom području ili ovi sistemi nisu funkcionisali.

Generalno gledano, rušenja brana su kompleksni procesi koji normalno počinju određenim nenormalnostima u ponašanju brane (početna greška), a koja nisu uočena na vreme. Ovo je osnovni razlog zbog čega postojanje integralnog Sistema za osmatranje, obaveštavanje, uzbunjivanje, prevenciju i akciono dejstvo u slučajevima vanrednih situacija, postaje neophodnost.

Stalna inspekcija i osmatranje brana, kao i brza analiza i interpretacija akviziranih podataka, i konsekvantno obaveštavanje i uzbunjivanje mogu igrati ključnu ulogu u pogledu bezbednosti brana. Informacije o metodama pomoću kojih se otkrivaju pokazatelji nepredviđenog ponašanja brana ili pomoću kojih se sprečava njihovo rušenje, treba da doprinesu dispoziciji i projektu integralnog Sistema za osmatranje i uzbunjivanje.

Brane moraju biti podvrgnute stalnom, odnosno kontinualnom nadzoru radi uvida u njihovu sigurnost. Pod ovim se podrazumevaju mere nadzora koje nisu, samo po sebi, uključene u standardni sistem oskultacije objekata, već se problem mora sagledavati u mnogo širem kontekstu. Pored praćenja velikog broja relevantnih parametara u okviru standardnih sistema za oskultaciju brane, mora postojati sistem za osmatranje i ostalih parametara koji nisu uključeni u prethodni standardni sistem, kao i sistem za rano upozorenje i obaveštavanje u slučaju da se brana nalazi u neposrednoj opasnosti od rušenja, iz bilo kog razloga.

Kao krajnji rezultat se dobija integralni Sistem koji vrši stalnu akviziciju svih relevantnih parametara koji mogu da ukažu na nivo stabilnosti, odnosno ugroženosti objekat (bezbednost brane-dam safety), koji se kontinualno analiziraju i mogu da postanu kriterijum za automatsko ili manuelno aktiviranje mera ranog upozorenja, obaveštavanja, a na kraju i uzbunjivanja, kako osoblja na brani, autorizovanih institucija do nivoa nacionalnih vlada, tako i stanovništva na ugroženom području nizvodno od brane i aktiviranja prethodno sačinjenih **EAP** planova, odnosno planova posebnih intervencija, uže gledano.

Osnovni kriterijumi koji mora da zadovolji operativni sistem za osmatranje, obaveštavanje, prevenciju i uzbunjivanje se mogu sublimirati kao :

- Sistem za osmatranje, obaveštavanje i uzbunjivanje (alarmiranje) i prevenciju treba da omogući blagovremeno obaveštavanje osoblja brane, relevantnih sigurnosnih struktura i na kraju stanovništva na ugroženom području o pojavi poplavnog talasa nastalog rušenjem brane ;
- Sistem za oskultaciju brane i aktivnosti inspeksijskog nadzora objekta brana moraju biti integrisane u pomenuti celokupni integralni sistem ;
- Postojeća tehnička rešenja za alarmiranje i telekomunikacije, koja već postoje u zoni ugroženog područja, a koja služe za bilo koje druge namene, moraju biti integrisani u pomeniti sistem ;
- Na samoj brani mora biti formiran Podcentar za osmatranje, obaveštavanje, uzbunjivanje i prevenciju, a u okviru komandnog Centra brane ;
- Odgovarajući Centar za obaveštavanje, uzbunjivanje i prevenciju mora biti formiran u sedištu regiona u kom se nalazi ugrožena zona, a korespondentni Centri nižeg hijerarhijskog nivoa u okviru svake opštine na potencijalno ugroženom području ;
- Aktiviranje signalnih uređaja za emitovanje odgovarajućih signala ranog upozorenja ili opšte uzbune moraju imati mogućnost manualnog i automatskog iniciranja iz svakog

Podcentra sa centralnom kontrolom u okviru hijerarhijski najvišeg Centra na regionalnom ili na nacionalnom nivou ;

- Na osnovu rezultata hidrauličkih proračuna i definisane plavne zone treba izvršiti obeležavanje iste odgovarajućim belegama;

Iz ovih kriterijuma proizilazi da **integralni Sistemi za osmatranje, prevenciju, obaveštavanje, rano upozorenje, uzbunjivanje stanovništva na potencijalno ugroženom području i akciono dejstvo u slučaju rušenja brane**¹, da bi obavio svoju funkciju, mora da se sastoji od sledećih elemenata-modula:

1. Integrisane osmatračke mreže za posebna osmatranja i standardna oskultaciona merenja na brani;
2. Podcentra **SISTEM-a za osmatranje i uzbunjivanje** na samoj brani;
3. Opštinsko-regionalnih centara **SISTEMA**, pa sve do nacionalnog nivoa;
4. Sistema za daljinsko aktiviranje sirena (centralni uređaj, periferni uređaji);
5. Uređaja za neprekidno napajanje sistema energijom;
6. Elektronskih alarmnih stanica (alarmno pojačivački uređaji i zvučničke jedinice);
7. Telekomunikacionog sistema, odnosno sistema veza, između svih modula sistema;
8. Oznaka za obeležavanje plavne zone na terenu;
9. **Emergency Action Plan-ova (EAP)**, odnosno planova za **prevenciju, kontrolu i ublažavanje** katastrofe i otklanjanje njenih posledica, kao Operativnog plana dejstva u slučaju opasnosti od rušenja brane;

SISTEM za osmatranje i uzbunjivanje za svaku pojedinačnu branu, mora biti integrisan u jedinstveni nacionalni, regionalni ili opštinski **SISTEM** za osmatranje i uzbunjivanje stanovništva u slučaju vanrednih situacija, koje mogu proizaći iz postojanja bilo kog velikog rizika (RM), prirodnih ili tehnoloških opasnosti, a koje mogu dovesti do ugrožavanja ljudskih života i materijalnih šteta.

SISTEM za osmatranje i uzbunjivanje mora biti tako koncipiran da se za određeno potencijalno ugroženo područje formira Centar koji predstavlja strateško i logističko komandno mesto za sve operacije. U Centru se prikupljaju sve relevantne informacije na osnovu kojih se donose odluke o potrebi i stepenu uzbunjivanja stanovništva odgovarajućim znacima uzbune ili govornim informacijama i pokretanja unapred previđenih operacionih. Kada se na području, koji je pod jurisdikcijom Centra, nalaze objekti koji sami mogu postati izvor opasnosti (visoke brane sa akumulacijama, postrojenja hemijske industrije i sl.), onda se uz te objekte formiraju Podcentri.

Pored ovoga se na ugroženoj teritoriji postavlja određeni broj alarmnih stanica čija je isključiva uloga da u datim okolnostima generišu znakove uzbune odgovarajućim signalom.

Pri izboru dispozicije sheme **SISTEMA za osmatranje i uzbunjivanje** stanovništva na području ugroženom rušenjem brane moraju se imati u vidu lokacija naseljenih mesta, značajnijih objekata, postojanje opšteg, odnosno nacionalnog sistema za osmatranje i uzbunjivanje stanovništva na širem regionu za slučaj svih velikih rizika i stepen osmatranja same brane čije je rušenje predmet analiza.

U prilogu 25. je prikazana generalna informaciona shema integralnog **SISTEMA** za osmatranje i uzbunjivanje stanovništva u slučaju rušenja brana, koji predstavlja logističku osnovu za opšti ili posebni plan prevencije i upravljanja katastrofom.

¹ U daljem tekstu radi jednostavnijeg referenciranja -**SISTEM za osmatranje i uzbunjivanje**

U skladu sa svim gore izloženim činjenicama potrebno je posebnu pažnju usmeriti na razvoj procedure koje će sprečiti da do pojave rušenja objekata zaista dođe, do ublažavanja posledica ako do rušenja brane i dođe, kao i do otklanjanja posledica posle incidenta.

Ovo može da se sublimiše u jednostavna pitanja tipa :

- Šta da se radi pre pojave rušenja brane;
- Šta da se radi tokom samog rušenja brane i
- Šta da se radi posle samog događaja i prolaska talasa;

10.2. SISTEM ZA OSMATRANJE, OBAVEŠTAVANJE, PREVENCIJU I AKCIONO DEJSTVO U SLUČAJU SEKVENCIJALNOG RUŠENJA BRANA HE "BRODAREVO 1" I HE "BRODAREVO 2" NA LIMU

U skladu sa prethodnim poglavljem, integralni Sistemi za osmatranje, prevenciju, obaveštavanje, rano upozorenje, uzbunjivanje stanovništva na potencijalno ugroženom području i akciono dejstvo u slučaju rušenja brana, (u daljem tekstu Sistem za osmatranje i uzbunjivanje), u slučaju rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" mora da zadovolji sve prethodno gore navedene kriterijume.

Zbog moguće opasnosti koja pretili stanovništvu u dolini reke Lim, usled iznenadne pojave poplavnog talasa u slučaju naglog isticanja vode iz uzvodnih akumulacija, u slučaju njihovog prelivanja ili rušenja, svi korisnici brana su obavezni da u skladu sa aktuelnim zakonskim propisima i uredbama preduzmu sve potrebne mere u cilju osmatranja i obaveštavanja, a po potrebi delimičnog ili opšteg uzbunjivanja stanovništva na području ugroženom od rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2".

Sistem za osmatranje i uzbunjivanje treba da se sastoji od : integrisane osmatračke mreže na branama i akumulacijama HE "Brodarevo 1", HE "Brodarevo 2" i HE "Potpeć", Podcenara Sistema na branama HE "Brodarevo 1", HE "Brodarevo 2" i HE "Potpeć", operativnih Centara Sistema u Brodarevu, Prijepolju i Priboju, Podcentara Sistema u ostalim naseljenim mestima u ugroženoj zoni, sistema za daljinsko aktiviranje sirena za rano upozorenje na deonicama reke Lim nizvodno od razmatranih brana, uređaja za neprekidno napajanja Sistema energijom, elektronskih alarmnih stanica lociranih na nizvodnom području, sistema veza između svih modula sistema, oznaka za obeležavanje zone plavljenja na terenu i operativnog plana za prevenciju, kontrolu i ublažavanje posledica mogućeg sekvencijalnog rušenja brana HE "Brodarevo 1", HE "Brodarevo 2". Kao merodavna podloga za projektovanje Sistema za obaveštavanje i uzbunjivanje koriste se zone plavljenja i ostale dinamičke karakteristike talasa dobijene kao rezultat proračuna i simulacija hidrodinamičkim matematičkim modelom.

U skladu sa generalnom informacionom shemom, pored standardnih oskultacione instrumentacije, da bi se ispoštovali zahtevi za prevenciju pojave rizika od sekvencijalnog rušenja brane HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", potrebno je instalirati i dodatnu instrumentaciju. Dodatna instrumentacija obuhvatata :

- Instrumentaciju za merenje nivoa donjih voda ispod obe brane ;
- Instrumentacija za merenje nivoa gornjih voda u akumulacijama (na uzvodnom licima brana, odnosno kod samih objekata brana) ;
- Geodetske repere za on-line praćenje pomeranje tri tačke na kruni obe brane pomoću geodetskih metoda (GPS ili sl.);
- Instrumentaciju za merenje nivoa (i proticaja) na hidrološkim stanicama na uzvodnim krajevima akumulacija HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2";

- Merne uređaje na organima za evakuaciju vode iz akumulacija HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" (preliv i temeljni ispust) za praćenje količina vode koja se evakuiše iz akumulacije;
- Meteorološke stanice na brani HE "Brodarevo 1" za praćenje osnovnih meteo parametara (temperatura, vetar, isparavanje, padavine);

Za praćenje nivoa vode na branama treba izabrati limnigrafe najnovije generacije sa mogućnostima lokalnog i telemetrijskog očitavanja vrednosti nivoa vode u akumulacijama. Na uzvodnim krajevima akumulacija HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" mora se konstruisati stalne hidrološke stanice. Na evakuacionim organima obe brane treba postaviti uređaje radi trenutnog i kontinualnog praćenja ispuštanja vode iz akumulacija.

Standardna oskultaciona merenja se sastoje od geotehničkih osmatranja, osmatranja podzemnih i provirnih voda, geodetskih osmatranja i seizmičkih osmatranja. Pored instrumentalnih osmatranja objekti se i kontinuirano vizuelno osmatraju.

Praćenje pomeranja 3 tačke na krunama brana može se vršiti metodom aliniranja ili preko GPS senzora na kruni brane. Svi ovi podaci se moraju prenositi u komandne centre na branama.

Meteorološka stanica, kao deo osmatračke mreže na branama, treba da bude automatskog tipa sa telemetrijskim mogućnostima očitavanja u komandama obe brane. Parametri koji će se očitavati na ovoj meteorološkoj stanici su : brzina i pravac vetra, vlažnost vazduha, temperatura, visina padavina i evaporacija sa slobodne vodene površine. Ova stanica može biti locirana u zoni brane HE "Brodarevo 1", ali je poželjno da ne bude na samom objektu već nešto visinski izmeštena.

Svi parametri merenja (sa osnovne mreže za oskultaciju brana i sa dopunske mreže gore pomenutih uređaja) moraju biti praćeni kontinualno i očitavanja se mogu vršiti telemetrijski u okviru komandnih centara na branama-Podcentra Sistema. Praćenje stanja objekata preko praćenja vrednosti merenih parametara obavlja se kontinualno od strane za to posebno obučenog osoblja na branama. Stanje objekata se kontinualno prati pomoću uređaja koji omogućuju kontinualno prikupljanjem prethodno definisanih mernih parametara, njihovo skladištenje na odgovarajuće memorijske medije, on-line i off-line analiza ovih parametara i prosleđivanje relevantnih veličina i praćenje vrednosti svih veličina u komandnom centru na brani.

U skladu sa unapred definisanim kriterijumima može se doneti odluka da se blagovremeno izvrši obaveštavanje ili uzbunjivanje Centra Sistema (Brodarevo, Prijepolje i Priboj), kao i stanovništva na ugroženom području pomoću modula integralnog sistema, koji ima funkciju alarmiranja, odnosno uzbunjivanja ili obaveštavanja. Pored ove funkcije u skladu sa unapred definisanim kriterijumima može se aktivirati generalni i posebni plana prevencije u slučaju ugroženosti objekta brane, kao i operativni plan za kontrolu potencijalne katastrofe, koji daje osnovne elemente za lokalizaciju i operacionalizaciju teritorijalnih planova za slučaj pojave velikih rizika (RM), a posebno u slučaju rušenja pomenutih brana na ugroženom području.

Ovim operativnim planovima su jasno predviđene i aktivnosti osoblja na brani, odnosno osoblja u Podcentru na brani. Tako se predviđa da su u slučajevima kada se uoče oštećenja na objektu (betonskim objektima ili nasipu), povećano procurivanje ispod objekta, havarije na evakuacionim organima, kada se oseti zemljotres na brani i kada se dobije informacija da je došlo do oštećenja uzvodne brane, pristupi sazivanju Stručne komisija koja vrši procenu stanja objekta. Ako komisija zaključi da postoje uslovi da se proglasi stanje pripravnosti, usled stanja objekta, predlažu se odgovarajuće operativne mere. Komisija nastavlja da prati

stanje objekta i ako se situacija normalizuje proglašava se prestanak stanja pripravnosti. Ukoliko dođe do pogoršanja stanja na objektu, komisija proglašava stanje opšte uzbune.

Najčešće se trenutni maksimalni nivo vode u akumulaciji uzima kao veličina kojoj se pridaje najveći značaj pri donošenju adekvatne odluke i koja može da posluži kao merodavna za automatsko formiranje alarmnog signala.

U okviru operativnih planova za vanredne situacije, kao dela **SISTEMA za osmatranje i uzbunjivanje** potrebno je definisati i programe i kriterijume za aktiviranje signala za obaveštavanje i uzbunjivanje, a u skladu sa tim će se dati i predlog instaliranja odgovarajuće opreme (signalni i alarmni uređaji, telekomunikacione veze), koja bi perspektivno obezbedila efikasan prenos informacija, aktiviranje signala, blagovremeno obaveštavanje osoblja na brani, nadležnih organa i ugroženog stanovništva, kao i pokretanje pripremnih radnji za evakuaciju, ako je to neophodno.

Sva oprema mora biti obuhvaćena programom održavanja i kontrole, kako propisuju važeći standardi za bezbednost, kontrolu i signalizaciju na branama.

Centri sistema za osmatranje i uzbunjivanje su locirani u Brodarevu, Perijepolju i u Priboju. Obzirom na lokaciju obe brane HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", hijerarhijski najviši Centar je u Prijepolju. Centri za obaveštavanje i uzbunjivanje stanovništva na ugroženom području, u slučaju stanja pripravnosti na branama prosleđuje ovu informaciju svim zainteresovanim subjektima, kao i stanovništvu. Ako se iz stanja pripravnosti na objektu pređe u stanje opšte uzbune, Centri daju nalog za aktiviranje signala opšte uzbune. Informacije o stanju pripravnosti i stanju uzbune Centri dobijaju od Podcentara na branama. Centri su kontrolna i upravljačka mesta **SISTEMA za osmatranje i uzbunjivanje**. Ovde se preuzimaju sve informacije iz Podcentara na brani, kao i od ostalih službi za osmatranje drugih opasnosti (vazdušne, požarne, zemljotresa i sl.) i obaveštava o vanrednim i kriznim situacijama. Po dobijanju informacija ili signala o nastalom alarmnom stanju, uređaji za obradu signala proveravaju signal i automatski prosleđuju alarmne signale do alarmnih stanica. Centari imaju govorne dvosmerne veze sa Podcentrima i sa odgovornim osobljem na ugroženom području. Centralni uređaji za obradu digitalno-analognog signala vrši stalnu kontrolu alarmnih stanica i prenosnih veza. Za alarmne stanice opremljene elektronskim sirenama, uređaj može da ima potvrdu spremnosti sirene da emituje signal i govorne poruke, kao i potvrdu o jačini emitovanog signala. Veze centralnog uređaja sa alarmnim stanicama treba ostvarivati kablovima.

U okviru Centara su instalirani centralni uređaji sistema za daljinsko upravljanje sirenama. Osnovne funkcije ovog uređaja su :

- Daljinsko aktiviranje alarmnih sirena, pri čemu se bira adresa perifernog uređaja, odnosno lokacija alarmne sirene i vrsta akustičnog alarmnog signala (različiti standardni akustički signali se koriste za različite potrebe na nacionalnom nivou kao što su : neposredna ratna opasnost, neposredna opasnost od terorističkog napada, vazдушna opasnost, opasnost od nuklearno-hemijsko-biološkog zagađenja, opasnost od požara, opasnost od elementarnih nepogoda, odnosno za sve različite velike rizike, kao i signal prestanka opasnosti;
- Daljinsko aktiviranje grupe sirena odgovarajućom vrstom akustičkog signala;
- Automatsko daljinsko aktiviranje alarmnih sirena, kada nalog za aktiviranje ne dolazi samog Centra za obaveštavanje i uzbunjivanje na teritoriji koja je neposredno ugrožena (kao što su : na zahtev susednih opštinskih Centara, Centara iz susednog regiona, na zahtev Podcentara na branama itd);

Sva vanredna stanja na objektima, koja mogu dovesti i do kritičnih stanja objekata, moraju biti predmet posebne pažnje u okviru integralnog sistema za obaveštavanje i uzbunjivanje i stalne komunikacije na nivou Podcentri na branama - Centri za obaveštavanje i uzbunjivanje.

Rukovođenje akcijama predviđenih operativnim planom za vanredne situacije rukovodi lice koje je unapred određeno za izvršavanje ove funkcije od strane teritorijalne administracije (odnosno od strane načelnika Okruga ili Predsednika skupštine opštine) ili od strane Sektora za vanredne situacije MUP-a Srbije, potpomognut Komisijom u kojoj se nalaze odgovarajuća operativna odgovorna lica, kao što je odgovorno lice za bezbednost na Okruga ili Opštine, komandanti nadležnih interventnih jedinica (šefovi civilne zaštite, policije, žandarmerije, vatrogasaca, prve pomoći, i sl..).

Operativnim planovima za vanredne situacije su jasno predviđene i aktivnosti osoblja na branama, odnosno osoblja u Podcentrima na branama, putevi informacija i načini alarmiranja stanovništva na nizvodnim rečnim deonicama. Ovi posebni planovi moraju biti integrisani u generalne planove za prevenciju i kontrolu katastrofe u slučaju pojave svih velikih rizika, za odgovarajuće teritorijalne jedinice (Nacionalni nivo, Region, Okrug, Grad, Opština), kojima se određuju ljudski i materijalni resursi koje treba odrediti za slučaj potencijalnih velikog rizika, kao i uslovi angažovanja ovih resursa.

Odgovorno lice za sprovođenje mera prevencije na samim branama su direktori brana ili šefovi eksploatacija brana.

U određenim slučajevima se moraju doneti odluke za preventivno delovanje da bi se predupredile eventualne katastrofalne posledice po stanovništvo nizvodno od brane. U ove preventivne mere spadaju i potreba i mogućnosti da se preduzme hitno pražnjenje akumulacije ili da se izvrši preventivna evakuacija stanovništva sa potencijalno ugroženog područja. Ove odluke donosi Centar za obaveštavanje i uzbunjivanje uz stalnu konsultaciju i pravovremene informacije koje obezbeđuje Podcentar na brani.

Za svaku od mogućih odluka autorizovani odgovorni subjekti izvršenja ovih operacija moraju da donesu odgovarajuće pravovremene i valjane pisane odluke koje moraju biti obrazložene na odgovarajući način, a sve ovo mora biti praćeno izradom detaljnih izveštaja. Posebna pažnja mora biti posvećena problemima kao što su dostava pomoćne energije, pomoćni pristup lokacijama, pomoćna sredstva komunikacije (interna i daljinska), putevi evakuacije osoblja koje vrši eksploataciju brane, putevi evakuacije stanovništva i slično. O svemu ovome se mora voditi računa u Centrima za obaveštavanje i uzbunjivanje kao glavnoj okosnici integralnog sistema za obaveštavanje i uzbunjivanje.

Uobičajena savremena praksa je da se na nacionalnom nivou predvidi izgradnja alarmnih stanica na teritoriji cele države, koje se koriste u mirnodopskim i ratnim uslovima za obaveštavanje stanovništva o raznim vrstama opasnosti, uključujući i opasnost od pojave poplave u slučaju rušenja brana. U normalnim uslovima postoji već izgrađena mreža alarmnih stanica za obaveštavanje i uzbunjivanje stanovništva na nacionalnom nivou. Ovu mrežu treba integrisati u mrežu za obaveštavanje i uzbunjivanje stanovništva u slučaju rizika od rušenja brane. U skladu sa tim se preporučuje da se propišu posebni alarmni signali za oglašavanje stanja pripravnosti i stanja opšte uzbune za stanovništvo koje se nalazi u zoni nizvodno od brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2". Pored ovih signala se propisuju i signali za prestanak neposredne opasnosti.

Alarmni signali mogu biti emitovani, osim sa alarmnih stanica, i preko svih raspoloživih medija (radio i TV), a mogu se oglasiti i sva druga raspoloživa sredstva za emitovanje alarmnih upozorenja, kao što su sirene policijskih, vatrogasnih i medicinskih vozila, da bi se signal amplifikovao i preneo do svih lokacija, a time osiguralo obaveštavanje celokupnog stanovništva. Pored alarmnih signala, paralelno mogu biti emitovane i govorne informacije o značenju emitovanog signala.



Ovi signali mogu biti isti kao i generalni znakovi za proglašavanje stanja pripravnosti ili opšte uzbune u okviru nacionalnog sistema za obaveštavanje i uzbunjivanje stanovništva ili mogu biti različiti, kako se to ovde predlaže, da bi stanovništvo jasno bilo upozoreno da se radi o opasnosti od rušenja brana.

Signali predalarmnog i alarmnog stanja generisani u Podcentrima na objektima brana se automatski posleđuju do Regionalnih, Okružnih i Opštinskih Centara i naselja na ugroženom području : Brodarevo, Prijepolje i Priboj, kao i do samih alarmnih stanica na ugroženom području. Uređaji u Podcentrima na branama treba da obezbede lokalnu signalizaciju, kao i daljinski prenos signala uzbune do alarmnih uređaja. Sva neophodna oprema mora biti obuhvaćena programom održavanja i kontrole, kako propisuju važeći standardi za bezbednost, sistemi za kontrolu i signalizaciju na branama, kao i kontinualnim bezbednim napajanjem el. energijom.

U slučaju proglašenog **stanja pripravnosti**, Podcentri na branama blagovremeno prenose informacije i upozorenja u pomenute Centre. Podcentri na branama u izuzetnim slučajevima mogu preduzeti i ulogu Centara, kada je u pitanju prenos signala upravljanja i govora do alarmnih stanica. Iz Podcentara je moguće uputiti opšti alarmni signal svim alarmnim stanicama u ugroženoj zoni, kao i govorne poruke.

U slučaju stanja proglašene **opšte uzbune**, dežurno osoblje Podcentara na branama obaveštava o nastalom stanju nadležne Centre Sistema (Brodarevo, Prijepole i Priboj), nadležna rukovodeća lica, stručne službe, nadležne institucije, kao i sve osobe na ugroženom području zadužene za prijem ovih informacija. Posle ovih aktivnosti preduzimaju se sve neophodne mere predviđene Pravilnikom o radu Podcentra za obaveštavanje i uzbunjivanje.

Periferni uređaju Podcentra obezbeđuju obradu signala dobijenih od mernih uređaja, kao i slanje alarmnog signala i govornih i drugih informacija do centralnih uređaja u relevantnim Centrima za obaveštavanje i uzbunjivanje. Periferni uređaj Podcentra ima sledeću funkciju :

- Prijem signala od mernih uređaja, formiranje alarmnog signala i njegovo prosleđivanje u upravljačke Centre od kojih je onaj u Prijepolju najviši u hijerarhijskom lancu komandovanja;
- Manuelno aktiviranje signala uzbune za opasnost od poplave koji se prenosi u upravljačke Centre;
- Praćenje rada opreme za prijem, obradu i prenos signala (digitalno-analogni), odnosno stanja u svim alarmnim stanicama, uz mogućnost daljinske dijagnostike neispravnosti u pojedinim alarmnim stanicama radi brze intervencije kod održavanja sistema;
- Prijem daljinskih komandi iz upravljačkog Centra i aktiviranje alarmnih sirena;

Automatsko alarmiranje postaje operativno tek kada se od osmatračkih mreža na branama dobije alarmni signal određenog kontinualnog trajanja, odnosno nedvosmisleno se utvrdi da je kriterijum za aktiviranje alarma ispunjen. Ova vremenska zadržka je predviđena da bi se izbegle situacije aktiviranja "lažnog alarma".

U okviru Podcentara (u okviru komande brane) za potrebe alarmiranja postoje sledeći elementi: alarmno pojačivački uređaj; zvučničke jedinice; periferni uređaj Podcentra; uređaj za neprekidno napajanje elemenata sistema energijom; radio uređaj;..

U Podcentrima postoji mogućnost lokalnog aktiviranja signala uzbune ili govornih upozorenja. Iz svega prethodno navedenog se definiše jasan zahtev da komunikacija u svakom momentu između Podcentara na branama i Centara SISTEMA mora biti dvosmerna.

Prenos, odnosno razmena informacija u oba smera (Centri-Podcentri) se vrši preko ekskluzivnih slobodnih telefonskih linija, radio vezom ili za to specijalno izvedenim zemaljskim vezama (kablom). Podcentri i Centri su povezani odgovarajućim telekomunikacionim vezama sa alarmnim stanicama.

Za operativnu upotrebu generalno se preporučuje upotreba elektronskog tipa sirena. Ovim se omogućava dvosmernost veza, emitovanje signala za uzbunjivanje i govornih poruka i informacija. Ovakve sirene mogu da se napajaju iz akumulatorskih baterija koje se dopunjavaju iz redovne distributivne mreže monofaznim naponom. Ovim se obezbeđuje velika autonomnost rada sirena u slučaju prestanka rada redovnog elektro distributivnog sistema.

Alarmne stanice se nalaze na lokacijama koje se unapred određuju kao najpogodnije za obaveštavanje i uzbunjivanje stanovništva. Odabiru tačne lokacije alarmnih stanica prethodi analiza zone plavljenja i akustičke analize da bi se osigurao željeni kvalitet alarmnog signala na celom ugroženom području. Takođe je važno da se tačna lokacija alarmne stanice usaglasi sa već postojećom infrastrukturuom na terenu (prednost je da već postoji objekat na kome se može instalirati alarmna stanica), uslovima elektroenergetskog napajanja i optimalnim mogućnostima telekomunikacionog sistema veza.

Alarmna stanica ima funkciju da izvrši emitovanje znakova uzbune ili govornih informacija preko elektronskih alarmnih sirena koje se nalaze u njenom sklopu. Oprema u alarmnoj stanici mora omogućavati dostavu povratnih signalizacija o izvršenoj komandi za daljinsko aktiviranje alarmnih sirena, kao i za čitav niz drugih signalizacija koje služe da se u Centrima i Podcentru dobije detaljna slika o ispravnosti i raspoloživosti sistema za osmatranje i obaveštavanje.

Oubičajeni akustički zahtevi za alarmne stanice je da moraju imati snažne zvučne izvore nivoa čujnosti od 105-115 dB na 30 m odstojanja od stanice.

Aktiviranje sirena u alarmnim stanicama se može izvršiti automatski ili ručno iz svih Podcentara i Centara. Iz Centara je moguće vršiti aktiviranje pojedinačnih, grupnih ili svih sirena u sistemu različitim vrstama alarmnih signala i različiti snaga emitovanja.

U okviru Sistema veoma važno mesto zazimaju telekomunikacione veze koje služe za prenos različitih signala, komandi, govornih informacija i ostalih relevantnih informacija.

Veze se ostvaruju preko telekomunikacionih kablova (polaganje novih kablova po potrebi ili korišćenje starih slobodnih već postojećih kablovskih kapaciteta). Koriste se bakarni provodnici ili optička vlakna, kao i mređa lokalnih, opštinskih ili regionalnih radio veza.

Telekomunikacione veze služe za povezivanje mernih uređaja na brani sa odgovarajućim uređajima u Podcentrima, uređaja u Podcentrima sa centralnim uređajima Centara, alarmnih stanica sa uređajima u Podcentrima i centralnim uređajima u Centrima, kao i da omogući komunikaciju kompletnog osoblja koje je predviđeno za rad na terenu ili u Podcentrima ili Centrima.

Za potrebe rada **SISTEMA za osmatranje i uzbunjivanje** stanovništva koriste se VHF radio veze i kablovske linije. Kablovske linije mogu biti već postojeće kablovske linije koje zadovoljavaju potrebne standarde ili se polažu potpuno nove kablovske linije. Kablovi po pravilu moraju imati bakarne provodnike ili optička vlakna.

Pre realizacije VHF radio mreže treba izvršiti proveru rasprostiranja radio talasa između Podcentara, alarmnih stanica i Centra za osmatranje, obaveštavanje i uzbunjivanje, odnosno

alarmiranje stanovništva. Na osnovu ovakvih analiza i merenja slabljenja radio talasa na terenu određuje se mikrolokacija radio stanica i potrebnih releja.

Svi navedeni moduli generalne informacione sheme **SISTEM za osmatranje i uzbunjivanje** stanovništva na području koje je potencijalno ugroženo u slučaju rušenja brane su prikazani na prilogu 25.

Rukovođenje akcijama predviđenih operativnim planom za obaveštavanje, uzbunjivanje, prevenciju i kontrolisanje posledica katastrofe rukovodi lice koje je unapred određeno za izvršavanje ove funkcije od strane teritorijalne administracije (odnosno od strane načelnika Okruga ili Predsednika skupštine opštine) ili od strane Sektora za vanredne situacije MUP-a Srbije, potpomognut Komisijom u kojoj se nalaze odgovarajuća operativna odgovorna lica, kao što je odgovorno lice za bezbednost na Okruga ili Opštine, komandanti nadležnih interventnih jedinica (šefovi civilne zaštite, policije, žandarmerije, vatrogasaca, prve pomoći, i sl..).

Operativnim planovima za kontrolu katastrofe u slučaju rušenja brane, su jasno predviđene i aktivnosti osoblja na branama, odnosno osoblja u Podcentrima na branama, putevi informacija i načini alarmiranja stanovništva na nizvodnim rečnim deonicama. Ovi posebni planovi moraju biti integrisani u generalne planove za prevenciju i kontrolu katastrofe u slučaju pojave svih velikih rizika, za odgovarajuće teritorijalne jedinice (Nacionalni nivo, Region, Okrug, Grad, Opština), kojima se određuju ljudski i materijalni resursi koje treba odrediti za slučaj potencijalnih velikog rizika, kao i uslovi angažovanja ovih resursa.

Odgovorno lice za sprovođenje mera prevencije na samim branama su direktori brana ili šefovi eksploatacija brana.

10.3. OPERATIVNI PLANOWI ZA OBAVEŠTAVANJE I UZBUNJIVANJE

Najvažniji nestrukturalni modul Sistema za obaveštavanje i uzbunjivanje je operativni plan za vanredne situacije. U slučajevima kada se na branama utvrde stanja koja nisu redovna stanja eksploatacije, tada se ta stanja nazivaju vanredna stanja. Ova vanredna stanja mogu preći i u kritična stanja, koja u krajnjem slučaju mogu dovesti i do rušenja brana, kada se aktiviraju unapred pripremljeni planovi za ovakve uslove kao što su : **a)** aktiviranje opšteg i posebnog plana za prevenciju rušenja brane i **b)** aktiviranje operativnog plana dejstva za kontrolu katastrofe u slučaju opasnosti od rušenja brane, a u okviru generalnih planova za akciono dejstvo u slučaju velikih rizika (**RM**).

Obično se za slučaj postojanja velikih rizika (**RM**) jasno razlikuju dve osnovne faze za koje je potrebno uraditi operativne Planove aktivnosti : faza prevencije velikih rizika (**RM**) i faza Kontrole katastrofe.

Faza prevencije velikih rizika (RM) - Pod pojmom velikih rizika se podrazumevaju svi rizici koji predstavljaju verovatnu pretnju za stanovništvo, odnosno za čoveka i njegovu okolinu, koja može da proizađe iz delovanja posebnih prirodnih nepredviđenih događaja i/ili da bude posledica ljudskih aktivnosti (tehnoški rizici). Prevencija od velikih rizika i organizovanje u slučaju katastrofa, u okviru trajnog i održivog razvoja, treba da čini jedan globalni sistem koji je iniciran i vođen od strane države, sproveden od strane javnih ustanova i teritorijalnih zajednica u okviru njihovih kompetencija, a u dogovoru sa ekonomskim, socijalnim i naučnim subjektima, uključujući i građane. Država mora trajno da obezbedi svojim građanima kontinualan pristup svim informacijama koje se odnose na velike rizike (**RM**). Ovo pravo na dostupnost informacijama se odnosi na : saznanja o nepredviđenim događajima i osetljivim tačkama na relevantnim lokcijama i aktivnostima; i informacije o načinu prevencije velikih rizika koja su primenljiva na mesto boravka građana i njihove aktivnosti;

U okviru generalnih planova o prevencijama od velikih rizika (**RM**) razlikuju se nacionalni sistem nadgledanja i nacionalni sistem uzbunjivanja, koji su struktuirani prema prirodi **RM**. U okviru svakog posebno definisanog **RM** prave se posebni propisi u domenu prevencija za svaki od pojedinačnih rizika.

U slučaju predmetne studije potrebno je izraditi posebne planovi prevencije koji će se odnositi na prevenciju rizika od rušenja brane. U okviru ovih posebnih planova za prevenciju rizika za slučaj rušenja brane nalazi se i sledeće : karta plavljenja koja precizira plavne zone u slučaju rušenja brane za koju se plan odnosi, referentna visina plavljenja, vremena dolaska čela talasa i pragovi, uslovi, modaliteti i procedure aktiviranja stanja pripravnosti i stanja uzbune za slučaj potencijalne opasnosti od rušenja brane, kao i procedure prestanka rada uzbunjivanja.

U okviru generalnih planova o prevenciji velikih rizika, država određuje mere za obezbeđivanje sigurnosti transportne mreže za potrebe nesmetanog saobraćaja i pri pojavi velikih rizika (**RM**). Država takođe određuje mere u cilju razvoja nacionalne telekomunikacione mreže koja će biti pouzdana i sigurna. Ove mere podrazumevaju raznolikost vrste veznih tačaka sa međunarodnim vezama, bezbednost čvornih strateških centara veze i prenosa, raspoloživost pouzdanih i adekvatnih sredstava komunikacije tokom prevencije velikih rizika (**RM**). U okviru posebnih planova prevencije za slučaj rizika od rušenja brana, sve gore navedeni strateški mehanizmi bezbednosti će se primeniti za svaku od brana ponaosob, na teritoriji države. Ovo jasno podrazumeva da se posebni plan prevencije, oslanja na već definisane generalne planove o prevenciji velikih rizika (**RM**), za čiju izradu su zaduženi državni organi na nacionalnom nivou.

Faza Kontrole katastrofe - U toku pojave katastrofe potrebno je aktivirati nacionalni sistem za kontrolu katastrofe, u okviru koga postoji operativni plan pomoći i plan intervencija, kao i strukturalne mere za određivanje nadležnosti u slučaju katastrofe. Planiranje pomoći i intervencije, za slučaj pojave katastrofe koja je rezultat velikih rizika (**RM**), se instrumentalizuje kroz izradu odgovarajućih operativnih planova (Emergency Action Plan-**EAP**).

Operativni planovi se izrađuju na teritorijalnom principu a u skladu sa veličinom i razmerom katastrofe : Nacionalni planovi, Regionalni planovi, Opštinski planovi i Planovi za osetljive lokacije;

U okviru ovih planova se jasno definiše da se sledeći segmenti intervencija rešavaju po prioritetu : spašavanje i pružanje pomoći ljudima, instaliranje sigurnih privremenih mesta smeštaja, racionalno upravljanje pomoći, sigurnosti i zdravlje unesrećenih i njihovih dobara, napajanje pitkom vodom, obezbeđenje napajanja energijom.

Država je odgovorna da izvrši mobilizaciju sredstava i potrebnih ljudskih resursa na ime izvršavanja operativnih planova u slučaju vanredne situacije. Intervencija vojske u operacijama pomoći u slučaju katastrofa mora da bude u skladu sa zakonom, koji se odnosi na sudelovanje vojske u misijama spašavanja izazvanih vanrednom situacijom.

Posebni operativni planovi, za slučaj rušenja brane, kojima se određuju specifične mere intervencije u slučaju katastrofe pri rušenju brana se izrađuju u skladu sa važećom zakonskom nacionalnom regulativom i moraju biti integrisani u generalne operativne planove za velike rizike, za čiju izradu su odgovorni državni organi a po teritorijalnom principu.

Osnovni cilj operativnih planova za slučaj potencijalnog rušenja brane je :

- analiziranje rizika;
- predviđanje, ukoliko je potrebno, dodatnih mehanizama uzbune;
- sprovođenje posebnih mera u cilju kontrole incidenata;
- informisanje stanovništva o merama koje su preduzete oko pogođenih objekata;

Osim operativnih planova intervencija, korisnici brana dužni su da izrade interni plan intervencija koji treba da definiše, za posmatranu instalaciju, sve mere prevencije rizika, sredstva upotrebljena na to ime, kao i procedure koje treba primeniti pri pojavi incidenta.

U okviru mera za kontrolu katastrofe, država mora da odredi strukturalne mere za određivanje nadležnosti za katastrofu. Ove mere se odnose na određivanje strateških rezervi, izradu sistema za određivanje nadležnosti za procenu opasnosti i šteta, kao i osnivanje specijalnih institucija.

Strateške rezerve mogu biti sledeće :

- šatori, kolibe i sva druga sredstva koja mogu da obezbede privremeni smeštaj unesrećenima koji su ostali bez krova nad glavom;
- hrana;
- lekovi za hitnu pomoć i proizvode za dezinfekciju i borbu protiv širenja epidemija i bolesti;
- vučne cisterne sa pitkom vodom;
- pitka voda koja se čuva u različitim stanjima;
- transportno-građevinska mehanizacija.

U fazi po završetku opasnosti se pristupa popravljaju nastalih šteta, odnosno pristupa se svim potrebnim aktivnostima koje imaju za cilj vraćanje stanja na pogođenoj teritoriji na stanje pre incidenta.

10.4. EVAKUACIJA STANOVNIŠTVA NA PODRUČJU NIZVODNO OD BRANA NA LIMU

U slučaju potencijalnog sekvencijalnog rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" na reci Lim, obzirom na rezultate hidrauličkih analiza i definisane plavne zone i dinamičkih karakteristika talasa izvršene u poglavljima 7. na znak oglašavanja **stanja pripravnosti** stanovništvo, koje živi nizvodno od brane HE "Brodarevo 1", pristupa evakuaciji. Ovo se posebno odnosi na naselje Brodarevo, iako ova konstatacija važi ca celu deonicu reke Lim od brane HE "Brodarevo 1" do uzvodnog kraja akumulacije HE "Brodarevo 2".

Evakuaciju, u predmetnom slučaju, nije moguće efikasno izvesti za naznačenu deonicu, kada dođe do trenutka kada je rušenja brane HE "Brodarevo 1" neizbežno i potpuno izvesno, odnosno kada se oglasi signal **opšte uzbune**, jer na raspolaganju nema dovoljno vremena za ovako složenu operaciju. Po unapred definisanim kriterijumima, koji su globalno empirijski provereni, za efikasnu evakuaciju stanovništva je potrebno vreme od 15-30 minuta. U slučaju rušenja brane HE "Brodarevo 1", čelo talasa nastalo rušenjem ove brane dolazi do uzvodnog dela akumulacije HE "Brodarevo 2", za oko 5 minuta., pa ovo vreme, po opšte prihvaćenim standardima, nije dovoljno da bi se izvršila efikasna evakuacija ugroženog stanovništva u bezbedne zone. I za deonicu nizvodno od brane HE "Brodarevo 2", od brane HE "Brodarevo 2" do deonice neposredno uzvodno od predgrađa Prijepolja (stacionaža oko 25+000 km), važi isti zaključak, da se evakuaciji stanovništva mora pristupiti po oglašavanju signala za **stanje pripravnosti**. Do ovog poprečnog preseka čelo talasa nastalo rušenjem brane HE "Brodarevo 2", dolazi za oko 15 minuta. U ovakvim slučajevima jedino rešenje je da se evakuacija izvrši preventivno, ako ne kompletnog stanovništva, onda najranjivijeg dela populacije, odmah po oglašavanju znaka. Ova činjenica mora da bude jasno naglešena i integrisana u operativne planove za teritoriju regiona svih opština na deonici reke Lim od uzvodnog kraja akumulacije HE "Brodarevo 1" do brane HE "Potpeć".

U opštem slučaju evakuaciji stanovništva se obično pristupa po oglašavanju znaka opšte uzbune, pa je slučaj brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", na reci Lim, donekle specifična.

Za deonicu od stacionaže 25+000 km do uzvodnog kraja akumulacije HE "Potpeć" evakuaciji stanovništva se pristupa po oglašavanju znaka **opšte uzbune**.

Na oglašavanje odgovarajućeg alarmnog signala, koji predstavlja signal za evakuaciju stanovništva, celokupno stanovništvo ODMAH odlazi na odgovarajuće punktove koji predstavljaju mesta za okupljanje odakle će se organizovano izvršiti evakuacija u bezbedne zone na višim kotama terena, koje su unapred definisane. Evakuacija se vrši putevima koji nisu ugroženi dejstvom poplavnog talasa. Za evakuaciju treba koristiti nakraće putne pravce koji vode prema višim zonama terena. Evakuacija može da se vrši i individualno i to je čest slučaj kada se ne radi o gusto naseljenim urbanim zonama.

U okviru operativnih planova za vanredne situacije moraju se definisati lokacije sabirnih punktova za evakuaciju, moraju se obezbediti resursi za evakuaciju i moraju se unapred definisati lokacije na koje se vrši dislociranje stanovništva. Na ovim lokacijama, u skladu sa unapred obezbeđenim strateškim rezervama, moraju biti obezbeđena sva neophodna sredstva za život dislociranog stanovništva (smeštajni kapaciteti, hrana, voda, električna energija, sanitarni čvorovi i sanitetski punktovi). Pored ovoga, u ovim teritorijalnim operativnim planovima mora biti jasno definisana i komandna struktura ljudstva zaduženog za organizovanu evakuaciju, njihov domen odgovornosti i njihova konkretna zaduženja. Posebna opaznja mora biti posvećena najranjivijem delu populacije kao što su : bolesni, osobe sa posebnim potrebama, deca, starije osobe, trudnice i sl.

Stanovništvo na ugroženom području mora biti upoznato sa značenjima alarmnih signala i mora se periodično uvežbavati brza i efikasna evakuacija stanovništva u bezbedne zone. Prilikom ovih vežbi, po unapred utvrđenom planu, naročito se vodi računa o koordinisanosti akcija svih nadležnih službi koje su zadužene za evakuaciju.

Lokalni organi vlasti, u koordinaciji sa državnim organima, odnosno Sektorom za vanredne situacije MUP-a Srbije, svim štabovima civilne zaštite, vatrogasnim štabovima, policije, žandarmerije, kao i zdravstvenim autoritetima, na lokalnom nivou, moraju imati svoja unapred definisana zaduženja u okviru teritorijalnih operativnih planova za vanredne situacije. Na osnovu ovako definisanih zaduženja, sve Službe moraju doneti svoje Pravilnike, kojima se propisuju zaštitne mere i postupci za evakuaciju, zbrinjavanje i zaštitu stanovništva na ugroženom području.

Ovi Pravilnici moraju u sebi, pored ostalih stvari, obavezno sadržati i sledeće propisane mere i akcije:

- raspored i smeštaj pojedinih kompetentnih štabova i odeljenja Službi za evakuaciju;
- granice područja na koje treba izvršiti evakuaciju stanovništva;
- brzinu, raspored, pravce i opseg evakuacije;
- popis stanovništva i skloništa za smeštaj ugroženog stanovništva i opreme za evakuaciju;

Povratak iz sigurnih zona u ugroženu zonu će biti dozvoljen tek po prestanku proglašenog Stanja opšte uzbune ili stanja pripravnosti. Naredbu za prestanak Stanja opšte uzbune ili stanja pripravnosti daje isti Organ koji je i poglasio ovo Stanje.

Teritorijalnim operativnim planovima za velike rizike (RM), na teritorijalnom nivou, moraju biti propisani i vremenski razmaci u kojima se moraju periodično vršiti proveravanje celog **SISTEMA za obaveštavanje i uzbunjivanje** stanovništva i u kojim vremenskim razmacima treba organizovati vežbe svih Službi i stanovništva.

U opštem slučaju, po oglašavanju stanja pripravnosti i evakuacije, stanovništvo u svojim kućama mora da isključi sve električne uređaje, gasne instalacije i vodovodne instalacije. Posle ovih aktivnosti stanovništvo se upućuje najkraćim putem u bezbedne zone van domašaja plavne zone, ili na propisane sabirne punktove odakle se vrši organizovana evakuacija. Prilikom napuštanja domova prilikom evakuacije stanovništvo mora da ponese sledeće predmete : radio uređaje; džepne lampe sa rezervnim baterijama; pitku vodu; čaše i elementarni priručni pribora za jelo: pokrivače; lepljivu traku i makaze; pribor za prvu pomoć; lična dokumenta;...

Prilikom evakuacije treba izbegavati : ostanak u sopstvenim kućama; ostanak u sopstvenim vozilima ako su putevi zakrčeni saobraćajem; telefoniranje (da bi linije bile slobodne za hitne razgovore); odlazak po decu u škole jer će se evakuacija škola vršiti prioritarno; loženje bilo kakve vrste otvorene vatre;...

10.5. KRITERIJUMI ZA OGLAŠAVANJE STANJE PRIPRAVNOSTI

Stanje pripravnosti se generalno objavljuje na branama HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", kada se uoče abnormalnosti na objektima, kada se pojave izuzetno velike vode ili kada postoji najava posebnih opasnosti koje bi mogle u najskorijem vremenskom periodu da ugroze bezbednost objekata.

Stanje opšte uzbune se generalno objavljuje na branama HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", kada korisnici brana ustanovi da nemaju kontrolu nad objektima, kada voda u akumulacijama dostigne maksimalni (ili izuzetan) nivo, koji uz uočene abnormalnosti izvesno može da u potpunosti, u najkraćem periodu, ugrozi objekat ili kada je već konstantovan početak rušenja objekata.

U nastavku teksta se daju detaljniji kriterijumi za oglašavanje **stanje pripravnosti** i **stanja opšte uzbune** sa spiskom aktivnosti koje prate ova stanja.

Stanje pripravnosti i stanje dežurstva na branama HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" se proglašava u slučajevima:

- Kada nivoi na telemernoj vodomernoj stanici na ulazu u akumulaciju HE "Brodarevo 1", pokažu da se na ulazu u ovu akumulaciju pojavljuje velika voda povratnog perioda $T=100$ godina;
- Kada se konstatuje pojava zemljotresa (ostetilo ga je osoblje na branama ili je stiglo obaveštenje javnim sredstvima informisanja ili na neki drugi način) u širem regionu brana. U ovom slučaju Služba za osmatranje predmetnih brana mora **ODMAH** da izvršiti makroskopski pregled brane i detaljnu kontrolu svih podataka sa oskultacionih instrumenata. Ako se pri ovome konstatuju neke neregularne promene, saziva se Stručna komisija koja procenjuje da li će se proglasiti **stanje pripravnosti**. Služba za osmatranje može i sama da proglasi **stanje pripravnosti**, ako primeti očigledne promene pri svojim aktivnostima;
- Kada se primeti konstantni porast filtracija, na kontrolnim uređajima, kroz brane, ispod brana ili oko brana, ili ako se filtracione vode naglo zamute i dobiju boju.
- Kada se pojave pukotine, prsline, kaverne i slične deformacije u telu brana ili na kosinama terena oko samih brana, **HITNO** se saziva Stručna komisija za utvrđivanje uzroka ovih pojava.

- Kada se prilikom oskultacije brana primete horizontalna ili vertikalna pomeranja veća za 5-10% od maksimalno opažene vrednosti u poslednje 3 godine. U ovom slučaju se **HITNO** sastaje prethodno formirana Stručna komisija na brani da se ispitaju uzroci ove pojave;
- Kada se pri redovnom vizuelnom pregledu utvrde neke nestandardne promene na branama, pomeranja ili oštećenja;
- Kada se utvrdi da, se iz nekih razloga, prelivni organi na branama ne funkcionišu regularno (slobodan preliv i temeljni ispušt), a vodostaj na uzvodnim vodomernim stanicama nastavi da raste, kao i nivoi vode u akumulacijama;
- pri drugim nepredviđenim pojavama kada nadležna služba proceni da je ugrožena stabilnost brane.

Stanje pripravnosti se oglašava po naredbi iz Centra za obaveštavanje i uzbunjivanje stanovništva u Prijepolju ili predsednika skupština opštine na ugroženom području (iz opštinskog Centra), po dobijanju informacija sa Podcentrara na branama. Stanje pripravnosti na brani i na nizvodnom rečnom potezu mogu da proglase i trenutno nadležni rukovodioci na branama i da **HITNO** pozovu najbržom raspoloživom vezom tehničkog Rukovodioca brane (direktora brane), a po potrebi i Stručnu komisiju za procenu nastalog stanja na objektima. Na osnovu prikupljenih podataka odgovorno lice na brani brane uz konsultacije sa Stručnom komisijom donosi odluku o preduzimanju potrebnih mera.

Za vreme proglašenog Stanja pripravnosti obavezno je vršenje neprekidne kontrole brana i objekata brana i svih pojava na branama, kao i kontrola nivoa gornjih voda u akumulacijama, kontrola donjih voda, a istovremeno se operativno proveravaju svi elementi **SISTEMA za obaveštavanja i uzbunjivanja** stanovništva (ispravnost veza sa Centrima i Podcentrima, kontrola alarmnih uređaja, telekomunikacionih veza ..).

Stanje opšte uzbune na branama HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", kao i na nizvodnom području, do ulaza u akumulaciju HE "Potpeć" se oglašava u sledećim slučajevima:

- Kada nivoi na telemernoj vodomernoj stanici na ulazu u akumulaciju HE "Brodarevo 1", pokažu da se na ulazu u ovu akumulaciju pojavljuje velika voda povratnog perioda $T=1.000$ godina, odnosno kada proticaj na ovom profilu prevaziđe 80 % maksimalnog kapaciteta evakuacionih organa ove brane;
- Kada se utvrdi da se na brani HE "Brodarevo 1" ne može zadržati nivo vode u akumulaciji na koti od 519,00 mnm, odnosno kada se utvrdi da se na brani HE "Brodarevo 2" ne može zadržati nivo vode u akumulaciji na koti od 488,00 mnm, odnosno kada postoji dalji trend rasta nivoa, jer je dotok u akumulacije veći od ukupne propusne moći evakuacionih organa, ili evakuacioni organi ovih brane ne rade projektovanim kapacitetima, iz bilo kog razloga;
- Kada Stručna komisija koja ispituje posledice pojavljenog zemljotresa oceni da se mora proglasiti **opšta uzbuna** (vidi tačku 2. za proglašavanje stanja pripravnosti);
- Kada Stručna komisija koja ispituje uzroke horizontalnih i vertikalnih pomeranja brane oceni da treba proglasiti stanje Opšte uzbune;
- Kada se primeti dalji porast filtracije, na kontrolnim uređajima, kroz branu, ispod brane ili oko brane, i kada se jasno uoče oštećenja na brani; i
- Pri svim drugim nepredviđenim pojavama kada nadležna služba oceni da postoji neposredna opasnost od rušenja brane.

Kada se na uzvodnim branama HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2" proglasi stanje opšte uzbune, na brani HE "Potpeć" se oglašava Stanje pripravnosti i stanje dežurstva. Preventivno se pristupa pretpražnjenju akumulacije kako je to definisano pravilnikom za pretpražnjenje ove akumulacije. Za vreme trajanja ovog stanja nadležni na brani HE "Potpeć" mogu u najkraćem mogućem roku, prateći situaciju na uzvodnom području, proglasiti i stanje opšte uzbune na brani, kao i na nizvodnom području.

Stanje Opšte uzbune se oglašava po naredbi iz regionalnog Centra za obaveštavanje i uzbunjivanje stanovništva u Prijepolju, po dobijanju informacija sa Podcentara na branama. Stanje Opštu uzbunu mogu da proglase i Rukovodioci brana na vlastitu inicijativu ili na inicijativu stručne Komisije, koja je sazvana u Stanju pripravnosti po naredbi nadležnog organa, i da o tome obavesti nadležne teritorijalne Centre i nadležne rukovodioce. Znaci za aktiviranje signala za Opštu uzbunu se daju iz Centra (ili Podcentra) sistema za obaveštavanja i uzbunjivanja stanovništva i aktiviraju se alarmne stanice raspoređene duž ugroženog područja.

U slučaju proglašenja stanja opšte uzbune na brani dolazi do automatskog aktiviranja sistema za uzbunjivanje na ugroženom području, uz obaveznu proveru ovlašćenog lica u Podcentrima na branama o prosleđivanju alarmnog signala do centralnog uređaja u Centrima za obaveštavanje i uzbunjivanje u Brodarevu, Prijepolju i Priboju i svih alarmnih stanica. Aktiviranjem alarmnih stanica emituje se signal opšte uzbune u vidu sirene koja traje 60 sekundi kombinovano: 20 sekundi jednoličnog tona, 20 sekundi zavijajućeg tona i 20 sekundi jednoličnog tona. Kada čuje alarmni signal stanovništvo na ugroženom području treba da se evakuiše u bezbednu zonu, iznad označenih belega tj. kota najvećih mogućih nivoa i ostane u toj zoni do prestanka opasnosti. Signal prestanka opasnosti predstavlja jednoličan ton u trajanju od 60 sekundi.

U ugroženim zonama se moraju postaviti jasni znakovi, na uočljivim lokacijama u ovim ugroženim zonama, kojima se definiše da se predmetna zona nalazi nizvodno od brane, koja potencijalno može da se sruši. Ovi znakovi mogu imati oblik kao na donjoj slici :



Ovaj znak treba da bude praćen i dodatnim natpisom **PODRUČJE NIZVODNO OD BRANE.**

Stanovništvo mora biti informisano o značenju ovog znaka.

Obzirom da su u okviru poglavlja 7. definisane plavne zone (prilog 2.) u slučaju rušenja brana HE "Brodarevo 1" i HE "Brodarevo 2", stanovništvo mora da bude informisano o bezbednim kotama na koje se mora evakuisati. Granice plavne zone se obeležavaju jasno uočljivim tipskim belegama čiji je izgled prikazan u prilogu 24., a detaljnije objašnjenje o ovim belegama je dato u poglavlju 9.

Položaj belega, koje treba instalirati na ugroženom području nizvodno od brane, definisan je apsolutnim koordinatama X, Y i apsolutnom kotom Z (u UTM geografskom koordinatnom sistemu). Spisak belega za obeležavanje plavne zone je prikazan u obliku tabele u prilogu 23.

Sa pozicijom i značenjem belega se mora obavestiti lokalno stanovništvo, na ugroženom području, jer će samo puna informisanost stanovništva omogućiti punu efikasnost eventualne evakuacije stanovništva sa ugroženog područja.

Stanovništvo u bezbednim zonama evakuacije organizuje život i informiše se o aktuelnom stanju poplave. Povratak u zone prebivališta se može izvesti tek po izdavanju zvaničnih informacija od institucija koje su za to zadužene.

Po prolasku talasa nastalog rušenjem brane, odnosno po oglašavanju alarmnog signala za prestanak opasnosti, stanovništvo se organizovano vraća u zone stanovanja, odnosno rada. Po povratku u zone stanovanja ili rada stanovništvo mora da izbegava korišćenje vode, struje i gasa sve dok za to ne dobije odobrenje od zvaničnih institucija. Potrebno je izbegavati kretanje kroz zaplavljena područja, ne ulaziti u objekte dok su još pod vodom. Pre ulaska u objekte proceniti njihova oštećenja da bi se uopšte donela odluka o ulasku i pristupilo opravkama, čišćenji i ostalim aktivnostima da bi se kuće osposobile za stanovanje. Posebna pažnja mora biti posvećena zaštiti od mogućih epidemija do kojih može doći usled izlivenih septičnih tankova, proboja kanalizacionih cevi, uginule sitne i krupne stoke, domaćih i divljih životinja, pa sanaciji i dezinfekciji ovakvih situacija, uz odgovarajuće mere zaštite se mora odmah pristupiti.

Još u fazi projektovanja brane investitor brane je dužan da predvidi moguće krizne situacije koje mogu uticati na bezbednost brane i neophodne postupke koje je potrebno preduzeti u tim situacijama. Investitor brane je dužan da u skladu sa odgovarajućim odlukama, dekretima i zakonima koji su donete na nivou organa države, kao i u saradnji sa javnim organima i korisnikom brane pripremi plan kojim će se predvidi i potreba i izvodljivost **preventivnog pražnjenja akumulacije** da bi se umanjili potencijalni rizici na nizvodnom rečnom potezu. Pored preventivnog pražnjenja akumulacije ovakvim planom se može predvideti preventivna evakuacija stanovništva sa potencijalno ugroženog područja.

Analize hitnog pražnjenja akumulacije standardno se vrše za normalni eksploatacioni nivo vode u akumulacijama i srednji višegodišnji dotok u akumulacije. Pri analizi preventivnog pražnjenja akumulacija, pražnjenje se vrši na način da nizvodno od objekta neće doći do posledica većih od onih koje se mogu javiti pri nekoj prirodnoj velikoj vodi povratnog perioda $T=10$ ili $T=5$ godina.

U slučaju brane HE "Brodarevo 1" dotok vode u akumulaciju koji odgovara srednjem godišnjem dotoku u akumulaciji je oko $72 \text{ m}^3/\text{s}$. U evakuaciju vode iz akumulacije se uključuju svi raspoloživi evakuacioni organi, ali sa maksimalnim kapacitetom od $Q=775 \text{ m}^3/\text{s}$, što odgovara prirodnoj velikoj vodi povratnog perioda $T=10$ godina. Pražnjenje se vrši sa kote normalnog nivoa od 519 mm i može se izvršiti za oko 4.25 h.

U slučaju brane HE "Brodarevo 2" dotok vode u akumulaciju koji odgovara srednjem godišnjem dotoku u akumulaciji je oko $72 \text{ m}^3/\text{s}$. U evakuaciju vode iz akumulacije se uključuju svi raspoloživi evakuacioni organi, ali sa maksimalnim kapacitetom od $Q=795 \text{ m}^3/\text{s}$, što odgovara prirodnoj velikoj vodi povratnog perioda $T=10$ godina. Pražnjenje se vrši sa kote normalnog nivoa od 488 mm i može se izvršiti za oko 7.50 h.

Uzimajući u obzir trajanje prepražnjenja, može se doneti jasan zaključak da se prepražnjenja akumulacija može biti izvršeno dovoljno brzo i da ovaj tip preventivne akcije, može biti efikasan sa aspekta zaštite bezbednosti objekata i zaštite stanovništva naseljenog nizvodno od ovih brana.

Kada se donese odluka da se izvrši hitno pražnjenje akumulacije, stanovništvo na nizvodnom području mora biti informisano o ovoj odluci.

11. OPIS OSNOVA PRIMENJENIH HIDRODINAMIČKIH MATEMATIČKIH MODELA NESTACIONARNOG TEČENJA VODE U OTVORENIM TOKOVIMA KAO POSLEDICA RUŠENJA BRANE

11.1. UVOD

Prilikom proračuna hidrauličkih posledica rušenja brana, koji predstavljaju kompleksne proračune rasprostiranja talasa u otvorenim tokovima, najčešće se u svetu koriste hidrodinamički matematički modeli koji se zasnivaju na rešavanju kompletnih ili proširenih 1-D Barré de Saint-Venant (1871) jednačina koje opisuju nestacionarno tečenje vode u otvorenim tokovima.

Hidrodinamički matematički modeli koji koriste kompletne Saint-Venant jednačine se, u najširem slučaju, razlikuju po načinu linearizovanja ovih jednačina i korišćenim numeričkim šemama prilikom rešavanja sistema tako linearizovanih parcijalnih diferencijalnih jednačina, gde se najčešće koriste implicitne ili eksplicitne numeričke šeme konačnih priraštaja (razlika). Pored ovoga modeli se razlikuju i u pogledu načina i vrste korišćenih, odnosno unetih graničnih i konturnih uslova u modelu, u stepenu preprocesiranja i postprocesiranja rezultata proračuna i po stepenu brze vizuelizacije dobijenih rezultata, ali osnov korišćenih modela ostaje vrlo sličan i referentan za predmetne potrebe.

U zavisnosti od konkretnih potreba u okviru ovakvih studija se za potrebe proračuna koriste različiti modeli ili kombinacije različitih modela što zavisi od konkretnih morfoloških, hidrauličko-hidroloških specifičnosti i specifičnosti koje se odnose na usvojeni scenario rušenja svake pojedinačne brane (unutrašnji granični uslov), kao i na specifičnosti akumulacije, same brane, nizvodnih rečnih deonica, kao i na tip uzvodnih i nizvodnih graničnih uslova.

U predmetnoj studiji je korišćena kombinacija sledećih hidrodinamičkih matematičkih modela :

- **Model PROLOM** (YU, Građevinski fakultet u Beogradu) koji se od 1985 godine koristi za proračune na prostorima bivše Jugoslavije i Srbije, kao i na projektima u svetu koje je izradio Energoprojekt (Irak), a u skladu sa usvojenom lokalnom zakonskom regulativom i propisima.
- **Model HEC-RAS** (USA – COE - Hydrologic Engineering Center) koji se koristi za potrebe proračuna rasprostiranja poplavnog talasa nastalog rušenjem brane od 2002 godine, kada je implementirana opcija za proračune nestacionarnog tečenja u standardni model. Ovaj model predstavlja naslednika programa HEC-2 koji se koristi poslednjih 30 godina u USA a i u celom svetu kao jedan od standardnih programa za hidrauličke proračune.

Detalniji opis modela HEC-RAS se može naći u sledećim referencama :

HEC – RAS (River Analysis System), User's Manual, Version 4.0, US Army Corps of Engineers-Hydrologic Engineering Center, 2006;

HEC – RAS (River Analysis System), User's Manual, Version 3.1.3, US Army Corps of Engineers-Hydrologic Engineering Center, 2005;

HEC – RAS (River Analysis System), Hydraulic Reference, Version 3.1.3, US Army Corps of Engineers-Hydrologic Engineering Center, 2005;

HEC – RAS (River Analysis System), Application Guide, Version 3.1.3, US Army Corps of Engineers-Hydrologic Engineering Center, 2005;

FLOODPLAIN MODELLING USING HEC-RAS, Heasted Methods and Bentley, G. Dyhouse - US Army Corps of Engineers, J. R. Benn - JBA Consulting and J. Hatchett, P.E.- Haestad Methods, 2005;

HEC – GeoRAS (GIS Tools for Support of HEC-RAS Using ArcGIS), User's Manual, Version 4.0, US Army Corps of Engineers-Hydrologic Engineering Center, 2005;

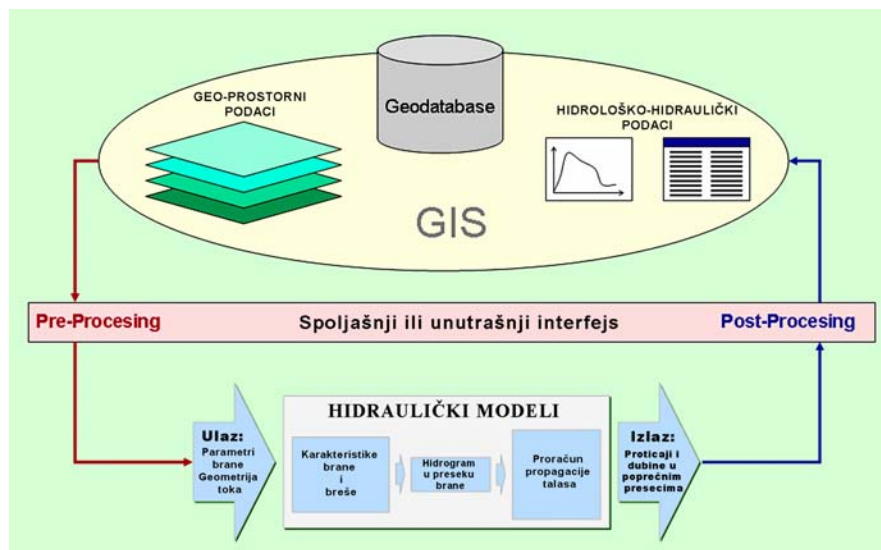
"Etude d'Onde de Repture de baragge-Synthese et recommendations", Bulliten 111, Commission Internationale Des Grandes Barrages, Paris, France, 1998.

Prilikom proračuna koji su izvršavani u okviru predmetne sveske IP korišćena je tehnologija koja se oslanja na GIS aplikacije pri hidrauličkom modeliranju, obzirom da ovakav pristup otvara velike mogućnosti prilikom preprocesiranja i prikazivanja geoprostornih informacija.

Sa jedne strane, za hidrodinamičke proračune propagacije talasa nastalog rušenjem brana, u poslednjim decenijama je razvijen veliki broj modela (Poglavlje 4.), a sa druge strane, u domenu definisanja geometrije rečnih tokova GIS tehnologija pruža velike mogućnosti koje u mnogome unapređuju već razvijene modele, pogotovo u brzom generisanju potrebnih geoprostornih podataka, a na osnovu digitalnih modela terena-DEM (preprocesiranje). GIS svojim mogućnostima unapređuje i rad na hidrodinamičkim modelima i u fazi prezentacije i manipulacije rezultatima proračuna (postprocesiranje), pogotovo u domenu kreiranja raznih vrsta mapa i vizuelizacije rezultata proračuna.

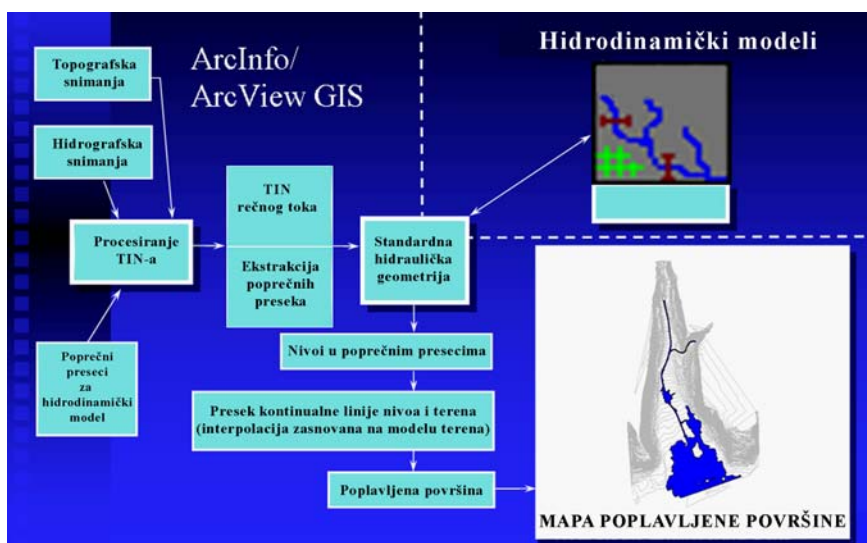
Gornji zaključci pogotovo važe za hidrauličke modele koji svojim dodatnim i integrisanim modulima omogućavaju direktnu komunikaciju sa GIS kompatibilnim formatima podataka, čime se potpuno integrišu u GIS okruženje. Za ostale hidrauličke modele, koji nemaju razvijene module za integraciju sa GIS-om, razvijeni su eksterni moduli koji poluautomatski i ovim modelima omogućavaju integraciju u GIS okruženje.

U nastavku se daje pregled glavnih GIS integrisanih aktivnosti, primenjenih na projektu, a prema shemama prikazanih na slikama 12. i 13., dok se pregled primenjenih hidrodinamičkih modela daje u poglavlju 8.2.



Slika 12. Generalni dijagram toka organizacije proračuna

(izvor : Pitman, S. (2003), GIS for Faster Analysis of Dam-Break Flow, University of Texas, USA)



Slika 13. Generalni dijagram toka organizacije proračuna

(izvor : US Army Corps of Engineers-Hydrologic Engineering Center, USA, GIS Tools for Support of HEC-RAS Using ArcGIS)

U okviru ove sveske Studije su korišćene raspoložive topografske karte, a kao alternativa i dostupni satelitski snimci.

Shema primene kombinacije pomenutih hidrodinamičkih matematički modela, u okviru gore prezentovane metodologije, je usvojena kao optimalno za hidrodinamičke proračune, koji su izvršeni za potrebe predmetne Studije. Obzirom da se scenariom za proračune pretpostavilo totalno i trenutno rušenje brana, za generisanje ovako nastalih talasa i njihovu propagaciju neposredno nizvodno od brana se koristio modela **PROLOM**, dok se za preostali (donji) deo toka koristi model **HEC-RAS**. Obzirom da je model **HEC-RAS** integrisan u GIS okruženje posredstvom svog modula **HEC – GeoRAS**, za pre-procesiranje i post-procesiranje ulaznih podataka, odnosno rezultata proračuna, za kompletnu deonicu se koristi ova mogućnost za generisanje geometrijskih podataka za oba modela.

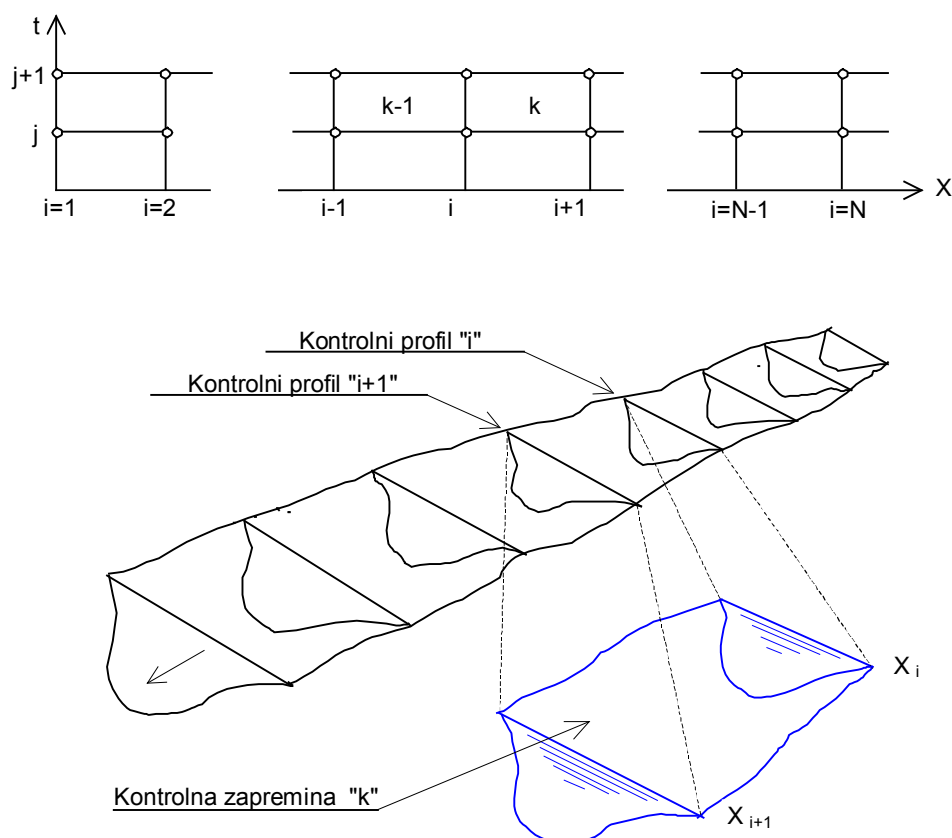
Model **HEC-RAS** globalno primenjuje širom sveta i da je dokumentovan u literaturi na vrlo visokom nivou, svi potrebni detalji se mogu naći u pobrojanim referencama.

U nastavku teksta se daje opis modela **PROLOM**, koji nije na globalnom svetskom nivou bio reprezentovan na nivou programa **HEC-RAS**, iako je on do sada poslužio za proračune na više od 50 sličnih studija, kako u zemlji tako i u inostranstvu.

11.2. MODEL PROLOM – PRORAČUN HIDRAULIČKIH POSLEDICA USLED RUŠENJA BRANA

11.2.1. OSNOVNE JEDNAČINE

Osnovne jednačine koje se koriste u proračunu dobijaju se primenom osnovnih zakona kretanja vode u otvorenim tokovima na kontrolnu zapreminu izdvojenu iz toka, na način prikazan na slici 14, a pod pretpostavkom da je strujanje linijsko (1-D) :



Slika 14. Diskretizacija poprečnih preseka i shema x-t računске mreže

a) jednačina održanja mase:

$$\int_{x_i}^{x_{i+1}} A^{j+1} dx - \int_{x_i}^{x_{i+1}} A^j dx = \int_{t_j}^{t_{j+1}} (Q_i - Q_{i+1}) dt \quad \dots\dots\dots (1.)$$

b) Jednačina održanja količine kretanja:

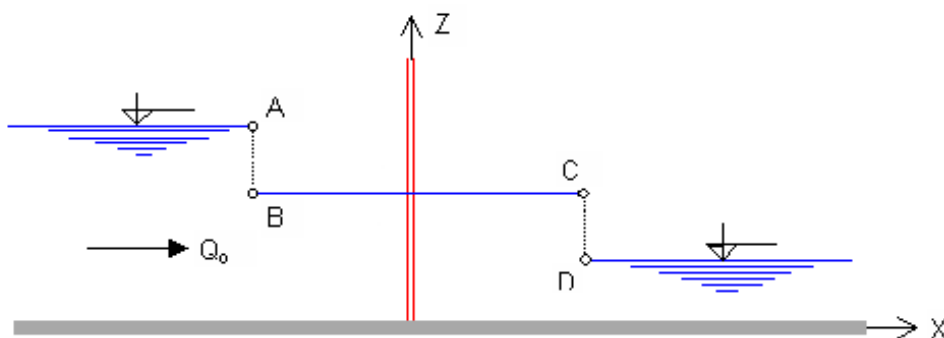
$$\int_{x_i}^{x_{i+1}} Q^{j+1} dx - \int_{x_i}^{x_{i+1}} Q^j dx = \int_{t_j}^{t_{j+1}} [Q_i v_i - Q_{i+1} v_{i+1} - g \int_{x_i}^{x_{i+1}} A \left(\frac{\partial z}{\partial x} + \tau / \rho g R \right) dx] dt \quad (2.)$$

Ove jednačine su poznate kao Saint-Venant-ove jednačine (1871) i ovde su prikazane u svom integralnom obliku.

11.2.2. POČETNI USLOVI (KOTE I PROTICAJI PRE RUŠENJA BRANE)

Početni uslovi se određuju rešavanjem jednačine (2.) kada je leva strana iste jednaka nuli (uslov ustaljenog tečenja) za zadati bazni proticaj, kotu na krajnjem nizvodnom profilu i kotu u akumulaciji.

U samom profilu brane (ako se simulira trenutno rušenje) početna kota i proticaj određuju se rešavanjem sledećih jednačina (slika 3).



Slika 15. Shema formiranja talasa u poprečnom preseku brane

$$v_c = v_b + \sqrt{[g / (A_b A_c)] (A_c - A_b) (P_c - P_b)} \quad (3.)$$

$$v_a - v_c + \int_{z_c}^{z_a} g B / A dz = 0 \quad (4.)$$

11.2.3. GRANIČNI USLOVI

Uzvodni granični uslov je zadati hidrogram, ili koncentrisani dotok, na ulazu u akumulaciju za trenutno totalno rušenje brane ili hidrogram u profilu brane za postepeno parcijalno rušenje brane, koji se može sračunati rešavanjem jednačine održanja mase za celu akumulaciju:

$$\frac{dz}{dt} = \frac{Q_u - Q_{br}}{A_{ak}} \quad (5.)$$

Proticaj kroz brešu, čije se dimenzije menjaju tokom vremena, definisan je jednačinom prelivanja za presek kombinovan od trapeza i trougla:

$$Q_b = c_{Q1} \sqrt{2g} [z - z_{br}(t)]^{5/2} + c_{Q2} b(t) \sqrt{2g} [z - z_{br}(t)]^{3/2} \quad (6.)$$

Nizvodni granični uslov je kriva proticaja.

11.2.4. REŠAVANJE OSNOVNIH JEDNAČINA

Jednačine (1) i (2), za date početne i granične uslove rešavaju se eksplicitnom metodom konačnih priraštaja. Postupak se sastoji u sledećem:

- Za unutrašnje profile sabiranjem (2) za dve susedne kontrolne zapremine uz ponderisanu integraciju drugog integrala dobija se:

$$Q_i^{j+1} = \varphi_Q Q_i^j + \frac{1 - \varphi_Q}{2} (Q_{i+1}^j + Q_{i-1}^j) + \frac{\Delta t}{2} \left(\frac{I_{i-1}^j}{\Delta x_{i-1}} + \frac{I_i^j}{\Delta x_{i-1}} \right) \quad (7.)$$

gde su sa "I" označeni podintegrali na desnoj strani jednačine (2).

- Za granične profile se kombinovanjem jednačine održanja mase za graničnu kontrolnu zapreminu i graničnog uslova izračunavaju obe nepoznate veličine (Q i Z)
- Za unutrašnje profile sabiranjem (1) za dve susedne kontrolne zapremine, i koristeći prethodno sračunate proticaje, da bi se integral na desnoj strani izračunao po trapeznom pravilu, dobija se:

$$A^{j+1} = \varphi_A A_i^j + \frac{1 - \varphi_A}{2} (A_{i+1}^j + A_{i-1}^j) +$$

$$+ \frac{\Delta t}{4} \left(\frac{Q_{i-1}^{j+1} - Q_i^{j+1} + Q_{i-1}^j - Q_i^j}{x_{i-1}} + \frac{Q_i^{j+1} - Q_{i+1}^{j+1} + Q_i^j - Q_{i+1}^j}{x_i} \right) \dots \dots \dots (8.)$$

Koeficijenti ponderacije su različiti za jednačine (7) i (8), pri čemu se $\varphi_A < 1$ zadaje samo za poremećenu zonu.

11.2.5. USLOV STABILNOSTI PRORAČUNA

Obzirom da je primenjeni model rešavanja osnovnih jednačina eksplicitan, dužina vremenskog koraka je ograničena. Prilikom proračuna je korišćen je uslov stabilnosti ovakve računske sheme u sledećem obliku :

$$\Delta t = \left(\frac{\Delta x}{v + g A / B} \right)_{\min} \alpha \dots \dots \dots (9.)$$

gde je α poluempirijski koeficijent manji od jedinice.

Parametri φ_A , φ_Q i α se međusobno usaglašavaju da bude zadovoljen uslov stabilnosti uz optimalnu dozu numeričke difuzije.

11.2.6. OBJAŠNJENJE OZNAKA KORIŠĆENIH U TEKSTU

- A - površina poprečnog preseka toka;
- A_c - površina poprečnog preseka (profili brane u trenutku rušenja);
- A_b - površina poprečnog preseka (profili brane nizvodno pre rušenja);
- A_{ak} - horizontalna površina akumulacije;
- B - širina vodenog ogledala;
- I - skraćeno obeležena podintegralna veličina u jednačini (2) – jednačina održanja količine kretanja;
- P_c - hidrostatska sila (profil brane u trenutku rušenja);

P_b	- hidrostatska sila (profil nizvodno od brane pre rušenja);
Q	- proticaj;
Q_u	- proticaj ulaznog hidrograma u akumulaciju;
Q_{br}	- proticaj kroz brešu pri parcijalnom postepenom rušenju;
R	- hidraulički radijus;
v	- srednja brzina u preseku;
v_a	- srednja brzina u profilu uzvodno od brane pre rušenja;
v_b	- srednja brzina u profilu nizvodno od brane pre rušenja;
v_z	- srednja brzina u profilu brane u trenutku rušenja;
z	- kota nivoa;
z_a	- kota nivoa u akumulaciji pre tušenja;
z_c	- kota nivoa u profilu brane u trenutku rušenja;
z_{br}	- kota preliva stvorenog otvaranjem breše pri postepenom parcijalnom rušenju;
i	- indeks za presek kontrolne zapremine;
j	- indeks za vremenski trenutak;
g	- gravitaciona konstanta;
x	- koordinata duž toka;
t	- vreme;
Δx	- dužina kontrolne zapremine;
Δt	- vremenski korak;
α	- koeficijent stabilnosti;
φ_A	- koeficijent ponderacije za jednačinu održanja mase;
φ_Q	- koeficijent ponderacije za jednačinu održanja količine kretanja;
τ	- srednji tangencijalni napon po okvašenom obimu;

11.2.7. POREKLO PROGRAMA

U Institutu za hidrotehniku Građevinskog fakulteta u Beogradu je, prema napred opisanim karakteristikama računskog modela, urađen kompjuterski program, koji je razvijen za rad na PC računarima, u toku 1985. godine. Originalni autor programa je bio prof dr Miodrag Radojković. Uz osnovni program urađen je i paket grafičkih programa za prikazivanje svih potrebnih rezultata, koji su kasnije zamenjeni savremenijim programskim paketima – AutoCAD, Excel.

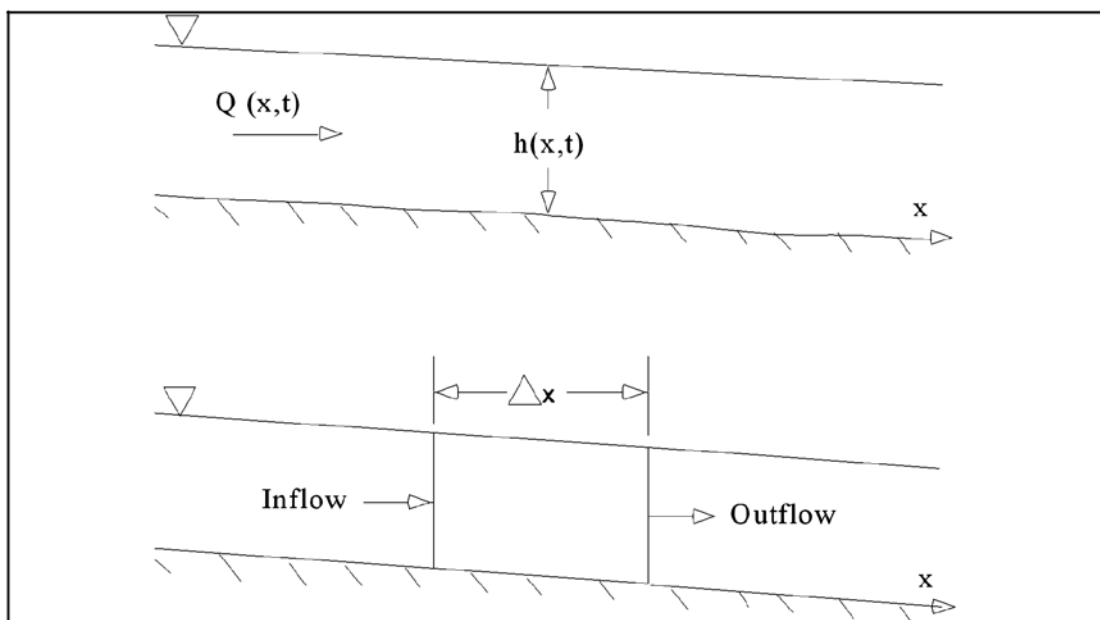
11.3. MODEL HEC – RAS (RIVER ANALYSIS SYSTEM)

11.3.1. UVOD

Proširujući radove Danny L. Fread-a, Robert L. Barkau (1982) je predefinisao već pomenute osnovne hidrodinamičke jednačine u formi konačnih priraštaja, za osnovno korito i inundacije. Ovom je omogućeno pogodnije rešavanje osnovnih jednačina numeričkim metodama. Barkau je, korišćenjem faktora distribucije brzine, kombinovao konvektivne članove momentne jednačine za inundaciju i glavni toka kanala. Barkau je, takođe, zamenio član pada usled linijskog otpora tečenju ekvivalentnom silom. Njegov rad je bio osnova za model HEC-UNET, 1-D model za nestacionarno tečenje vode u otvorenim tokovima, koji je HEC inkorporirao u već razvijeni HEC-RAS model, počev od Verzije 3.0.

11.3.2. OSNOVNE JEDNAČINE

jednačina kontinuiteta



Slika 16. Elementarna kontrolna zapremina za izvođenje jednačine kontinuiteta i momenata

Ako se posmatra kontrolna zapremina toka, prikazana na gornjoj slici, dotok se može definisati kao :

$$Q - \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \quad (1.), \quad \text{a isticanje kao :} \quad Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \quad (2.)$$

Jenačina održavanja mase se, za kontrolnu zapreminu toka, može iskazati kao : razlika između veličine dotoka i isticanja (neto dotok) u kontrolnu zapreminu je jednaka veličini promene zapremine u posmatranoj kontrolnoj zapremini.

Veličina promene u zapremini se definiše kao :

$$\frac{\partial A_T}{\partial t} \Delta x \quad (3.)$$

Ako se pretpostavi da je Δx dovoljno malo, promena mase u kontrolnoj zapremini je :

$$\rho \frac{\partial A_T}{\partial t} \Delta x = \rho \left[\left(Q - \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) - \left(Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) + Q_l \right] \quad (4.)$$

gde je : Q_l - bočni dotok koji ulazi u kontrolnu zapreminu i ρ - gustina fluida.

Pojednostavljenjem i deljenjem cele jednačine sa $\rho \Delta x$ dobija se finalna forma jednačine kontinuiteta :

$$\frac{\partial A_T}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0 \quad (5.)$$

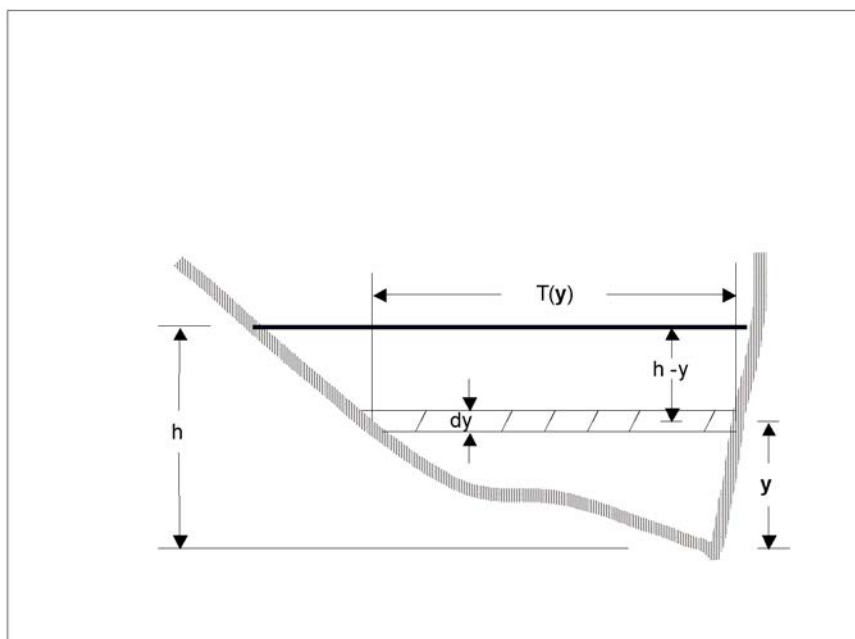
gde je q_l bočni dotok po jedinici dužine.

momentna jednačina

Očuvanje momenta količine kretanja se na osnovu drugog Newton zakona definiše kao :

$$\sum F_x = \frac{d\vec{M}}{dt} \quad (6.)$$

Za kontrolnu zapreminu se ovaj zakon može iskazati kao : neto veličina momenta koji ulazi u kontrolnu zapreminu (momentni fluks) plus suma svih spoljnih sila koje deluju na kontrolnu zapreminu je jednaka veličini akumuliranog momenta. Gornja jednačina je prikazana u vektorskom obliku primenjena za x -pravac. Momentni fluks (MV) je masa fluida pomnožena vektorom brzine u pravcu tečenja. Mogu se posmatrati tri sile : 1) pritisak, 2) gravitacija i 3) sile trenja.



Slika 17. Ilustracija članova povezanih sa definisanjem sile pritiska

sila pritiska

Gornja slika ilustruje generalni slučaj iregularnog poprečnog preseka toka. Pretpostavlja se hidrostatička distribucija pritiska (pritisak se menja linearno sa dubinom toka) i ukupna sila pritiska se predstavlja integralom proizvoda površine i pritiska u celom poprečnom preseku. Sila pritiska u bilo kojoj tački poprečnog preseka (Shames, 1962) se može definisati kao :

$$F_p = \int_0^h \rho g (h - y) T(y) dy \quad (7.)$$

gde je : **h** – dubina toka, **y** - rastojanje od dna poprečnog preseka i **T(y)** – širina koja je funkcija širine poprečnog preseka u odnosu na rastojanje od dna poprečnog preseka.

Ako je F_p sila pritiska u **x** – pravcu, u središnjoj tački kontrolne zapremine, sila na uzvodnom kraju kontrolne zapremine se može napisati kao :

$$F_p - \frac{\partial F_p}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \quad (8.)$$

a na nizvodnom kraju kao :

$$F_P + \frac{\partial F_P}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \quad (9.)$$

suma sila pritiska koje deluju na kontrolnu zapreminu se može napisati kao :

$$F_{Pn} = \left| F_P - \frac{\partial F_P}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right| - \left| F_P + \frac{\partial F_P}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right| + F_B \quad (10.)$$

Gde je F_{Pn} neto sila pritiska za kontrolnu zapreminu, a F_B sila pritiska koja deluje na korito u x – pravcu.

Ako se jednačine (7 i 8) diferenciraju korišćenjem Leibnitz-ovog pravila, i zamene u jednačini (10) dobija se :

$$F_{Pn} = -\rho g \Delta x \left[\frac{\partial h}{\partial x} \int_0^h T(y) dy + \int_0^h (h-y) \frac{\partial T(y)}{\partial x} dy \right] + F_B \quad (11.)$$

Prvi integral u jednačini (11) je površina poprečnog preseka, A . Drugi integral (pomnožen sa $-\rho g \Delta x$) je sila pritiska koja deluje na sa rečno korito.

Ova sila pritiska je iste veličine, ali različitog znaka u odnosu na F_B . Kada se sve ovo uzme u obzir neto sila pritiska se može napisati kao :

$$F_{Pn} = -\rho g A \frac{\partial h}{\partial x} \Delta x \quad (12.)$$

gravitaciona sila

Sila koja usled gravitacije deluje na kontrolnu zapreminu fluida u x – pravcu je :

$$F_g = \rho g A \sin \theta \Delta x \quad (13.)$$

gde je: θ – ugao nagiba rečnog dna u odnosu na horizontalnu osu. Za prirodne rečne tokove ovaj nagib je relativno mali, pa je $\sin \theta \approx \tan \theta = \partial z_o / \partial x$, gde je z_o kota dna kanala. Sada se gravitaciona sila može definisati kao :

$$F_g = -\rho g A \frac{\partial z_o}{\partial x} \Delta x \quad (14.)$$

Ova sila ima pozitivnu vrednost za negativan nagib rečnog dna.

sila otpora tečenju (sila trenja)

Sila trenja između rečnog korita i fluida, prilikom tečenja, se može napisati kao :

$$F_f = -\tau_0 P \Delta x \quad (15.)$$

Gde je τ_0 - srednji granični tangencijalni napon (sila/jedinična površina) koji deluje na granice fluida i P je okvašeni obim poprečnog preseka toka. Negativni znak pokazuje da za tečenje u pozitivnom x – pravcu, sila deduje u negativnom x – pravcu. Iz dimenzionalne analize, τ_0 se može izraziti u funkciji tzv koeficijenta otpora C_D , kao :

$$\tau_0 = \rho C_D V^2 \quad (16.)$$

Koeficijent C_D se može izraziti preko Chezy koeficijenta kao :

$$C_D = \frac{g}{C^2} \quad (17.)$$

Chezy jednačina se može napisati kao :

$$V = C \sqrt{RS_f} \quad (18.)$$

Ako se izvrše odgovarajuće zamene jednačina (16.) i (17.) i (18.) u (15.), a zatim se ova jednačina pojednostavi, dobija se izraz za definisanje sile otporu tečenju :

$$F_f = -\rho g A S_f \Delta x \quad (19.)$$

Gde je S_f – nagib trenja, koji je pozitivan za tečenje u pozitivnom x – pravcu.

Tradicionalno se Manning i Chezy jednačine koriste za definisanje trenja pri tečenju, pa se prikazuje Manning jednačina u sledećem obliku (u US jedinicama) :

$$S_f = \frac{Q|Q|n^2}{2.208R^{4/3}A^2} \quad (20.)$$

Gde je R – hidraulički radijus i n - Manning koeficijent trenja.

momentni fluks

Posle definisanja navedene tri sile, preostaje da se definiše momentni fluks. Fluks koji ulazi u kontrolnu zapreminu se može napisati kao :

$$\rho \left[QV - \frac{\partial QV}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right] \quad (21.)$$

i fluks koji naspušta kontrolnu zapreminu :

$$\rho \left[QV + \frac{\partial QV}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right] \quad (22.)$$

Neto veličina momenata (momentni fluks) koji ulazi u kontrolnu zapreminu je :

$$-\rho \frac{\partial QV}{\partial x} \Delta x \quad (23.)$$

Pošto je momenat količine kretanja fluida u kontrolnoj zapremini $\rho Q \Delta x$, veličina akumuliranog momenta se može napisati kao :

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho Q \Delta x) = \rho \Delta x \frac{\partial Q}{\partial t} \quad (24.)$$

Sada se princip održanja momenta količine kretanja može preformulisati kao :

$$\rho \Delta x \frac{\partial Q}{\partial t} = -\rho \frac{\partial QV}{\partial x} \Delta x - \rho g A \frac{\partial h}{\partial x} \Delta x - \rho g A \frac{\partial z_0}{\partial x} \Delta x - \rho g A S_f \Delta x \quad (25.)$$

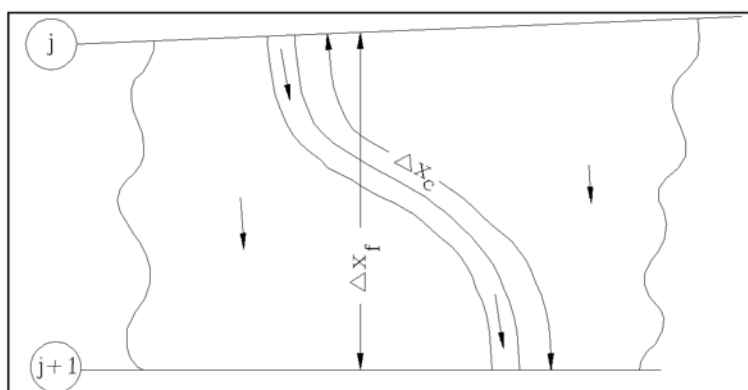
Kada se kota nivoa vode z definiše kao $z = z_0 + h$:

$$\frac{\partial z}{\partial x} = \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial z_0}{\partial x} \quad (26.)$$

gde je $\partial z / \partial x$ – nagib linaje nivoa vode. Kada se obavi zamena jednačine (26.) u jednačini (25.) i cela jednačina podeli sa $\rho \Delta x$, i kada se svi članovi ove jednačine prebace na levu stranu dobija se finanla forma momentne jednačine :

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0 \quad (27.)$$

11.3.3. PRIMENA OSNOVNIH JEDNAČINA U HEC-RAS MODELU



Slika 18. Shematizacija tečenje u glavnom toku i inundacijama

Gornja slika ilustruje 2-D karakteristiku interakcije između tečenja u minor koritu i inundacionim površinama. Obzirom da je primarni pravac tečenja orijentisan u nizvodnom pravcu duž rečnog toka, ovo 2-D tečenje se u opštem slučaju može dovoljno tačno aproksimativno reprezentovati kao 1-D tečenje.

Ovim problemom su se bavili mnogi autori, među kojima i Fread (1976) i Smith (1978). Oni su ovaj problem razrešili tako što su podelili kompletan sistem u dva odvojena kanala za koje se pišu odvojene jednačine kontinuiteta i momentne jednačine (NWS FLDWAV). Da bi se ovaj problem pojednostavio uvedene su pretpostavke horizontalnog nivoa vode u svim poprečnim presecima postavljenim normalno na pravac tečenja u toku, tako da se razmena momenata između glavnog kanala (minor korita) i inundacija može zanemariti, a da se proticaj distribuira prema odgovarajućim modulima protoka (conveyance) rečnog poprečnog preseka :

$$Q_c = \phi Q \quad (28.)$$

gde je : Q_c - proticaj u glavnom kanalu,
 Q - ukupan proticaj,
 ϕ - $K_c / (K_c + K_f)$,
 K_c - moduo protoka glavnog kanala (minor korita),
 K_f - moduo protoka u inundacijama.

Sa ovim pretpostavkama, osnovne 1-D jednačine se kombinuju u jedinstveni set :

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial(\Phi Q)}{\partial x_c} + \frac{\partial[(1-\Phi)Q]}{\partial x_f} = 0 \quad (29.)$$

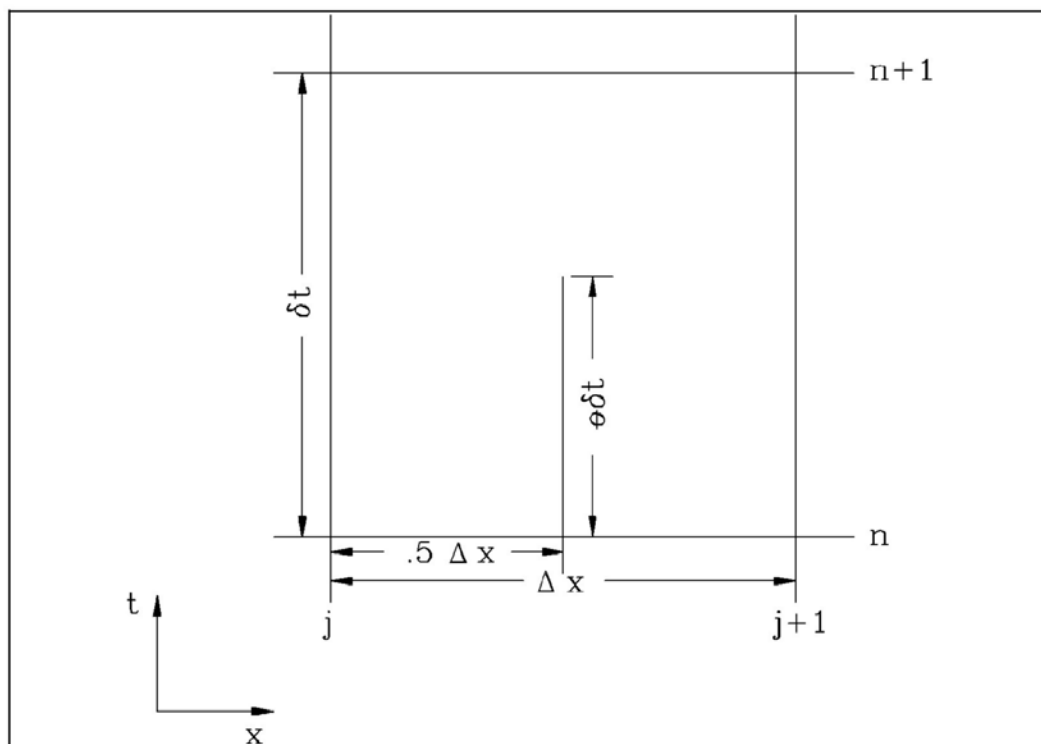
$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\Phi^2 Q^2 / A_c)}{\partial x_c} + \frac{\partial((1-\Phi)^2 Q^2 / A_f)}{\partial x_f} + gA_c \left[\frac{\partial Z}{\partial x_c} + S_{fc} \right] + gA_f \left[\frac{\partial z}{\partial x_f} + S_{ff} \right] = 0 \quad (30.)$$

Ove jednačine se aproksimiraju korišćenjem implicitne sheme konačnih priraštaja i rešavaju numerički korišćenjem Newton-Raphson iterativnom tehnikom.

Kao što je već naglašeno u Uvodu ovog poglavlja, Barkau (1982) je postavio novi set jednačina čije je rešavanje pogodnije i efikasnije od ranijih šema. Ove jednačine su osnova za proračun nestacionarnih tečenja u okviru modela HEC-RAS.

11.3.4. DISKRETIZACIJA OSNOVNIH JEDNAČINA U HEC-RAS MODELU

Najuspešnija metoda za rešavanje 1-D jednačina za nestacionarno tečenje u otvorenim tokovima je tzv "implicitna shema 4 tačke", takođe poznata pod imenom "box-schema".



Slika 19. Tipična ćelija računске sheme konačnih razlika

Na osnovu gornje slike i pod navedenom shemom proračuna, vrednosti se izvode za unutrašnju tačku, $(n + \theta) \Delta t$. Ove vrednosti u $(n + 1) \Delta t$ ulaze u sve članove jednačine. Za rečni sistem se definiše sistem simultanih jednačina. Obzirom da se jednačine simultano rešavaju i informacije i rezultati u bilo kojoj tački imaju uticaj na celo polje rešenja. Konsekventno, vremenski računski korak može biti značajno veći nego kod eksplicitnih shema rešavanja osnovnih jednačina. Gornja shema je bezuslovno (teorijski) stabilna za raspon vrednosti θ od 0.5 do 1.0, uslovno stabilna za $\theta=0.5$ i nestabilna za ostale vrednosti.

Ako se primeneni sledeća notacija :

$$f_j = f_j^n \quad (31.)$$

i

$$\Delta f_j = f_j^{n+1} - f_j^n \quad (32.)$$

tada

$$f_j^{n+1} = f_j + \Delta f_j \quad (33.)$$

Generalna forma implicitne sheme konačnih priraštaja postaje :

1. Parcijalni izvodi po vremenu

$$\frac{\partial f}{\partial t} \approx \frac{\Delta f}{\Delta t} = \frac{0.5(\Delta f_{j+1} + \Delta f_j)}{\Delta t} \quad (34.)$$

2. Parcijalni izvodi po putu

$$\frac{\partial f}{\partial x} \approx \frac{\Delta f}{\Delta x} = \frac{(f_{j+1} - f_j) + \theta(\Delta f_{j+1} - \Delta f_j)}{\Delta x} \quad (35.)$$

3. Ostale funkcionalne vrednosti

$$f \approx \bar{f} = 0.5(f_j + f_{j+1}) + 0.5\theta(\Delta f_j + \Delta f_{j+1}) \quad (36.)$$

jednačina kontinuiteta

Kada se jednačina kontinuiteta napiše sa dodatkom člana S koji predstavlja deo tečenja koji se nalazi u bočnim retenzijama toka ona dobija oblik :

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0 \quad (37.)$$

Gornja jednačina se može napisati, uzimajući u obzir podelu poprečnog preseka na glavni tok i inundaciju, u obliku :

$$\frac{\partial Q_c}{\partial x_c} + \frac{\partial A_c}{\partial t} = q_f \quad (38.)$$

i

$$\frac{\partial Q_f}{\partial x_f} + \frac{\partial A_f}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} = q_c + q_l \quad (39.)$$

gde se c i f odnosi na glavni tok i inundaciju, q_l – jedinični bočni dotok, q_c i q_f – razmena vode između glavnog toka i inundacija.

Jednačine (39.) i (40.) se sada aproksimiraju, korišćenjem imlicitne scheme konačnih priraštaja, primenom jednačina (35.), (36.) i (37.).

$$\frac{\Delta Q_c}{\Delta x_c} + \frac{\Delta A_c}{\Delta t} = \bar{q}_f \quad (40.)$$

$$\frac{\Delta Q_f}{\Delta x_c} + \frac{\Delta A_c}{\Delta t} + \frac{\Delta S}{\Delta t} = \bar{q}_c + \bar{q}_l \quad (41.)$$

Vrednost razmena mase je jednak, sa istim znakom, tako da je $\Delta x_c q_c = - \Delta x_f q_f$. Spajanjem gornjih jednačina se dobija :

$$\Delta Q + \frac{\Delta A_c}{\Delta t} \Delta x_c + \frac{\Delta A_f}{\Delta t} \Delta x_f + \frac{\Delta S}{\Delta t} \Delta x_f - \bar{Q}_l = 0 \quad (42.)$$

Gde $\bar{Q}_l$ je srednji bočni dotok.

momentna jednačina

Momentna jednačina ima oblik (27) :

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(VQ)}{\partial x} + gA\left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f\right) = 0 \quad (43.)$$

Gornja jednačina se može napisati za glavni tok i inundacije u obliku :

$$\frac{\partial Q_c}{\partial t} + \frac{\partial(V_c Q_c)}{\partial x_c} + g A_c \left(\frac{\partial z}{\partial x_c} + S_{fc} \right) = M_f \quad (44.)$$

$$\frac{\partial Q_f}{\partial t} + \frac{\partial(V_f Q_f)}{\partial x_f} + g A_f \left(\frac{\partial z}{\partial x_f} + S_{ff} \right) = M_c \quad (45.)$$

Gde su M_c i M_f momentni fluksevi po jedinici dužine, izmenjeni između glavnog kanala i inundacije. U jednačini (45) i (46) kota nivoa vode nema indeks, jer je osnovna pretpostavka da je kota nivoa vode horizontalna u celom poprečnom preseku koji je normalan u odnosu na pravac tečenja.

Korišćenjem jednačina (35), (36) i (37), gornja jednačina se aprosimira korišćenjem konačnih priraštaja :

$$\frac{\Delta Q_c}{\Delta t} + \frac{\Delta(V_c Q_c)}{\Delta x_c} + g \bar{A}_c \left(\frac{\Delta z}{\Delta x_c} + \bar{S}_{fc} \right) = M_f \quad (46.)$$

$$\frac{\Delta Q_f}{\Delta t} + \frac{\Delta(V_f Q_f)}{\Delta x_f} + g \bar{A}_f \left(\frac{\Delta z}{\Delta x_f} + \bar{S}_{ff} \right) = M_c \quad (47.)$$

gde je : $\Delta x_c M_c = - \Delta x_f M_f$.

Sabiranjem i rearanžiranjem jednačina postaje jednačina (48.):

$$\frac{\Delta(Q_c \Delta x_c + Q_f \Delta x_f)}{\Delta t} + \Delta(V_c Q_c) + \Delta(V_f Q_f) + g(A_c + A_f)\Delta z + g \bar{A}_c \bar{S}_{fc} \Delta x_c + g \bar{A}_f \bar{S}_{ff} \Delta x_f = 0$$

Finalna dva člana definišu silu tranja od korita toka na fluid. Ekvivalentna sila se može definisati kao :

$$g \bar{A} \bar{S}_f \Delta x_e = g \bar{A}_c \bar{S}_{fc} \Delta x_c + g \bar{A}_f \bar{S}_{ff} \Delta x_f \quad (49.)$$

gde je : Δx_e – ekvivalentna dužina toka, S_f – nagib trenja za ceo poprečni presek i

$$A = \bar{A}_c + \bar{A}_f.$$

Sada se konvektivni član može predefinirati uz korišćenje faktora distribucije brzine:

$$\beta = \frac{(V_c^2 A_c + V_f^2 A_f)}{V^2 A} = \frac{(V_c Q_c + V_f Q_f)}{QV} \quad (50.)$$

tako da

$$\Delta(\beta VQ) = \Delta(V_c Q_c) + \Delta(V_f Q_f) \quad (51.)$$

Finalna forma jednačine je :

$$\frac{\Delta(Q_c \Delta x_c + Q_f \Delta x_f)}{\Delta t} + \Delta(\beta VQ) + g \bar{A} \Delta z + g \bar{A} \bar{S}_f \Delta x_e = 0 \quad (52.)$$

Familijarnija forma gornje jednačine se dobija deljenjem sa Δx_e :

$$\frac{\Delta(Q_c \Delta x_c + Q_f \Delta x_f)}{\Delta t \Delta x_e} + \frac{\Delta(\beta VQ)}{\Delta x_e} + g \bar{A} \left(\frac{\Delta z}{\Delta x_e} + \bar{S}_f \right) = 0 \quad (53.)$$

Trenje i pritisak ne opisuju uvek sve sile koje deluju na tok. Objekti u toku kao mostovi, brane i sl. mogu da suze tok i da izazovu pojavu sila koje se opiru tečenju. U lokalnim zonama ovakve sile mogu biti predominantne i da izazovu značajno povišenje kote nivoa vode uzvodno od objekata.

Na dužini dx , dodatne sile u suženjima toka proizvode nadvišenje nivoa od dh_l . Ovo nadvišenje je isključivo povezano sa dodatnim silama usled suženja. Veličina gubitka energije se može izraziti kroz lokalni nagib :

$$S_h = \frac{dh_l}{dx} \quad (54.)$$

Nagib trenja u jednačini (53.) se može proširiti za ovaj član :

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(VQ)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f + S_h \right) = 0 \quad (55.)$$

Za stacionarno stanje postoji veliki broj izraza za definisanje pomenutog lokalnog gubitka uzvodno od objekata u toku koji izazivaju suženja. Sve ove formule su definisane pomoću eksperimentalnih istraživanja i mogu se izraziti u opštoj formi kao :

$$h_l = C \frac{V^2}{2g} \quad (56.)$$

gde je h_l lokalni gubitak i C je odgovarajući koeficijent koji je funkcija brzine, dubine i geometrije, a radi pojednostavljenja se posmatra kao konstanta. Lokacija gde se proračunava lokalni gubitak energije zavisi od primenjene metode.

Ako se h_l na dužini Δx_e , tada $h_l = \bar{S}_h \Delta x_e$ je i $\bar{S}_h = h_l / \Delta x_e$

gde $\bar{S}_h$ osrednjeni nagib duž distance je gde je Δx_e .

Sada jednačina (56.) dobija oblik :

$$\frac{\Delta(Q_c \Delta x_c + Q_f \Delta x_f)}{\Delta t \Delta x_e} + \frac{\Delta(\beta V Q)}{\Delta x_e} + g \bar{A} \left(\frac{\Delta z}{\Delta x_e} + \bar{S}_f + \bar{S}_h \right) = 0 \quad (57.)$$

Ako se gornjoj jednačini doda i član bočnog influksa momenata usled postojanja pritoke, tada ona dobija oblik :

$$\frac{\Delta(Q_c \Delta x_c + Q_f \Delta x_f)}{\Delta t \Delta x_e} + \frac{\Delta(\beta V Q)}{\Delta x_e} + g \bar{A} \left(\frac{\Delta z}{\Delta x_e} + \bar{S}_f + \bar{S}_h \right) = \xi \frac{Q_l V_l}{\Delta x_e} \quad (58.)$$

Jednačine za nestacionarno tečenje u formi konačnih priraštaja

Jednačine (38.) i (44.) su nelinearnog tipa. Ako se direktno primeni implicitna shema metode konačnih priraštaja, dobija se sistem sistem nelinearnih algebarskih jednačina. Amain i Fang (1970), Fread (1974, 1976) i drugi autori su rešavali ovu shemu nelinearnih jednačina korišćenjem Newton-Rhapson iterativne tehnike. Pored toga što je ova iterativna shema relativno spora, ona može imati i određene probleme pri konvergenciji rešenja, naročito u slučajevima diskontinuiteta rečne geometrije.

Da bi se ovaj problem prevazišao, Preissmann (1975) i Chen (1973) su razvili tehniku za linearizovanje ovih jednačina. I u okviru HEC-RAS modela je izvršena linearizacija implicitne sheme konačnih priraštaja osnovnog sistema jednačina.

Primenjene su sledeće pretpostavke :

1. Ako je $f \bullet f \ll \Delta f \bullet \Delta f$, tada je $\Delta f \bullet \Delta f = 0$ (prema Preissmann-u, na osnovu Liggett i Cunge, 1975);
2. Ako je $\mathbf{g} = \mathbf{g}(\mathbf{Q}, \mathbf{z})$, tada se $\Delta \mathbf{g}$ može aproksimirati prvim članom Taylor Serije :

$$\Delta g_j = \left(\frac{\partial g}{\partial Q} \right)_j \Delta Q_j + \left(\frac{\partial g}{\partial z} \right)_j \Delta z_j \quad (59.)$$

3. Ako je vremenski korak Δt mali, tada se određene promenljive mogu tretirati

eksplicitno ; $h_j^{n+1} \approx h_j^n$ tako : $\Delta h_j \approx 0$ i

Aproksimacija 2. se primenjuje na padna trenje, S_f i površinu, A .

Aproksimacija 3. se primenjuje na brzinu, v u konvektivnom članu; faktor distribucije brzine, β ; ekvivalentnu dužinu toka, x ; i na faktore distribucije brzine ϕ ;

Ako se sada osnovne jednačine, napisane u formi konačnih priraštaja, preurede tako da se nepoznate grupišu na levu stranu jednačine, dobijaju se sledeće linearne jednačine :

$$CQ_{1j}\Delta Q_j + CZ_{1j}\Delta z_j + CQ_{2j}\Delta Q_{j+1} + CZ_{2j}\Delta z_{j+1} = CB_j \quad (60.)$$

$$MQ_{1j}\Delta Q_j + MZ_{1j}\Delta z_j + MQ_{2j}\Delta Q_{j+1} + MZ_{2j}\Delta z_{j+1} = MB_j \quad (61.)$$

11.3.5. GRANIČNI USLOVI

Za deonicu reke gde postoji N računskih čvorova postoji $N-1$ računskih ćelija u shemi konačnih priraštaja. Za ove ćelije se može napisati $2N-2$ osnovnih jednačina u formi konačnih priraštaja. Obzirom da postoji $2N$ nepoznatih (Q i z za svaku ćeliju), potrebne su dve dodatne jednačine da bi se sistem jednačina rešio. Ove dodatne jednačine se uvode u sistem preko definisanja graničnih uslova za svaku deonicu, što za miran (subcritical) režim, zahteva definisanje graničnih uslova na uzvodnom i nizvodnom kraju deonice. Za buran (supercritical) režim, granični uslovi su potrebni samo na uzvodnom kraju deonice.

Uzvodni granični uslovi (za vezu rečnih deonica)

Mreža tokova, odnosno deonica, u računskoj shemi, je sastavljena od M pojedinačnih individualnih deonica. Jednačine koje predstavljaju unutrašnje granične uslove se moraju specificirati na svakom spoju računskih deonica. U zavisnosti od tipa spoja računskih deonica, mogu se koristiti jedna ili dve jednačine. To mogu biti jednačine kontinuiteta mase (proticaja) i jednačine kontinuiteta nivoa.

Uzvodni granični uslov (za uzvodne granice modela)

Uzvodni granični uslovi se zadaju na uzvodnom kraju svake računске deonice koja nije povezana sa drugim deonicama (najuzvodnije tačke modela). Ovi granični uslovi se najčešće zadaju u formi hidrograma.

Nizvodni granični uslovi

Nizvodni granični uslovi se zadaju na nizvodnom kraju svake računske deonice koja nije povezana sa nekom drugom računskom deonicom. Nizvodni granični uslovi se mogu zadati kao :

- nivogram,
- hidrogram,
- jednoznačna kriva proticaja,
- normalna dubina definisana preko Manning jednačine.
- itd..

11.3.6. REŠAVANJE SISTEMA OSNOVNIH JEDNAČINA

Osnovne jednačine u formi konačnih priraštaja sa spoljašnjim i unutrašnjim graničnim uslovima formiraju sistem linearnih algebarskih jednačina koje moraju biti rešene za svaki vremenski korak :

$$Ax = b$$

gde je : A = matrica koeficijenata,

x = vektor kolona nepoznatih,

b = vektor kolona konstanti,

Za slučaj toka koji ima samo jedan kanal, bez dodatnih bočnih retenzija, matrica koeficijenata ima širinu dijagonalne trake od 5 članova i može se rešavati pomoću velikog broja poznatih iterativnih procedura.

Za slučaj vrlo razvijenog toka, sa velikim brojem unutrašnjih graničnih uslova, postoji višak članova matrice koeficijenata, pa je razbijena dijagonalna trakasta struktura matrice koeficijenata. Ovakvi sistemi se rešavaju tzv SKYLINE algoritma.

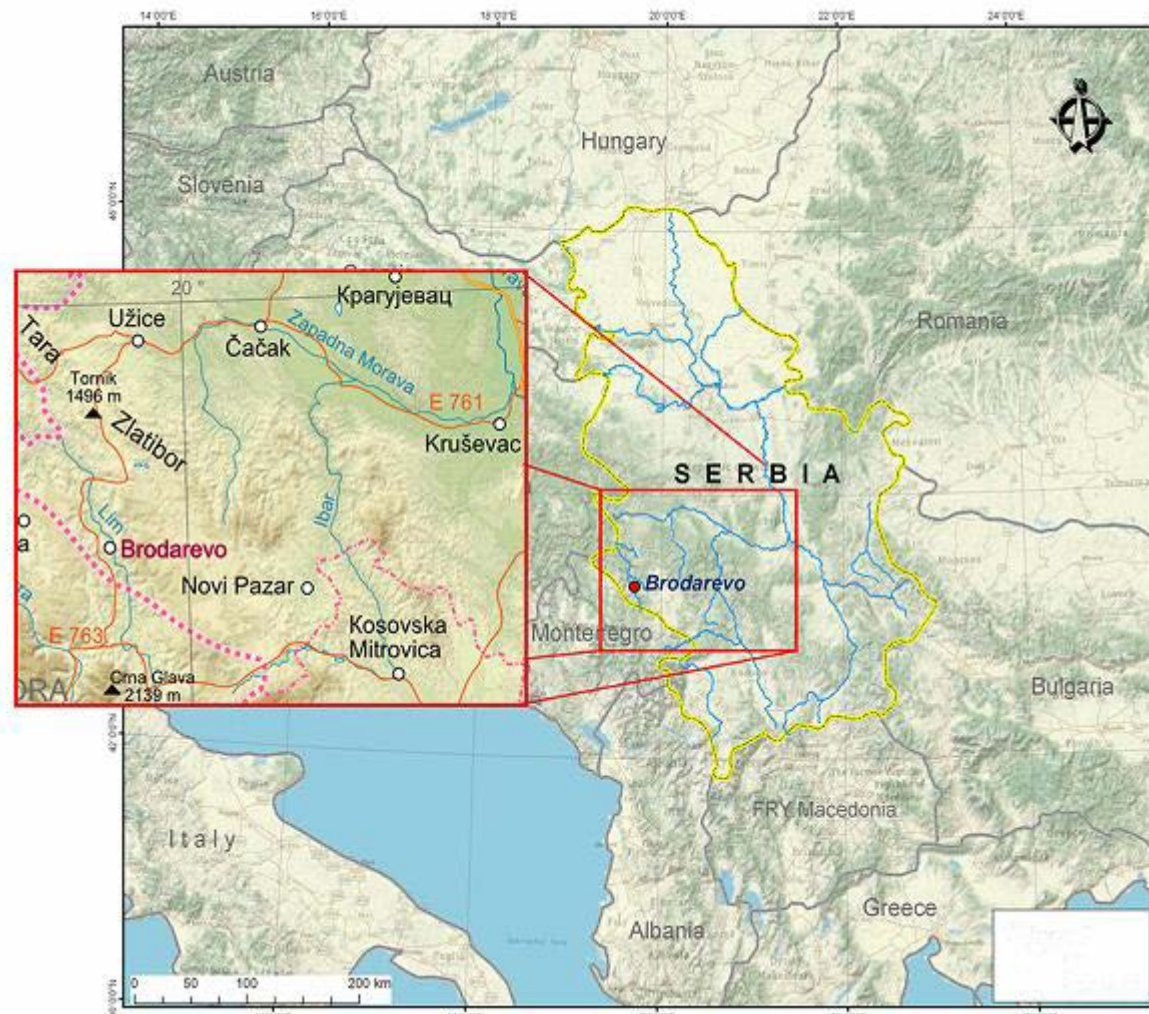
12. REFERENCE

1. Achterberg, D., Nineteenth (1999), *Bureau of Reclamation's Dam Safety Program*, Annual USCOLD Lecture Series, USA.
2. Commission Internationale Des Grands Barrages (1998), *Étude d'Onde de Rupture de baragge - Synthèse et recommandations*, Bulletin 111, Paris, France.
3. DEFRA (2006), *Engineering Guide to Emergency Planning for UK Reservoirs*, UK.
4. DEFRA (2002), *Reservoir Safety-Floods and Reservoir safety Integration*, UK.
5. Dyhouse, G., Benn, J. R. and Hatchett, P.E. (2005), *Floodplain Modelling Using HEC-RAS, Heasted Methods and Bentley*, US Army Corps of Engineers, JBA Consulting, USA.
6. Energoprojekt-Energodata (1984), *Model NES-Proračun linija nivoa u otvorenim tokovima pri nestacionarnom tečenju vode*, Uputstvo za upotrebu, SR Srbija.
7. FEI (2001), *RESCDAM-Development of Rescue Actions Based on Dam-Break Flood Analysis*, Finland.
8. FEMA (2004), *Federal Guidelines for Dam Safety*, USA.
9. FEMA (2003), *The National Dam Safety Program*, USA.
10. Fread, D.L. and USA National Weather Service-NOAA (2000), *NWS FLDWAV Model (Generalized Flood Routing Model)*, USA.
11. HR Wallingford (2002), *IMPACT-Investigation of Extreme Flood Processes and Uncertainty*, UK.
12. Izvršno Veće SR Srbija (1990), *Uredbe o sistemu osmatranja i obaveštavanja*, SR Srbija.
13. Kovačević, Z., Budinski, L.J., Gabrić, O., Ostojić, A., Bojović, M., (2010), *Definisanje plavnih zona usled rušenja brana u Alžiru*, Vodoprivreda, Srbija.
14. Kovačević, Z., Spasojević, M., Budinski, L.J., Gabrić, O., Ostojić, A., Bojović, M., (2010), *Izrada Hazard Mapa u slučaju rušenja brana*, Tehnika-naše građevinarstvo, Vol.64., Srbija.
15. Morris, M.W. (2000), *CADAM Projekt-Concerted Action on Dambreak Modelling*, HR Wallingford, UK.
16. Morris & Galland (2000), *Dambreak Modelling Guidelines and Best Practic*.
17. NWS (2003), *NWS FLDWAV-DAMBRK Workshop*, USA.
18. Pitman, S. (2003), *GIS for Faster Analysis of Dam-Break Flow*, University of Texas at Austin, USA.
19. Quinslend Goverment (2002), *Guidelines for Failure Impact Assessment of W ater Dams*, Australia.
20. Radojković, M. (1985), *Model PROLOM – Proračun hidrauličkih posledica usled rušenja brana*, Građevinski fakultet u Beogradu, SR Srbija, Beograd.
21. Seker, D.Z., Kabdasli, S., Rudvan, B. (2004), *Risk Assessment of A Dam-Break Using GIS Technology*, ITU, Turkey.
22. Snead, D.B (2000), *Development and applicaion of Unsteady Flood Models Using GIS*, University of Texas at Austin, USA.

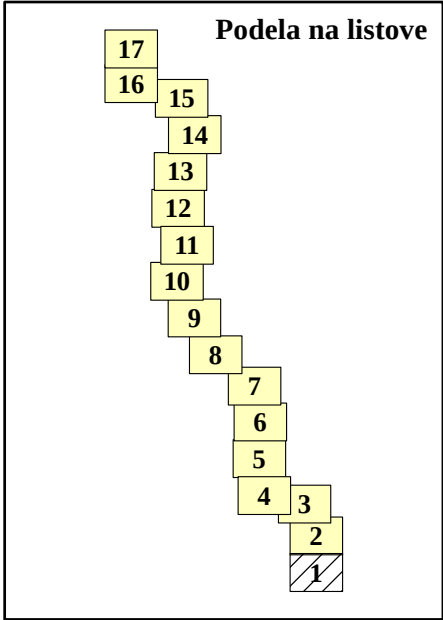
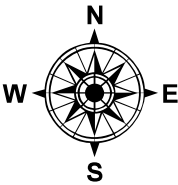
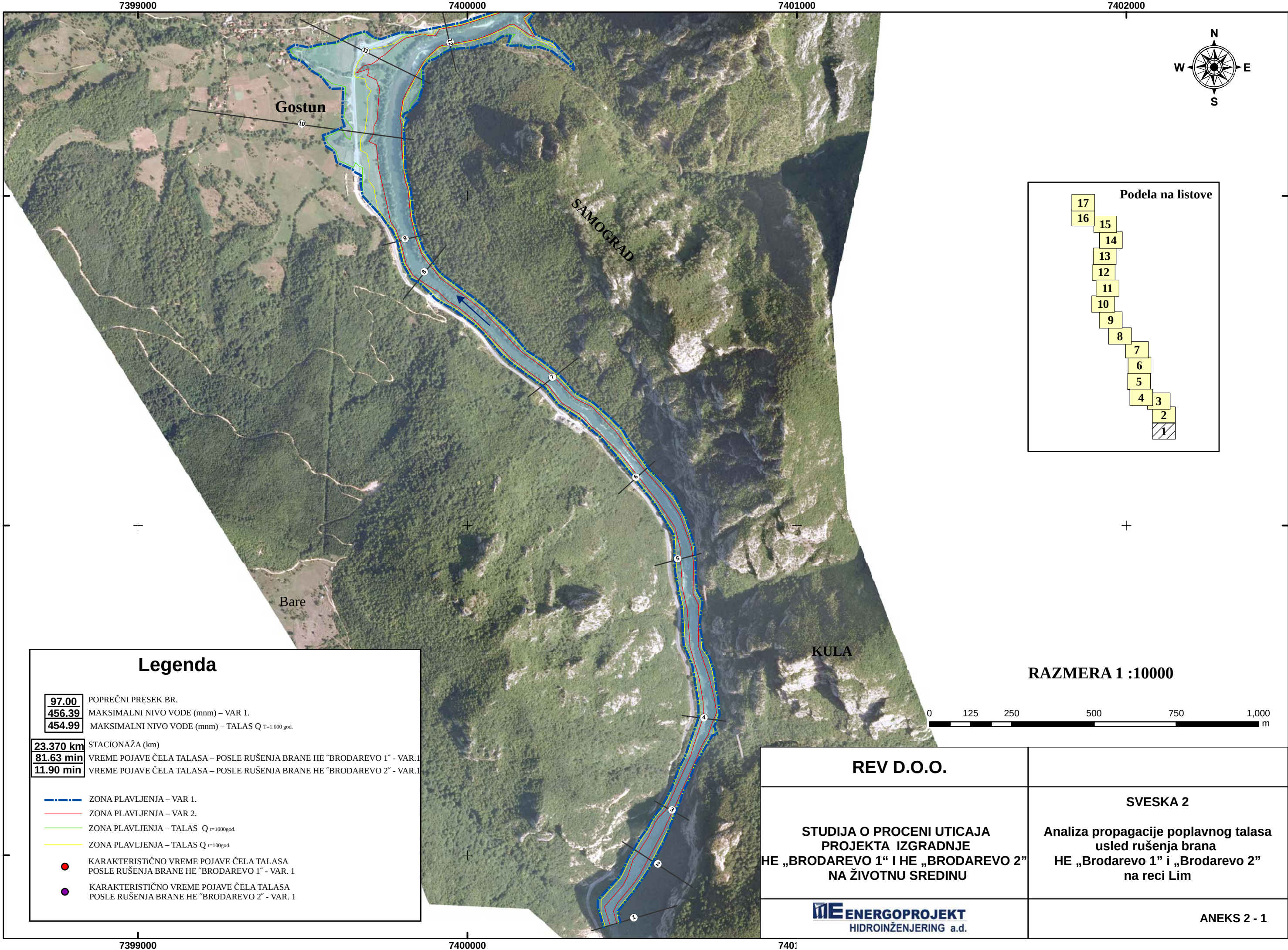
23. US Army Corps of Engineers-Hydrologic Engineering Center (2006), *HEC – RAS (River Analysis System)*, Version 4.0, USA.
24. US Army Corps of Engineers-Hydrologic Engineering Center (2005), *HEC – GeoRAS (GIS Tools for Support of HEC-RAS Using ArcGIS), User's Manual, Version 4.0*, USA.
25. Vlada SFRJ-Savezni komitet za poljoprivredu (1975), *Uputstvo o izradi dokumentacije za određivanje posledica usled iznenadnog rušenja ili preliivanja visokih brana*, SFRJ.
26. Washington State-Department of Ecology (1992), *Dam Safety Guidelines*, USA.

13. PRILOZI

GEOGRAFSKA LOKACIJA BRANA HE "BRODAREVO 1" I HE "BRODAREVO 2"



PRILOG 1.



Legenda

97.00
456.39
454.99

POPREČNI PRESEK BR.
MAKSIMALNI NIVO VODE (mm) – VAR 1.
MAKSIMALNI NIVO VODE (mm) – TALAS Q T=1.000 god.

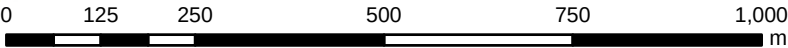
23.370 km
81.63 min
11.90 min

STACIONAŽA (km)
VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 1" - VAR.1
VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 2" - VAR.1

- ZONA PLAVLJENJA – VAR 1.
- ZONA PLAVLJENJA – VAR 2.
- ZONA PLAVLJENJA – TALAS Q t=1000god.
- ZONA PLAVLJENJA – TALAS Q t=100god.

- KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 1" - VAR. 1
- KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 2" - VAR. 1

RAZMERA 1 :10000



REV D.O.O.

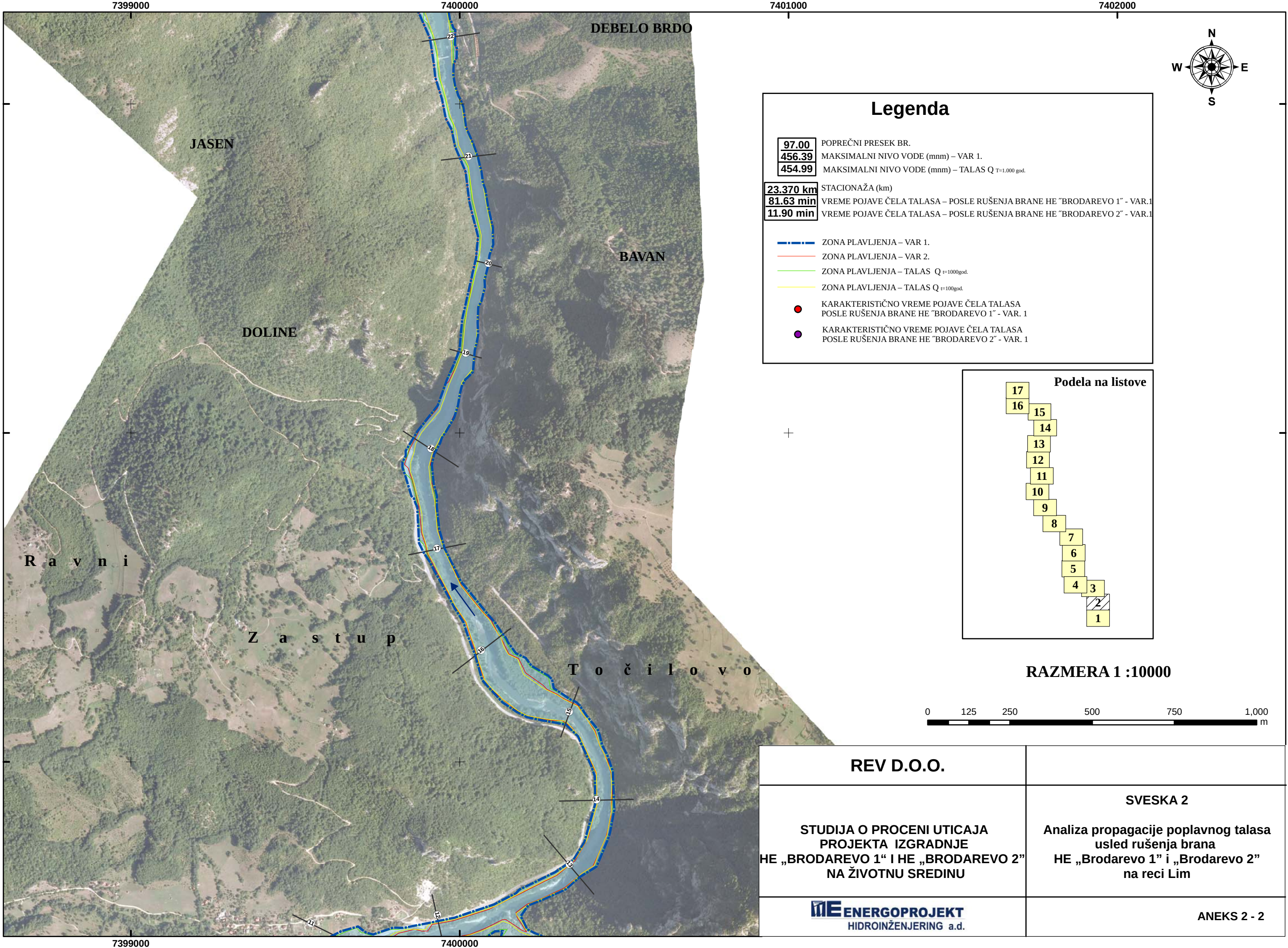
STUDIJA O PROCENI UTICAJA
PROJEKTA IZGRADNJE
HE „BRODAREVO 1“ I HE „BRODAREVO 2“
NA ŽIVOTNU SREDINU

ENERGOPROJEKT
HIDROINŽENJERING a.d.

SVESKA 2

Analiza propagacije poplavnog talasa
usled rušenja brana
HE „Brodarevo 1“ i „Brodarevo 2“
na reci Lim

ANEKS 2 - 1



Legenda

- 97.00

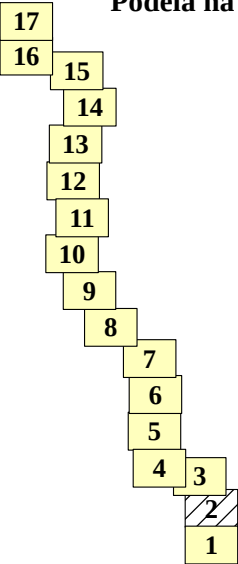
456.39

454.99
- POPREČNI PRESEK BR.
MAKSIMALNI NIVO VODE (mnm) – VAR 1.
MAKSIMALNI NIVO VODE (mnm) – TALAS Q T=1.000 god.
- 23.370 km

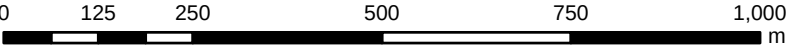
81.63 min

11.90 min
- STACIONAŽA (km)
VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 1” - VAR.1
VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 2” - VAR.1
-
- ZONA PLAVLJENJA – VAR 1.
ZONA PLAVLJENJA – VAR 2.
ZONA PLAVLJENJA – TALAS Q t=1000god.
ZONA PLAVLJENJA – TALAS Q t=100god.
-
- KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA
POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 1” - VAR. 1
KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA
POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 2” - VAR. 1

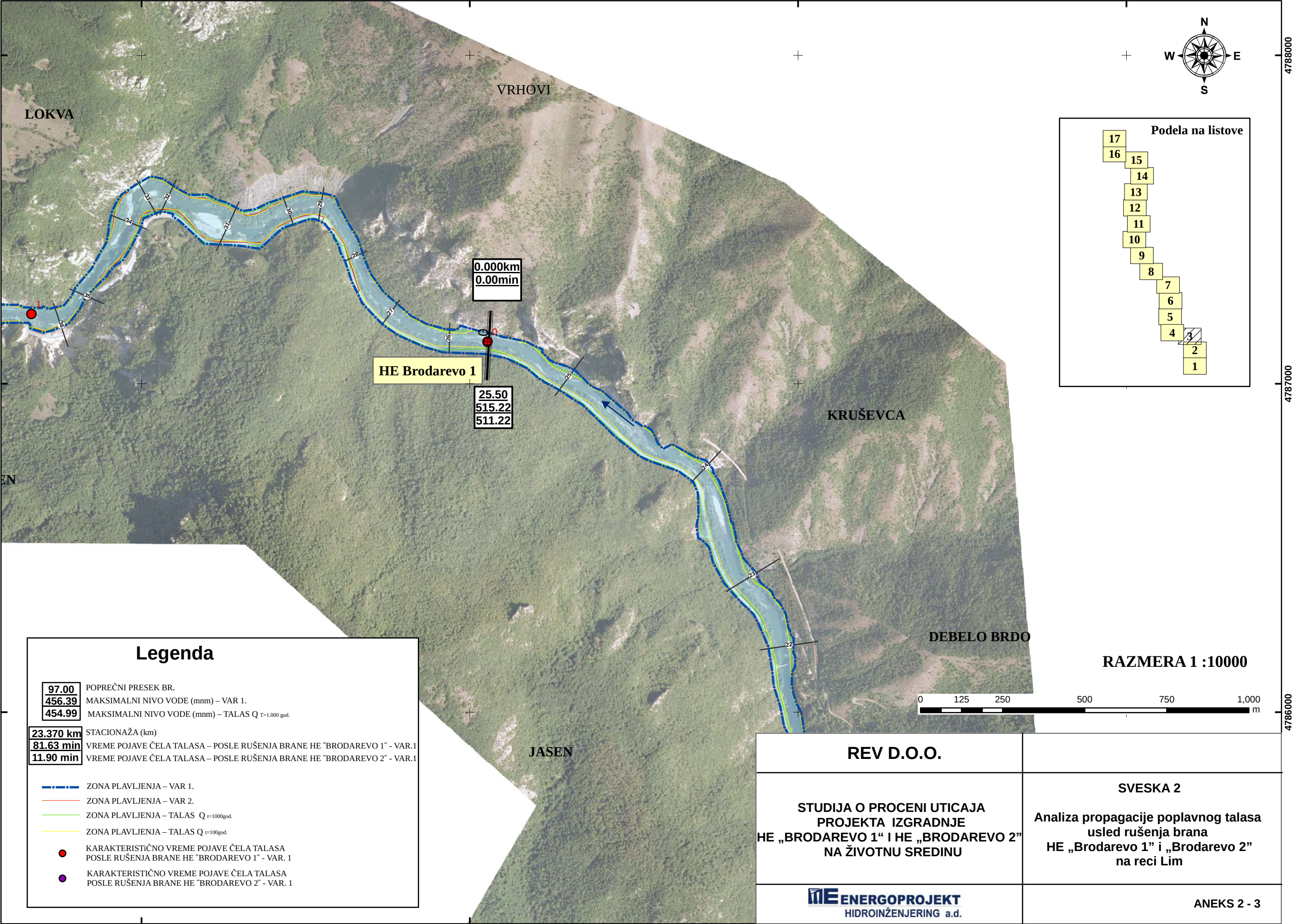
Podela na listove



RAZMERA 1 :10000



REV D.O.O.	
STUDIJA O PROCENI UTICAJA PROJEKTA IZGRADNJE HE „BRODAREVO 1“ I HE „BRODAREVO 2” NA ŽIVOTNU SREDINU	SVESKA 2 Analiza propagacije poplavnog talasa usled rušenja brana HE „Brodarevo 1” i „Brodarevo 2” na reci Lim
 ENERGOPROJEKT HIDROINŽENJERING a.d.	ANEKS 2 - 2



97.00

456.39

454.99

POPREČNI PRESEK BR.
MAKSIMALNI NIVO VODE (mm) – VAR 1.
MAKSIMALNI NIVO VODE (mm) – TALAS Q_{T=1.000 god.}

23.370 km

81.63 min

11.90 min

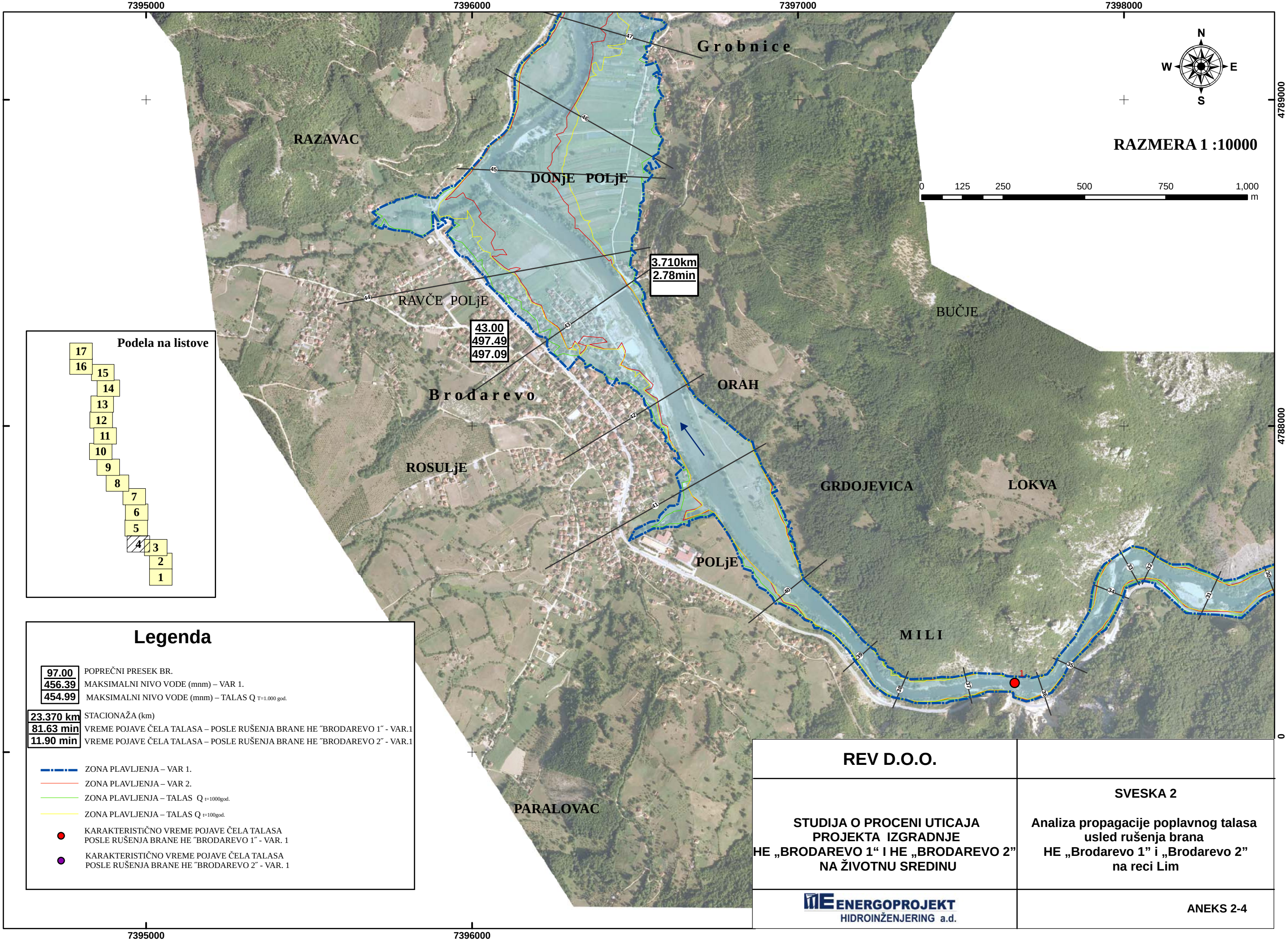
STACIONAŽA (km)
VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 1" - VAR.1
VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 2" - VAR.1

ZONA PLAVLJENJA – VAR 1.
ZONA PLAVLJENJA – VAR 2.
ZONA PLAVLJENJA – TALAS Q_{T=1000god.}
ZONA PLAVLJENJA – TALAS Q_{T=100god.}

KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA
POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 1" - VAR. 1

KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA
POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 2" - VAR. 1

REV D.O.O.	
STUDIJA O PROCENI UTICAJA PROJEKTA IZGRADNJE HE „BRODAREVO 1“ I HE „BRODAREVO 2“ NA ŽIVOTNU SREDINU	SVESKA 2 Analiza propagacije poplavnog talasa usled rušenja brana HE „Brodarevo 1“ i „Brodarevo 2“ na reci Lim
 ENERGOPROJEKT HIDROINŽENJERING a.d.	ANEKS 2 - 3



7395000

7396000

7397000

7398000

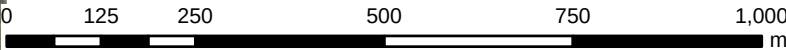
4789000

4788000

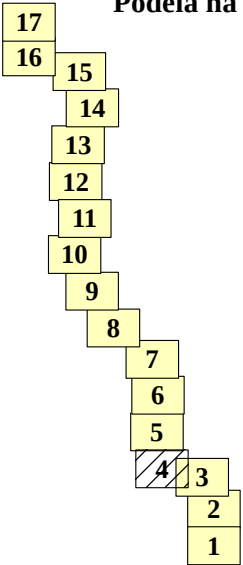
0



RAZMERA 1 :10000



Podela na listove



Legenda

97.00
456.39
454.99

POPREČNI PRESEK BR.
MAKSIMALNI NIVO VODE (mnm) – VAR 1.
MAKSIMALNI NIVO VODE (mnm) – TALAS Q T=1.000 god.

23.370 km
81.63 min
11.90 min

STACIONAŽA (km)
VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 1" - VAR.1
VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 2" - VAR.1

- ZONA PLAVLJENJA – VAR 1.
- ZONA PLAVLJENJA – VAR 2.
- ZONA PLAVLJENJA – TALAS Q T=1000god.
- ZONA PLAVLJENJA – TALAS Q T=100god.

- KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 1" - VAR. 1
- KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 2" - VAR. 1

Grobnice

RAZAVAC

DONJE POLJE

RAVČE POLJE

43.00
497.49
497.09

Brodarevo

ROSULJE

ORAH

POLJE

BUČJE

GRDOJEVICA

LOKVA

MILI

PARALOVAC

REV D.O.O.

SVESKA 2

STUDIJA O PROCENI UTICAJA
PROJEKTA IZGRADNJE
HE „BRODAREVO 1“ I HE „BRODAREVO 2“
NA ŽIVOTNU SREDINU

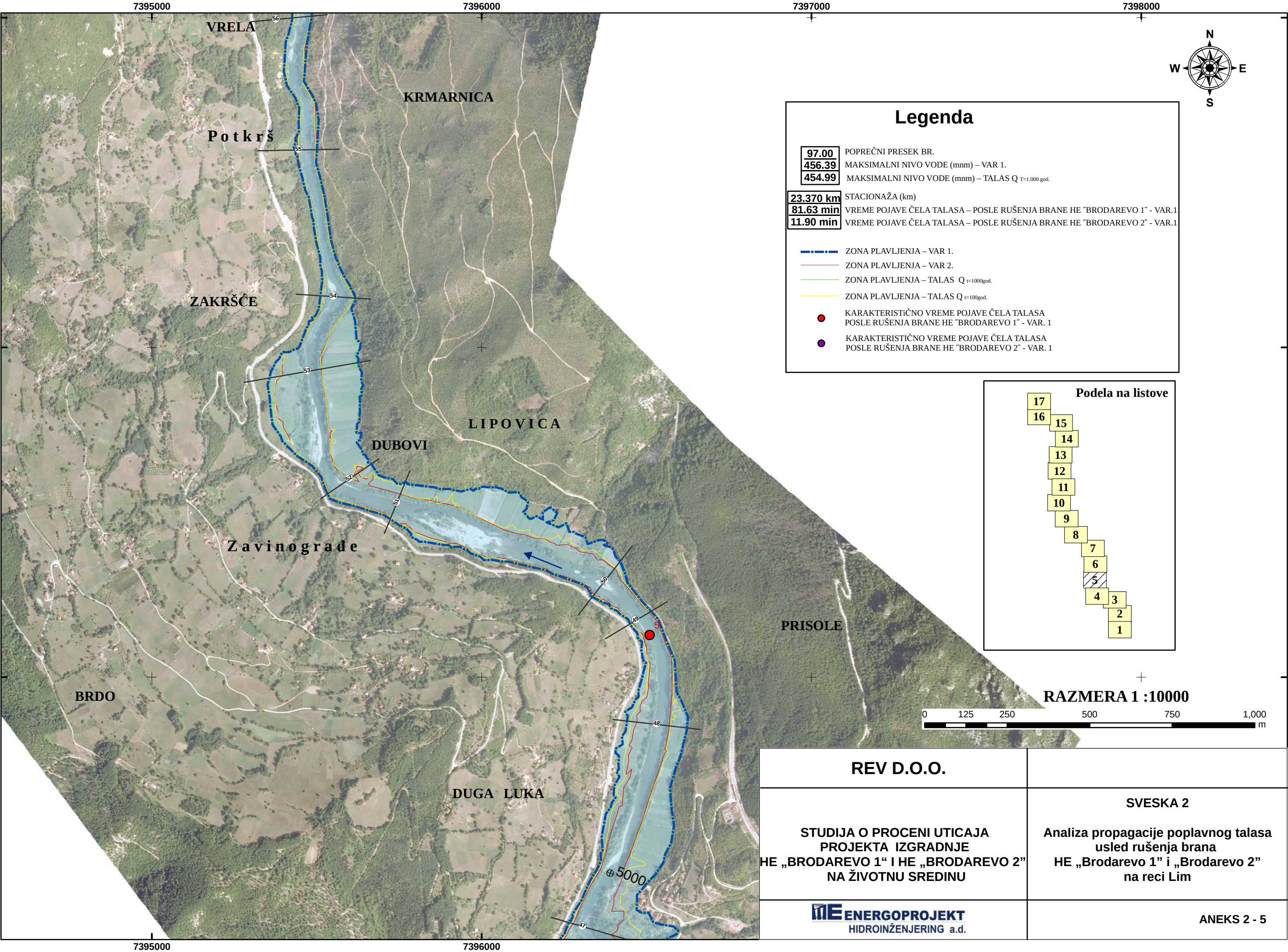
Analiza propagacije poplavnog talasa
usled rušenja brana
HE „Brodarevo 1“ i „Brodarevo 2“
na reci Lim

ENERGOPROJEKT
HIDROINŽENJERING a.d.

ANEKS 2-4

7395000

7396000



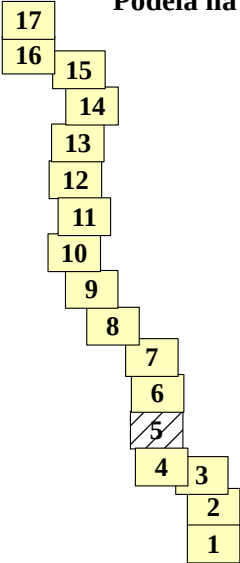
Legenda

97.00 POPREČNI PRESEK BR.
456.39 MAKSIMALNI NIVO VODE (mm) – VAR 1.
454.99 MAKSIMALNI NIVO VODE (mm) – TALAS Q T=1.000 god.

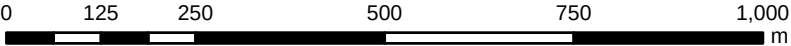
23.370 km STACIONAŽA (km)
81.63 min VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 1" - VAR.1
11.90 min VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 2" - VAR.1

- ZONA PLAVLJENJA – VAR 1.
- ZONA PLAVLJENJA – VAR 2.
- ZONA PLAVLJENJA – TALAS Q t=1000god.
- ZONA PLAVLJENJA – TALAS Q t=100god.
- KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 1" - VAR. 1
- KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 2" - VAR. 1

Podela na listove



RAZMERA 1 :10000



REV D.O.O.

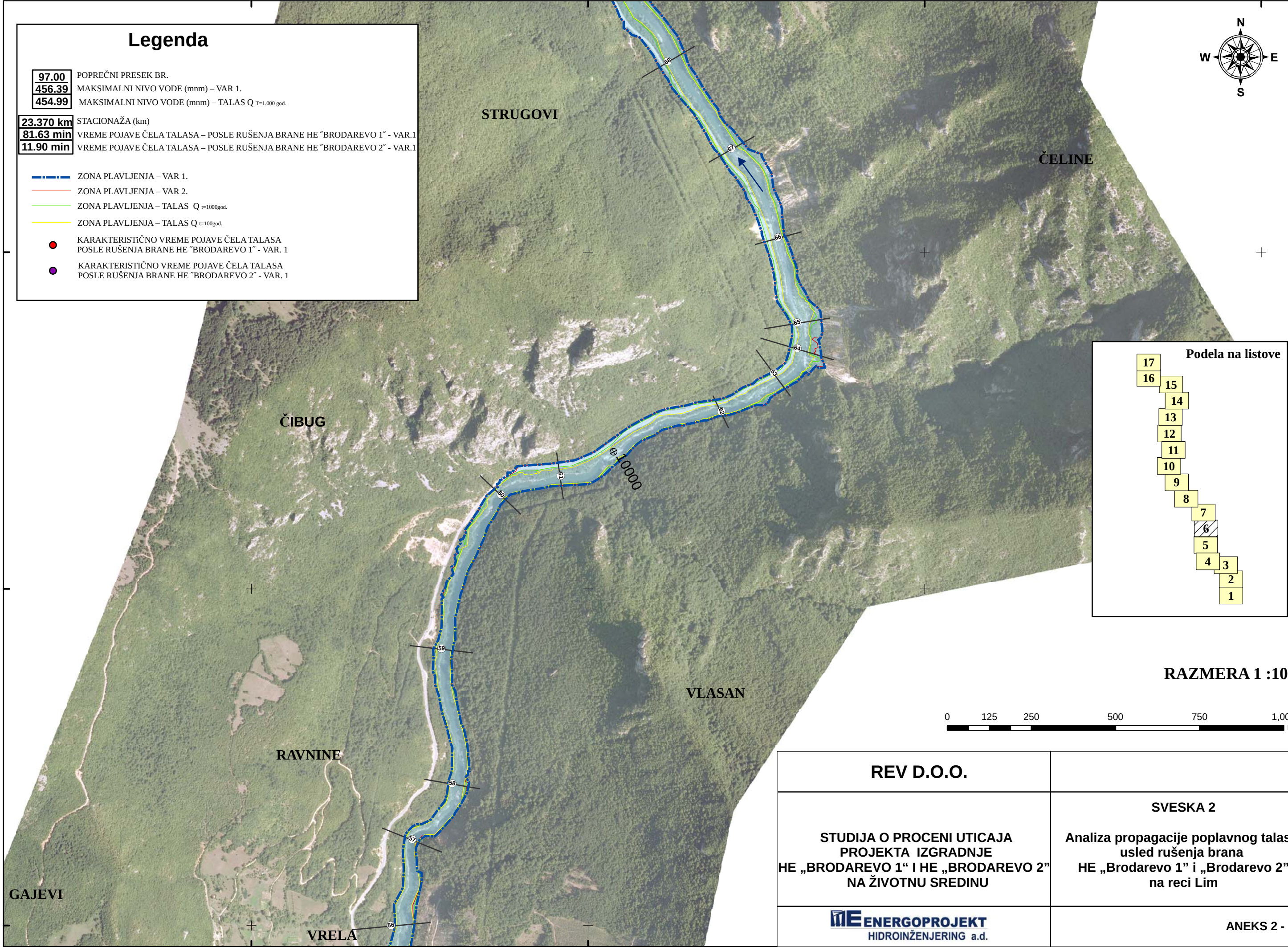
STUDIJA O PROCENI UTICAJA
PROJEKTA IZGRADNJE
HE „BRODAREVO 1“ I HE „BRODAREVO 2“
NA ŽIVOTNU SREDINU

ENERGOPROJEKT
HIDROINŽENJERING a.d.

SVESKA 2

Analiza propagacije poplavnog talasa
usled rušenja brana
HE „Brodarevo 1“ i „Brodarevo 2“
na reci Lim

ANEKS 2 - 5



Legenda

- 97.00

456.39

454.99
- POPREČNI PRESEK BR.
MAKSIMALNI NIVO VODE (mnm) – VAR 1.
MAKSIMALNI NIVO VODE (mnm) – TALAS $Q_{T=1.000\text{ god.}}$
- 23.370 km

81.63 min

11.90 min
- STACIONAŽA (km)
VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 1" - VAR.1
VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 2" - VAR.1
- ZONA PLAVLJENJA – VAR 1.

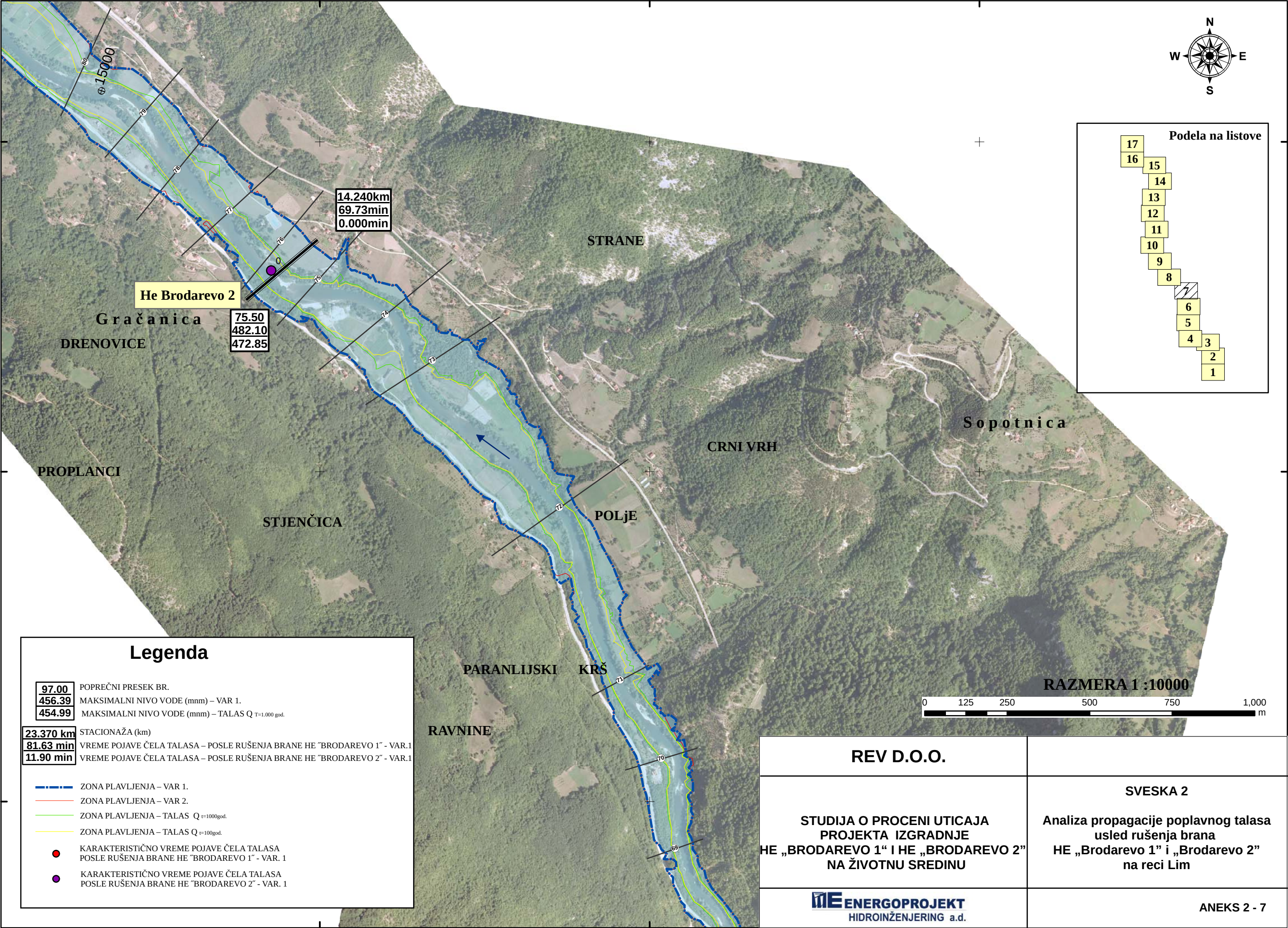
ZONA PLAVLJENJA – VAR 2.

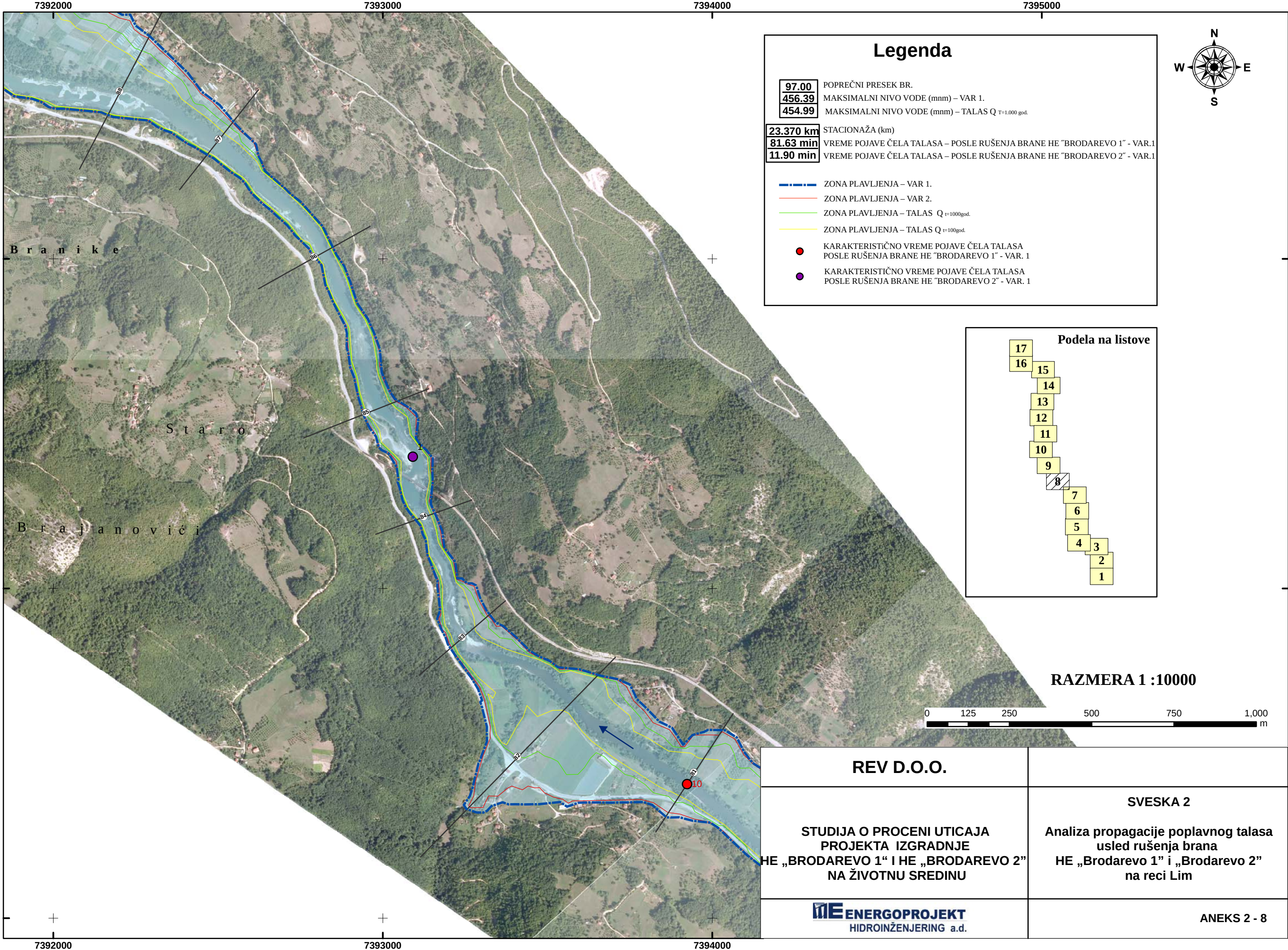
ZONA PLAVLJENJA – TALAS $Q_{T=1000\text{god.}}$

ZONA PLAVLJENJA – TALAS $Q_{T=100\text{god.}}$

KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA
POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 1" - VAR. 1

KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA
POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 2" - VAR. 1
-
- Podela na listove
-
- RAZMERA 1 :10000
-
- | | |
|--|--|
| REV D.O.O. | |
| STUDIJA O PROCENI UTICAJA
PROJEKTA IZGRADNJE
HE „BRODAREVO 1“ I HE „BRODAREVO 2“
NA ŽIVOTNU SREDINU | SVESKA 2
Analiza propagacije poplavnog talasa
usled rušenja brana
HE „Brodarevo 1“ i „Brodarevo 2“
na reci Lim |
|  | ANEKS 2 - 6 |





Legenda

- 97.00

POPREČNI PRESEK BR.
- 456.39

MAKSIMALNI NIVO VODE (mm) – VAR 1.
- 454.99

MAKSIMALNI NIVO VODE (mm) – TALAS $Q_{T=1.000\text{ god.}}$

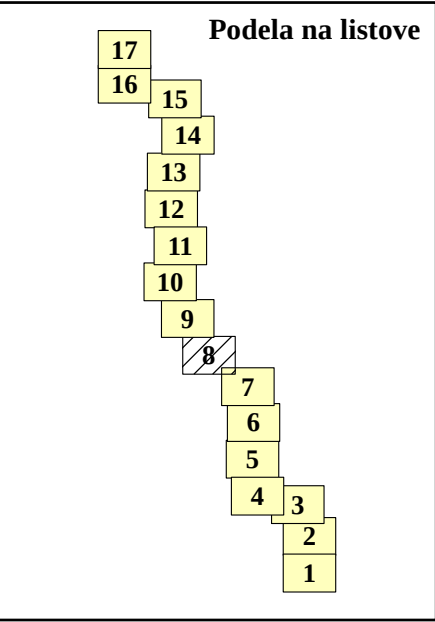
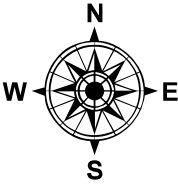
23.370 km

STACIONAŽA (km)

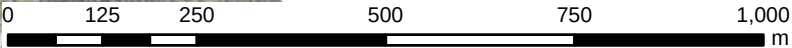
81.63 min

VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 1" - VAR.1

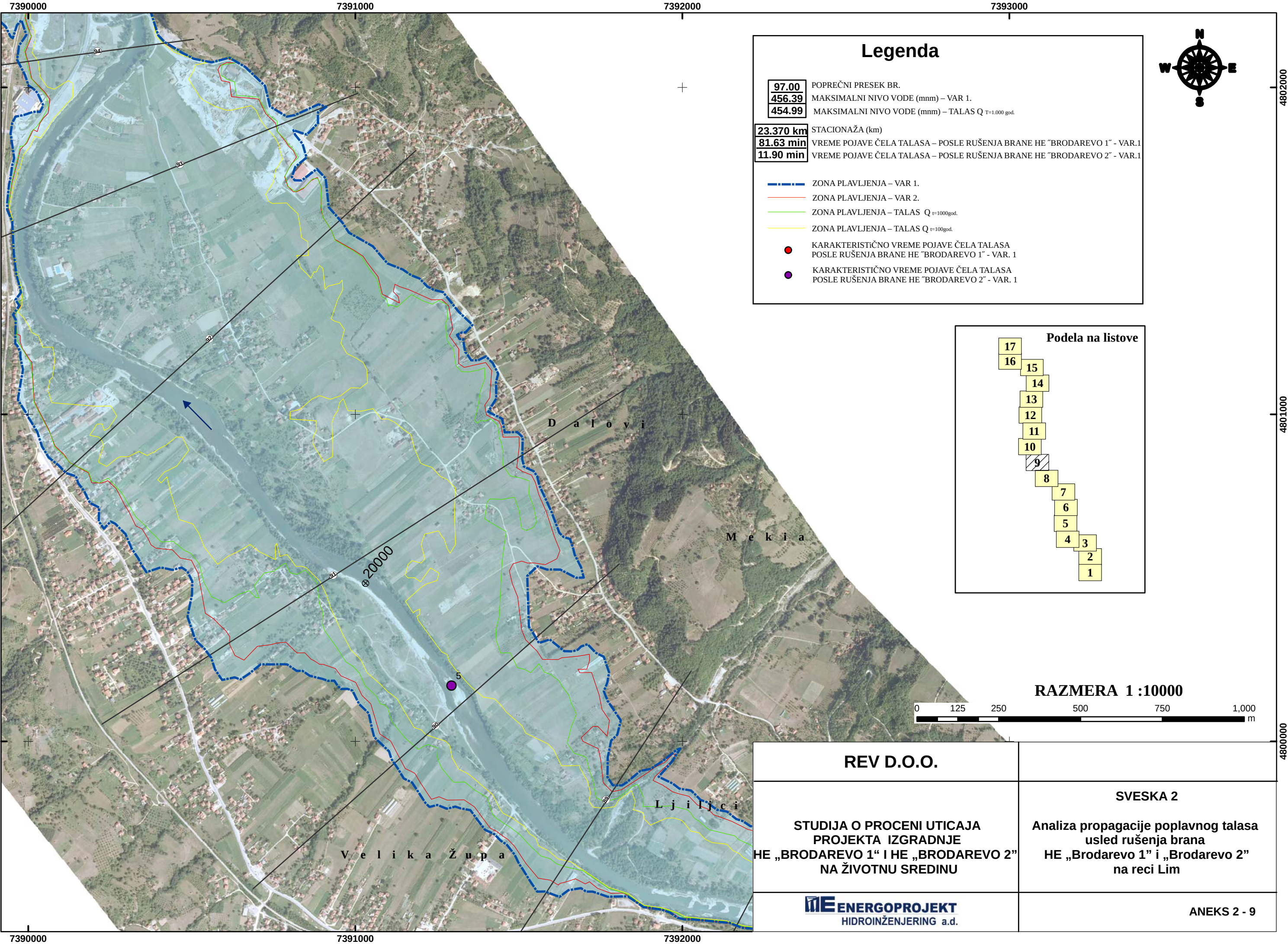
11.90 min

VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 2" - VAR.1ZONA PLAVLJENJA – VAR 1.ZONA PLAVLJENJA – VAR 2.ZONA PLAVLJENJA – TALAS $Q_{T=1000\text{god.}}$ ZONA PLAVLJENJA – TALAS $Q_{T=100\text{god.}}$ KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA
POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 1" - VAR. 1KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA
POSLE RUŠENJA BRANE HE "BRODAREVO 2" - VAR. 1

RAZMERA 1 :10000



REV D.O.O.	
STUDIJA O PROCENI UTICAJA PROJEKTA IZGRADNJE HE „BRODAREVO 1“ I HE „BRODAREVO 2“ NA ŽIVOTNU SREDINU	SVESKA 2 Analiza propagacije poplavnog talasa usled rušenja brana HE „Brodarevo 1“ i „Brodarevo 2“ na reci Lim
 ENERGOPROJEKT HIDROINŽENJERING a.d.	ANEKS 2 - 8



Legenda

- 97.00

POPREČNI PRESEK BR.
- 456.39

MAKSIMALNI NIVO VODE (mnm) – VAR 1.
- 454.99

MAKSIMALNI NIVO VODE (mnm) – TALAS Q T=1.000 god.

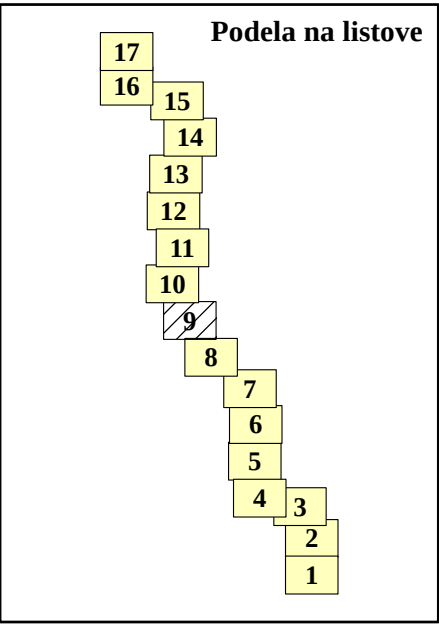
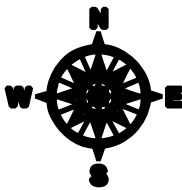
23.370 km

STACIONAŽA (km)

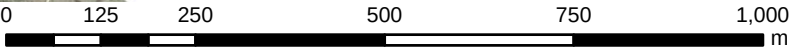
81.63 min

VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 1” - VAR.1

11.90 min

VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 2” - VAR.1ZONA PAVLJENJA – VAR 1.ZONA PAVLJENJA – VAR 2.ZONA PAVLJENJA – TALAS Q T=1000god.ZONA PAVLJENJA – TALAS Q T=100god.KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 1” - VAR. 1KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 2” - VAR. 1

RAZMERA 1 :10000



REV D.O.O.

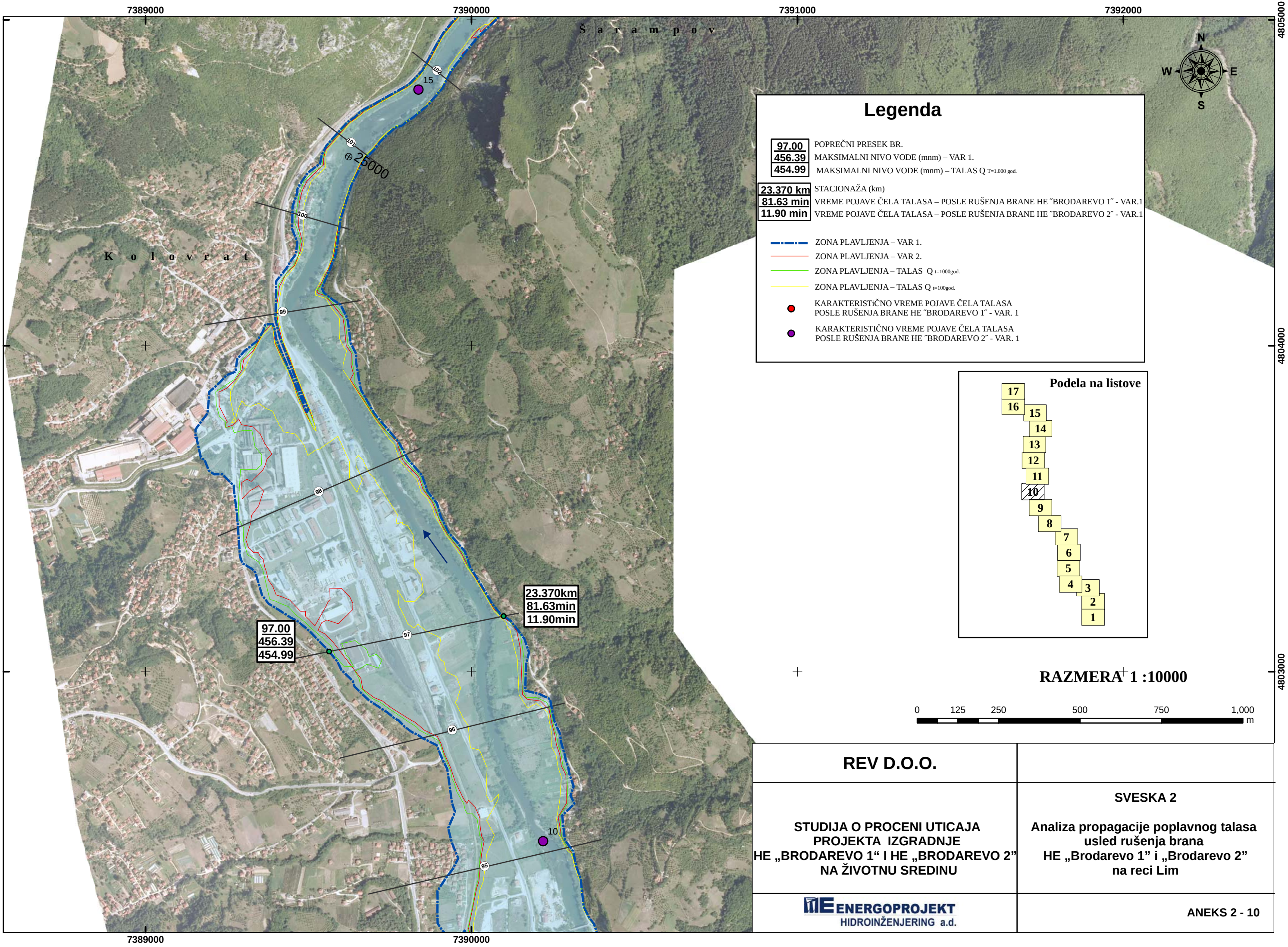
STUDIJA O PROCENI UTICAJA
PROJEKTA IZGRADNJE
HE „BRODAREVO 1“ I HE „BRODAREVO 2”
NA ŽIVOTNU SREDINU

ENERGOPROJEKT
HIDROINŽENJERING a.d.

SVESKA 2

Analiza propagacije poplavnog talasa
usled rušenja brana
HE „Brodarevo 1” i „Brodarevo 2”
na reci Lim

ANEKS 2 - 9



Legenda

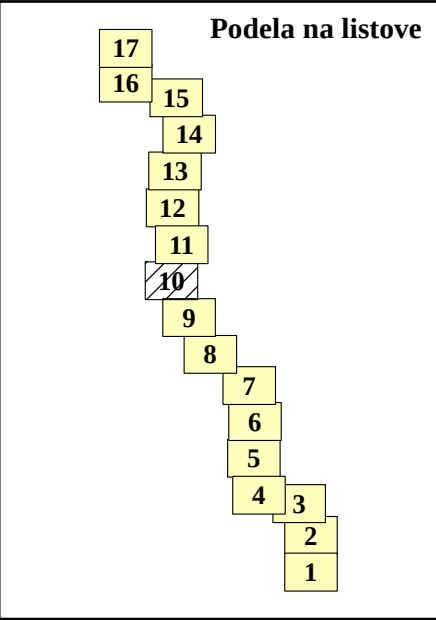
- 97.00

456.39

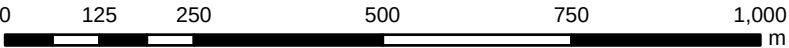
454.99
- POPREČNI PRESEK BR.
MAKSIMALNI NIVO VODE (mnm) – VAR 1.
MAKSIMALNI NIVO VODE (mnm) – TALAS Q T=1.000 god.
- 23.370 km

81.63 min

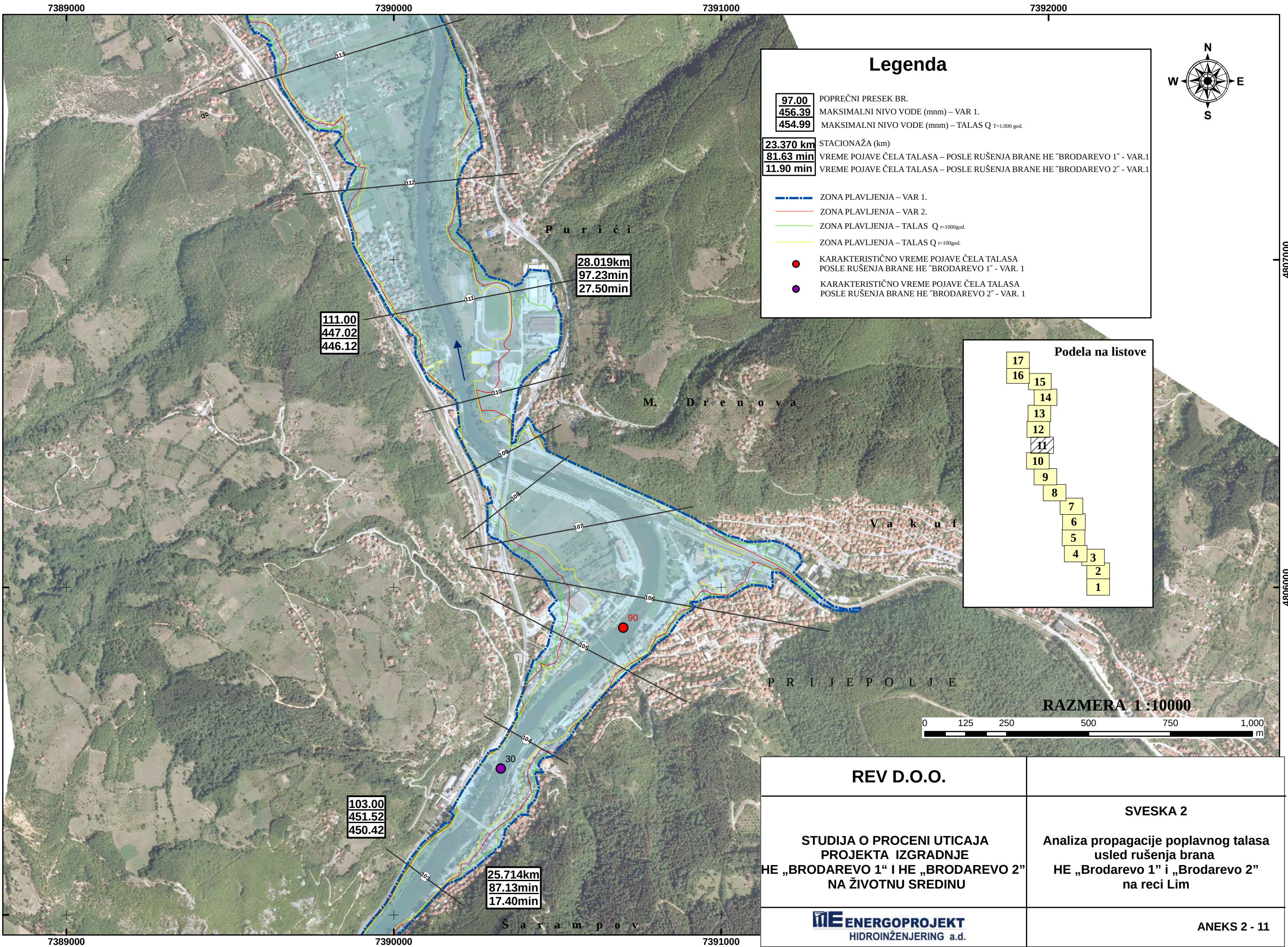
11.90 min
- STACIONAŽA (km)
VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 1” - VAR.1
VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 2” - VAR.1
-
- ZONA PAVLJENJA – VAR 1.
ZONA PAVLJENJA – VAR 2.
ZONA PAVLJENJA – TALAS Q t=1000god.
ZONA PAVLJENJA – TALAS Q t=100god.
-
- KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA
POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 1” - VAR. 1
KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA
POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 2” - VAR. 1

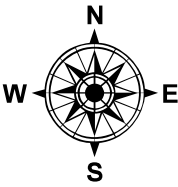
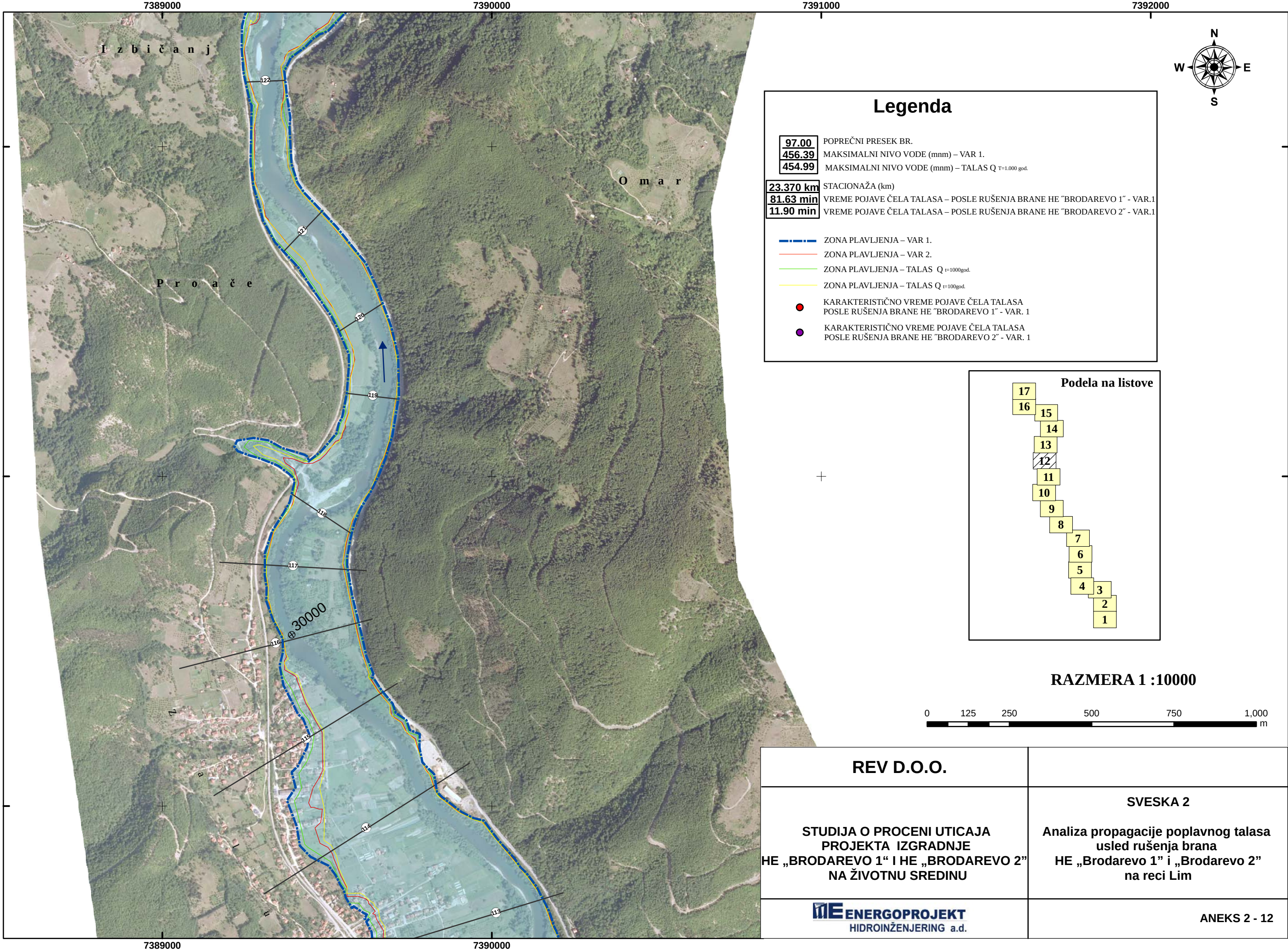


RAZMERA 1 :10000



REV D.O.O.	
STUDIJA O PROCENI UTICAJA PROJEKTA IZGRADNJE HE „BRODAREVO 1“ I HE „BRODAREVO 2” NA ŽIVOTNU SREDINU	SVESKA 2 Analiza propagacije poplavnog talasa usled rušenja brana HE „Brodarevo 1” i „Brodarevo 2” na reci Lim
ENERGOPROJEKT HIDROINŽENJERING a.d.	ANEKS 2 - 10





Legenda

- 97.00

456.39

454.99
- POPREČNI PRESEK BR.
MAKSIMALNI NIVO VODE (mnm) – VAR 1.
MAKSIMALNI NIVO VODE (mnm) – TALAS Q T=1.000 god.
- 23.370 km

81.63 min

11.90 min
- STACIONAŽA (km)
VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 1” - VAR.1
VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 2” - VAR.1
- ZONA PLAVLJENJA – VAR 1.

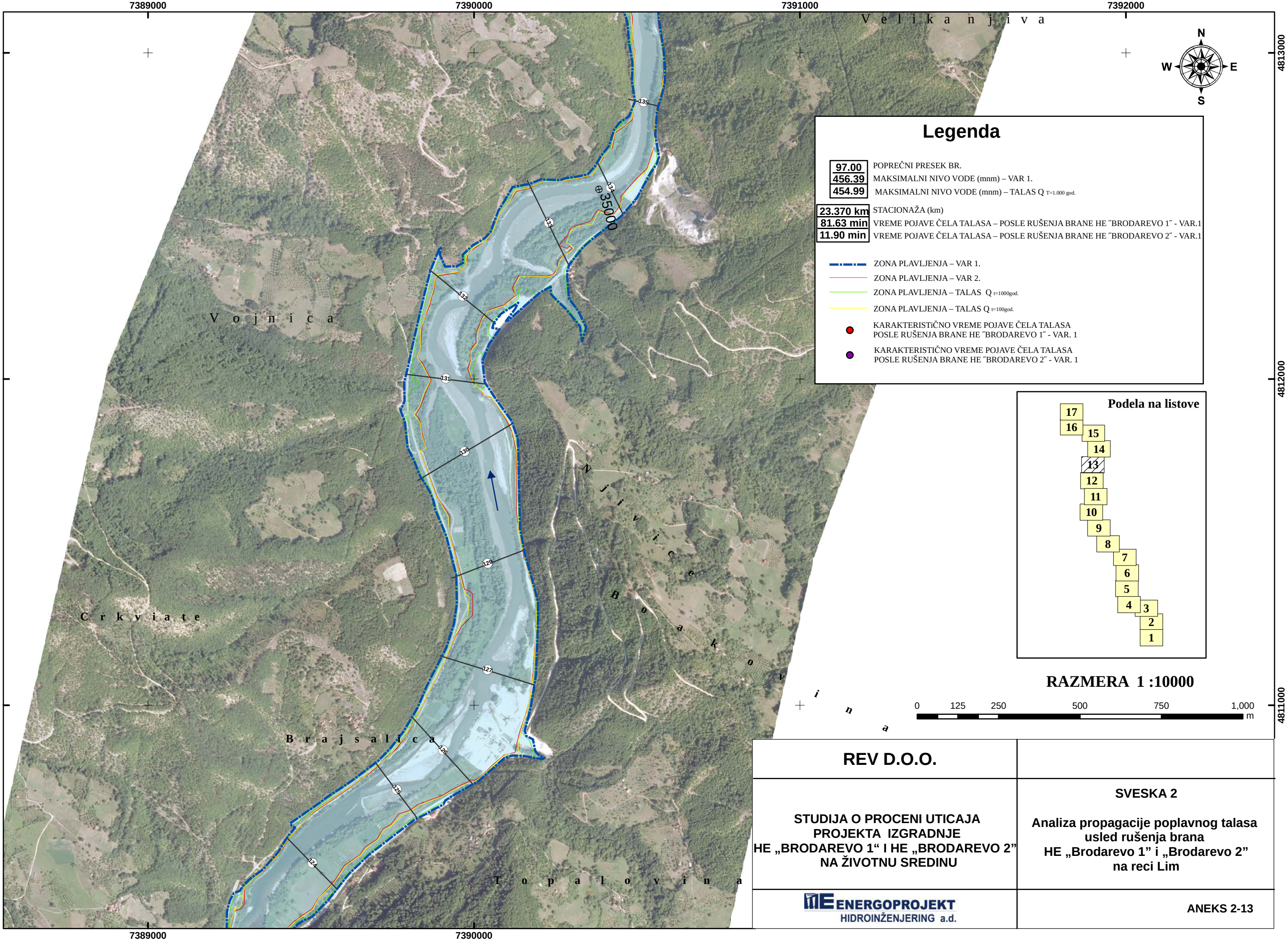
ZONA PLAVLJENJA – VAR 2.

ZONA PLAVLJENJA – TALAS Q T=1000god.

ZONA PLAVLJENJA – TALAS Q T=100god.

KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA
POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 1” - VAR. 1

KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA
POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 2” - VAR. 1
- Podela na listove
- RAZMERA 1 :10000
-
- | | |
|--|--|
| REV D.O.O. | |
| STUDIJA O PROCENI UTICAJA
PROJEKTA IZGRADNJE
HE „BRODAREVO 1“ I HE „BRODAREVO 2”
NA ŽIVOTNU SREDINU | SVESKA 2
Analiza propagacije poplavnog talasa
usled rušenja brana
HE „Brodarevo 1” i „Brodarevo 2”
na reci Lim |
| ENERGOPROJEKT
HIDROINŽENJERING a.d. | ANEKS 2 - 12 |



Legenda

97.00

456.39

454.99

POPREČNI PRESEK BR.
MAKSIMALNI NIVO VODE (mnm) – VAR 1.
MAKSIMALNI NIVO VODE (mnm) – TALAS Q_{T=1.000 god.}

23.370 km

81.63 min

11.90 min

STACIONAŽA (km)
VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 1” - VAR.1
VREME POJAVE ČELA TALASA – POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 2” - VAR.1

— — — — —

— — — — —

— — — — —

— — — — —

ZONA PAVLJENJA – VAR 1.
ZONA PAVLJENJA – VAR 2.
ZONA PAVLJENJA – TALAS Q_{t=1000god.}
ZONA PAVLJENJA – TALAS Q_{t=100god.}

KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA
POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 1” - VAR. 1

KARAKTERISTIČNO VREME POJAVE ČELA TALASA
POSLE RUŠENJA BRANE HE “BRODAREVO 2” - VAR. 1

Podela na listove

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

RAZMERA 1 :10000

0

125

250

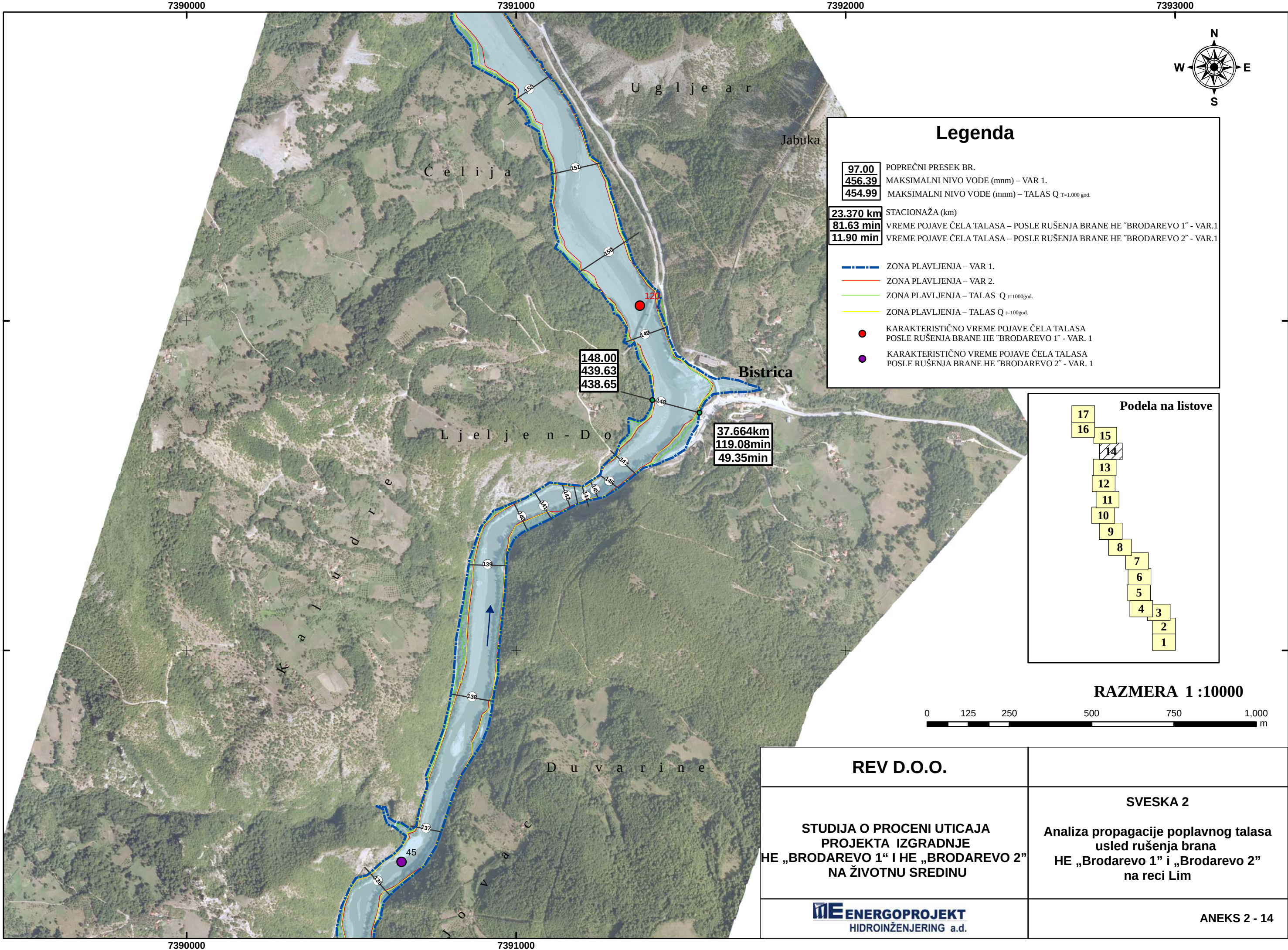
500

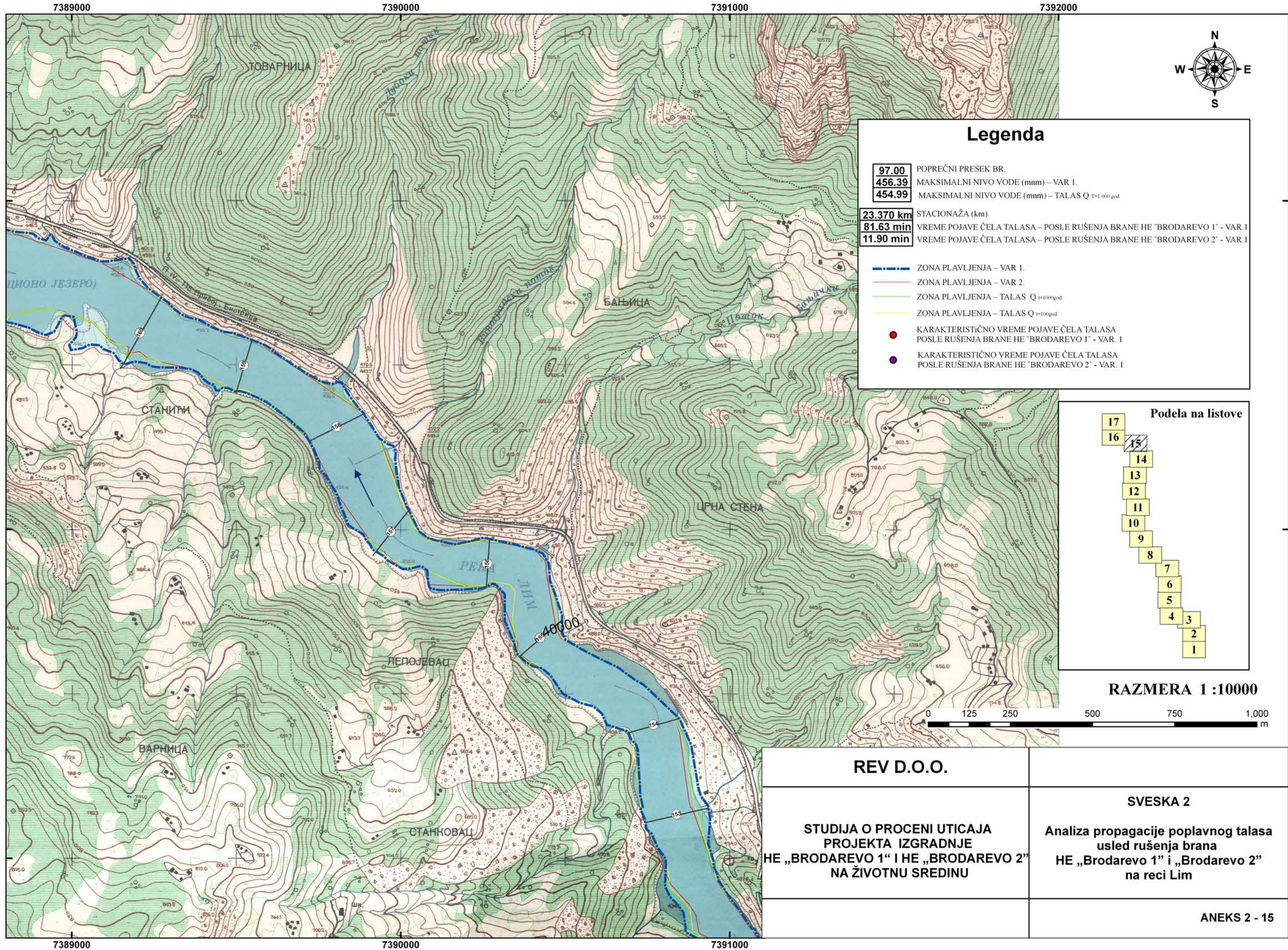
750

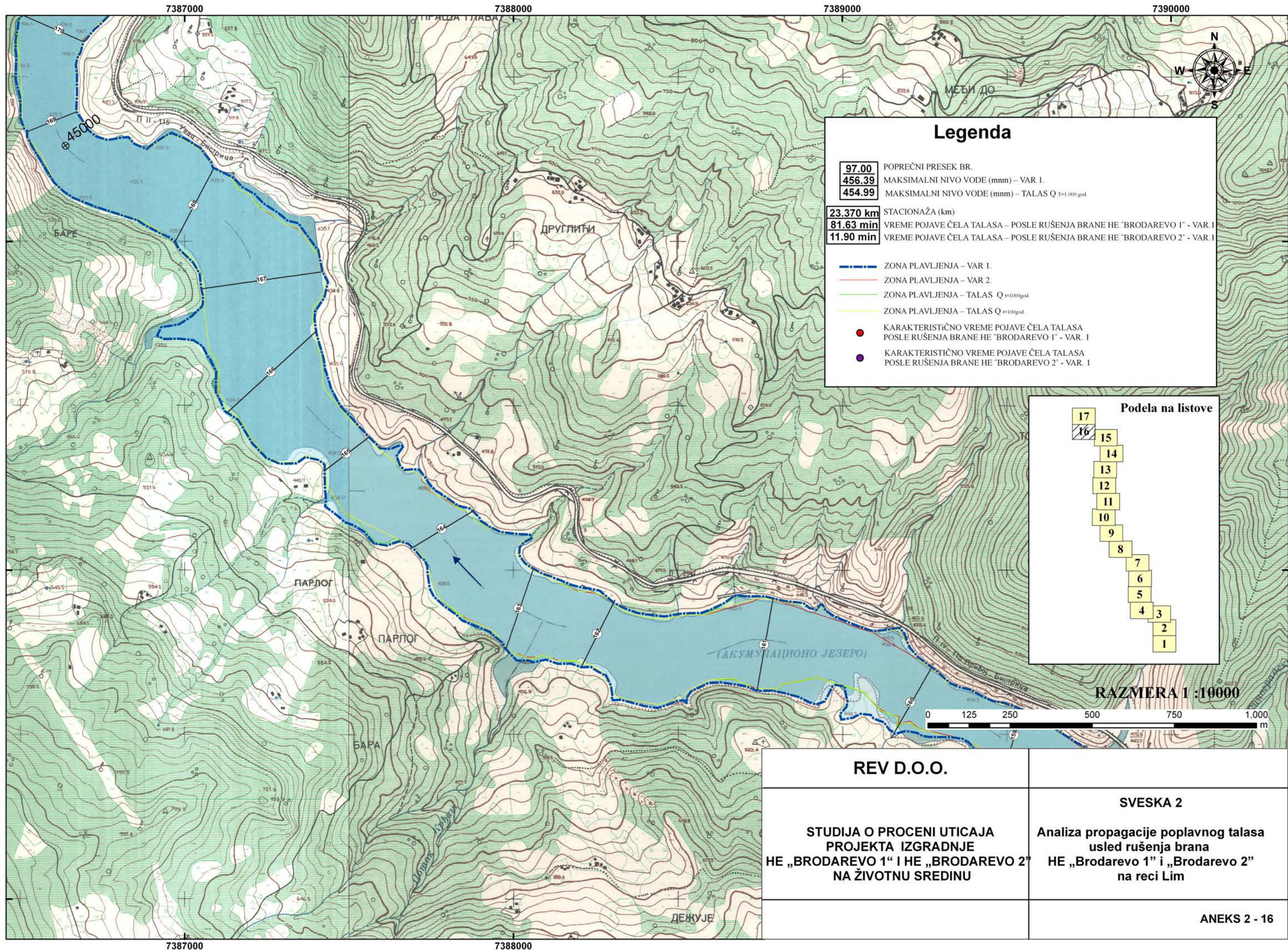
1,000

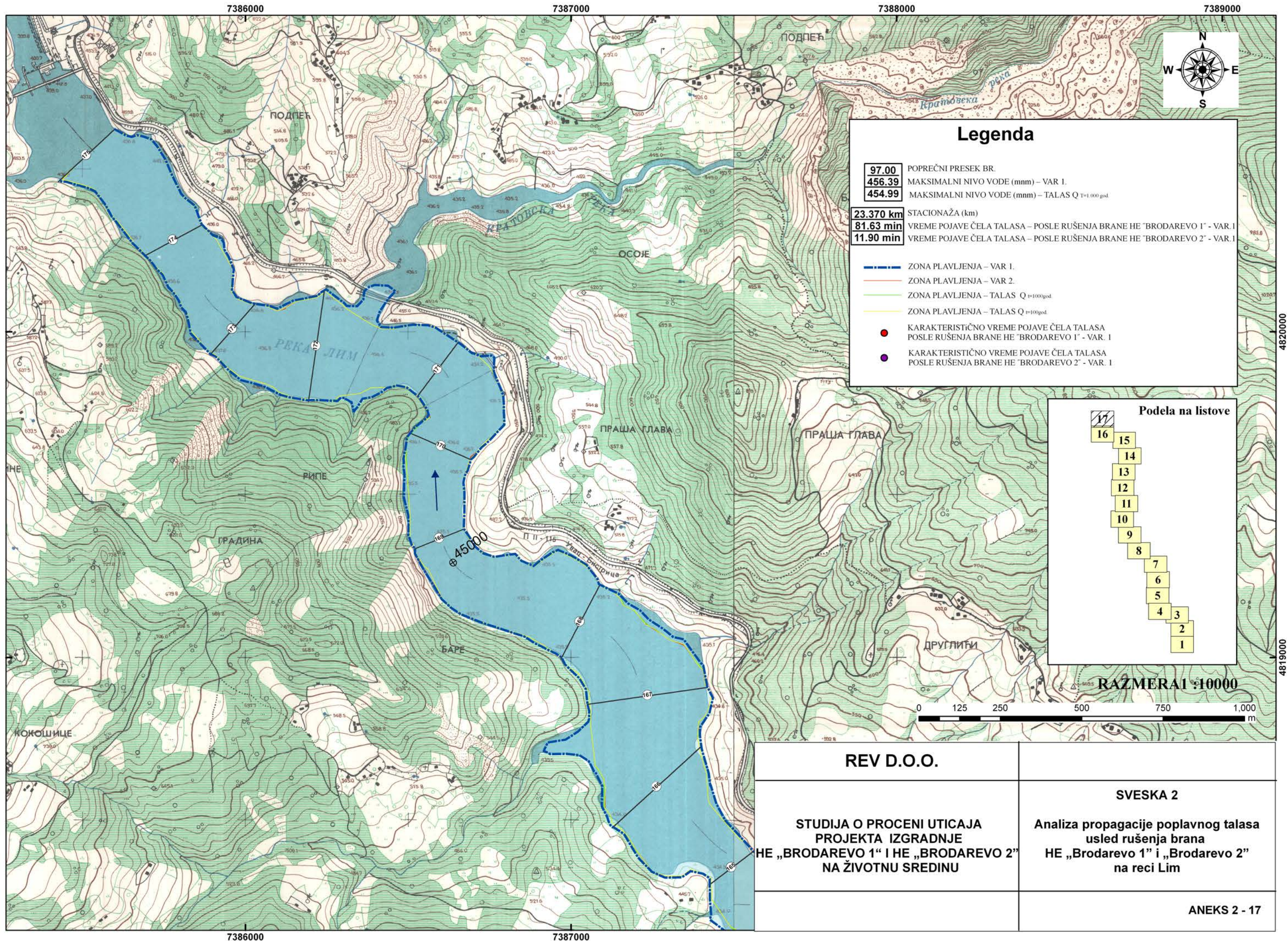
m

REV D.O.O.	
STUDIJA O PROCENI UTICAJA PROJEKTA IZGRADNJE HE „BRODAREVO 1“ I HE „BRODAREVO 2” NA ŽIVOTNU SREDINU	SVESKA 2 Analiza propagacije poplavnog talasa usled rušenja brana HE „Brodarevo 1” i „Brodarevo 2” na reci Lim
	ANEKS 2-13

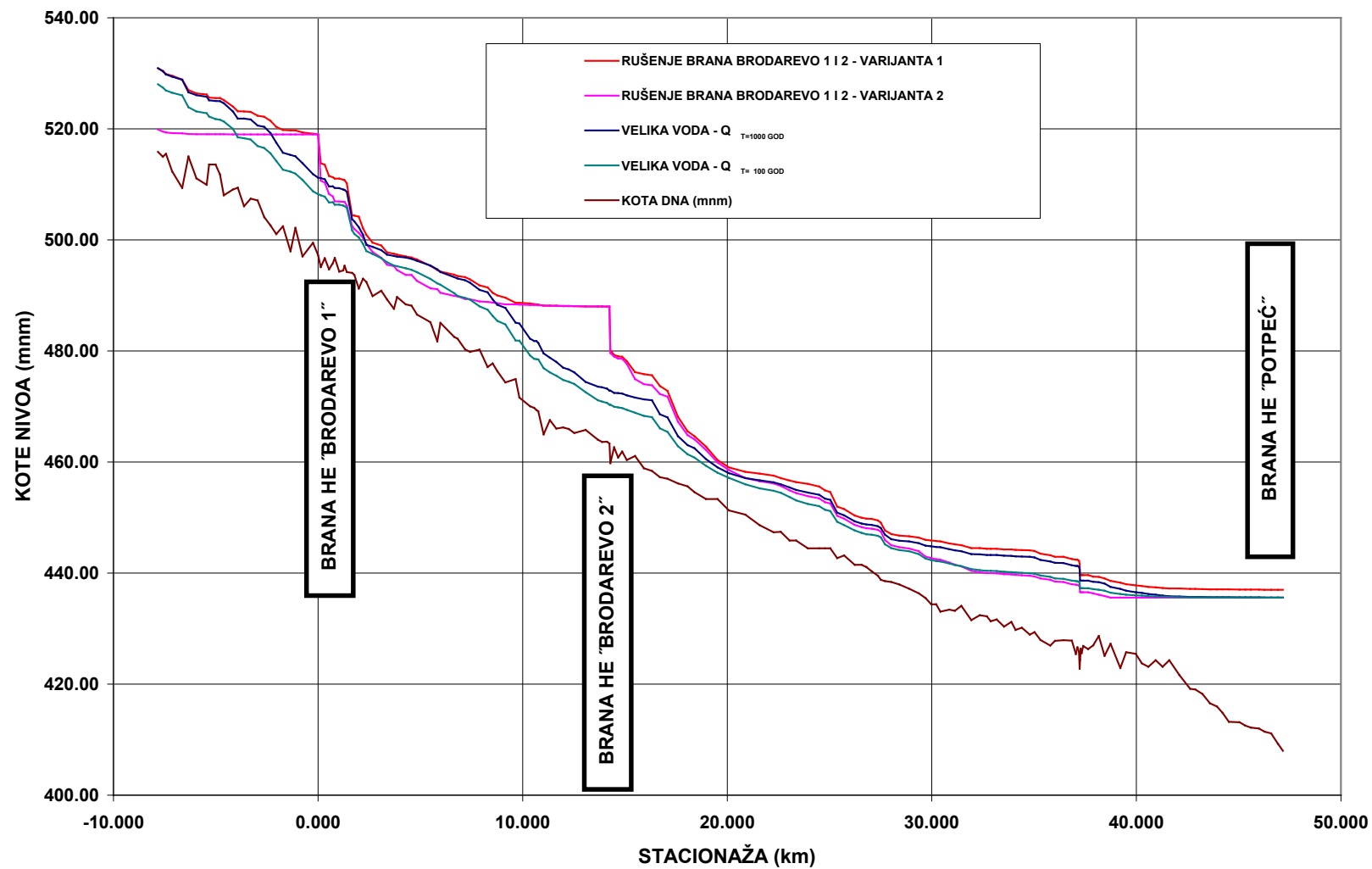






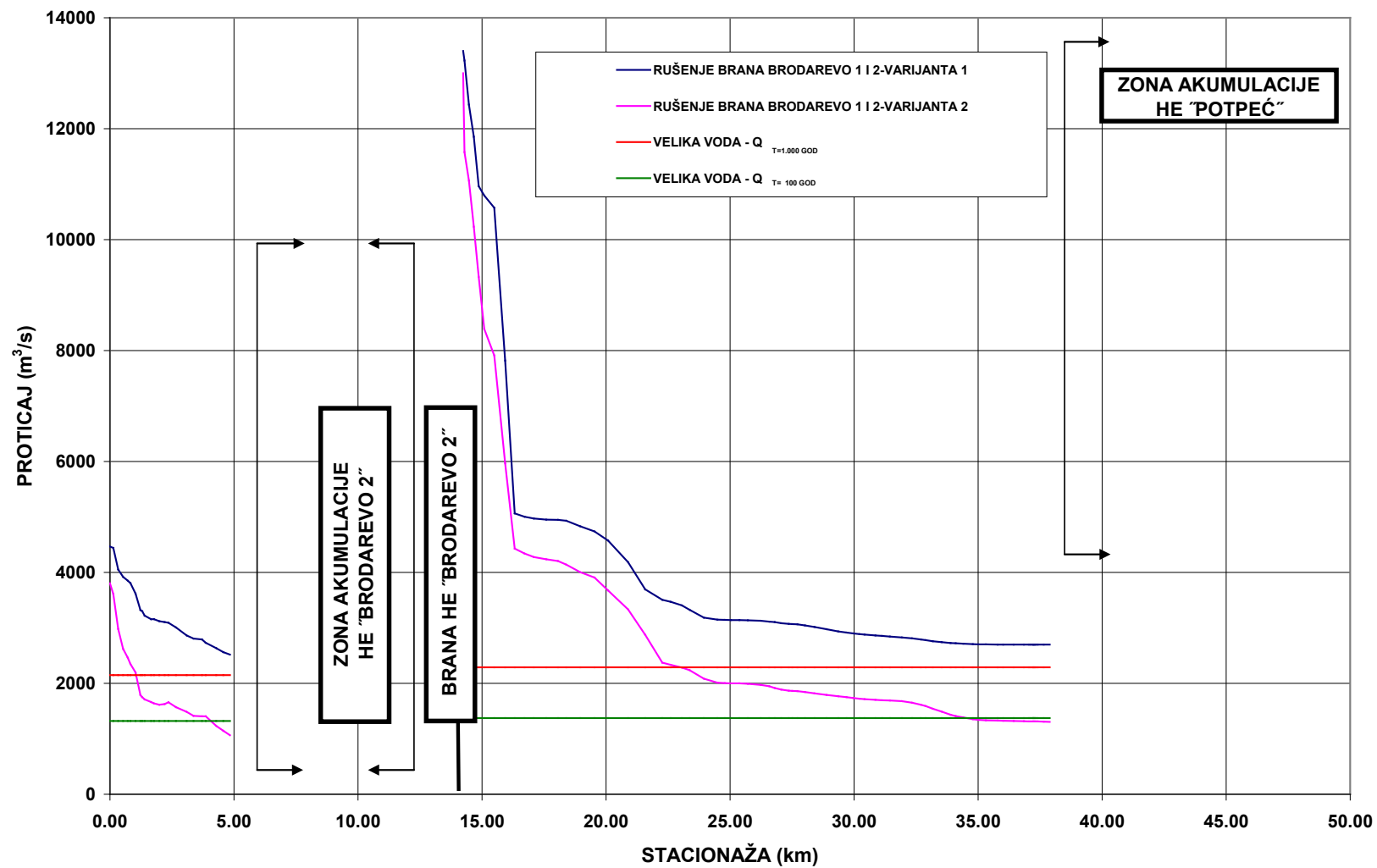


ANVELOPE MAKSYMALNIH NIVOA



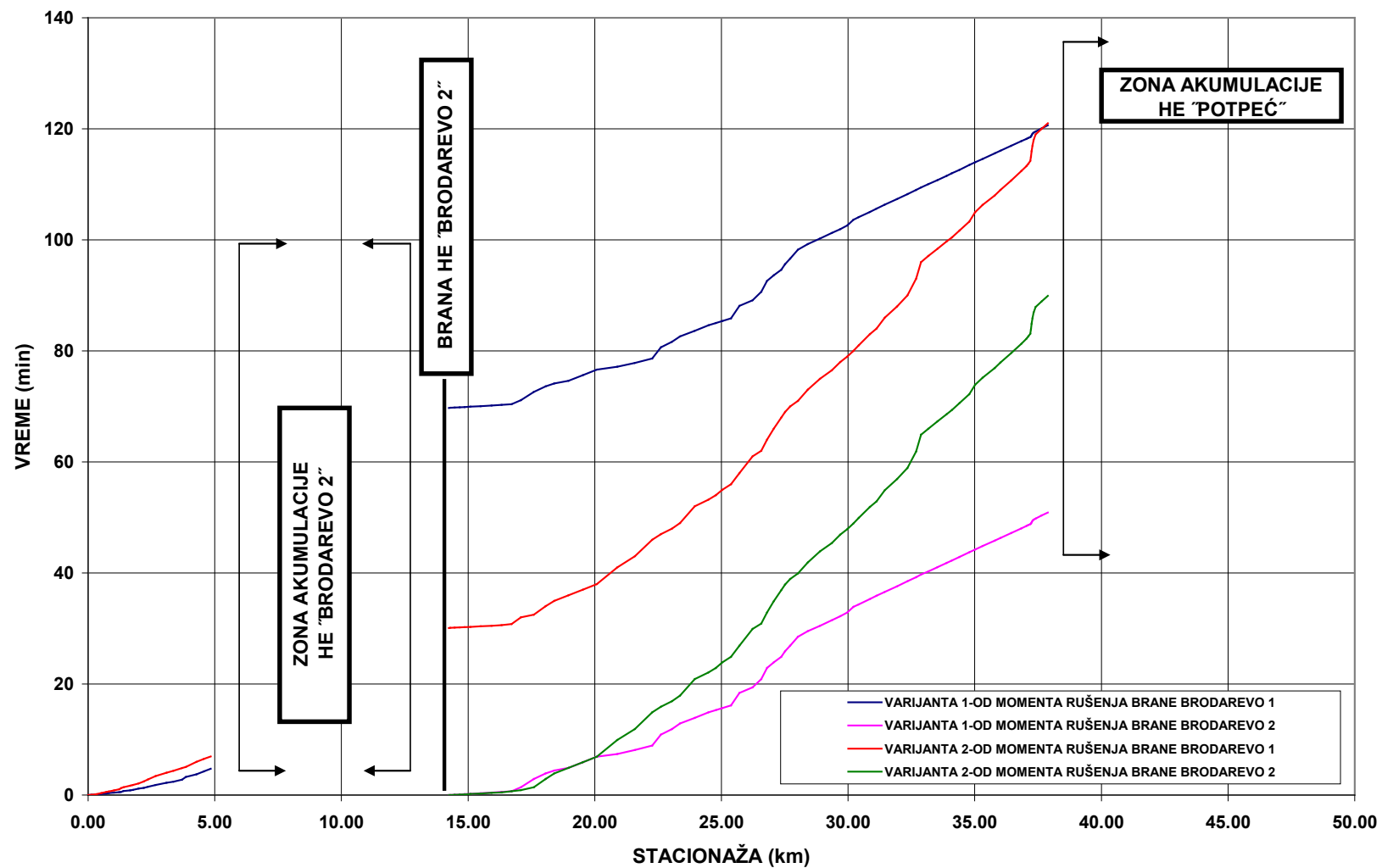
PRILOG 3.

ANVELOPE MAKSYMALNIH PROTICAJA



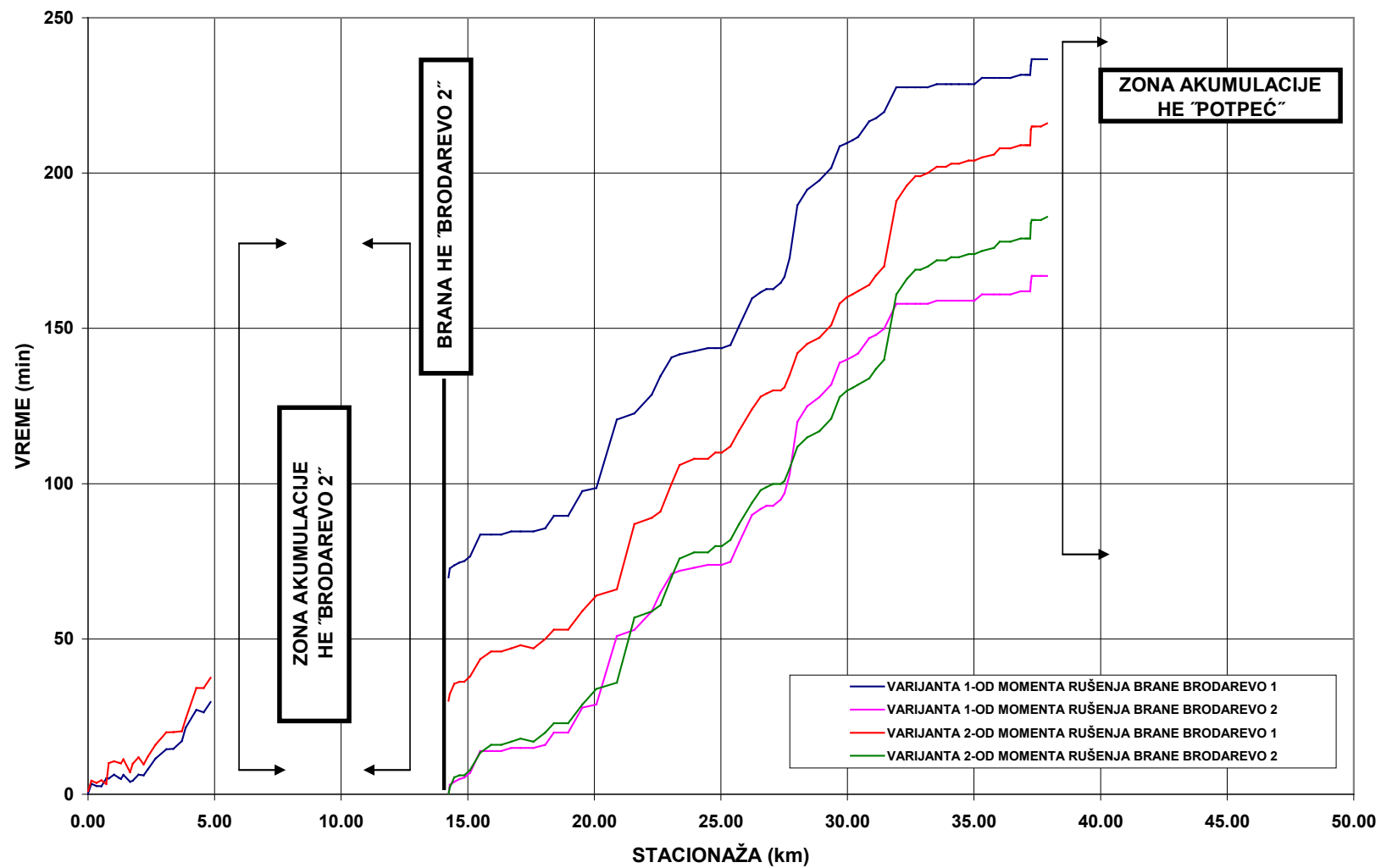
PRILOG 4.

VREMENA POJAVE ČELA TALASA



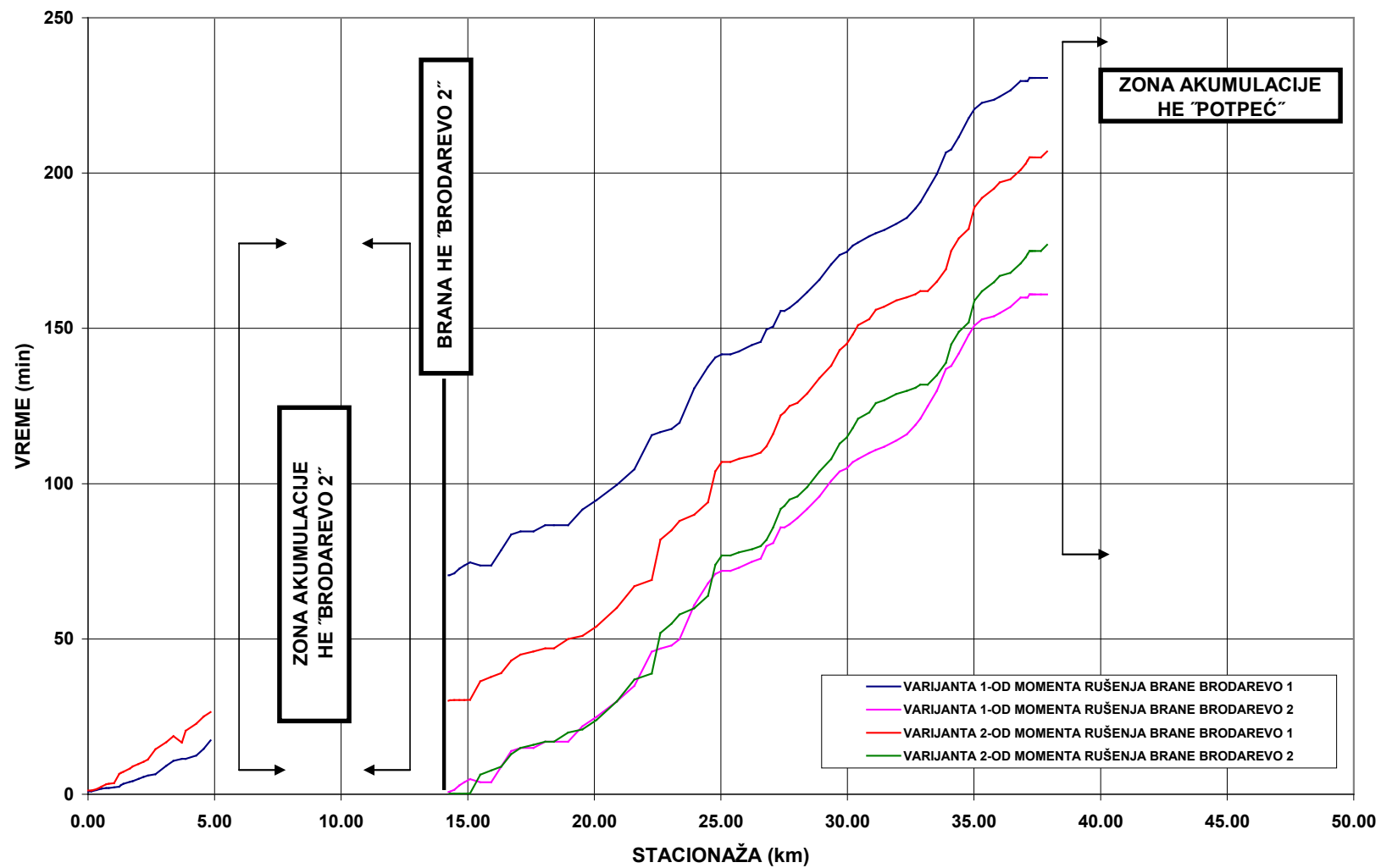
PRILOG 5.

VREMENA POJAVE MAKSIMALNIH NIVOAA



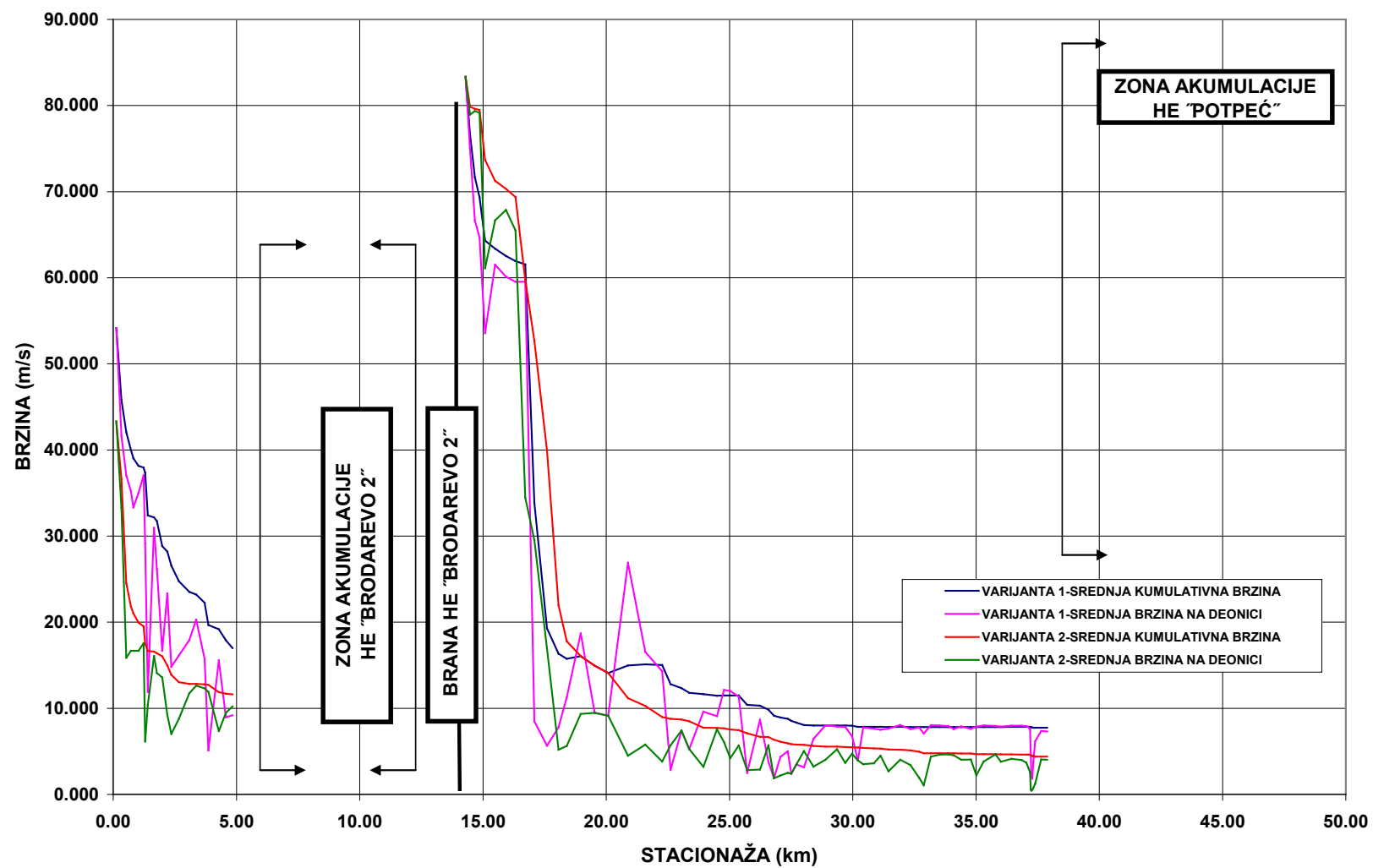
PRILOG 6.

VREMENA POJAVE MAKSIMALNIH PROTICAJA



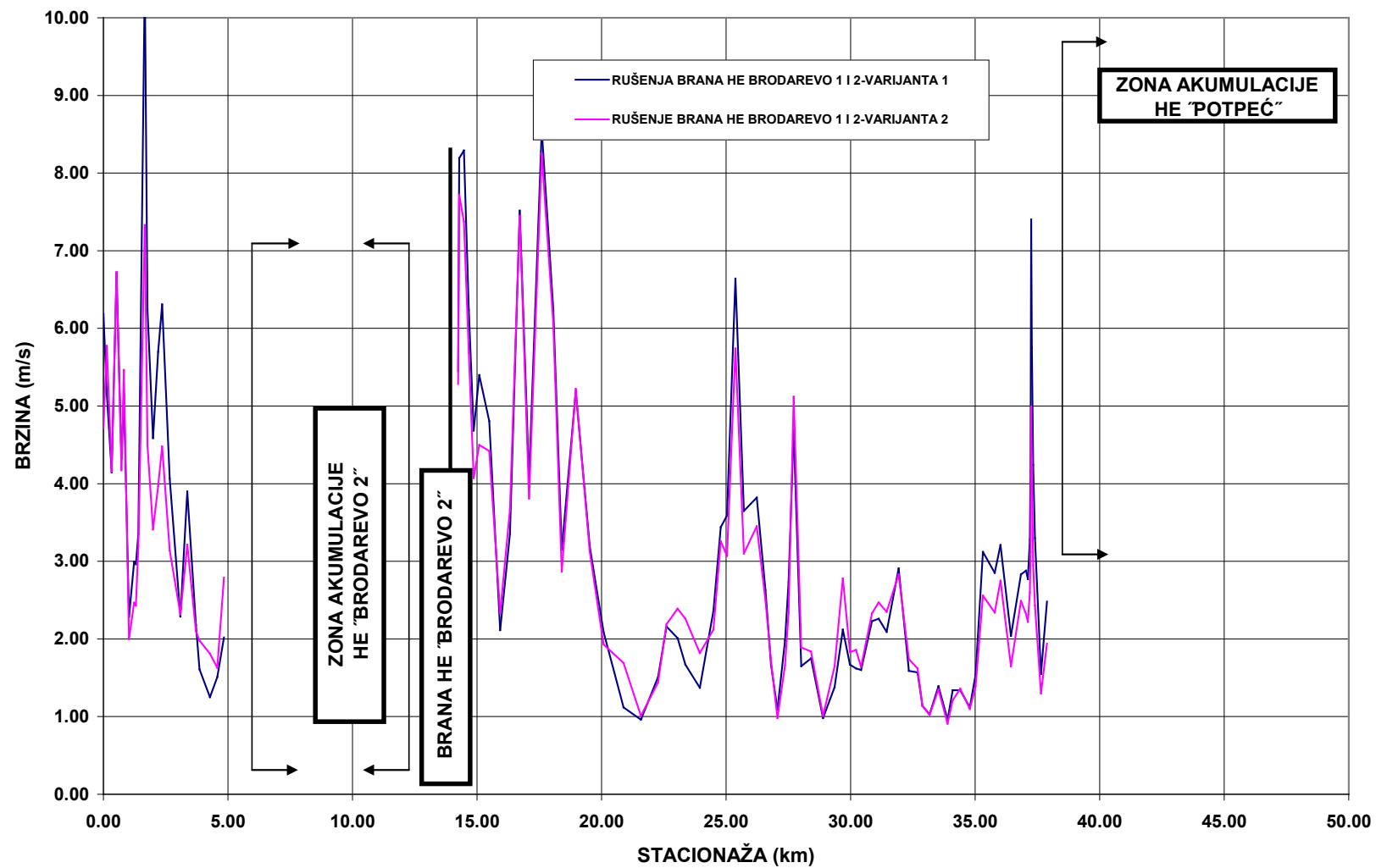
PRILOG 7.

BRZINA PROPAGACIJE ČELA TALASA



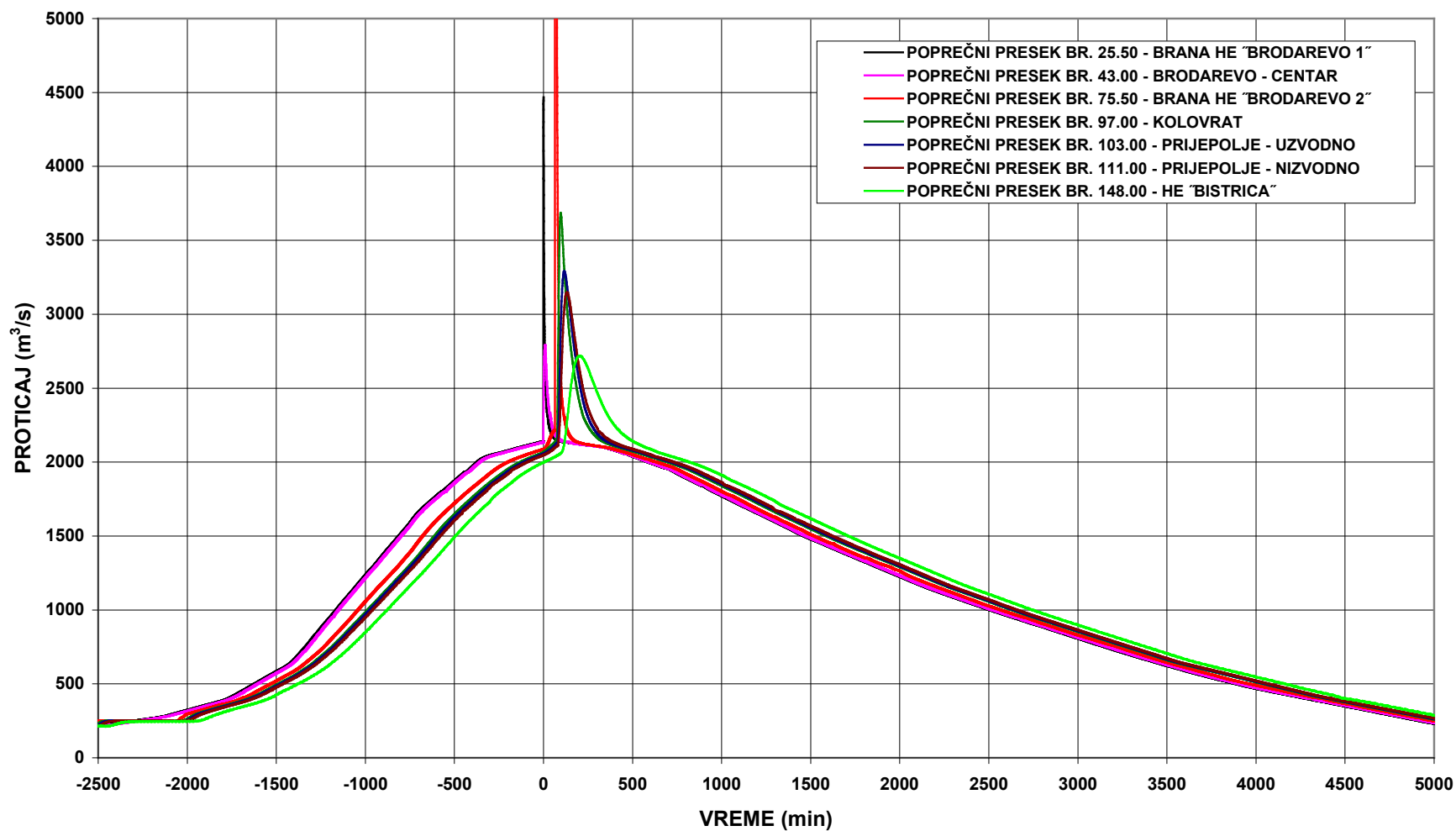
PRILOG 8.

SREDNJE MAKSIMALNE BRZINE U POPREČNIM PRESECIMA



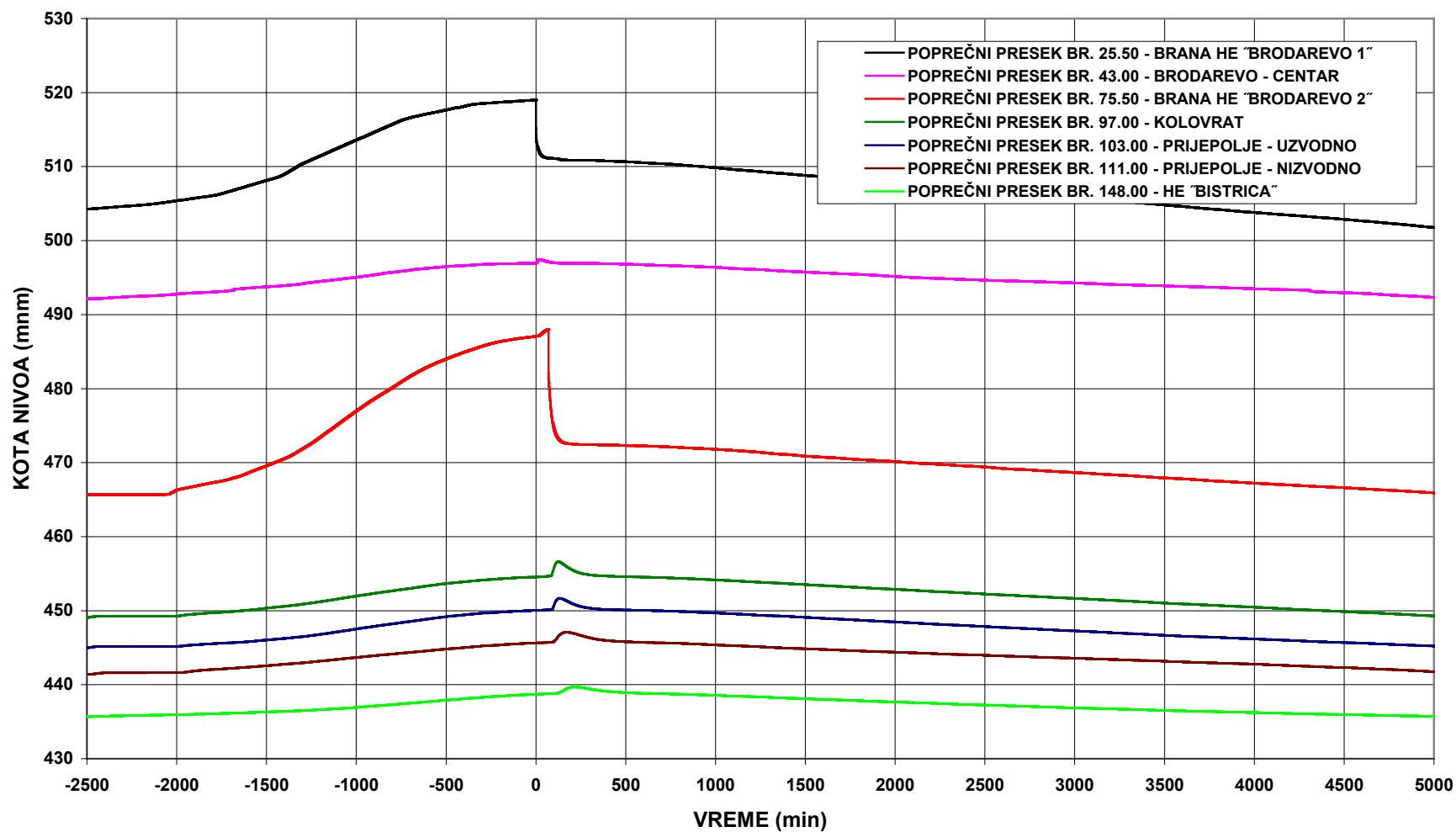
PRILOG 9.

HIDROGRAMI U KARAKTERISTIČNIM POPREČNIM PRESECIMA - VARIJANTA 1



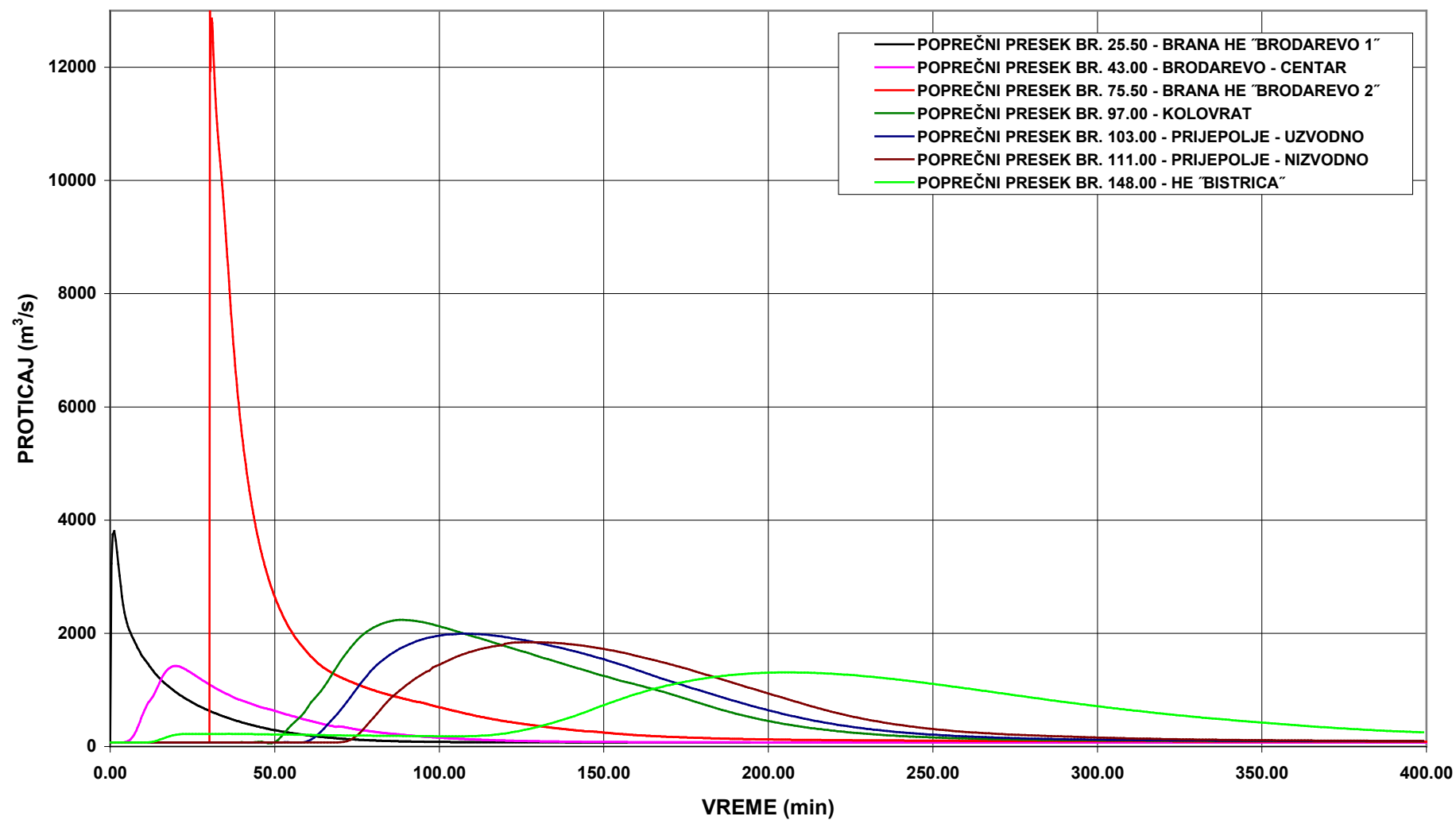
PRILOG 10.

NIVOGRAMI U KARAKTERISTIČNIM POPREČNIM PRESECIMA - VARIJANTA 1



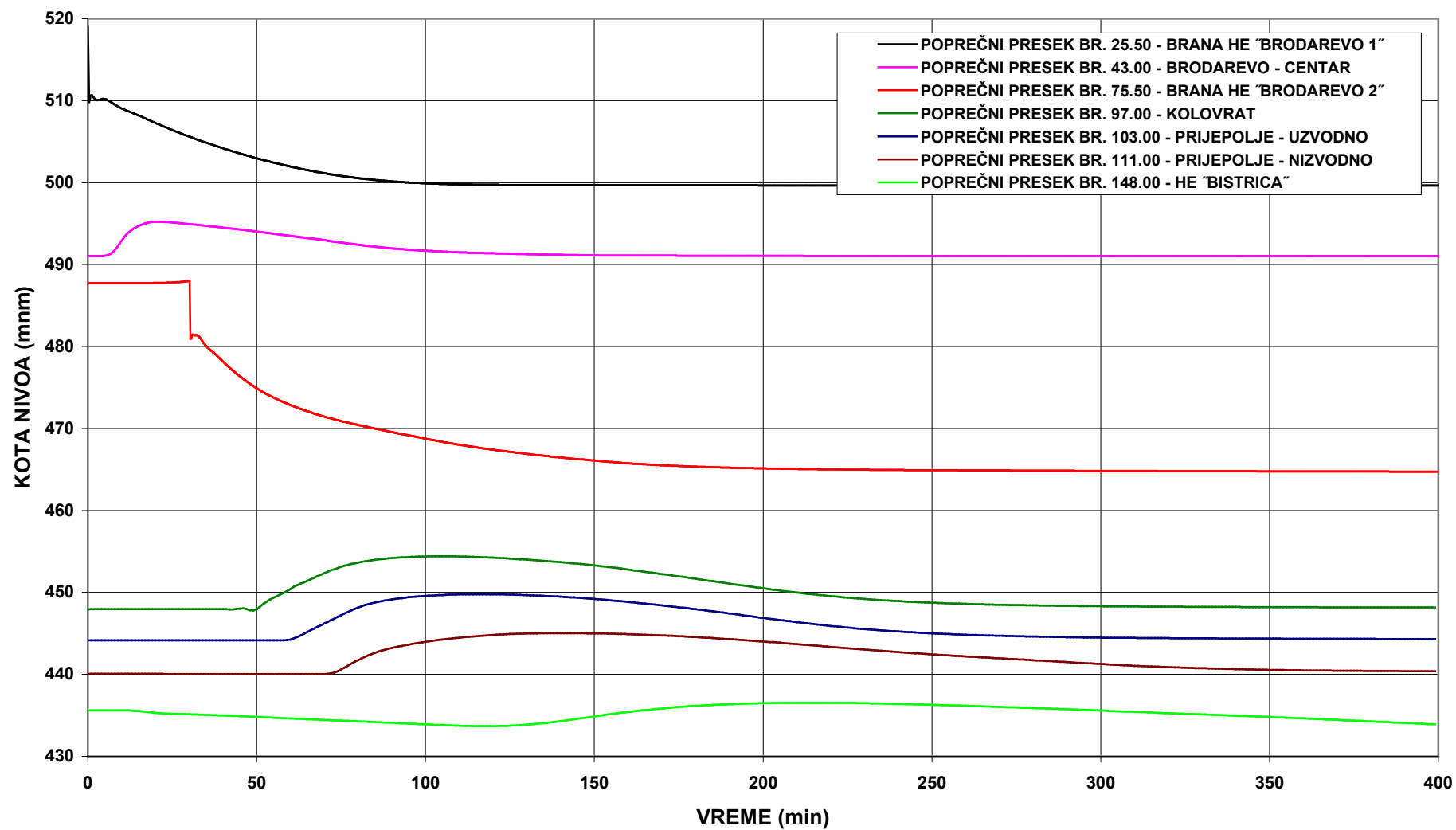
PRILOG 11.

HIDROGRAMI U KARAKTERISTIČNIM POPREČNIM PRESECIMA - VARIJANTA 2



PRILOG 12.

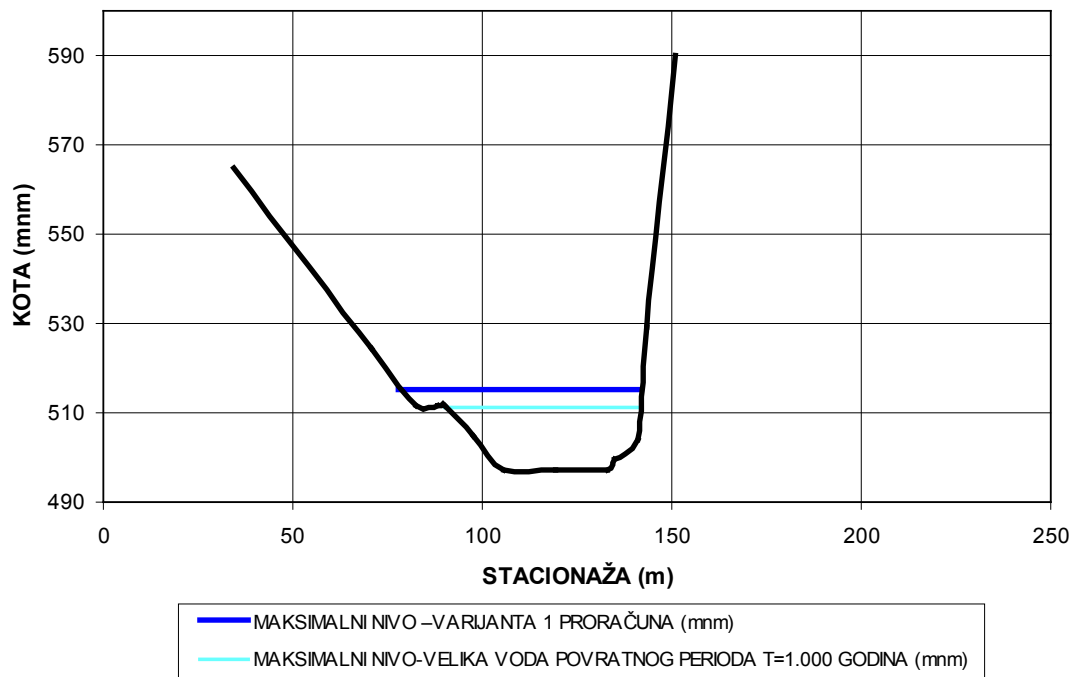
NIVOGRAMI U KARAKTERISTIČNIM POPREČNIM PRESECIMA - VARIJANTA 2



PRILOG 13.

KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESECI SA REZULTATIMA PRORAČUNA

POP PRESEK BR. 25.50-BRANA HE "BRODAREVO 1"

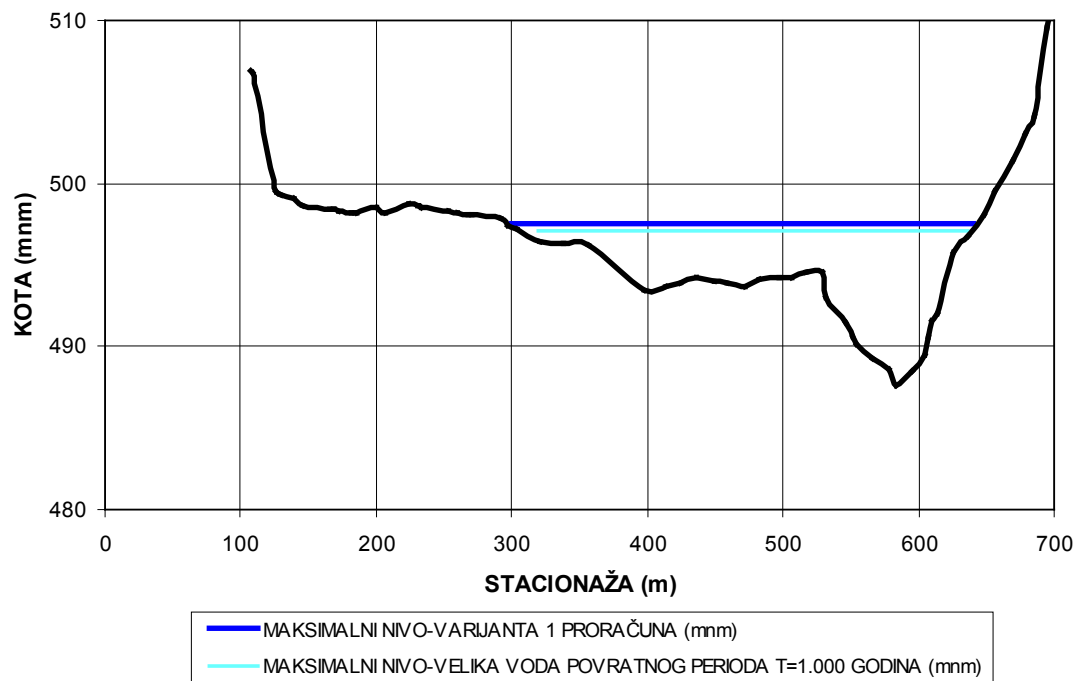


STACIONAŽA (km)	0+000
VREME POJAVE ČELA TALASA PO RUŠENJU BRANA HE "BRODAREVO 1"/ HE "BRODAREVO 1" (min)	0,00/
VREME POJAVE MAKSIMALNOG PROTICAJA (min)	0,85/ ...
VREME POJAVE MAKSIMALNOG NIVOVA (min)	0,22/ ...
MAKSIMALNI PROTICAJ (m^3/s)	4.467
MAKSIMALNI NIVO –VARIJANTA 1 PRORAČUNA (mm)	519,00/515,22
MAKSIMALNI NIVO-VELIKA VODA POVRATNOG PERIODA T=1.000 GODINA (mm)	511,22
BRZINA ČELA TALASA-KUMULATIVNA SREDNJA (m/s)	
BRZINA ČELA TALASA-NA DEONICI (m/s)	
MAKSIMALNA SREDNJA BRZINA-VARIJANTA 1 (m/s)	6,19

PRILOG 14.

KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESECI SA REZULTATIMA PRORAČUNA

POP PRESEK BR. 43.00-BRODAREVO

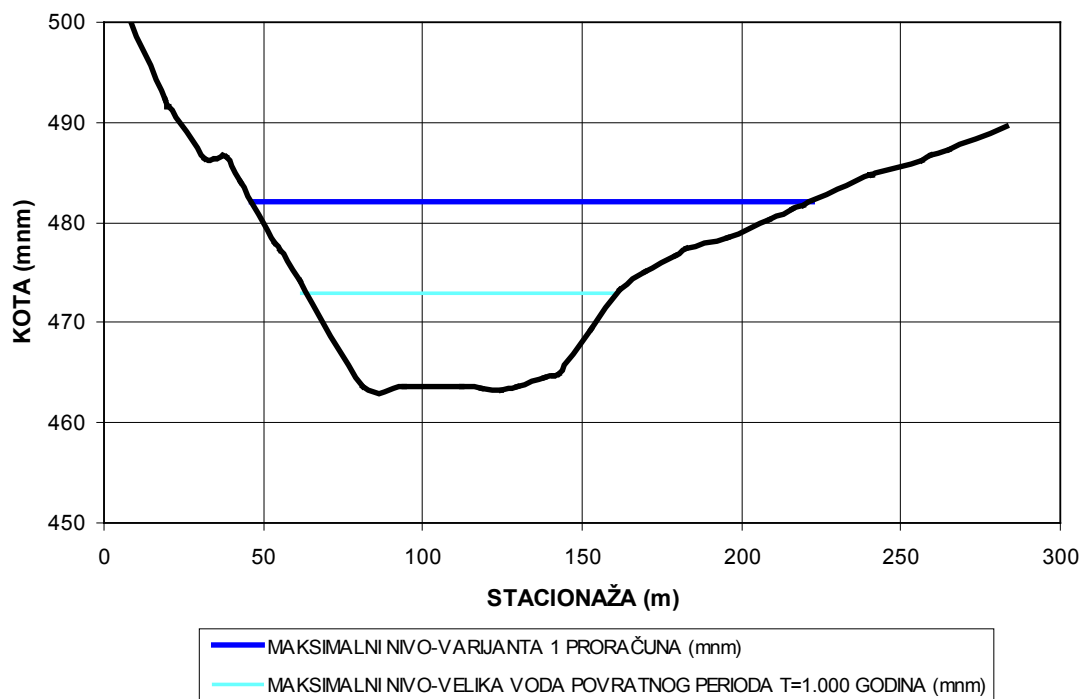


STACIONAŽA (km)	3+710
VREME POJAVE ČELA TALASA PO RUŠENJU BRANA HE "BRODAREVO 1"/ HE "BRODAREVO 1" (min)	2,78/
VREME POJAVE MAKSIMALNOG PROTICAJA (min)	11,42/ ...
VREME POJAVE MAKSIMALNOG NIVO (min)	17,12/ ...
MAKSIMALNI PROTICAJ (m ³ /s)	2.790
MAKSIMALNI NIVO –VARIJANTA 1 PRORAČUNA (mnm)	497,49
MAKSIMALNI NIVO-VELIKA VODA POVRATNOG PERIODA T=1.000 GODINA (mnm)	497,09
BRZINA ČELA TALASA-KUMULATIVNA SREDNJA (m/s)	22,24
BRZINA ČELA TALASA-NA DEONICI (m/s)	15,74
MAKSIMALNA SREDNJA BRZINA-VARIJANTA 1 (m/s)	2,15

PRILOG 15.

KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESECI SA REZULTATIMA PRORAČUNA

POP PRESEK BR. 75.50-BRANA HE "BRODAREVO 2"

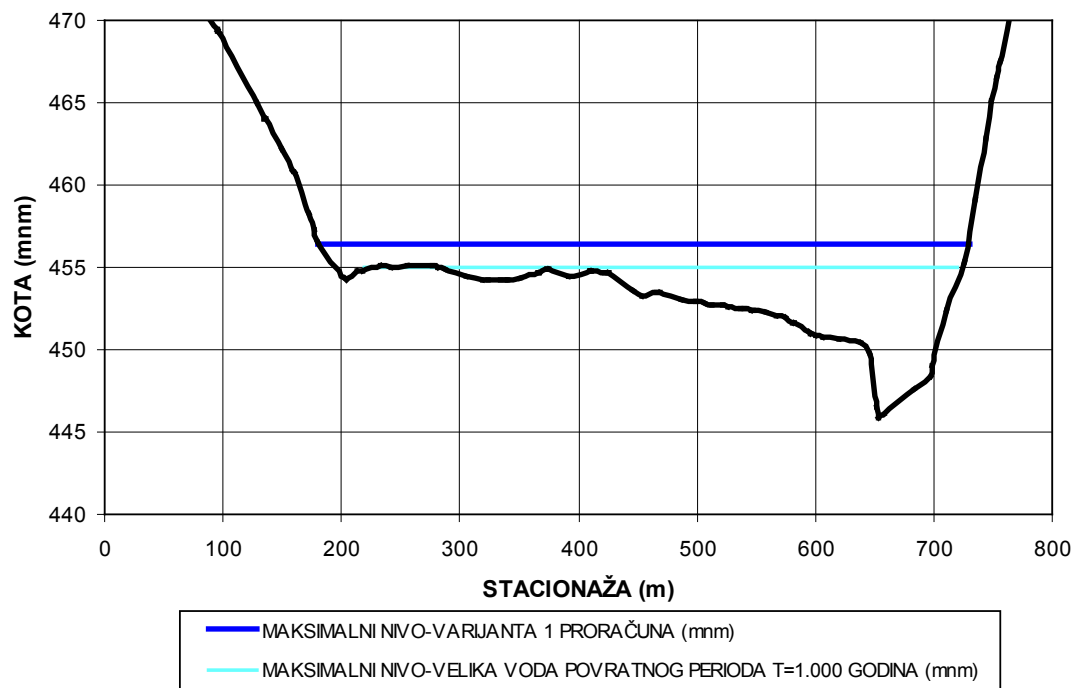


STACIONAŽA (km)	14+240
VREME POJAVE ČELA TALASA PO RUŠENJU BRANA HE "BRODAREVO 1"/ HE "BRODAREVO 1" (min)	69,73/0,00
VREME POJAVE MAKSIMALNOG PROTICAJA (min)	70,47/0,74
VREME POJAVE MAKSIMALNOG NIVOVA (min)	69,83/0,10
MAKSIMALNI PROTICAJ (m^3/s)	13.401
MAKSIMALNI NIVO –VARIJANTA 1 PRORAČUNA (mnm)	488,00/482,10
MAKSIMALNI NIVO-VELIKA VODA POVRATNOG PERIODA T=1.000 GODINA (mnm)	472,85
BRZINA ČELA TALASA-KUMULATIVNA SREDNJA (m/s)	
BRZINA ČELA TALASA-NA DEONICI (m/s)	
MAKSIMALNA SREDNJA BRZINA-VARIJANTA 1 (m/s)	5,45

PRILOG 16.

KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESECI SA REZULTATIMA PRORAČUNA

POP PRESEK BR. 97.00-KOLOVRAT

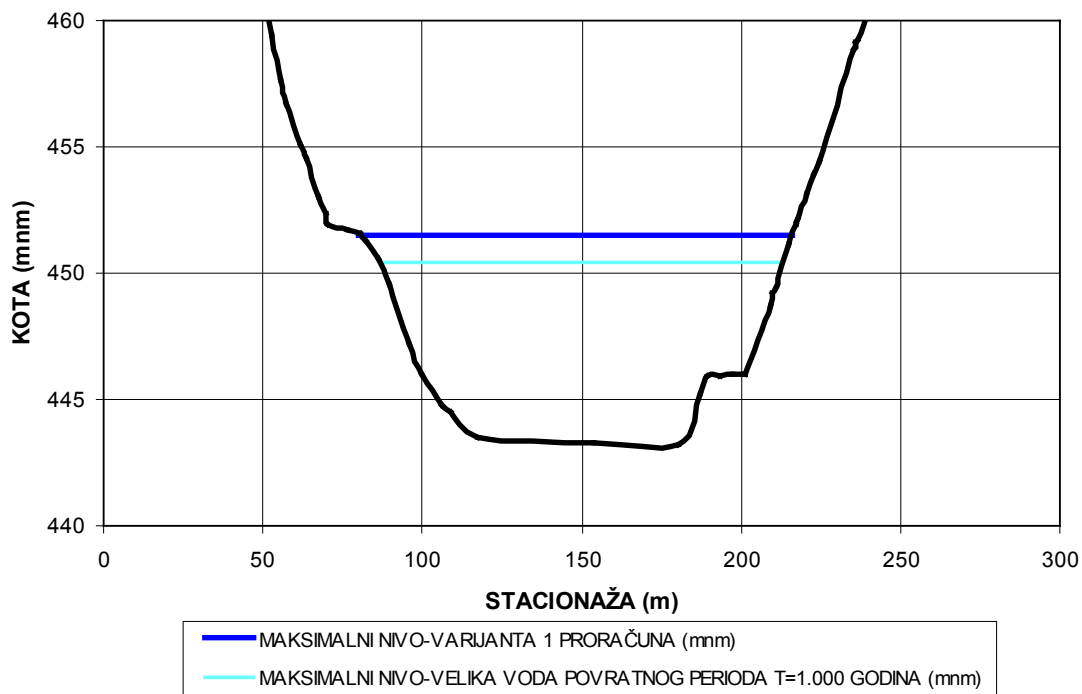


STACIONAŽA (km)	23+370
VREME POJAVE ČELA TALASA PO RUŠENJU BRANA HE "BRODAREVO 1"/ HE "BRODAREVO 1" (min)	82,63/12,90
VREME POJAVE MAKSIMALNOG PROTICAJA (min)	119,60/49,87
VREME POJAVE MAKSIMALNOG NIVOVA (min)	141,63/71,90
MAKSIMALNI PROTICAJ (m^3/s)	3.325
MAKSIMALNI NIVO –VARIJANTA 1 PRORAČUNA (mm)	456,39
MAKSIMALNI NIVO-VELIKA VODA POVRATNOG PERIODA T=1.000 GODINA (mm)	454,99
BRZINA ČELA TALASA-KUMULATIVNA SREDNJA (m/s)	11,80
BRZINA ČELA TALASA-NA DEONICI (m/s)	5,27
MAKSIMALNA SREDNJA BRZINA-VARIJANTA 1 (m/s)	1,67

PRILOG 17.

KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESECI SA REZULTATIMA PRORAČUNA

POP PRESEK BR. 103.00-PRIJEPOLJE UZVODNO

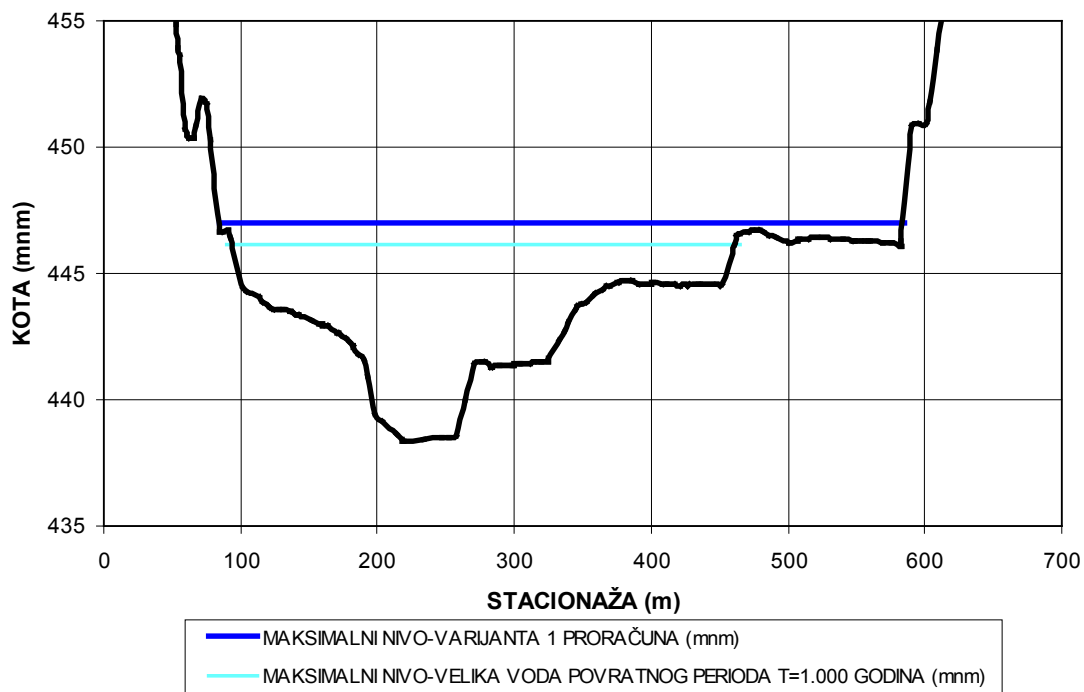


STACIONAŽA (km)	25+714
VREME POJAVE ČELA TALASA PO RUŠENJU BRANA HE "BRODAREVO 1"/ HE "BRODAREVO 1" (min)	88,13/18,40
VREME POJAVE MAKSIMALNOG PROTICAJA (min)	142,55/72,82
VREME POJAVE MAKSIMALNOG NIVOVA (min)	150,63/80,90
MAKSIMALNI PROTICAJ (m^3/s)	3.138
MAKSIMALNI NIVO –VARIJANTA 1 PRORAČUNA (mnm)	451,52
MAKSIMALNI NIVO-VELIKA VODA POVRATNOG PERIODA T=1.000 GODINA (mnm)	450,42
BRZINA ČELA TALASA-KUMULATIVNA SREDNJA (m/s)	10,39
BRZINA ČELA TALASA-NA DEONICI (m/s)	2,51
MAKSIMALNA SREDNJA BRZINA-VARIJANTA 1 (m/s)	3,65

PRILOG 18.

KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESECI SA REZULTATIMA PRORAČUNA

POP PRESEK BR. 111.00-PRIJEPOLJE NIZVODNO

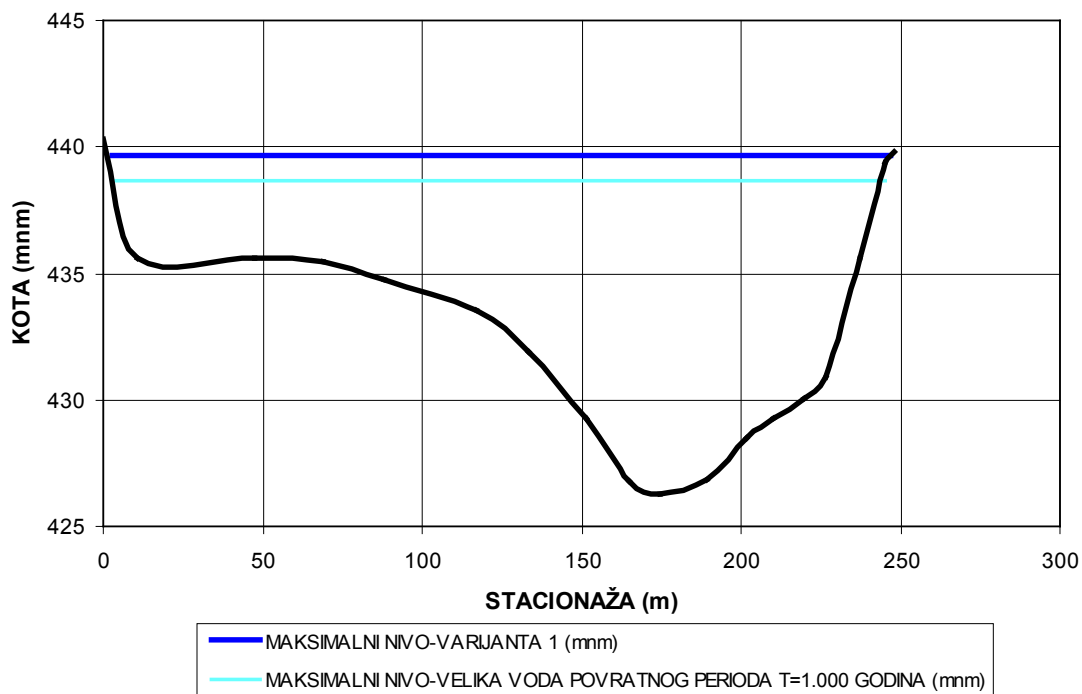


STACIONAŽA (km)	28+019
VREME POJAVE ČELA TALASA PO RUŠENJU BRANA HE "BRODAREVO 1"/ HE "BRODAREVO 1" (min)	98,23/25,50
VREME POJAVE MAKSIMALNOG PROTICAJA (min)	148,70/88,97
VREME POJAVE MAKSIMALNOG NIVOVA (min)	189,63/119,90
MAKSIMALNI PROTICAJ (m^3/s)	3.046
MAKSIMALNI NIVO –VARIJANTA 1 PRORAČUNA (mnm)	447,02
MAKSIMALNI NIVO-VELIKA VODA POVRATNOG PERIODA T=1.000 GODINA (mnm)	446,12
BRZINA ČELA TALASA-KUMULATIVNA SREDNJA (m/s)	8,06
BRZINA ČELA TALASA-NA DEONICI (m/s)	3,15
MAKSIMALNA SREDNJA BRZINA-VARIJANTA 1 (m/s)	1,65

PRILOG 19.

KARAKTERISTIČNI POPREČNI PRESECI SA REZULTATIMA PRORAČUNA

POP PRESEK BR. 148.00-HE "BISTRICA"



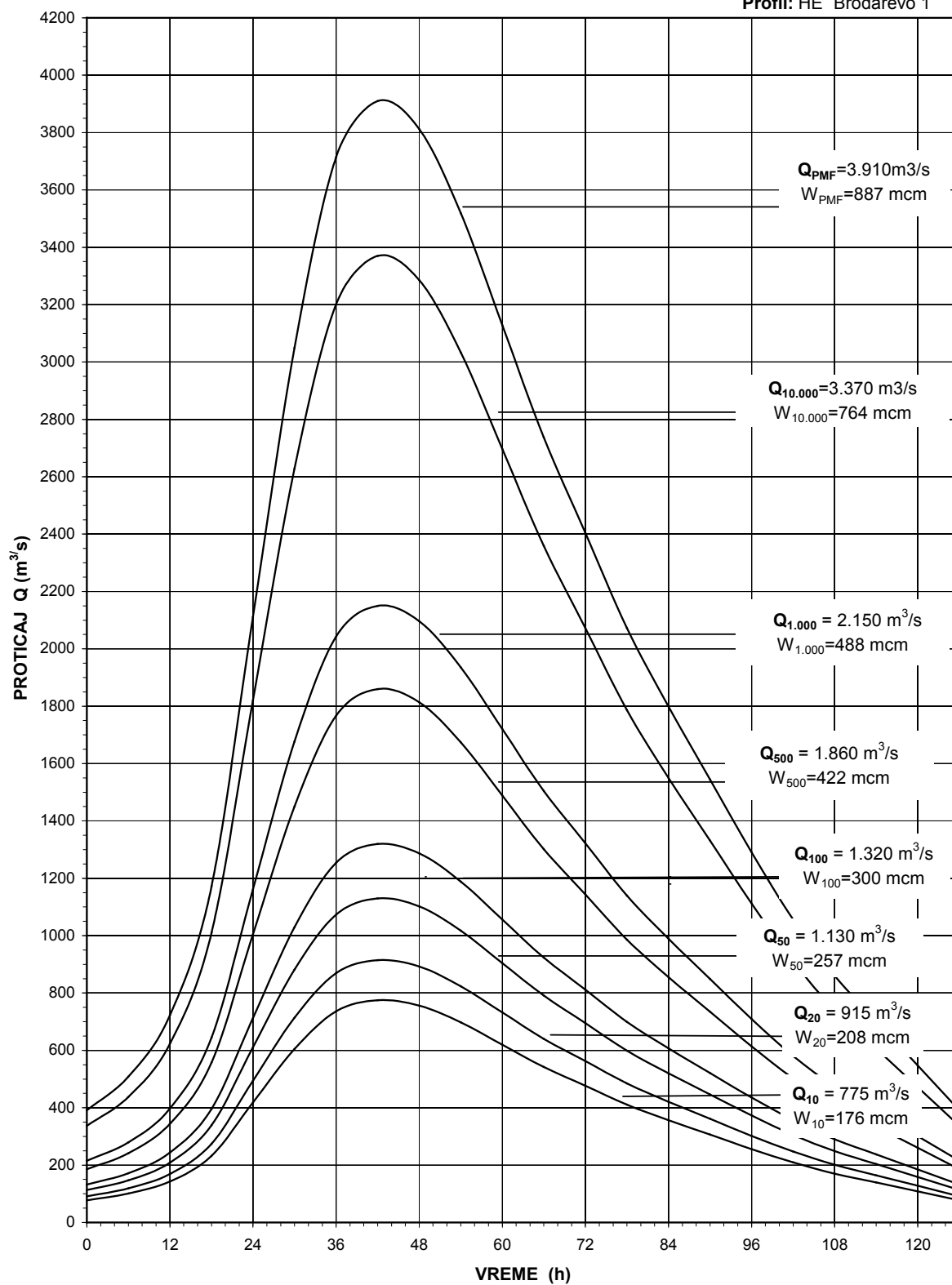
STACIONAŽA (km)	37+644
VREME POJAVE ČELA TALASA PO RUŠENJU BRANA HE "BRODAREVO 1"/ HE "BRODAREVO 1" (min)	120,08/50,35
VREME POJAVE MAKSIMALNOG PROTICAJA (min)	230,63/160,90
VREME POJAVE MAKSIMALNOG NIVOVA (min)	236,63/166,90
MAKSIMALNI PROTICAJ (m^3/s)	2.698
MAKSIMALNI NIVO –VARIJANTA 1 PRORAČUNA (mm)	439,63
MAKSIMALNI NIVO-VELIKA VODA POVRATNOG PERIODA T=1.000 GODINA (mm)	438,65
BRZINA ČELA TALASA-KUMULATIVNA SREDNJA (m/s)	7,75
BRZINA ČELA TALASA-NA DEONICI (m/s)	7,36
MAKSIMALNA SREDNJA BRZINA-VARIJANTA 1 (m/s)	1,55

PRILOG 20.

HIDROGRAMI VELIKIH VODA

Reka: Lim

Profil: HE "Brodarevo 1"



PRILOG 21.

REZULTATI PRORAČUNA NA ANALIZIRANOJ DEONICI REKE LIM

LEGENDA :

STAC - STACIONAŽA

POPREČNI PRESEK - IDENTIFIKACIJA POPREČNIH PRESEKA

KOTA DNA - MINIMALNA KOTA U POPREČNOM PRESEKU

Z_{max,V V} - MAKSIMALNI NIVO VELIKE VODE POVRATNOG PERIODA T=1.000 GODINA

Z_{max,RB} - MAKSIMALNI NIVO-VARIJANTA 1 PRORAČUNA SEKVENCIJALNOG RUŠENJA BRANA

Q_{max,RB} - MAKSIMALNI PROTICAJ-VARIJANTA 1 PRORAČUNA SEKVENCIJALNOG RUŠENJA BRANA

T_{čela,RB} - VREME POJAVE ČELA TALASA-VARIJANTA 1 PRORAČUNA SEKVENCIJALNOG RUŠENJA BRANA

T_{maxQ} - VREME POJAVE MAX. PROTICAJA-VARIJANTA 1 PRORAČUNA SEKVENCIJALNOG RUŠENJA BRANA

T_{maxZ} - VREME POJAVE MAX. NIVOA-VARIJANTA 1 PRORAČUNA SEKVENCIJALNOG RUŠENJA BRANA

V_{čela,ksb} - SR. KUMULATIVNA BRZINA ČELA TALASA-VARIJANTA 1 PRORAČUNA SEKVENCIJALNOG RUŠENJA BRANA

V_{max,RB} - MAX. BRZINA U POPREČNOM PRESEKU-VARIJANTA 1 PRORAČUNA SEKVENCIJALNOG RUŠENJA BRANA

STAC.	POPREČNI PRESEK	KOTA DNA	Z _{max,V V}	Z _{max,RB}	Q _{max,RB}	T _{čela,RB}	T _{maxQ}	T _{maxZ}	V _{čela,ksb}	V _{max,RB}
(km)	BR.	(mnm)	(mnm)	(mnm)	(m ³ /s)	(min)	(min)	(min)	(m/s)	(m/s)
0+000	25.50 BRANA HE "BRODAREVO 1"	497.28	511.22	519.00 515.22	4467	0.00	0.85	0.22	-	6.19
0.130	26	495.10	511.11	513.82	4441	0.04	0.90	3.40	54.17	5.17
0.330	27	496.70	510.91	513.52	4053	0.12	1.34	2.64	45.83	4.15
0.530	28	494.70	509.65	511.52	3919	0.21	1.79	2.55	42.06	6.71
0.720	29	495.80	509.65	511.27	3850	0.30	2.02	5.06	40.00	4.33
0.820	30	496.73	509.36	511.03	3806	0.35	2.02	5.06	39.05	5.14
1.030	31	494.30	509.33	511.03	3620	0.45	2.24	6.32	38.15	2.28
1.230	32	494.50	509.08	510.84	3323	0.54	2.46	5.24	37.96	2.99
1.300	33	495.36	508.98	510.78	3303	0.58	2.91	4.97	37.36	2.96
1.400	34	494.21	508.69	510.22	3220	0.72	3.36	6.27	32.41	3.35
1.660	35	494.04	503.74	504.43	3156	0.86	4.03	3.99	32.17	10.52
1.770	36	493.69	503.35	504.36	3155	0.93	4.26	4.39	31.72	6.25
1.990	37	491.25	502.31	504.18	3120	1.15	4.93	6.32	28.84	4.59
2.200	38	493.00	500.91	502.09	3105	1.30	5.60	6.09	28.21	5.70
2.360	39	492.42	499.11	500.91	3091	1.48	6.05	8.02	26.58	6.31
2.660	40	489.88	498.74	499.51	3009	1.79	6.49	11.47	24.77	4.07
3.090	41	490.85	498.15	499.00	2862	2.19	9.18	14.50	23.52	2.29
3.370	42	489.27	497.36	497.77	2807	2.42	10.75	14.65	23.21	3.90
3.710	43.00 BRODAREVO	487.61	497.09	497.49	2790	2.78	11.42	17.12	22.24	2.15
3.860	44	489.70	496.99	497.34	2729	1.86	11.38	21.46	19.67	1.61
4.280	45	488.39	496.82	497.04	2633	3.27	12.46	27.20	19.18	1.25
4.570	46	488.17	496.58	496.84	2562	3.72	14.61	26.39	17.88	1.51
4.840	47	486.55	496.22	496.47	2519	4.26	17.39	29.69	16.98	2.02

PRILOG 22.-1.

REZULTATI PRORAČUNA NA ANALIZIRANOJ DEONICI REKE LIM (nastavak)

STAC.	POPREČNI PRESEK	KOTA DNA	Z _{max,V V}	Z _{max,RB}	Q _{max,RB}	T _{čela,RB}	T _{maxQ}	T _{maxZ}	V _{čela,ksb}	V _{max,RB}
(km)	BR.	(mnm)	(mnm)	(mnm)	(m³/s)	(min)	(min)	(min)	(m/s)	(m/s)
5.490	48	485.18	495.38	495.36	AKUMULACIJA HE "BRODAREVO 2"					
5.830	49	481.74	494.68	494.56						
5.980	50	485.06	494.21	494.28						
6.650	51	482.52	493.28	493.72						
6.820	52	482.19	493.06	493.49						
7.190	53	480.27	492.75	493.31						
7.430	54	479.85	492.30	492.90						
7.890	55	480.26	491.00	491.82						
8.290	56	477.10	490.56	491.46						
8.540	57	477.74	489.27	490.48						
8.760	58	476.34	488.32	489.99						
9.160	59	474.34	487.75	489.60						
9.660	60	474.95	485.11	488.69						
9.840	61	471.62	484.95	488.69						
10.360	62	470.06	482.22	488.57						
10.560	63	469.76	481.80	488.42						
10.680	64	469.35	481.77	488.39						
10.770	65	469.13	481.44	488.36						
11.030	66	464.98	479.56	488.17						
11.330	67	467.57	478.80	488.17						
11.650	68	466.02	478.02	488.15						
11.980	69	466.24	477.01	488.09						
12.250	70	465.94	476.66	488.09						
12.530	71	465.21	476.15	488.08						
13.080	72	465.78	474.42	488.03						
13.680	73	464.01	473.58	488.03						
13.880	74	463.61	473.46	488.03						
14.120	75	463.64	473.23	488.01						
14.240	75.50 BRANA HE "BRODAREVO 2"	463.32	472.85	488.00 482.10	13401	69.73	70.47	69.83	-	5.45
14.290	76	459.78	472.84	480.17	13230	69.74	70.60	72.74	83.33	8.19
14.470	77	462.64	472.46	479.29	12434	69.78	71.14	73.75	76.67	8.29
14.670	78	460.79	472.39	479.04	11854	69.83	72.60	74.59	71.67	6.24
14.864	79	461.87	472.33	478.95	10963	69.88	73.65	75.09	69.33	4.69
15.089	80	460.36	472.01	478.16	10795	69.95	74.62	76.58	64.32	5.40
15.495	81	461.07	471.60	476.20	10573	70.06	73.67	83.63	63.38	4.81
15.928	82	458.87	471.28	475.83	7821	70.18	73.69	83.63	62.52	2.11
16.321	83	458.39	471.11	475.62	5064	70.29	78.62	83.63	61.93	3.35
16.714	84	457.27	468.60	473.71	5005	70.40	83.59	84.63	61.54	7.52
17.086	85	456.99	468.03	472.80	4970	71.13	84.62	84.63	33.88	4.06
17.594	86	456.15	464.64	468.16	4952	72.63	84.65	84.63	19.28	8.56
18.062	87	455.64	463.07	465.56	4946	73.63	86.59	85.63	16.33	6.24
18.400	88	454.58	462.51	464.66	4932	74.13	86.65	89.63	15.76	3.15
18.961	89	453.33	460.52	462.76	4830	74.63	86.70	89.63	16.06	5.19
19.530	90	453.33	459.03	460.37	4739	75.63	91.63	97.63	14.94	3.19
20.079	91	451.27	457.99	459.03	4575	76.63	94.64	98.63	14.10	2.09
20.886	92	450.54	457.11	458.22	4184	77.13	99.60	120.63	14.97	1.12
21.581	93	448.65	456.70	457.91	3695	77.83	104.65	122.63	15.10	0.96
22.268	94	447.35	456.35	457.54	3507	78.63	115.60	128.63	15.03	1.51

PRILOG 22.-2.

REZULTATI PRORAČUNA NA ANALIZIRANOJ DEONICI REKE LIM (nastavak)

STAC.	POPREČNI PRESEK	KOTA DNA	Z _{max,V}	Z _{max,RB}	Q _{max,RB}	T _{čela,RB}	T _{maxQ}	T _{maxZ}	V _{čela,ksb}	V _{max,RB}
(km)	BR.	(mnm)	(mnm)	(mnm)	(m³/s)	(min)	(min)	(min)	(m/s)	(m/s)
22.610	95	447.42	455.98	457.10	3469	80.63	116.60	134.63	12.80	2.16
23.054	96	445.88	455.42	456.65	3405	81.63	117.63	140.63	12.34	2.01
23.370	97 KOLOVRAT	445.88	454.99	456.39	3325	82.63	119.60	141.63	11.80	1.67
23.946	98	444.44	454.51	456.07	3185	83.63	130.60	142.63	11.64	1.37
24.491	99	444.44	454.10	455.59	3149	84.63	137.50	143.63	11.47	2.36
24.782	100	444.44	453.41	454.89	3144	85.03	140.68	143.63	11.48	3.44
25.034	101	444.44	453.16	454.57	3142	85.38	141.65	143.63	11.50	3.59
25.375	102	442.69	450.87	451.98	3141	85.88	141.69	144.63	11.49	6.64
25.714	103 PRIJEPOLJE- UZVODNO	443.19	450.42	451.52	3138	88.13	142.55	150.63	10.39	3.65
26.234	104	441.50	449.33	450.35	3128	89.13	144.60	159.63	10.30	3.82
26.576	105	441.50	448.92	449.95	3114	90.63	145.70	161.63	9.84	2.63
26.802	106	441.08	448.75	449.81	3103	92.63	149.55	162.63	9.14	1.67
27.064	107	440.31	448.68	449.76	3084	93.63	150.60	162.63	8.94	1.09
27.364	108	439.51	448.44	449.47	3071	94.63	155.63	164.63	8.78	1.98
27.508	109	438.78	448.10	449.07	3068	95.63	155.68	166.63	8.54	2.73
27.717	110	438.55	446.90	447.66	3064	96.63	156.75	172.63	8.35	4.69
28.019	111 PRIJEPOLJE- NIZVODNO	438.38	446.12	447.02	3046	98.23	158.70	189.63	8.06	1.65
28.407	112	437.94	445.84	446.76	3015	99.23	161.63	194.63	8.00	1.75
28.889	113	437.20	445.69	446.64	2974	100.23	165.63	197.63	8.00	0.98
29.361	114	436.33	445.40	446.39	2934	101.23	170.63	201.63	8.00	1.38
29.691	115	435.49	444.94	445.98	2914	101.93	173.63	208.63	8.00	2.12
29.974	116	434.39	444.80	445.87	2900	102.63	174.63	209.63	7.97	1.67
30.211	117	434.39	444.71	445.79	2888	103.63	176.63	210.63	7.85	1.62
30.421	118	433.04	444.65	445.72	2878	104.08	177.63	211.63	7.85	1.60
30.856	119	433.43	444.29	445.35	2862	105.03	179.63	216.63	7.85	2.23
31.126	120	433.20	444.10	445.18	2854	105.63	180.63	217.63	7.84	2.26
31.447	121	434.08	443.95	445.04	2842	106.33	181.63	219.63	7.84	2.09
31.930	122	431.53	443.41	444.49	2826	107.33	183.63	227.63	7.84	2.91
32.340	124	432.39	443.36	444.48	2810	108.23	185.63	227.63	7.84	1.59
32.690	125	432.20	443.26	444.39	2790	108.98	188.63	227.63	7.83	1.57
32.881	126	431.31	443.26	444.39	2778	109.43	190.63	227.63	7.83	1.14
33.170	127	431.63	443.24	444.38	2760	110.03	194.63	227.63	7.83	1.03
33.530	129	430.38	443.13	444.27	2741	110.78	199.63	228.63	7.83	1.39
33.892	130	431.19	443.11	444.26	2728	111.54	206.63	228.63	7.83	0.96
34.097	131	429.76	443.03	444.17	2722	111.99	207.63	228.63	7.83	1.34
34.400	132	430.15	442.96	444.12	2714	112.63	211.63	228.63	7.83	1.34
34.789	133	428.90	442.92	444.08	2706	113.48	217.63	228.63	7.83	1.12
35.016	134	429.34	442.83	443.98	2703	113.96	220.63	228.63	7.83	1.54
35.314	135	427.95	442.38	443.48	2702	114.58	222.63	230.63	7.83	3.12
35.787	136	426.96	442.10	443.20	2700	115.57	223.63	230.63	7.83	2.85
36.014	137	427.79	441.84	442.95	2699	116.05	224.63	230.63	7.83	3.21
36.435	138	427.93	441.80	442.92	2698	116.93	226.63	230.63	7.84	2.04
36.842	139	427.82	441.42	442.53	2698	117.78	229.63	231.63	7.84	2.83
37.042	140	425.41	441.30	442.40	2698	118.20	229.63	231.63	7.84	2.88
37.117	141	426.64	441.29	442.39	2698	118.36	229.63	231.63	7.84	2.77
37.194	142	425.82	441.13	442.22	2698	118.53	230.63	231.63	7.84	3.28

PRILOG 22.-3.

REZULTATI PRORAČUNA NA ANALIZIRANOJ DEONICI REKE LIM (nastavak)

STAC.	POPREČNI PRESEK	KOTA DNA	Z _{max,V V}	Z _{max,RB}	Q _{max,RB}	T _{čela,RB}	T _{maxQ}	T _{maxZ}	V _{čela,ksb}	V _{max,RB}
(km)	BR.	(mnm)	(mnm)	(mnm)	(m ³ /s)	(min)	(min)	(min)	(m/s)	(m/s)
37.223	143	422.79	440.68	441.68	2698	118.63	230.63	231.63	7.83	4.16
37.249	144	424.32	438.70	439.65	2698	118.84	230.63	234.63	7.81	7.40
37.281	145	426.40	438.65	439.64	2698	119.13	230.63	236.63	7.77	5.75
37.327	146	425.58	438.65	439.64	2698	119.33	230.63	236.63	7.76	4.24
37.401	147	426.86	438.65	439.64	2698	119.53	230.63	236.63	7.75	3.30
37.644	148 HE "BISTRICA"	426.29	438.65	439.63	2698	120.08	230.63	236.63	7.75	1.55
37.885	149	426.98	438.45	439.36	2697	120.63	230.63	236.63	7.74	2.48
38.161	150	428.67	438.36	439.32	AKUMULACIJA HE "POTPEĆ"					
38.445	151	425.11	438.10	439.05						
38.732	152	427.27	437.53	438.58						
39.218	153	422.89	437.15	438.29						
39.502	154	425.74	436.82	438.01						
39.967	155	425.46	436.55	437.80						
40.271	156	423.72	436.43	437.69						
40.588	157	423.13	436.23	437.53						
40.948	158	424.30	436.11	437.44						
41.282	159	423.15	435.94	437.30						
41.609	160	424.29	435.84	437.23						
42.108	161	421.62	435.80	437.21						
42.628	162	419.16	435.72	437.14						
42.878	163	419.04	435.72	437.14						
43.226	164	418.23	435.69	437.10						
43.593	165	416.56	435.66	437.07						
43.934	166	416.00	435.66	437.07						
44.206	167	414.84	435.66	437.07						
44.524	168	413.21	435.65	437.06						
45.047	169	413.13	435.62	437.02						
45.329	170	412.55	435.62	437.02						
45.602	171	412.15	435.62	437.02						
45.993	172	412.01	435.62	437.01						
46.256	173	411.45	435.60	437.00						
46.584	174	411.12	435.60	437.00						
46.922	175	409.23	435.60	437.00						
47.162	176 BRANA HE "POTPEĆ"	408.00	435.60	437.00						

PRILOG 22.-4.

SPISAK BELEGA ZA OBELEŽAVANJE ZONE PLAVLJENJA NA TERENU

REDNI BROJ POPREČNOG PRESEKA	KOORDINATE				REDNI BROJ POPREČNOG PRESEKA	KOORDINATE			
	STRANA OBALE	X	Y	Z (mm)		STRANA OBALE	X	Y	Z (mm)
1	DESNA	7400464	4780796	530.92	29	DESNA	7398552	4787580	511.27
1	LEVA	7400414	4780782	530.92	29	LEVA	7398539	4787496	511.27
2	DESNA	7400563	4780981	530.45	30	DESNA	7398432	4787566	511.03
2	LEVA	7400505	4781018	530.45	30	LEVA	7398463	4787485	511.03
3	DESNA	7400631	4781129	529.87	31	DESNA	7398289	4787536	511.03
3	LEVA	7400592	4781151	529.87	31	LEVA	7398237	4787424	511.03
4	DESNA	7400758	4781410	529.56	32	DESNA	7398097	4787603	510.84
4	LEVA	7400702	4781417	529.56	32	LEVA	7398061	4787525	510.84
5	DESNA	7400692	4781911	528.89	33	DESNA	7397992	4787611	510.78
5	LEVA	7400629	4781894	528.89	33	LEVA	7398044	4787519	510.78
6	DESNA	7400548	4782177	526.97	34	DESNA	7397907	4787513	510.22
6	LEVA	7400509	4782142	526.97	34	LEVA	7397998	4787477	510.22
7	DESNA	7400276	4782461	526.37	35	DESNA	7397794	4787283	504.43
7	LEVA	7400228	4782424	526.37	35	LEVA	7397832	4787267	504.43
8	DESNA	7399895	4782798	526.20	36	DESNA	7397736	4787232	504.36
8	LEVA	7399848	4782740	526.20	36	LEVA	7397756	4787173	504.36
9	DESNA	7399853	4782879	525.63	37	DESNA	7397512	4787237	504.18
9	LEVA	7399787	4782862	525.63	37	LEVA	7397529	4787170	504.18
10	DESNA	7399809	4783174	525.56	38	DESNA	7397330	4787229	502.09
10	LEVA	7399605	4783201	525.56	38	LEVA	7397304	4787166	502.09
11	DESNA	7399866	4783350	525.53	39	DESNA	7397223	4787322	500.91
11	LEVA	7399617	4783474	525.53	39	LEVA	7397175	4787280	500.91
12	DESNA	7399950	4783445	525.19	40	DESNA	7397017	4787532	499.51
12	LEVA	7399934	4783516	525.19	40	LEVA	7396928	4787460	499.51
13	DESNA	7400364	4783649	524.00	41	DESNA	7396867	4787927	499.00
13	LEVA	7400329	4783691	524.00	41	LEVA	7396639	4787797	499.00
14	DESNA	7400469	4783885	523.17	42	DESNA	7396663	4788130	497.77
14	LEVA	7400412	4783883	523.17	42	LEVA	7396541	4788056	497.77
15	DESNA	7400347	4784185	523.15	43	DESNA	7396500	4788448	497.49
15	LEVA	7400321	4784114	523.15	43	LEVA	7396231	4788263	497.49
16	DESNA	7400132	4784388	523.04	44	DESNA	7396493	4788538	497.34
16	LEVA	7400047	4784323	523.04	44	LEVA	7396041	4788456	497.34
17	DESNA	7399953	4784651	522.35	45	DESNA	7396547	4788761	497.04
17	LEVA	7399889	4784638	522.35	45	LEVA	7395996	4788787	497.04
18	DESNA	7399926	4784942	522.17	46	DESNA	7396554	4788825	496.84
18	LEVA	7399859	4784985	522.17	46	LEVA	7396131	4789063	496.84
19	DESNA	7400044	4785234	521.45	47	DESNA	7396548	4789173	496.47
19	LEVA	7399997	4785247	521.45	47	LEVA	7396264	4789256	496.47
20	DESNA	7400087	4785514	520.35	48	DESNA	7396622	4789846	495.36
20	LEVA	7400048	4785524	520.35	48	LEVA	7396441	4789867	495.36
21	DESNA	7400054	4785842	519.80	49	DESNA	7396513	4790199	494.56
21	LEVA	7400000	4785836	519.80	49	LEVA	7396450	4790161	494.56
22	DESNA	7399986	4786205	519.71	50	DESNA	7396420	4790352	494.28
22	LEVA	7399910	4786194	519.71	50	LEVA	7396336	4790243	494.28
23	DESNA	7399872	4786424	519.70	51	DESNA	7395769	4790593	493.72
23	LEVA	7399791	4786374	519.70	51	LEVA	7395723	4790479	493.72
24	DESNA	7399728	4786756	519.36	52	DESNA	7395665	4790646	493.49
24	LEVA	7399678	4786703	519.36	52	LEVA	7395533	4790556	493.49
25	DESNA	7399318	4787043	519.13	53	DESNA	7395625	4790954	493.31
25	LEVA	7399272	4786981	519.13	53	LEVA	7395356	4790907	493.31
26	DESNA	7398939	4787165	519.00	54	DESNA	7395616	4791150	492.90
26	LEVA	7398937	4787095	519.00	54	LEVA	7395511	4791156	492.90
27	DESNA	7398778	4787244	513.52	55	DESNA	7395500	4791600	491.82
27	LEVA	7398734	4787181	513.52	55	LEVA	7395434	4791598	491.82
28	DESNA	7398673	4787398	511.52	56	DESNA	7395484	4792004	491.46
28	LEVA	7398620	4787373	511.52	56	LEVA	7395425	4791999	491.46

PRILOG 23.-1.

SPISAK BELEGA ZA OBELEŽAVANJE ZONE PLAVLJENJA NA TERENU

REDNI BROJ POPREČNOG PRESEKA	KOORDINATE				REDNI BROJ POPREČNOG PRESEKA	KOORDINATE			
	STRANA OBALE	X	Y	Z (mm)		STRANA OBALE	X	Y	Z (mm)
57	DESNA	7395496	4792246	490.48	85	DESNA	7393046	4798569	472.80
57	LEVA	7395456	4792262	490.48	85	LEVA	7392942	4798528	472.80
58	DESNA	7395644	4792412	489.99	86	DESNA	7392848	4799035	468.16
58	LEVA	7395585	4792422	489.99	86	LEVA	7392794	4799005	468.16
59	DESNA	7395598	4792817	489.60	87	DESNA	7392547	4799417	465.56
59	LEVA	7395542	4792823	489.60	87	LEVA	7392467	4799316	465.56
60	DESNA	7395755	4793265	488.69	88	DESNA	7392292	4799676	464.66
60	LEVA	7395722	4793296	488.69	88	LEVA	7392166	4799437	464.66
61	DESNA	7395921	4793307	488.69	89	DESNA	7391798	4799865	462.76
61	LEVA	7395911	4793375	488.69	89	LEVA	7391585	4799539	462.76
62	DESNA	7396399	4793516	488.57	90	DESNA	7391552	4800317	460.37
62	LEVA	7396377	4793561	488.57	90	LEVA	7391119	4799933	460.37
63	DESNA	7396585	4793595	488.42	91	DESNA	7391511	4800875	459.03
63	LEVA	7396548	4793644	488.42	91	LEVA	7390554	4800263	459.03
64	DESNA	7396692	4793691	488.39	92	DESNA	7390953	4801594	458.22
64	LEVA	7396600	4793719	488.39	92	LEVA	7390113	4800823	458.22
65	DESNA	7396693	4793800	488.36	93	DESNA	7390908	4801942	457.91
65	LEVA	7396603	4793786	488.36	93	LEVA	7389953	4801556	457.91
66	DESNA	7396585	4794047	488.17	94	DESNA	7390422	4802136	457.54
66	LEVA	7396524	4794030	488.17	94	LEVA	7389971	4802076	457.54
67	DESNA	7396461	4794325	488.17	95	DESNA	7390302	4802462	457.10
67	LEVA	7396392	4794286	488.17	95	LEVA	7389928	4802374	457.10
68	DESNA	7396286	4794594	488.15	96	DESNA	7390245	4802894	456.65
68	LEVA	7396213	4794550	488.15	96	LEVA	7389849	4802797	456.65
69	DESNA	7396131	4794876	488.09	97	DESNA	7390099	4803170	456.39
69	LEVA	7396046	4794846	488.09	97	LEVA	7389563	4803062	456.39
70	DESNA	7396110	4795152	488.09	98	DESNA	7389798	4803666	456.07
70	LEVA	7395967	4795108	488.09	98	LEVA	7389284	4803442	456.07
71	DESNA	7395989	4795409	488.08	99	DESNA	7389594	4804128	455.59
71	LEVA	7395867	4795343	488.08	99	LEVA	7389399	4804098	455.59
72	DESNA	7395765	4795918	488.03	100	DESNA	7389595	4804366	454.89
72	LEVA	7395612	4795809	488.03	100	LEVA	7389451	4804407	454.89
73	DESNA	7395440	4796400	488.03	101	DESNA	7389682	4804582	454.57
73	LEVA	7395181	4796230	488.03	101	LEVA	7389589	4804653	454.57
74	DESNA	7395262	4796527	488.03	102	DESNA	7389924	4804817	451.98
74	LEVA	7395062	4796361	488.03	102	LEVA	7389862	4804867	451.98
75	DESNA	7395068	4796662	488.01	103	DESNA	7390148	4805076	451.52
75	LEVA	7394899	4796475	488.01	103	LEVA	7390041	4805155	451.52
76	DESNA	7394924	4796747	488.00	104	DESNA	7390487	4805487	450.35
76	LEVA	7394775	4796568	488.00	104	LEVA	7390353	4805564	450.35
77	DESNA	7394793	4796850	479.29	105	DESNA	7390716	4805745	449.95
77	LEVA	7394657	4796725	479.29	105	LEVA	7390482	4805869	449.95
78	DESNA	7394635	4796996	479.04	106	DESNA	7390918	4805940	449.81
78	LEVA	7394515	4796849	479.04	106	LEVA	7390461	4806022	449.81
79	DESNA	7394517	4797146	478.95	107	DESNA	7390864	4806237	449.76
79	LEVA	7394363	4796969	478.95	107	LEVA	7390329	4806138	449.76
80	DESNA	7394306	4797275	478.16	108	DESNA	7390522	4806392	449.47
80	LEVA	7394224	4797099	478.16	108	LEVA	7390286	4806207	449.47
81	DESNA	7394030	4797570	476.20	109	DESNA	7390450	4806465	449.07
81	LEVA	7393859	4797308	476.20	109	LEVA	7390250	4806362	449.07
82	DESNA	7393654	4797738	475.83	110	DESNA	7390386	4806611	447.66
82	LEVA	7393256	4797331	475.83	110	LEVA	7390193	4806561	447.66
83	DESNA	7393324	4797921	475.62	111	DESNA	7390481	4806925	447.02
83	LEVA	7393205	4797819	475.62	111	LEVA	7389993	4806833	447.02
84	DESNA	7393158	4798228	473.71	112	DESNA	7390199	4807246	446.76
84	LEVA	7393100	4798208	473.71	112	LEVA	7389853	4807213	446.76

PRILOG 23.-2.

SPISAK BELEGA ZA OBELEŽAVANJE ZONE PLAVLJENJA NA TERENU

REDNI BROJ POPREČNOG PRESEKA	KOORDINATE				REDNI BROJ POPREČNOG PRESEKA	KOORDINATE			
	STRANA OBALE	X	Y	Z (mm)		STRANA OBALE	X	Y	Z (mm)
113	DESNA	7390155	4807718	446.64	143	DESNA	7391187	4814444	441.68
113	LEVA	7389641	4807561	446.64	143	LEVA	7391175	4814502	441.68
114	DESNA	7389830	4808065	446.39	144	DESNA	7391215	4814452	439.65
114	LEVA	7389470	4807836	446.39	144	LEVA	7391200	4814499	439.65
115	DESNA	7389670	4808345	445.98	145	DESNA	7391250	4814461	439.64
115	LEVA	7389444	4808207	445.98	145	LEVA	7391225	4814514	439.64
116	DESNA	7389596	4808556	445.87	146	DESNA	7391310	4814493	439.64
116	LEVA	7389365	4808497	445.87	146	LEVA	7391254	4814532	439.64
117	DESNA	7389563	4808717	445.79	147	DESNA	7391363	4814535	439.64
117	LEVA	7389311	4808732	445.79	147	LEVA	7391300	4814593	439.64
118	DESNA	7389575	4808826	445.72	148	DESNA	7391556	4814721	439.63
118	LEVA	7389393	4808947	445.72	148	LEVA	7391413	4814759	439.63
119	DESNA	7389716	4809234	445.35	149	DESNA	7391457	4814981	439.36
119	LEVA	7389560	4809252	445.35	149	LEVA	7391328	4814934	439.36
120	DESNA	7389669	4809525	445.18	150	DESNA	7391336	4815243	439.32
120	LEVA	7389536	4809440	445.18	150	LEVA	7391193	4815148	439.32
121	DESNA	7389484	4809804	445.04	151	DESNA	7391256	4815479	439.05
121	LEVA	7389368	4809682	445.04	151	LEVA	7391109	4815445	439.05
122	DESNA	7389373	4810201	444.49	152	DESNA	7391101	4815742	438.58
122	LEVA	7389252	4810196	444.49	152	LEVA	7390996	4815670	438.58
124	DESNA	7389580	4810436	444.48	153	DESNA	7390936	4816153	438.29
124	LEVA	7389426	4810593	444.48	153	LEVA	7390743	4816108	438.29
125	DESNA	7389826	4810653	444.39	154	DESNA	7390847	4816425	438.01
125	LEVA	7389698	4810824	444.39	154	LEVA	7390692	4816382	438.01
126	DESNA	7389996	4810758	444.39	155	DESNA	7390491	4816725	437.80
126	LEVA	7389810	4810964	444.39	155	LEVA	7390362	4816614	437.80
127	DESNA	7390185	4811062	444.38	156	DESNA	7390270	4816971	437.69
127	LEVA	7389901	4811150	444.38	156	LEVA	7390260	4816825	437.69
129	DESNA	7390154	4811476	444.27	157	DESNA	7390025	4817058	437.53
129	LEVA	7389946	4811395	444.27	157	LEVA	7389925	4816933	437.53
130	DESNA	7390118	4811863	444.26	158	DESNA	7389889	4817352	437.44
130	LEVA	7389839	4811696	444.26	158	LEVA	7389722	4817269	437.44
131	DESNA	7390037	4811984	444.17	159	DESNA	7389548	4817576	437.30
131	LEVA	7389792	4812015	444.17	159	LEVA	7389501	4817420	437.30
132	DESNA	7390061	4812173	444.12	160	DESNA	7389272	4817705	437.23
132	LEVA	7389867	4812333	444.12	160	LEVA	7389157	4817504	437.23
133	DESNA	7390291	4812348	444.08	161	DESNA	7388789	4817915	437.21
133	LEVA	7390169	4812598	444.08	161	LEVA	7388741	4817635	437.21
134	DESNA	7390457	4812505	443.98	162	DESNA	7388305	4817901	437.14
134	LEVA	7390378	4812665	443.98	162	LEVA	7388206	4817705	437.14
135	DESNA	7390566	4812837	443.48	163	DESNA	7388061	4818005	437.14
135	LEVA	7390493	4812853	443.48	163	LEVA	7387977	4817760	437.14
136	DESNA	7390617	4813257	443.20	164	DESNA	7387876	4818180	437.10
136	LEVA	7390556	4813325	443.20	164	LEVA	7387693	4818069	437.10
137	DESNA	7390772	4813450	442.95	165	DESNA	7387561	4818405	437.07
137	LEVA	7390694	4813465	442.95	165	LEVA	7387426	4818303	437.07
138	DESNA	7390929	4813846	442.92	166	DESNA	7387400	4818727	437.07
138	LEVA	7390802	4813868	442.92	166	LEVA	7387129	4818480	437.07
139	DESNA	7390971	4814257	442.53	167	DESNA	7387419	4818908	437.07
139	LEVA	7390856	4814260	442.53	167	LEVA	7387051	4818856	437.07
140	DESNA	7391034	4814365	442.40	168	DESNA	7387089	4819224	437.06
140	LEVA	7390992	4814448	442.40	168	LEVA	7386971	4819000	437.06
141	DESNA	7391106	4814401	442.39	169	DESNA	7386671	4819395	437.02
141	LEVA	7391056	4814480	442.39	169	LEVA	7386521	4819334	437.02
142	DESNA	7391165	4814433	442.22	170	DESNA	7386692	4819608	437.02
142	LEVA	7391139	4814505	442.22	170	LEVA	7386506	4819689	437.02

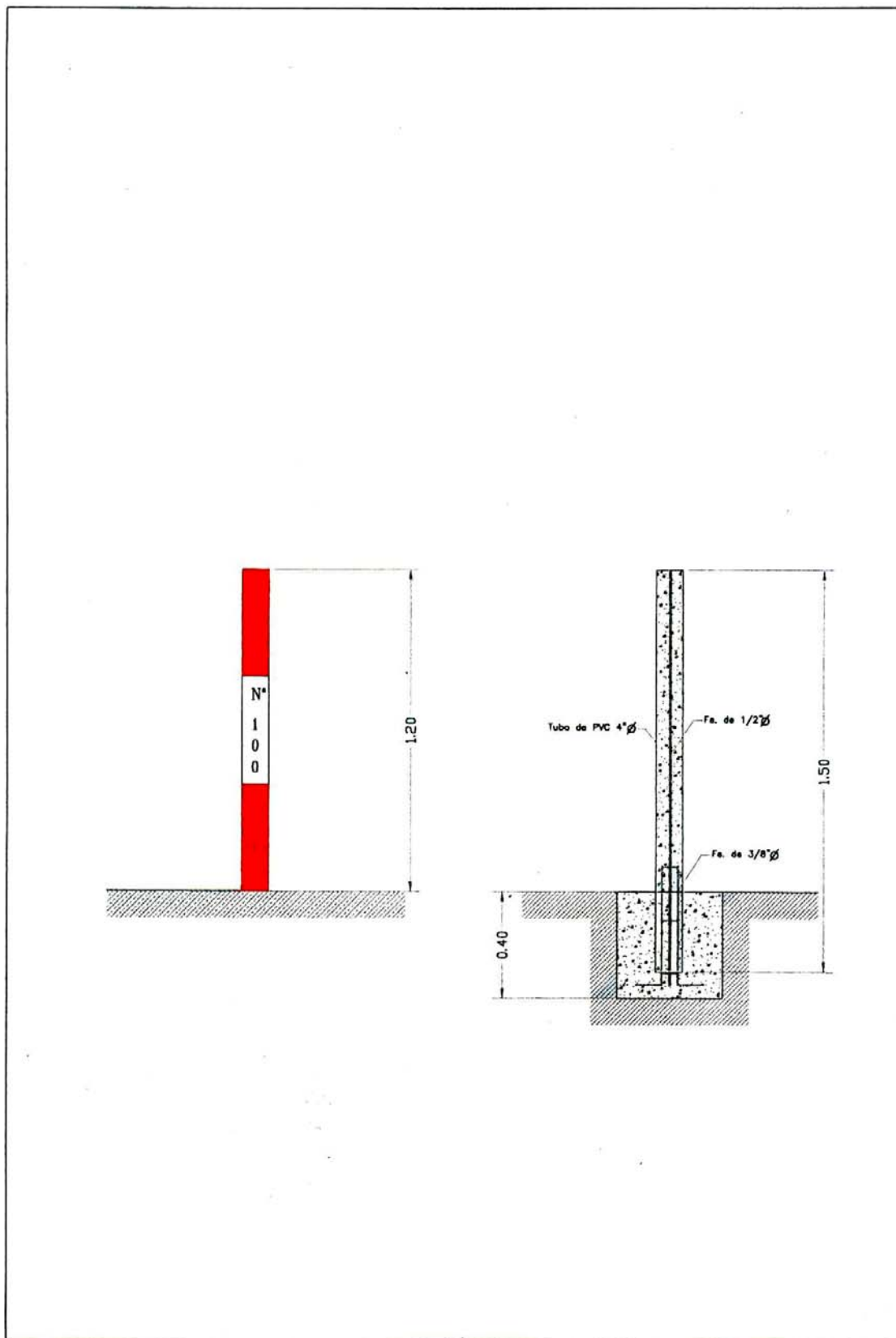
PRILOG 23.-3.

SPISAK BELEGA ZA OBELEŽAVANJE ZONE PLAVLJENJA NA TERENU

REDNI BROJ POPREČNOG PRESEKA	KOORDINATE				REDNI BROJ POPREČNOG PRESEKA	KOORDINATE			
	STRANA OBALE	X	Y	Z (mnm)		STRANA OBALE	X	Y	Z (mnm)
171	DESNA	7386653	4819968	437.02					
171	LEVA	7386529	4819803	437.02					
172	DESNA	7386243	4820127	437.01					
172	LEVA	7386194	4819790	437.01					
173	DESNA	7386030	4820086	437.00					
173	LEVA	7385893	4819932	437.00					
174	DESNA	7385867	4820329	437.00					
174	LEVA	7385692	4820234	437.00					
175	DESNA	7385599	4820622	437.00					
175	LEVA	7385428	4820463	437.00					

PRILOG 23.-4.

IZGLED TERENSKE BELEGE ZA OBELEŽAVANJE MAKSIMALNE ZONE PLAVLJENJA



PRILOG 24.

INFORMACIONA SHEMA SISTEMA ZA OSMATRANJE I UZBUNJIVANJE

